به نام خدا

دانشگاه پیام‌نور

گروه جغرافیا

کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی شهری

دکتر شاه‌بختی رستمی

۱۳۹۴

پیش‌گفتار

این جزوه به عنوان بخشی از منبع درس «کاربرد آمار و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی شهری»، دوره کارشناسی‌ارشد دانشگاه پیام‌نور تألیف شده است. مطالب این نوشتار منحصراً مربوط به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی است و برای مطالب مربوط به بخش آمار، از سوی شورای تخصصی گروه جغرافیای دانشگاه، منبع تکمیلی دیگری معرفی شده است.

این جزوه در پنج فصل تدوین شده است. **فصل اول**، با عنوان **کلیات** به مطالبی راجع به اهمیت و ضرورت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، تاریخچه‌ای مختصر از GIS، اجزاء GIS، استفاده از GIS به عنوان روشی برای تحقیق، GIS و جغرافیا و معرفی برنامه‌ی کاربردی Google Earth به عنوان منبعی مناسب برای داده‌های مورداستفاده در GIS پرداخته است. در **فصل دوم** با عنوان **اصول و مبانی** سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مطالبی در باره‌ی مدل‌سازی در جغرافیا، عوارض گسسته و حوزه‌های پیوسته، زمین‌مرجع و اطلاعات جغرافیایی آمده است. **فصل سوم** به **تکنیک‌ها و تحلیل‌ها** اختصاص دارد که در آن مطالبی راجع به نقشه به عنوان یک ابزار مؤثر تحلیلی، اصول طراحی و ترسیم نقشه، ترکیب نقشه، تصویری کردن داده‌ها و تحلیل فضایی آن‌ها آمده است. در **فصل چهارم** با عنوان **کاربردها** به سه نمونه از کاربرد GIS در مطالعات شهری از جمله تحلیل فضایی جرم، بررسی فضاهای سبز شهری و مقایسه‌ی دو عارضه شهری (شبکه خیابان و رودخانه) اشاره شده است. **فصل پنجم** و پایانی این جزوه شامل هشت **تمرین** است که برای محیط نرم‌افزار ArcGIS طراحی شده‌اند.

اگرچه در این جزوه سعی شده تا مطالب به زبانی ساده و همراه با مثال و شکل ارائه شوند، اما اذعان می‌دارد که حتماً خالی از اشکال و کاستی نیست. بنابراین، هرگونه نظر و نقد و پیشنهاد می‌تواند به بهتر شدن فرم و محتوای این وجیزه در اصلاحات آتی کمک کند.

شاه‌بختی رستمی

۲۴ شهریور ۱۳۹۴

sh_rostami@pnu.ac.ir

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۱

فصل اول: کلیات ۴

۱-۱- اهمیت سیستم‌های اطلاعات جغرافی ۴
۱-۲- تاریخچه‌ای مختصر از GIS ۶
۱-۳- اجزاء GIS ۱۱
۱-۴- GIS روشی برای تحقیق ۱۲
۱-۵- GIS و جغرافیا ۱۴
۱-۶- Google Earth منبعی ارزشمند برای مطالعات GIS ۲۲

فصل دوم: اصول و مبانی ۲۴

۲-۱- مدل‌سازی در جغرافیا ۲۴
۲-۲- عوارض گسسته و حوزه‌های پیوسته ۲۸
۲-۳- زمین‌مرجع ۳۱
۲-۳-۱- سیستم مختصات UTM ۳۲
۲-۴- اطلاعات جغرافیایی ۳۶

فصل سوم: تکنیک‌ها و تحلیل‌ها ۳۸

۳-۱- نقشه: ابزار تحلیل در GIS ۳۸
۳-۲- اصول طراحی و ترسیم نقشه ۴۰
۳-۳- ترکیب نقشه ۴۱
۳-۴- تصویری کردن داده‌ها ۴۲
۳-۵- تحلیل فضایی داده‌ها ۴۳

فصل چهارم: کاربردها ۴۴

۴-۱- کاربرد GIS در مدل‌سازی و تحلیل فضایی جرم در مناطق شهری ۴۴

۴-۲- کاربرد GIS در مطالعه فضاهای سبز شهری..... ۵۶

۴-۳- به‌کارگیری Google-Earth و GIS در تحلیل الگوهای فضایی بی توجهی به حریم عوارض شهری..... ۵۹

فصل پنجم: تمرینات..... ۷۲

۵-۱- تمرین ۱: آشنایی با نرم‌افزار ArcGIS ۷۲

۵-۲- تمرین ۲: کار با لایه‌ها و صفحه‌بندی نقشه (Layout)..... ۷۹

۵-۳- تمرین ۳: پرس‌وجو و تجزیه و تحلیل (Query and Analysis)..... ۷۹

۵-۴- تمرین ۴: کار با ابزارهای ایجاد عارضه در Editor..... ۸۰

۵-۵- تمرین ۵: رقومی کردن نقشه در رایانه (ایجاد لایه براساس داده‌های وکتوری)..... ۸۰

۵-۶- تمرین ۶: رقومی کردن نقشه در رایانه (ایجاد لایه براساس داده‌های رستری)..... ۸۰

۵-۷- تمرین ۷: ایجاد لایه براساس مختصات..... ۸۰

۵-۸- تمرین ۸: درونیابی (Interpolation)..... ۸۱

منابع..... ۸۱

فصل اول: کلیات

۱-۷- اهمیت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[1] را یک فنآوری بین رشته‌ای، و درعین‌حال روش‌شناسی و مجموعه ابزار مبتنی بر رایانه و متشکل از نرم‌افزار، سخت‌افزار، داده‌ها، دستورالعمل‌ها، نیروی انسانی و شبکه (اینترنت) به منظور ورود، ذخیره‌سازی، مدیریت، بازیابی، تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و نمایش **داده**های جغرافیایی برای مقاصد گوناگون تعریف می‌کنند (Longley et al., 2011; Davis, 2001; DeMers, 2011; Delaney, 1999: Burrough, 1998). ترکیب و ارتباط متقابل این عناصر در GIS نوعی توانمندی کاربردی به وجود آورده که آن را از روش‌های سنتی متمایز می‌سازد.

تقریباً هر چیزی که بر روی زمین اتفاق می‌افتد دارای «موقعیت مکانی» خاص خود است. دانستن موقعیت‌ها و محل وقوع اتفاقات دارای اهمیت خاص در رشته جغرافیا و سایر علوم مربوط به زمین است. از آنجا که بسیاری از مسائل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، عمرانی، بهداشتی، گردشگری، جنگلداری و غیره دارای بُعد فضایی هستند، لذا لزوم توجه به این بُعد برای حل بسیاری از آن‌ها ضرورتی انکارناپذیر می‌شود. مثلاً: مدیران **بهداشت و درمان** یک شهر برای احداث یک درمانگاه جدید باید مسائل جغرافیایی یا مکانی-فضایی را مدنظر قرار دهند. شرکت‌ها و **مؤسسات تحویل کالا** در درب منازل باید برای مسیرها و جدول زمانیِ خودروها یا موتورسیکلت‌های خود به مسائل جغرافیایی توجه کنند. مسؤلان **راه و ترابری** به هنگام انتخاب مسیر برای احداث یک بزرگ‌راه شهری باید به حل مسائل جغرافیایی بپردازند. مشاورانِ «**تحلیل فضایی جمعیت**»[2] به هنگام بررسی وضعیت خُرده‌فروشی‌ها و یا به هنگام پیشنهاد شعبه‌های جدید، ادارات و **ارگان‌های مسؤل جنگل و مرتع** به هنگام انتخاب محدوده‌های درختانی که باید قطع شوند یا احداث جاده‌ای در میان جنگل و

[1] - Geographic Information Systems
[2] - Geodemographic

تعیین محل بازسازی و کاشت درختان جدید، **سازمان‌های دولتی** به هنگام تخصیص بودجه برای انواع کارهای عمرانی، **مسافران و گردشگران** به هنگام سفر و انتخاب بهترین مسیرها و هتل‌ها و محل‌های اقامت، **کشاورزان** به هنگام کاشت انواع محصولات در زمین‌های مختلف، **مقامات دانشگاهیِ** (پیام‌نور) به هنگام برپایی یا برچیدن یک مرکز جدید آموزشی و... همه برای رسیدن به نتایج بهتر باید به مسائل جغرافیایی توجه کرده و ابعاد مکانی-فضایی فعالیت‌های خود را به خوبی موردتوجه قرار دهند.

حال سؤال این است که: همه‌ی این مسائل جغرافیایی چگونه از همدیگر قابل تفکیک هستند؟ برای تفکیک و طبقه‌بندی این مسائل می‌توان سه مبنا را در نظر گرفت: ۱- **مقیاس**: که از سطح یک قطعه زمین یا ساختمان تا مقیاس جهانی مثل پراکندگی آنفلوآنزای مرغی یا پراکندگی خشکسالی و بارندگی متفاوت است، ۲- **هدف**: که با توجه به نوع پروژه‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهای مورداستفاده متنوع است و ۳- **زمان**: که با توجه به اضطرار و میزان فوریت مسائل می‌توانند در مقیاس‌های زمانیِ کوتاه، متوسط و میان‌مدت دسته‌بندی شوند.

امروزه در ادبیات تحلیل فضایی بطور متناوب از پنج واژه: داده[1]، اطلاعات[2]، دانش[3]، آثار یا مستندات[4] و خِرَد[5] استفاده می‌شود (Longley et al., 2011)، (شکل ۱-۱). واژه‌های داده و اطلاعات پیوسته در GIS دارای کاربرد هستند. داده معمولاً به نوع خام و طبقه‌بندی نشده دانسته‌ها اطلاق می‌شود که شامل اعداد، متون یا نمادهایی است که عموماً به خودی خود دارای معنای خاصی نبوده و هیچ ارتباطی با یکدیگر و یا با سایر داده‌ها ندارند. از سوی دیگر، واژه اطلاعات به همه مواردی اطلاق می‌شود که قابلیت طبقه‌بندی، انتخاب، تفسیر و آماده‌سازی برای اهداف خاص را داشته و بتواند در محیط GIS رقومی گردد. از دیگر ویژگی‌های اطلاعات این است که می‌توان از طریق پردازش‌های گوناگون بر روی آن به ارزش‌ها یا مقادیر جدیدتری دست یافت و یا آن را با سایر انواع اطلاعات ترکیب کرد. زمینه این کار در GIS به دلیل قابلیت ترکیب اطلاعات از منابع مختلف، به خوبی فراهم است. پس، سیستم‌های اطلاعاتی، به‌ویژه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به ما کمک می‌کنند تا دانسته-

1. Data
2. Information
3. Knowledge
4. Evidence
5. Wisdom

هایمان را (مخصوصاً در بخش‌های داده و اطلاعات) با اهداف خاص و در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی، به صورتی مناسب طبقه‌بندی، نگهداری و مدیریت کنیم، به آسانی به آنها دسترسی داشته باشیم، موارد خاص را از میان آنها بازیابی کنیم، به کنترل و ترکیب آنها بپردازیم، و در نهایت آنها را برای حل مشکلات مورداستفاده قرار دهیم.

شکل ۱-۱: هرم داده، اطلاعات، دانش و خرد

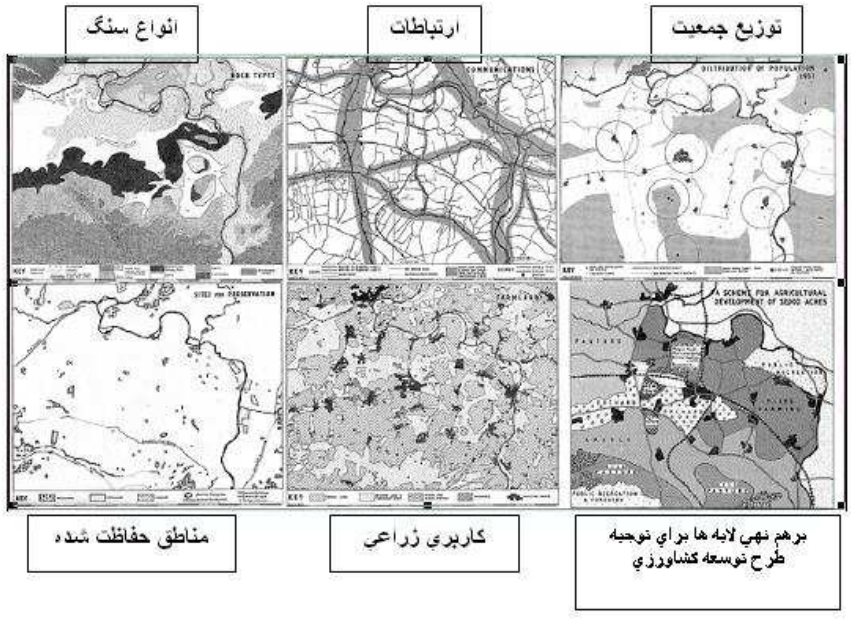
۱-۸- تاریخچه‌ای مختصر از GIS

سابقه بسیاری از علوم جغرافیایی به زمان‌های دور بر می‌گردد. نقشه‌های چند منظوره از قرن‌ها پیش وجود داشته و معمولاً تأکید آنها بر روی توپوگرافی، شکل زمین، عوارض مربوط به حمل و نقل نظیر جاده‌ها و رودخانه‌هاست. در قرن گذشته نیز نقشه‌های موضوعی پدید آمدند. نقشه‌های موضوعی شامل اطلاعاتی در باره پدیده یا موضوعی مشخص نظیر زمین‌شناسی، کاربری زمین، خاک، واحدهای سیاسی و مناطق سرشماری‌ها هستند. اگرچه هر دو گونه نقشه مذکور در GIS مورد استفاده‌اند، اما این نقشه‌های موضوعی بودند که کارتوگرافی را به سمت GIS هدایت کردند. بعضی از موضوعات نقشه‌ها به طور مشخص با هم مرتبط هستند. مثلاً موضوع نقشه پوشش گیاهی با نقشه پراکندگی خاک کاملاً ارتباط دارد.

حوزه برنامه‌ریزی اولین حوزه‌ای بود که از نقشه‌های موضوعی به طریق استخراج داده ها از یک نقشه و قرار دادن آن‌ها بر روی یک‌دیگر بهره گرفت. نقشه‌های ترافیک و کاربری اراضی شهرهایی چون دوسلدورف آلمان در

سال ۱۹۱۲ و دُنکاستر انگلیس در سال ۱۹۲۲ و برخی شهرهای آمریکایی از جمله ماساچوستس و بیلریکا به همین شیوه تهیه شده بودند. همچنین در سال ۱۹۲۹ یک سازمان برنامه‌ریزی در شهر نیویورک به روشنی ارزش تکنیک برهم‌نهی[1] نقشه‌ها را در تجزیه و تحلیل‌های مربوط به بررسی‌های جمعیتی و تعیین ارزش زمین‌ها نشان داد.

در سال ۱۹۵۰، «کتاب برنامه‌ریزی شهر و روستا» در بریتانیا منتشر شد که دربردارنده یک فصل ممتاز به اسم «ارزیابی برنامه‌ریزی» به وسیله جاکلین تیرویت[2] بود (Steinitz et al., 1976). در این فصل نقشه‌ای به نام «عوارض زمین» چاپ شده بود که داده‌های گوناگونی راجع به ارتفاع، زمین‌شناسی، راه‌های ارتباطی، توزیع جمعیت، اراضی زراعی را یکجا با هم ترکیب کرده بود (شکل ۱-۲). نویسنده توضیح داده بود که برای اینکه بتوان نقشه‌ها را به صورتی دقیق بر روی هم قرار داد، همه آنها را در یک مقیاس مشابه رسم کرده و عوارض مربوط به هر موضوع را بر روی نقشه‌ای جدا کپی کرده بود.



شکل۱-۲: بر هم نهی نقشه‌ها. نقشه واقع در قسمت پایین سمت راست حاصل برهم نهی پنج نقشه دیگر است. *مأخذ: Clarke, 2003.*

[1] - overlaying
[2] - Jacqueline Tyrwhitt

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 نقشه‌اش را هم ترسیم کرد!)، امتیاز تکنیک برهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی نیز در سال ۱۹۵۰ به حساب جاکلین تیرویت گذارده شده است، اگرچه احتمالاً قبل از او هم کسان دیگری این تکنیک را به‌کار برده بوده‌اند. در سال‌های ۱۹۵۰ نقشه‌ها را مرتباً به صورت شفاف در آورده و با برهم‌گذاری، آنها را برای نمایش و تحلیل‌های عوارض زمین به‌کار می‌بردند. بیست سال بعد، یان مک‌هارگ[1] در کتاب سال ۱۹۶۹ خود به نام «طراحی با طبیعت»[2] از تکنیک برهم‌نهی لایه‌های ترانسپارانت برای یک پروژه مکانیابی در نیویورک استفاده کرد.

در اوایل سال ۱۹۶۲ دو نفر از برنامه‌ریزان مؤسسه تکنولوژی شهر ماساچوستس، ایده‌ی وزن‌دهی را به تکنیک برهم‌نهی لایه‌ها افزودند. آنها این کار را بر اساس اهمیت هر لایه نسبت به سایر لایه‌ها انجام دادند. طرح آنها شامل ۲۶ نقشه بود که میزان مطلوبیت بزرگراه‌ها را نشان می‌داد. نقشه‌ها در یک قالب «درختواره‌ای» منظم شده بودند و از طریق مرتب‌سازی دوباره‌ی لایه‌های نقشه، ترکیب‌های مختلف دیگری به وجود می‌آوردند.

طی سال‌های ۱۹۶۰ انواع جدیدی از نقشه‌های موضوعی با مقیاس‌های استاندارد در دسترس عموم قرار گرفت، از جمله نقشه‌های توپوگرافیک و پوشش زمین که توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا تهیه شده بودند. این کار کمک بزرگی بود تا با آن نقشه‌های مناسب را انتخاب، لایه‌ها را استخراج، یا به صورت تصویری عارضه خاصی را از روی نقشه «جدا» کرد و سپس لایه‌ها را به طور خودکار با هم ترکیب نمود.

اکنون صحنه برای آمدن کامپیوتر آماده شده بود. در سال ۱۹۵۹ والدو توبلر[3] مقاله‌ای در نشریه *نقد جغرافیایی*[4] 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،

[1] - Ian McHarg
[2] - Design with Nature
[3] - Waldo Tobler
[4] - Geographical Review

و خروجی نقشه. این سه قدم ساده مبانی اولیه آن چیزی شد که امروزه به اسم گردآوری و زمین‌مرجع‌کردن[1] داده‌ها، تحلیل و مدیریت داده‌ها و واحدهای نمایش داده‌ها معروف‌اند و بخشی ذاتی از هر بسته GIS هستند.

به معنای امروزی، اولین سیستم اطلاعات جغرافیایی جهان متعلق به کشور کاناداست که در اواسط دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی برای تهیه نقشه‌های کامپیوتری طراحی گردید. طراح این سیستم راجر تاملینسُن[2] (۱۹۳۳-۲۰۱۴ م) معروف به پدر GIS دنیا است (شکل ۱-۳) که پروژه مهم خود را در زمینه کاربری اراضی کانادا در سال ۱۹۶۲م آغاز کرد. تأکید او همواره بر طراحی سیستم‌هایی از GIS بود که بتواند نیازهای کاربران و استفاده‌کنندگان نهایی آن‌ها را برآورده ساخته و با انتظارات آن‌ها منطبق باشد.

شکل ۱-۳: راجر تاملینسُن (سمت چپ) معروف به پدر GIS

دومین پیشرفت نوآورانه در حوزه GIS در اواخر دهه ۱۹۶۰م اتفاق افتاد، که طی آن اداره سرشماری آمریکا برای سرشماری عمومی جمعیت در سال ۱۹۷۰م برنامه‌ای را برای ثبت سوابقِ رقومیِ تمامی خیابان‌های آمریکا برای مقاصد مختلف سرشماری طراحی کرد. پس از آزمایش چندین سیستم اولیه، سیستم رمزگذاری DIME[3] توسط اداره سرشماری آمریکا به عنوان تجربه‌ای جدید در نقشه‌کشی رقومی و بکارگیری داده‌ها ابداع شد. این

[1] - Georeferencing
[2] - Rojer Tomlinson
[3] - Dual Independent Map Encoding

سیستم و فایل‌های ایجاد شده توسط آن، که به فایل‌های پایه جغرافیایی[1] مشهورند پیروزی بزرگی در تاریخ نمایش اطلاعات جغرافیایی بود. این سیستم نشان داد که اطلاعات توصیفی (یا کلیه اطلاعاتی که از طریق سرشماری گردآوری شده بود) و نقشه‌های کامپیوتری مربوطه می‌توانند با همدیگر ادغام شوند. این ادغام نه فقط در قالب نقشه‌ها، بلکه برای جستجوی پراکندگی‌ها و الگوهای جغرافیایی نیز کاربرد داشت.

طی سال‌های جنگ سرد میان ابرقدرت‌های وقت، پیشرفت‌های فنی زیادی در زمینه‌ی GIS حاصل گشت. تاریخ جدید GIS به سال‌های نخست دهه ۱۹۸۰م برمیگردد. زمانی که قیمت کامپیوترها، سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و داده‌ها کاهش چشمگیر یافتند. به بیان دیگر، در دهه‌ی ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ فنآوری GIS به دوران بلوغ خود رسید. بسیاری از بسته‌های قدیمی که قادر به انطباق خود با زبان‌های برنامه‌نویسی جدید نبودند از دور خارج گشته و با سیستم‌های جدیدتری که می‌توانستند از توانمندی‌های تجهیزات بسیار قدرتمند بهره ببرند، جایگزین شدند. هزینه‌های نگهداری به طرز چشمگیری کاهش یافت و قدرت کامپیوتر چند برابر شد.

پایه گذاری زیرساخت‌های GIS یعنی انتشار کتاب‌ها، نشریات و جورنال ها، کنفرانس‌ها و سایر منابعی که در زمینه GIS اهمیت فراوان دارند، نیز به دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد. در دهه ۱۹۹۰، GIS حتی به پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌تری نایل شد و عوامل جدیدی پدیدار گشتند. ابتدا، GIS بسیار از محدوده‌های اولیه خود یعنی علوم نقشه‌کشی فراتر رفت و حوزه‌های جدیدی از جمله زمین‌شناسی، باستان‌شناسی، اپیدمولوژی و بزهکاری‌های اجتماعی را در نوردید. عرضه هرچه بیشتر کامپیوترهای شخصی و لپ‌تاپ‌ها و دستگاه‌های قابل حمل دیجیتالی در بازار باعث ورود GIS به بسیاری از محیط‌های کاری جدید شد.

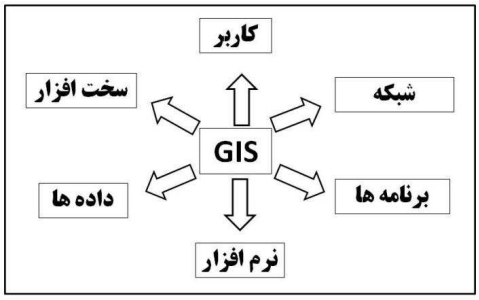
به علاوه، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی کاملاً با سیستم‌های موقعیت یاب جهانی (GPS) که باعث افزایش توان گردآوری داده‌ها شده بودند، ادغام گردید. تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زیاد به پایه و مرجع عمومی داده‌های GIS تبدیل شدند. بالاخره، ظهور اینترنت و تجارت الکترونیکی باعث قرارگیری GIS بر روی شبکه

[1] - Geographic Base File = GBF

جهانی در قالب Web-GIS شد. اکنون بسیاری صحبت از دوره جدید تجارت جغرافیایی[1] می‌کنند که بـر مبنـای قابلیت جستجوی شبکه‌ای است که به صورت جغرافیایی فعال شده و چیزی فراتر از نمـایش یـک نقشـه سـاده است.

۱-۹- اجزاء GIS

اجزاء اصلی GIS عبارتند از نرم‌افزار، سخت‌افزار، داده‌ها، دستورالعمل‌ها، شبکه و نیروی انسانی (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴: اجزاء اصلی GIS

نرم‌افزار GIS شامل دستوراتی است که به رایانه داده می‌شود تا آنها را عملیاتی کند. بسته‌های نرم‌افزاری GIS متعددند و با توجه به قیمت، توان اجرا، قدرت محاسبات، و پسند و سلیقه کاربر با هم تفاوت دارند. امروزه نرم-افزار ArcGIS؛ ابداع شده و انتشاریافته توسط ESRI[2] آمریکا، یکی از محبوب‌ترین و متداول‌ترین نرم‌افزارهای GIS در سراسر جهان است. منظور از **سخت‌افزار**، دستگاه‌های رایانه‌ای است که نرم‌افزار بر روی آن‌ها نصب شده و مورداستفاده قرار می‌گیرد. سخت‌افزار شامل رایانه، صفحه نمایش، پلاتر یا رسام، چاپگر، رقومی‌گر، ماوس، صفحه کلید و سایر لوازم جانبی است. **داده‌ها** به منزله سوخت برای موتور نرم‌افزار محسوب می‌شوند. معمولاً داده‌ها همراه نرم‌افزار نبوده و جدای از آن ذخیره و نگهداری می‌گردند. محدوده‌های سرشماری مثل محدوده استان‌ها، شهرستان‌ها، بخش‌ها و دهستان‌ها مثال‌هایی از داده‌های فضایی، و داده‌های سرشماری‌ها مثل تعداد جمعیت، خانوار، مرد، زن، شاغل، بیکار، باسواد، بی‌سواد، وضع مسکن و ... مثال‌هایی از داده‌های غیرفضایی یا توصیفی هستند. **دستورالعمل‌ها**، مجموعه‌ای از روش‌ها و دستوراتی هستند که بر اساس آنها می‌توان داده‌های

[1] - g-commerce
2. Environmental Systems Research Institute (ESRI)

فضایی و توصیفی را در محیط نرم‌افزار مورداستفاده قرار داده و از ورودی‌های اولیه‌ی خام به خروجی‌های موردنظر برای حل یک مسأله یا کمک به یک تصمیم‌گیری رسید. **شبکه** اینترنت امروزه از منابع و اجزاء لاینفک GIS محسوب می‌شود. با استفاده از شبکه جهانی اینترنت می‌توان به مجموعه‌ای متنوع از نرم‌افزارها، داده‌ها و دستورالعمل‌های مورداستفاده در GIS دست یافت. بالاخره، **نیروی انسانی** یا کاربر می‌تواند یک یا چند فرد، گروه و یا سازمان باشد. این جزء مهمترین جزء GIS است که می‌تواند تصمیم بگیرد و اجرا کند. برای استفاده مؤثر از GIS و یافتن پاسخ‌های درست برای سؤالات موردنظر، کاربر باید هم دارای دانش GIS و هم دانش حوزه موردنظر خود باشد.

۱-۱۰- GIS روشی برای تحقیق

GIS فراتر از تنها یک نوع نرم‌افزار نقشه‌کشی است. اگر استراتژی مشخصی داشته باشیم، این فناوری می‌تواند 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 سؤالات و تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای استفاده مناسب از GIS، دانستن آن‌چه که می‌خواهیم بپرسیم و دنبال کردن یک فرایند منظم برای گرفتن جواب از اهمیت به‌سزا برخوردار است، از جمله:

– تعیین چارچوب سوالات: تجزیه و تحلیل مبتنی بر GIS را با تعیین نوع اطلاعات مورد نیاز آغاز می‌کنند. غالباً این مرحله با طرح سوالاتی همراه است مانند:

- - بیشتر سرقت‌های ماه گذشته در کجاها اتفاق افتاد؟
- - چه میزان اراضی جنگلی در هرحوزه آبخیز وجود دارد؟
- - چه تعداد ساختمان مسکونی در فاصله ۵۰۰ متری یک مغازه یا یک داروخانه واقع است؟

سؤالات باید تا جائی‌که امکان دارد دقیق و تخصصی باشند. این کار به ما کمک می کند که برای انتخاب روش تحلیل، تصمیم درست‌تری بگیریم، متد مورد استفاده را مشخص کنیم و طریقه ارائه نتایج را تعیین نماییم.

– انتخاب داده‌ها: نوع داده‌ها و عوارضی که با آن‌ها کار می‌کنیم به ما کمک می‌کنند تا روش مناسب را برای تجزیه و تحلیل برگزینیم. برای یافتن پاسخ سؤالات از طریق روش‌هایی مخصوص احتمالاً نیاز به اطلاعاتی اضافی خواهیم داشت. داده‌های موردنیاز می‌توانند از منابع گوناگونی نظیر بانک‌های اطلاعاتی مربوط به هر سازمان، تماس با مدیران، فایل‌های رقومی، اینترنت، بخش خصوصی و سازمان‌های دولتی و ... تهیه شوند. نوع داده‌های انتخاب شده و منبع تهیه آنها به نیاز ما و میزان بودجه‌ای که داریم بستگی دارد. مهمترین اصل در مورد داده‌ها، کیفیت و دقت بالای آنهاست.

– انتخاب روش مناسب تجزیه و تحلیل: این‌که چه روشی باید برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرد، بستگی به نحوه استفاده از نتایج تجزیه و تحلیل دارد. مثلاً اگر یک کار مطالعاتی سریع در مورد سرقت‌های اتفاق افتاده در یک شهر به منظور یافتن الگوهای مربوط انجام می‌دهیم، ممکن است تنها به ترسیم توزیع فضایی تک تک جرم‌ها بپردازیم. بااین‌حال، اگر برای این کار بخواهیم از شواهد مطرح شده در دادگاه و سایر مستندات استفاده کنیم، احتمالاً به سنجش دقیق‌تر مکان‌ها و تعداد جرم‌های اتفاق افتاده در یک دوره زمانی معین نیاز خواهیم داشت و بنابراین ما از یک روش دوره‌ای (دوره زمانی مشخص) برای تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنیم.

– پردازش داده‌ها: پس از انتخاب متد تجزیه و تحلیل، نیاز به روشی معنی‌دار برای پردازش داده‌ها و 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 داده‌ها و تعیین مقادیر برای ویژگی‌های مختلف خواهیم داشت. اگر در پی تهیه نقشه کمیت‌ها هستیم (مانند تعداد انواع گیاهان در یک پارک شهری)، احتمالاً نیاز به طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری بر سر تعداد طبقاتی که نمایاننده داده‌های ما هستند، خواهیم داشت. اگر در پی یافتن آن چیزی هستیم که در یک محدوده‌ی خاص اتفاق می‌افتد، نیاز به بررسی و سنجش آن ناحیه یا ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعاتی داریم.

– ***بررسی نتایج***: بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل‌ها و اقدام بر اساس آن‌ها آخرین مرحله کار است. نتایج یک پروژه تحقیقی مبتنی بر GIS می‌تواند به صورت یک نقشه رقومی (دیجیتال)، یک نقشه چاپ شده بر روی کاغذ، ترکیبی از جداول و نمودارها و یا به روش‌های مشابه نمایش داده شود. اگرچه در GIS تاکید فراوان بر تهیه نقشه است، اما نرم افزارها آن‌قدر انعطاف پذیرهستند تا نتایج را به اشکالی دیگر هم که با نیازهای ما منطبق‌ترند، نمایش دهند.

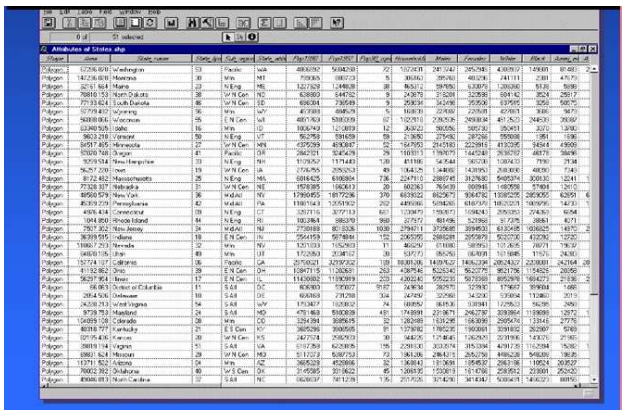
۱-۱۱-GIS و جغرافیا

GIS یک فناوری مبتنی بر کامپیوتر است که از اطلاعات جغرافیایی به عنوان چارچوبی برای مدیریت و ترکیب داده‌ها، حل مسائل و یا فهم موقعیت‌های گذشته، حال و آینده استفاده می‌کند، 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. مواردی نظیر انتخاب مکانها، یافتن بازارهای مناسب، برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع، پاسخگویی موارد اضطراری و تعیین مرزهای تقسیمات کشوری، هر کدام به نحوی دارای سؤالات جغرافیایی در بطن خود هستند. با استفاده از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان اطلاعات (ویژگی‌ها) را با مکان‌ها ارتباط داد، مانند ایجاد ارتباط بین مردم و آدرس‌های آن‌ها، ساختمان‌ها و محله‌های مختلف، یا خیابان‌های یک شبکه ارتباطی. بعداً می‌توان هر کدام از این اطلاعات را به شکل لایه‌ای در آورد و آنها را جداگانه یا با هم نمایش داد. این کار نشان می‌دهد که چگونه لایه‌های مختلف اطلاعاتی می‌توانند با هم مرتبط و ترکیب شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. پس کاربر GIS می‌تواند لایه‌هایی را که باید با همدیگر ترکیب شوند، انتخاب کرده و آنگاه چگونگی و مبانی ترکیب آن‌ها را نیز بر اساس نوع سؤالاتی که برایش مطرح است، مشخص کند. در بیشتر این مراحل نقش جغرافیا نقشی پایه‌ای است.

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی غالباً با تهیه نقشه سروکار دارد. با این‌حال، نقشه تنها یکی از راه‌های کار کردن با داده‌ها در GIS و تنها یکی از محصولات آن است. علاوه بر تهیه نقشه، GIS دارای توانایی‌های خاصی در فرآیند حل مسائل است. بنابراین GIS می‌تواند با یکی از سه دیدگاه زیر مورد بررسی و استفاده قرار گیرد: ۱-دیدگاه

مبتنی بر بانک اطلاعاتی، ۲- دیدگاه مبتنی بر تهیه نقشه و ۳- دیدگاه مبتنی بر مدل (esri, 2015) که در اینجا به توضیح مختصر آنها می پردازیم.

۱ – *دیدگاه مبتنی بر بانک اطلاعاتی* *(Database)*: در این دیدگاه GIS یک نوع بانک اطلاعاتی منحصربفرد از دنیای پیرامون ما یعنی یک پایگاه داده جغرافیایی[1] است. در این دیدگاه، GIS یک سیستم اطلاعاتی برای مکان‌ها است که قادر به ذخیره‌سازی و نگهداری حجم بسیار بسیار زیادی از داده‌های گوناگون راجع به آن مکان‌هاست که روش‌های سنتی به هیچ عنوان توان رقابت با آن را ندارند. جداول بزرگی که نتایج سرشماری‌ها و یا ویژگی‌های جغرافیایی، جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی، کالبدی، فرهنگی و ... تمام نقاط شهری یا روستایی یک استان، یک منطقه یا کل کشور را نشان می‌دهند (شکل ۱-۵)، نمونه‌هایی از پایگاه داده‌های جغرافیایی هستند که بدون بکارگیری GIS جداولی بزرگ، طولانی و احتمالاً خسته‌کننده خواهند بود و نمی‌توان به اندازه کافی از آن‌ها بهره برد. اما با وارد کردن آن‌ها به محیط GIS، به منابعی مفید و کاربردی برای کشف مجهولات، پاسخ‌یابی برای سؤالات و یافتن روابط میان سطر و ستون‌های فراوان آن‌ها تبدیل می‌شوند.



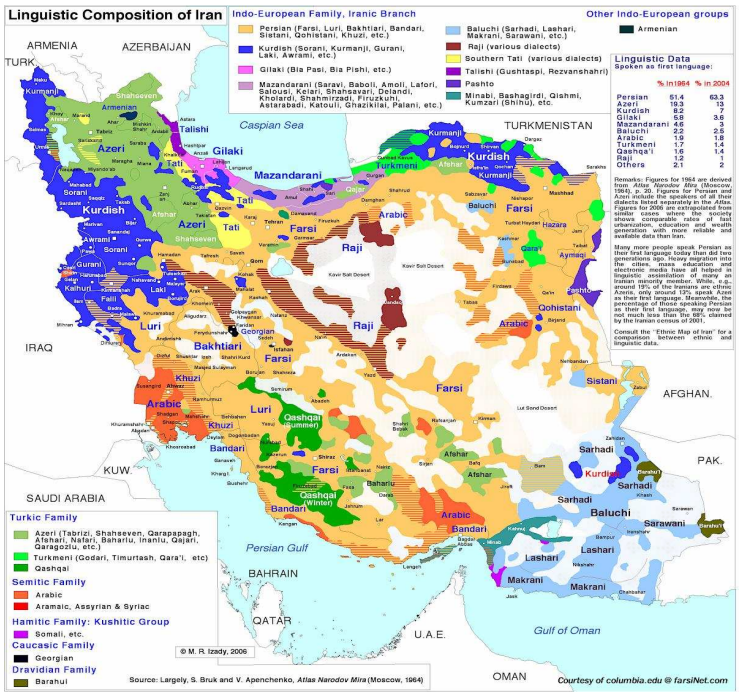
شکل ۱-۵: پایگاه داده جغرافیایی

۲ – *دیدگاه مبتنی بر تهیه نقشه*: با GIS می‌توان مجموعه‌ای از نقشه‌های هوشمند درست کرد که عوارض جغرافیایی و روابط میان این عوارض را بر روی زمین نشان می‌دهند. نقشه‌ها پنجره‌هایی به بانک‌های اطلاعاتی یا همان پایگاه داده‌ای هستند که بر آن اساس ترسیم شده‌اند. یعنی برخلاف نقشه‌های سنتی معمول، تنها به

[1] - Geodatabase

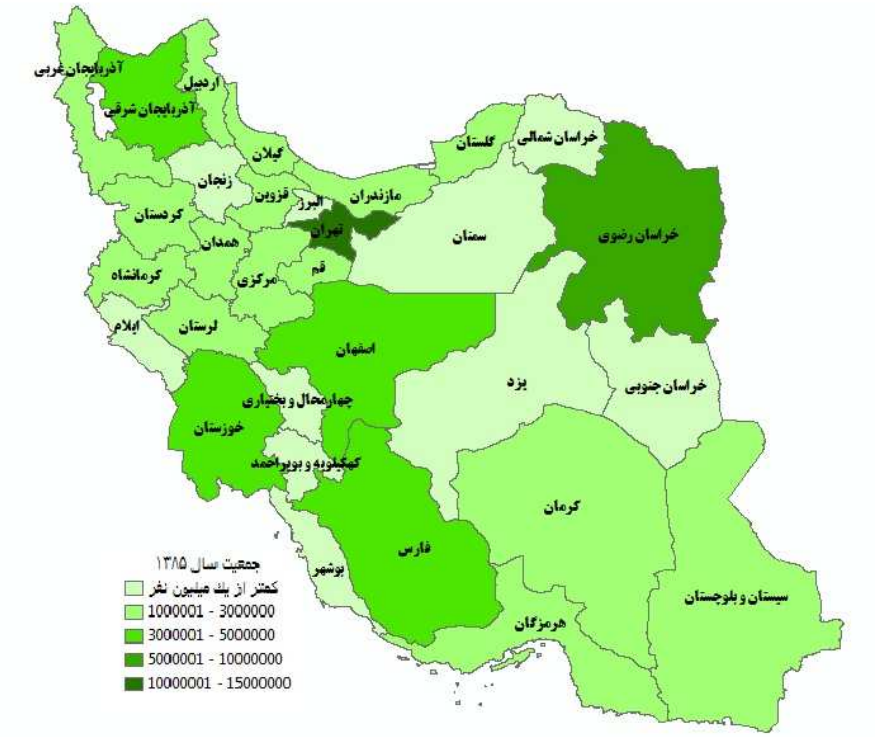
نمایش عوارض مکانی نمی‌پردازند بلکه به عنوان مجموعه‌هایی هوشمند می‌توانند برای پرس‌وجوهای فضایی و کشف روابط جغرافیایی میان پدیده‌ها، طرح سوال، تجزیه و تحلیل، ویرایش داده‌ها و بسیاری قابلیت‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، می‌توان نقشه‌های متنوعی هم با استفاده از آن ترسیم کرد، از جمله:

نقشه عوارض: مردم از نقشه استفاده می‌کنند تا ببینند چه عارضه‌ای در کجا قرار گرفته است، سپس با نگاه به توزیع عوارض بر روی نقشه به جای یافتن فقط یک عارضه، می‌توانند الگوهای استقرار و پراکندگی آن‌ها را دریابند. نقشه‌های پراکندگی عوارض به ما این اجازه را می‌دهند تا مکان قرارگیری 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 موارد وقوع زمین لرزه در پهنه‌ی جغرافیایی کشور می‌توان به جمع آوری اطلاعات مربوط به این عارضه دست زد. سپس با استفاده از این اطلاعات و ترسیم نقشه پراکندگی آن، می‌توان الگوهای زلزله‌خیزی مناطق را مشخص کرد. آن‌گاه می‌توان تصمیمات درست و علمی در رابطه با تخصیص بودجه‌های مقابله با زلزله و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها اتخاذ کرد. یا با ترسیم نقشه پراکندگی فضایی زبان‌های رایج در کشور، دیدگاه جغرافیایی بهتری نسبت به گویش‌ها و زبان‌های مختلف در سراسر کشور به‌دست آورد (شکل ۱-۶).



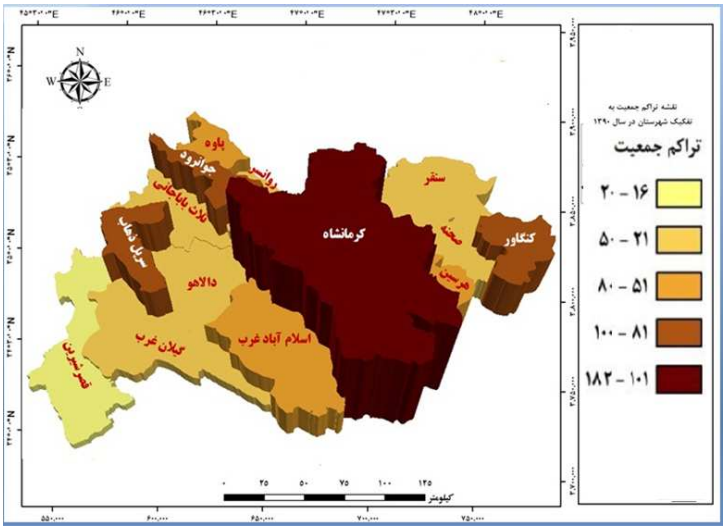
شکل ۱-۶: نقشه پراکندگی زبان‌های ایران

نقشه کمیّت‌ها: مردم کمیت‌ها را در قالب نقشه نمایش می‌دهند تا محل بیشترین‌ها و کمترین‌ها را پیدا کنند، مکان‌هایی که منطبق با معیار آنها برای عمل هستند انتخاب کنند و روابط میان مکان‌ها را ببینند. این کار باعث ارائه سطح بالاتری از اطلاعات شده و فراتر از ترسیم نقشه عوارض است شکل ۱-۷ استان‌های ایران بر اساس رقم جمعیت آن‌ها در سال ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد.



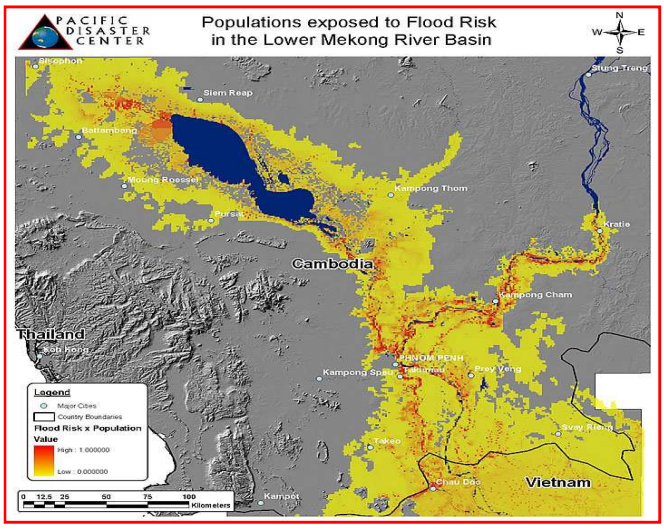
شکل ۱-۷: نمونه‌ای از نقشه کمیت

نقشه تراکم‌ها: درحالی‌که می‌توان تمرکزها 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 می‌دهد تا تعداد عوارض را با استفاده از یک واحد همسان ناحیه‌ای (مثل هکتار یا کیلومترمربع) بسنجیم و پراکندگی آن‌ها را بهتر مشاهده کنیم (شکل ۱-۸). نقشه تراکم مخصوصاً زمانی مفید است که نواحی موردنظر از لحاظ اندازه متنوع و مختلف‌اند: مانند شهرستان‌ها، 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.



شکل ۱-۸: نقشه تراکم جمعیت شهرستان‌های استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۰

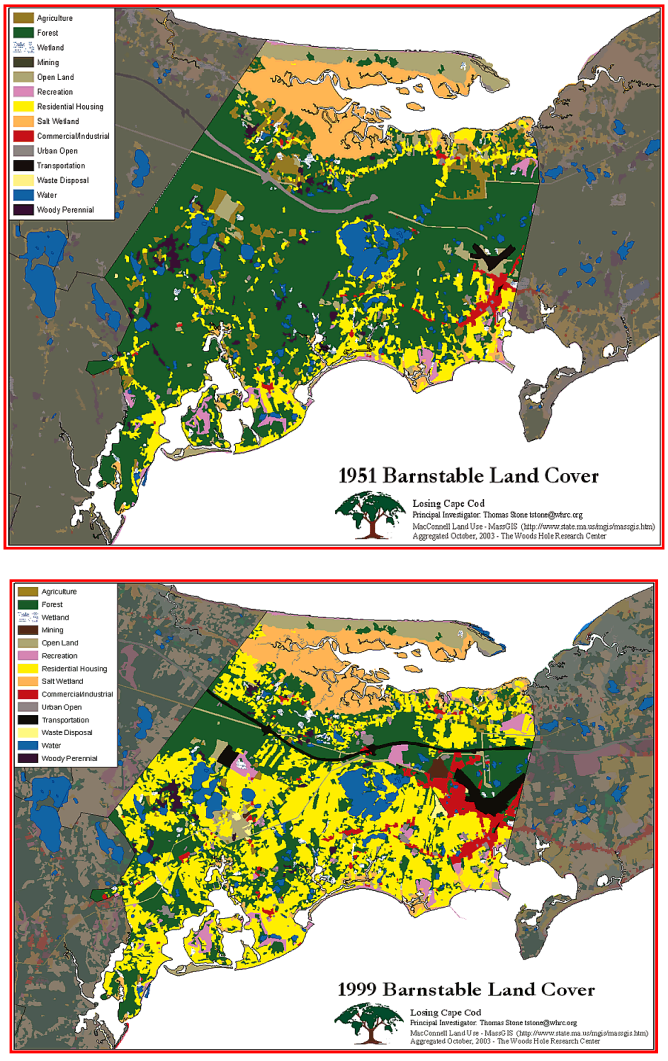
نقشه نواحی همجوار با یک پدیده: با استفاده از GIS می‌توان اتفاقاتی را کـه در فاصـله‌ای مشـخص از یـک پدیده به وقوع پیوسته و یا ممکن است به وقوع بپیوندد به تصویر کشید. مثلاً می توان به آگـاه‌سـازی سـاکنان مجاور با یک رودخانه در مورد احتمال وقوع سیل (که آن هم به وسیله پیش‌بینی‌های هواشناسی معلـوم شـده است) و دامنه گسترش آن در میان مناطق مسکونی پرداخت (شکل ۱-۹).



شکل ۱-۹: نواحی در معرض خطر سیل اطراف یک رودخانه

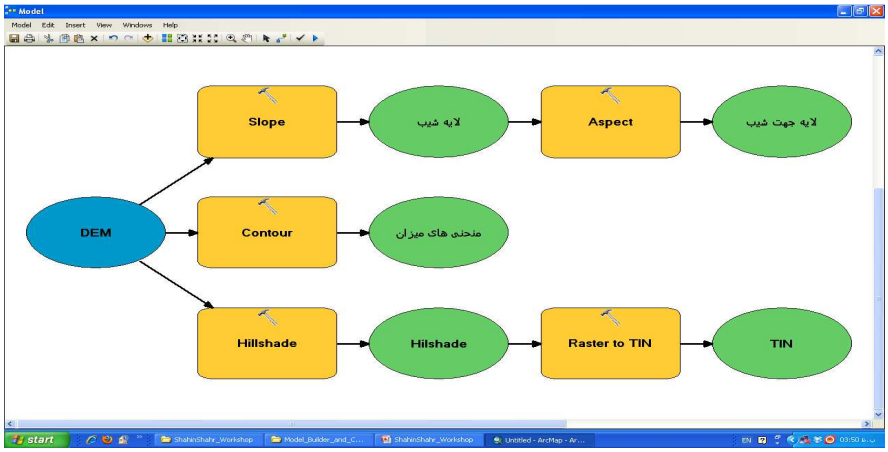
نقشه تغییرات: GIS به ترسیم نقشه‌ی تغییرات اتفاق افتاده در درون یک ناحیه به منظور پیش‌بینـی وضـعیت آینده کمک می‌کند. با این کار می‌توان تصمیم به عملی کردن برنامه‌ای گرفت و یا نتایج برنامـه و سیاسـتی را

ارزیابی کرد. با تهیه نقشه کجایی و چگونگی تغییر پدیده‌ها در یک دوره زمانی می‌توان به نحوه کارکرد و رفتار آنها پی برد و الگوسازی کرد. مثلاً اداره پلیس می‌تواند بررسی کند که چگونه الگوهای بزهکاری از یک ماه تا ماه دیگر تغییر می‌کند و با این بررسی می‌تواند اقدامات لازم را برای انجام پیشگیری‌های مربوطه به عمل آورد. همچنین با ترسیم نقشه شرایط قبل و بعد از انجام یک اقدام می‌توان به میزان تغییر یک واقعه پی برد. مثلاً یک تحلیل‌گر خرده فروش می‌تواند نقشه تغییرات میزان فروش را قبل و بعد از یک آگهی تبلیغاتی منطقه‌ای بررسی کند تا به میزان اثر آگهی خود پی ببرد. شاید یکی از مهمترین انواع این نقشه‌ها، نقشه تغییر کاربری زمین‌های شهری و منطقه‌ای در دوره‌های مختلف زمانی است. شکل ۱-۱۰ تغییر کاربری اراضی منطقه‌ای را در یک دوره تقریباً ۵۰ ساله نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۰: نقشه تغییرات

۳ – ***دیدگاه مبتنی بر مدل***: GIS مجموعه ای از ابزارهای انتقال اطلاعات است که داده‌های جغرافیایی جدید را از مجموعه داده‌های موجود استخراج می‌کند، تجزیه و تحلیل‌های لازم را برروی آن‌ها انجام داده و نتایج حاصله را در قالب مجموعه جدیدی از داده‌ها عرضه می‌دارد. به عبارت دیگر، با ترکیب داده‌ها و به‌کارگیری پاره‌ای تکنیک‌های تجزیه و تحلیل می‌توان مدلی ساخت که به پاسخ گویی سوالاتی که مطرح هستند، کمک کند (شکل ۱-۱۱). اگرچه بخش غالب این فناوری به منظور افزایش میزان دسترسی کاربران به داده‌های مرتبط طراحی شده است، با این‌حال، GIS فراتر از کندوکاو داده‌ها رفته و برای ما ابزاری را فراهم می‌کند تا با آن داده‌ها را تفسیر کرده و روابط، الگوها و گرایش‌هایی را که امکان دیدن آنها با روش‌های سنتی وجود ندارد، پیدا کنیم.



شکل۱-۱۱: مدل‌سازی در GIS

علاوه بر این، GIS به استفاده کنندگان خود اجازه می‌دهد که به مدل‌سازی سناریوهایی برای آزمون فرضیات مختلف بپردازند و برآیند بَصَری آنها را به منظور یافتن نتایجی که نیازهای‌شان را برآورده می‌کند، ببینند. مثلاً یک مدیر خرده فروشی که به دنبال ساختن یک فروشگاه جدید است می‌تواند با استفاده از GIS به تحلیل ویژگی‌های جغرافیایی مشتریان و مکان‌های جدید و سایر رقبای احتمالی در آن مکان‌ها بپردازد. GIS به این مدیر اجازه می‌دهد تا مکان‌های بالقوه را بر روی نقشه مشخص کرده، زمان دسترسی به آنها را محاسبه کند، نگرانی‌های زیست محیطی را مد نظر قرار دهد، و هرگونه عامل و شاخصی را که سنجش آن با روش‌های سنتی بسیار پُرهزینه و زمان‌بر است، برآورد و محاسبه نماید. بدین ترتیب او می‌تواند مطلوب‌ترین مکان نسبت به سایر مکان‌ها را انتخاب کند. بنابراین، می‌توان گفت که کاربردهای GIS نامحدود است. از GIS برای حل مسایل

مختلف (از یافتن محل نصب ماشین‌های خودپرداز بانک گرفته تا نحوه اداره همه شهر در یک سیستم اطلاعاتی و ...) استفاده شده است. GIS می‌تواند اطلاعاتی سودمند و قوی برای ما فراهم کند، این اطلاعات نه فقط بـه مـا می‌گویند که هر عارضه‌ای چیست و کجاست، بلکه مشخص می‌کنند که این عوارض در آینده نیز (بنابر تغییراتی که در آنها ایجاد می‌کنیم) چگونه خواهند بود. بنابراین، می‌توان گفت که GIS علمی است دربـاره مـدل‌سـازی و ترسیم نقشه جهان برای اتخاذ تصمیمات بهتر و صحیح‌تر.

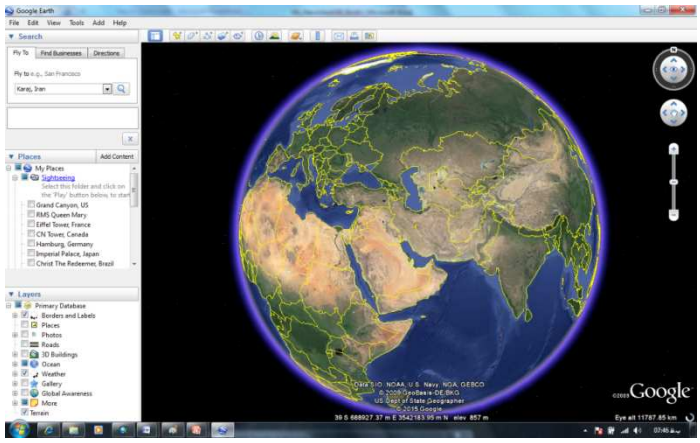
روی‌هم‌رفته، این سه دیدگاه، قسمت‌های حیاتی یک GIS هوشمند تلقی شده و دارای استفاده‌های فراوان در تمام سطوح کاربردی هستند.

۱-۱۲- Google Earth منبعی ارزشمند برای مطالعات GIS

یکی از پیشرفت‌های هیجان انگیز سال‌های اخیر در زمینه‌ی علوم جغرافیایی را می‌توان ابداع و ارائه‌ی نرم‌افزارهایی قدرتمند و رایگان برای تصویری کردن پدیده‌ها و ترسیم نقشه از سوی شرکت گوگل تلقی کرد. دو نرم‌افزار Google Map و Google Earth امکان ایجاد ارتباط متقابل، پیچیده و پویا را با تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های دقیق از کره زمین فراهم آورده‌اند. Google Map به شکل دو بعدی بوده و با هر مرورگر شبکه‌ای کار می‌کند، درحالی‌که Google-Earth سه بعدی است و با برنامه کاربردی جداگانه‌ای اجرا می‌شود. هر دو به راحتی بر روی سخت‌افزارهای موجود قابل اجرا بوده و ارائه‌ی آنها بدین معناست که تقریباً هر کسی به راحتی می‌تواند با صرف کمترین تلاش نقشه‌های حرفه‌ای تهیه کند. در این میان، Google-Earth به خاطر قابلیت‌های سه بعدی خود از جذابیت بیشتری برخوردار است.

Google-Earth را می‌توان نرم‌افزار رایگان «کاوشگر زمین» نامید که تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و موتور جستجوی گوگل را به منظور نمایش سطح زمین و پدیده‌های مستقر بر روی آن، با هم ترکیب می‌کند. استفاده‌کنندگان از Google-Earth می‌توانند به راحتی لایه‌های اطلاعاتی و تصویری مورد نظر خود را درست کرده و با برهم‌نهی آنها به اهداف کاری خود برسند. بنابراین، می‌توان گفت که این افراد در عین این‌که از قدرت

نمایشی (که از ویژگی‌های GIS است) بهره می‌برند، لزوماً نیازی به غلبه بر پیچیدگی‌های ماهوی GIS ندارند (شکل ۱-۱۲).



شکل ۱-۱۲: Google Earth

چنانچه ویژگی «مکانی-فضایی» را وجه مشترک تمام تحقیقات و مطالعات جغرافیایی بدانیم از این‌رو برای انجام کارهای آموزشی و پژوهشی مبتنی بر این ویژگی، بسیاری از افراد می‌توانند از طریق اینترنت و با استفاده از برنامه‌هایی نظیر Google Map، Microsoft Virtual Earth یا Google Earth به یافته‌های جالبی برسند. موضوع مشترک تمام این برنامه‌ها، *مکان* و *نقشه* است و برای استفاده‌کنندگان خود یعنی آنهایی که این نرم‌افزارها را برای پشتیبانی از تصمیمات‌شان مورد استفاده قرار می‌دهند، داده‌ها را به ساده‌ترین شکل ممکن یعنی حالت تصویری ارائه و نمایش می‌دهند. پس، می‌توان گفت که برای ترسیم هر پدیده و عارضه جغرافیایی می‌توان از یک بانک اطلاعاتی ساده استفاده کرده و Google-Earth را برای تحلیل و ترسیم هر نوع داده‌ای به‌کار گرفت.

Google-Earth از ابتدا برای دانشمندان و به منظور استفاده‌های 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 می‌توان به نقطه بسیار دورتری، حتی آن سوی کره زمین رفت و مکان‌ها 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

برده‌اند که این نرم‌افزار قابلیت‌هایی بسیار فراتر از سرگرمی و بازی داشته و می‌تواند برای مطالعات و تحقیقات جدی علمی مورد بهره برداری قرار گیرد.

مزایای نمایش گرافیکی داده های جغرافیایی

از دید برنامه‌ریزان شهری و سایر متخصصین یکی از جذاب‌ترین ویژگی‌های برنامه Google-Earth توان نمایش گرافیکی بسیاری از انواع مختلف داده‌ها بر روی کره رقومی زمین است. این کره رقومی در نهایت هر چیزی را دقیقاً در موقعیت درست خود نمایش می‌دهد. اکنون بیش از چند دهه است که از کامپیوتر برای پردازش داده‌های جغرافیایی استفاده می‌شود. برنامه‌های کامپیوتری قدرتمندی وجود دارند که می‌توانند همه گونه نقشه‌های رنگی ترسیم کنند. این برنامه‌ها بر خلاف Google-Earth که تنها برای نمایش داده‌ها مورداستفاده است، از قدرت بالایی برای تجزیه و تحلیل و بصری کردن اطلاعات برخوردارند و عموماً تحت عنوان سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) طبقه‌بندی می‌شوند. اگرچه با استفاده از این برنامه‌ها می‌توان نقشه‌های بسیار زیادی را تهیه کرد اما شاید بزرگترین نقص این برنامه‌ها آن است که نمی‌توانند یک تصویر کامل از کره زمین به دست دهند. به عبارتی، آنها نمی‌توانند کره‌ای 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 استفاده‌کنندگان عادی حیات تازه‌ای به کل این صنعت بخشیده است. Google-Earth داده‌های قابل دسترس را در مقیاس جهانی به طریقی بسیار مستقیم و راحت ارائه می‌دهد، از این‌رو، بسیار مورد توجه محققانی است که با نرم افزارهای GIS کار می‌کنند. به طور خلاصه می‌توان مزایای استفاده از Google Earth را در قالب موارد ذیل برشمرد:

- تهیه نقشه‌هایی تصویری با کیفیت بالا و بدون هزینه
- امکان استفاده همزمان برای تعداد بسیار زیادی از کاربران
- محیط دوستانه و مواجهه آشنا
- استفاده‌ی کاربران با هر سطحی از دانش برای مقاصد پژوهشی و آموزشی خود
- سهولت ترکیب با داده‌ها و فرآیندهای پیچیده تحلیل‌های فضایی
- سهولت استفاده از تصاویر و داده‌های آن در نرم‌افزارهای گوناگون GIS

فصل دوم: اصول و مبانی

۲-۱- مدل‌سازی در جغرافیا

تقریباً برای تمامی فعالیت‌های انسانی ناگزیر از شناخت زمین در گذشته، حال و آینده هستیم. مدل‌سازی به ما کمک می‌کند تا اطلاعات و دانش بیشتری در باره زمین و عوارض آن به دست آوریم. مساحت سطح زمین را حدود ۵۰۰ میلیون کیلومتر مربع تخمین زده‌اند. خشکی‌ها تنها یک سوم این مساحت را در بر می‌گیرند و تنها بخش بسیار کوچکی از خشکی‌ها تحت ساخت و سازهای انسانی در آمده است. پس، بخش اعظم زندگی ما غالباً در محدوده‌های بسیار کوچکی از سطح زمین می‌گذرد. این بدان معناست که بقیه قسمت‌ها، یعنی نقاطی که ما هرگز ندیده‌ایم، جو و لایه‌های زیرین ناشناخته باقی می‌مانند و دانش ما نسبت به آنها محدود به کتاب‌ها، روزنامه‌ها، تلویزیون، شبکه جهانی اینترنت یا گفته‌ها و گزارش‌های دیگران است. از بُعد زمانی هم، دوره زندگی ما در مقایسه با سن چهار و نیم میلیارد سالی زمین و در مقایسه با شروع کیهان از ده میلیارد سال پیش، بسیار محدود و کوتاه است و دانسته‌های ما در باره همه زمان‌های گذشته محدود به شواهد و مدارکی است که از سوی باستان‌شناسان، جغرافیدانان، زمین‌شناسان، و مورخین ارائه شده است. به همین قیاس در باره آینده‌ی جهان نیز به جز حدسیات و پیش‌بینی‌هایی محدود چیز زیادی نمی‌دانیم (Longley, et. al, 2011, p: 76).

از آنجا که ما تنها بخش بسیار کوچکی از زمین را بطور مستقیم دیده و با آن در ارتباط هستیم، برای دانستن در باره سایر قسمت‌های آن به مجموعه‌ای از روش‌های یادگیری متوسل می‌شویم تا به درستی تصمیم بگیریم که چه مکانی را برای زندگی انتخاب کنیم، برای گردش یا خرید کجاها برویم، و شرکت‌ها، مؤسسات، کارخانه‌ها و سایر فعالیت‌هایمان را در کجاها مستقر کنیم. تقریباً تمام فعالیت‌های انسانی در دوره‌های گوناگون نیازمند دانش و اطلاعاتی در باره بخش‌هایی از زمین است که خارج از تجربه مستقیم ما قرار دارد و معمولاً در زمانی متفاوت و یا مکانی دیگر اتفاق می‌افتد. گاه این دانش به عنوان **جایگزینی** برای آن دسته از اطلاعاتی به کار می‌رود که به صورت تجربی و مستقیم دریافت می‌شود. چنین دانش غیرمستقیمی تحت عنوان **واقعیت**

مجازی[1] نامگذاری می‌شود (Davis, 2001, P:20). امروزه واقعیت مجازی را به صورتی روزافزون برای تکمیل و ارتقاء آنچه که از طریق حواس پنجگانه دریافت می‌شوند بکار می‌گیرند و آن را مدلی می‌دانند که به فهم علمی ما از پدیده‌های جهان هستی کمک‌های شایان می‌کند. یکی از مزایای مدل‌سازی، پرهیز از متحمل شدن هزینه‌های آزمون واقعی است (رستمی، ۱۳۹۰). هنگامی که یک خلبان باید با یک هواپیمای جدید پرواز کند، گزینه کم خطر و کم هزینه‌تر پرواز از طریق شبیه‌سازی است تا هواپیمای واقعی. در شبیه‌سازی پرواز، دست خلبان برای آزمون شرایط مختلف بسیار بازتر است. به همین قیاس در تصمیم‌گیری‌های راجع به دنیای واقعی، استفاده از مدل‌ها و آزمایش سناریوهای مختلف به مراتب مؤثرتر از تجربه دنیای واقعی است.

در واقع، با ساختن مدل، امکان کسب دانش و اطلاعات به مراتب بیشتری در باره جهان واقعی به وجود می‌آید تا از طریق تلاش‌های فردی. می‌توان مدل‌ها را برای امور مربوط به برنامه‌ریزی، مدیریت و محافظت منابع، مسافرت و یا کارهای روزمره به کار گرفت. امروزه مدل **رقومی** به عنوان یکی از مدل‌های متداول واقعیت مجازی به صورتی روزافزون در همه جا اهمیت یافته است. تقریباً تمامی ارتباطات بین مردم در قالب ابزارهایی نظیر تلفن، فاکس، رادیو، تلویزیون، روزنامه، مجله یا پست‌الکترونیکی به نوعی دارای شکل رقومی است. فنآوری اطلاعات که مبتنی بر مدل رقومی است در حال سرایت به تمام جنبه‌های زندگی مدرن است. یکی از ویژگی-های جالب فنآوری رقومی آن است که خود مدل بسیار به ندرت توسط استفاده کننده آن دیده می‌شود، زیرا تنها تعداد معدودی از متخصصین فنی همواره با عناصر جداگانه‌ی یک مدل رقومی سروکار داشته و آن را می-بینند. در مقابل، آنچه که عموم می‌بینند نما یا منظره‌ای است که مدل برای نمایش محتوا به شکلی که برای ما معنی‌دار باشد ارائه می‌دهد.

سابقه مدل‌های جغرافیایی به جوامع باستانی اولیه برمی‌گردد. امور مربوط به گردآوری و شکار می‌توانست بسیار مؤثرتر انجام شود اگر شکارچیان قادر به ایجاد ارتباط و انتقال جزییات بیشتر راجع به محل گیاهان خوراکی یا محل‌های شکار به سایر اعضای گروه و قبیله خود می‌بودند. احتمالاً ریشه اولیه نقشه‌ها به خط و خطوط و طرح‌هایی برمی‌گردد که مردمان اولیه بر روی زمین یا دیوار غارها می‌کشیدند و بسیار پیش‌تر از زمانی

[1]- Virtual Reality

بوده که از زبان و بیان شفاهی برای انتقال اطلاعات استفاده شود (جداری عیوضی، ۱۳۷۷: ۲۵). بیان شفاهی و نقشه‌های دستی ابزار مؤثری برای ایجاد ارتباط در میان گروههای کوچک و محلی بودند اما ارتباطات گسترده‌تر زمانی امکان‌پذیر شد که صنعت چاپ در قرن پانزدهم میلادی اختراع شد(Norton,2004, p. 23). با این اختراع مردم توانستند نسخه‌های فراوانی از یک مدل تهیه و منتشر کنند و برای اولین بار این امکان بوجود آمد که یک مفهوم مشترک توسط جوامع مختلف به طور یکسان شناخته شود. تنها مانع تأثیرگذار بر این سازوکار این بود که مدل موردنظر حتماً بایستی به صورت دوبعدی و مسطح باشد. با اینحال و با قبول مانع مذکور، نقش کاغذ برای چاپ نقشه‌ها و مدل‌ها به علت ارزانی، سبکی، قابلیت حمل و انتقال نقشی مؤثر بود. البته کاغذ هم از خطر آتش‌سوزی و رطوبت در امان نبود و تاریخ بشر نمونه‌های فراوانی از سیل و آتش‌سوزی و از بین رفتن منابع و داده‌های بسیار ارزشمند دارد.

اما امروزه مدل‌های رقومی در جغرافیا نسبت به انواع مدل‌های قبلی مورداستفاده نظیر نقشه‌های کاغذی، گزارش‌های منتشر شده و اطلاعات شفاهی دارای مزایای فراوانی است. داده‌های رقومی به آسانی قابل کپی‌برداری هستند، با سرعت بسیار بالا منتقل می‌شوند و کمتر در معرض تخریب و تحریف فیزیکی ناشی از تغییرات دمایی و رطوبتی قرار دارند. از این‌ها مهمتر آنکه داده‌های رقومی به آسانی قابل تغییر، به‌هنگام‌سازی، پردازش و تحلیل هستند. در این میان، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی آنچنان دست ما را در کارهای جغرافیایی باز می‌گذارند که به هیچ وجه با نقشه‌های کاغذی قابل مقایسه نیست، از جمله‌ی آنها می‌توان به اندازه‌گیری‌های سریع و دقیق، برهم‌نهی یا ترکیب لایه‌ها، تغییر اندازه، مقیاس و جابجایی داده‌ها و لایه‌ها، فضای بسیار اندک موردنیاز برای ذخیره‌سازی و نگهداری داده‌ها در مقایسه با فضاهای زیادی که برای نگهداری کتب، نشریات، روزنامه‌ها و نقشه‌ها موردنیاز است و ارزانی و پایین بودن هزینه‌ی داده‌های رقومی اشاره کرد.

در فرآیندهای حل مسأله‌ای که بر اساس داده‌های رقومی استوارند، مدل‌های توصیفی و تحلیلی GIS دارای نقشی بسیار مهم در مدیریت این‌گونه داده‌ها می‌باشند. برای نمایش داده‌ها به شکل رقومی روش‌های متعددی وجود دارد اما هیچکدام کامل نبوده و هیچکدام به تنهایی برای تمام برنامه‌های کاربردی مطلوب نیستند. نکته مهم آن است که مدل باید چه چیزهایی را شامل شود و چه چیزهایی را شامل نشود. فنآوری GIS اکنون به

صورتی روزافزون برای مدل‌سازی عوارض دنیای واقعی بکار گرفته می‌شود. این سیستم‌ها با توان تکنیکی و تحلیلی خود، کاربران را در جهت ارائه طرح‌هایی با قابلیت انطباق بیشتر در دنیای واقعی و اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر یاری می‌رسانند. سیستم‌های GIS با توجه به سازگاریشان با منابع متنوع و بسیار زیاد داده‌های رقومی، امکان شناخت و مدیریت بهتر بر شهرها، کانون‌های مهم اقتصادی، صنعتی و فعالیتی را به آسانی فراهم آورده و دید علمی و شناخت فنی ما را از این طریق نسبت به محیط پیچیده و دنیای نامحدودی از واقعیت‌ها که اطراف ما را احاطه کرده‌اند افزایش می‌دهند.

با مدل‌سازی در GIS، می‌توان مقادیر مجهول را بر مبنای تعداد معدودی از مقادیر معلوم به روش علمی و قابل قبول حدس زد. با استفاده از روش‌های درون‌یابی فضایی[1] می‌توان مقادیر اندازه‌گیری نشده و مجهول مواردی مانند میزان بارش، ارتفاع، میزان آلودگی، جرم و غیره را در پهنه‌های مختلف، برمبنای فاصله به دست آورد. برای این کار معمولاً به قانون اول جغرافیا منتسب به والدو توبلر[2] استناد می‌شود که عبارت است از: «همه چیز با همه چیز ارتباط دارد، منتها ارتباط آن‌هایی که نزدیکترند بیشتر از آن‌هایی است که در فاصله دورتر از هم قرار گرفته‌اند (Tobler, 1970: 235)».

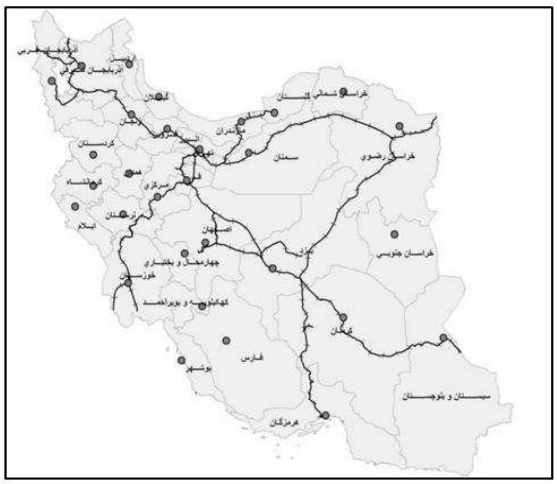
مدل‌سازی رقومی لایه‌های مورد استفاده در مطالعات شهری، از جمله: لایه‌های شبکه خیابان‌ها، معابر، مساکن، انواع کاربری‌ها، تأسیسات، فضاهای سبز، بلوک‌های سرشماری و صدها لایه‌ی دیگر به راحتی در محیط GIS امکان‌پذیر است. کامپیوترها معمولاً پدیده‌های دنیای واقعی را در قالب رقم‌های دوگانه‌ی صفر و یک مدل‌سازی می‌کنند. در این میان، مدل‌سازی رقومی به خاطر سادگی و هزینه‌ی کم، دارای کاربردهای فراوان است. در مدل‌سازی جغرافیایی معمولاً با سطح زمین و فضاهای نزدیک به سطح زمین در مقیاس‌های متفاوت؛ از مقیاس‌های معماری گرفته تا مقیاس‌های جهانی سروکار داریم. اما آنچه دارای اهمیت است این که: مدل را برای کدام عوارض، چه اهدافی و چگونه می‌سازیم. چون جهان و پدیده‌های آن به غایت پیچیده و نامحدود، اما سیستم‌های کامپیوتری محدود هستند، لذا به هنگام مدل‌سازی باید جزئیات را حذف، و به انتخاب عوارضی

[1] - spatial interpolation
[2] - Waldo Tobler

خاص اکتفا کرد. برای این کار، داده‌های راجع به مکان، زمان و ویژگی‌های عوارض انتخابی، ثبت و ذخیره شده و برای ساختن مدل رقومی از آن‌ها استفاده می‌شود.

۲-۲- عوارض گسسته و حوزه‌های پیوسته

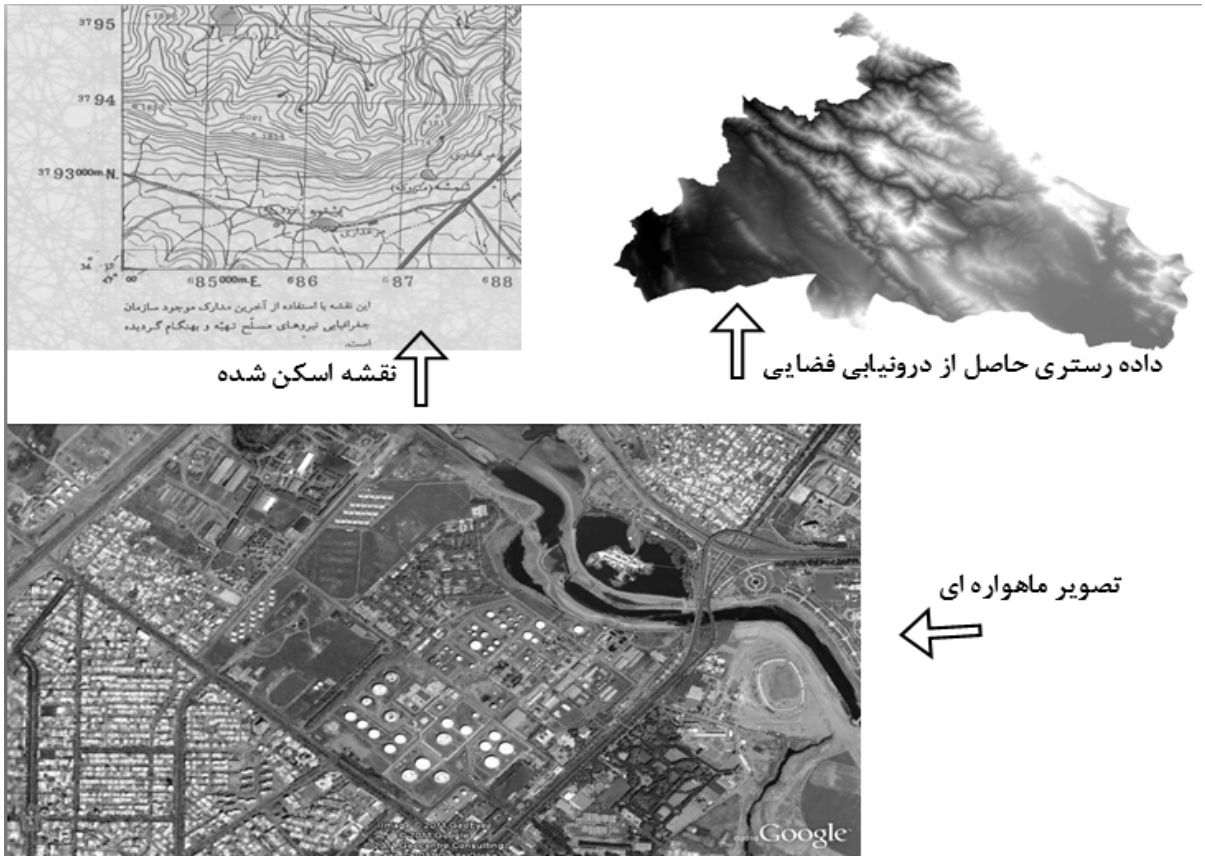
دو روش اصلی مدل‌سازی رقومی داده‌های جغرافیایی مربوط به عوارض گسسته[۱] و حوزه‌های پیوسته[۲] است. در دیدگاه اول، دنیا در قالب محدوده‌هایی مشخص در می‌آید که با اشیاء و عوارض گوناگون پر شده است. در دیدگاه دوم، پدیده‌های دنیای واقعی به صورت حوزه‌های پیوسته و شبکه‌ای از مربع‌های هم‌اندازه مدل‌سازی می‌شوند که در آن هر پیکسل دارای مقدار مربوط به خود است، مثل مدل رقومی ارتفاع. دو ساختار اصلی برای نمایش داده‌های مذکور در GIS عبارتند از وکتور یا بُرداری[۳] و رستر یا سلول-تصویری[۴]. در GIS به ساختاری که عوارض را به صورت نقطه، خط و پلی‌گون در موقعیت و ابعاد دقیق‌شان نشان دهد بُردار یا وکتور گفته می‌شود (شکل ۲-۱). این ساختار بسیار شبیه نقشه‌های سنتی است که تمام عوارض را به سه صورت فوق نمادسازی می‌کنند. این ساختار بیشتر برای نمایش داده‌ها و عوارض گسسته مانند نقاط سکونتگاهی، رودخانه‌ها و جاده‌ها، و محدوده‌ی شهرها و شهرستان‌ها مناسب است.



شکل ۲-۱. سه لایه نقطه‌ای (مراکز استان‌ها)، خطی (راه آهن) و پلی‌گونی (استان‌ها)ی ایران

[1] - discrete objects
[2] - continuous fields
[3] - Vector
[4] - Raster

ساختار رستری، اما ساختاری است که فضا یا عوارض دنیای واقعی را به صورت شبکه‌ای از مربع‌ها نشان می‌دهد. هرکدام از این مربع‌ها را یک سلول یا یک پیکسل[1] می‌نامند. واژه پیکسل شکل کوتاه شده Picture Element است. به هر پیکسل یک مقدار تعلق می‌گیرد که نشان دهنده ویژگی یا توصیف آن است. مثلاً در یک فایل رستری از ارتفاع، بارش، درجه حرارت، تراکم جمعیت یا تراکم مساکن به هر پیکسل رقم یا ارزشی تعلق می‌گیرد که به ترتیب نشان دهنده مقادیر مربوط به هرکدام از عوارض یا پدیده‌های مذکور در آن نقطه (سلول) است. ساختار رستری بیشتر برای نمایش داده‌های پیوسته[2] مورداستفاده قرار می‌گیرد. هرچه تعداد پیکسل‌ها بیشتر و ریزتر باشد، عکس یا نقشه اسکن شده از قدرت تفکیک[3] و کیفیت بالاتری برخوردار است. این داده‌ها را می‌توان به سه دسته ۱- عکس (هوایی و ماهواره‌ای) ۲- نقشه‌های اسکن شده و ۳- داده‌های حاصل از **درونیابی فضایی** تقسیم کرد (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲. انواع داده‌های رستری

1. Pixel
2. Continues data
3. Resolution

به‌طور کلی، می‌توان برای مدل‌سازی عوارض در GIS از شش روش به شرح زیر استفاده کرد (شکل ۲-۳):

الف) ترسیم نقشه بر مبنای شبکه‌ای از نقاط که به صورت منظم در فضا توزیع شده‌اند (مثل نقاط ارتفاعی با اندازه پیکسل ۳۰ متری در یک مدل رقومی ارتفاع[1])

ب) ترسیم نقشه بر مبنای شبکه‌ای از نقاط که به صورت تصادفی در فضا توزیع شده اند (مثل نقاط سکونتگاهی شهری و روستایی یا ایستگاه‌های هواشناسی)

ج) ترسیم نقشه با اختصاص دادن یک مقدار مشخص به هر سلول یا پیکسل در یک شبکه‌ی منظم

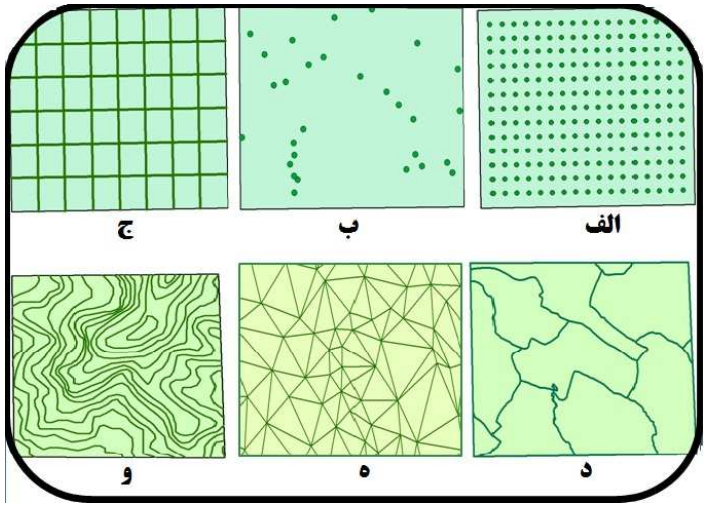
د) ترسیم نقشه با اختصاص دادن مقادیر مشخص به متغیرهای پراکنده در محدوده‌های ناهمسان

ه) ترسیم نقشه بر اساس پهنه‌بندی محدوده‌ها با استفاده از شبکه مثلث‌بندی نامنظم (TIN)

و) ترسیم نقشه برمبنای استخراج خطوط هم ارزش مثل منحنی‌های تراز یا خطوط هم‌بارش، هم‌دما و هم‌قیمت.

از این روش‌های شش‌گانه، که هرکدام به طریقی بخشی از داده‌های فراوان و بی‌شمارِ جهان واقعی را در ظرفیت‌های محدود دنیای رقومی و حافظه کامپیوتر مدل‌سازی می‌کنند، موارد «الف» و «ج» مختص داده‌های رستری و موارد «ب»، «د»، «ه» و «و» مختص داده‌های وکتوری هستند. از این چهار روش وکتوری، یکی از نقطه استفاده می‌کند: «ب»، دو تا از پلی‌گون: «د» و «ه»، و بالاخره یکی از خط: «و». اما برخلاف مفهوم عوارض گسسته، نشانه‌های مورداستفاده برای مدل‌سازی حوزه‌های پیوسته دارای مبنا در جهان واقعی نیستند. مثلاً مثلث‌های یک TIN در قسمت «ه» شکل۲-۳ یا خطوط منحنی میزان در قسمت «و» بر روی زمین یافت و مشاهده نمی‌شوند، بلکه تنها در دنیای رقومی به وجود می‌آیند.

[1] - Digital Elevation Model (DEM)



شکل ۲-۳: شش روش معمول در GIS برای ایجاد مدل رقومی: الف) نقاط نمونه‌ی دارای توزیع فضایی منظم ب) نقاط دارای توزیع فضایی نامنظم ج) شبکه منظم مربع‌ها د) پلی‌گون‌های ناهمسان ه) شبکه مثلث‌های نامنظم و) خطوط منحنی میزان (Longley et al., 2011).

۲-۳- زمین‌مرجع

به‌طور عام، زمین‌مرجع به معنای بیان آدرس عوارض و پدیده‌ها بر روی زمین، و به‌طور خاص به معنای تعیین موقعیت عوارض براساس سیستم‌های رایج مختصات است. لایه‌های مختلف مربوط به یک محدوده باید در یک فضای کارتوگرافیکی معین با همدیگر منطبق و جفت و جور باشند؛ لازمه این کار زمین‌مرجع کردن داده‌هاست که عبارت از ثبت یا منطبق کردن داده‌ها با سیستم‌های مختصات ثابت از جمله سیستم‌های مختصات جغرافیایی یا سیستم‌های مختصات قائم‌الزاویه مسطح نظیر UTM[1] است. این تکنیک بیشتر برای داده‌های رستری به کار می‌رود که طی آن حداقل باید برای سه و معمولاً چهار پیکسل، مختصات واقعی تعریف شود. با این کار مختصات تمام پیکسل‌ها با **مختصات** واقعی بر روی زمین هماهنگ می‌شود.

زمین‌مرجع دارای شکل‌های مختلفی است که عمده‌ترین آنها عبارتند از: اسامی مکان‌ها، آدرس و کدهای پستی، سیستم‌های مرجع خطی، سیستم‌های کاداستر، ژئوکُد، سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، سیستم-های مختصات جغرافیایی، و سیستم‌های مختصات قائم‌الزاویه مسطح (Longley et al., 2011; ESRI, 2013)، که در اینجا تنها به توضیح یکی از زیرمجموعه‌های سیستم‌های مختصات قائم‌الزاویه مسطح، یعنی سیستم UTM پرداخته می‌شود (برای اطلاعات بیشتر ن.ک رستمی، ۱۳۹۴ و حسین‌زاده و بیدخوری، ۱۳۸۷).

1. Universal Transverse Mercator

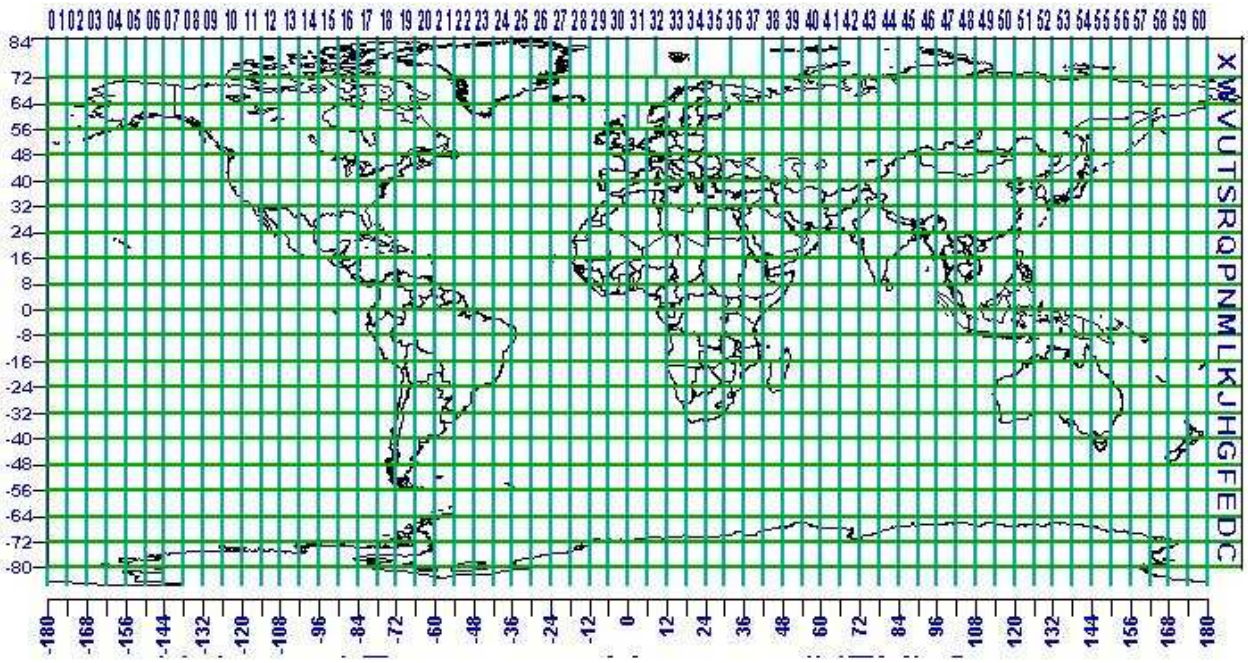
۲-۳-۱- سیستم مختصات UTM

از اواخر دهه ۱۹۵۰ سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) در تهیه نقشه‌های توپوگرافی از سیستم UTM استفاده کرده و این سیستم امروزه به صورتی فراگیر در GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم مرکاتور معکوس احتمالاً رایج‌ترین سیستم تصویر برای نقشه‌های با دقت بالاست. داستان استفاده از این سیستم از آنجا شروع می‌شود که معلوم گشت سیستم تصویر مرکاتور اگرچه در قطب‌ها تغییر شکل و انحراف بیش از حد درست می‌کرد ولی در استوا این انحراف در کمترین حد خود بود. پس، جان هنریش لمبرت در سال ۱۷۷۲ سیستم مرکاتور را به حالت معکوس به کار گرفت تا به جای این که استوانه با خط استوا مماس گردد با دو نصف‌النهار 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 تجزیه‌وتحلیل بیشتر این سیستم پرداخت، و لویس کروگر نیز در سال‌های 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 می‌شد.

سیستم تصویر مرکاتور معکوس به انحاء مختلف در سیستم‌های UTM، شبکه نظامی و برخی سیستم‌های دیگر هم حضور دارد. این سیستم برای تهیه نقشه قسمت اعظم ایالات متحده آمریکا، بسیاری از کشورهای دیگر و حتی سیاره مریخ مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم UTM از همان میزان دقتی بهره می‌برد 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 می‌پیوندد. بنابراین، شماره مناطق از غرب به شرق اضافه می‌شود.

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 می‌گذرد. بنابراین برای منطقه ۱ که شامل طول‌های ۱۸۰ تا ۱۷۴ غربی است، نصف‌النهار مرکزی برای سیستم UTM نصف النهار ۱۷۷ درجه غربی می‌باشد. از آنجا که نصف‌النهار مرکزی هر منطقه خط استوا را به صورت قائم‌الزاویه قطع می‌کند لذا استفاده از نصف‌النهار مرکزی هر منطقه برای درست کردن شبکه قابل توجیه است (شکل های ۲-۴ و ۲-۵).

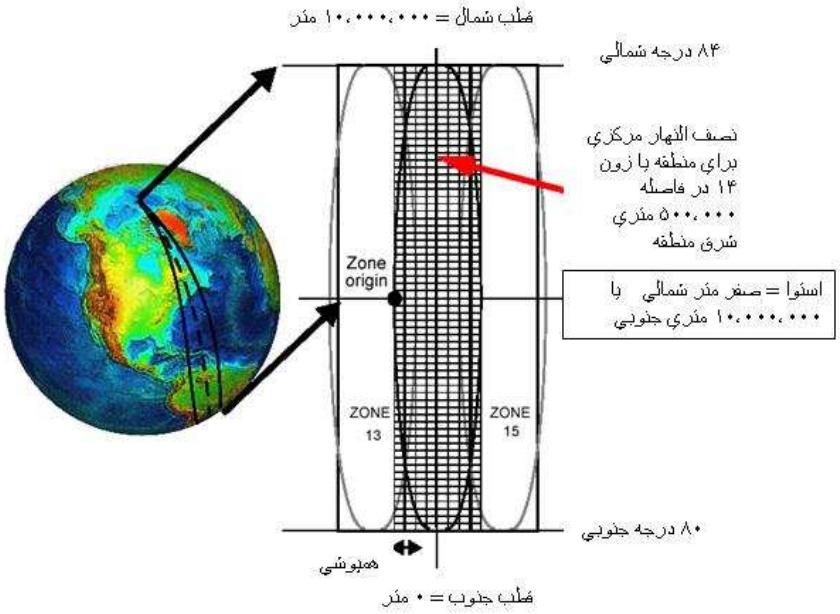
برای درست کردن مبنا برای سیستم مختصات هر منطقه، دو نیمکره را باید به طور جداگانه در نظر گرفت. برای نیمکره جنوبی نقطه صفر را «قطب جنوب» می‌گیرند و محاسبه «جهت شمال یا Northing» را بر اساس متر از این نقطه مرجع آغاز می‌کنند. از آنجا که محیط زمین حدود ۴۰ میلیون متر است لذا Northing هر منطقه حدود ۱۰ میلیون متر فاصله از نقطه صفر مبدأ را در بر می‌گیرد.



شکل ۲-۴: منطقه بندی جهان در سیستم UTM

محاسبه جهت شمال یا Northing مجدداً از خط استوا به عنوان نقطه صفر برای نیمکره شمالی آغاز می‌شود که آن هم در نقطه قطب شمال به ۱۰ میلیون متر می‌رسد. هر چه به قطب‌ها نزدیک‌تر شویم میزان کشیدگی و تغییر شکل شبکه طول و عرض UTM بیشتر و بیشتر می‌شود. بنابراین از UTM در عرض‌های بالاتر از ۸۴ درجه

شمالی و ۸۰ درجه جنوبی استفاده نمی‌شود. برای مناطق قطبی هم از سیستم مختصات جهانی استرئوگرافیک قطبی استفاده می‌کنند (عیوضی، ۱۳۷۷).



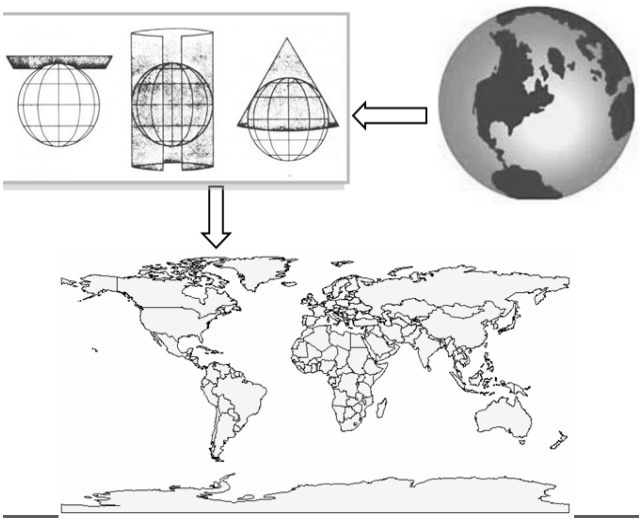
شکل ۲-۵: یک منطقه یا Zone نمونه از سیستم مختصات UTM *(مأخذ: Clarke, 2003)*.

برای محاسبه جهت غربی-شرقی (Easting) یک مبدأ ساختگی در حد غربی هر منطقه در نظر گرفته شده است. فاصله واقعی این مبدأ حدود نیم درجه است اما برای سهولت کار از رقم استفاده می‌شود، یعنی محور قائم اصلی این شبکه در ۵۰۰ کیلومتری غرب نصف‌النهار مرکزی هر زون در نظر گرفته می‌شود. این کار می‌تواند دو مزیت داشته باشد؛ هم امکان همپوشی میان مناطق را برای اهداف مختلف نقشه‌کشی فراهم آورد و هم از مختصات منفی اجتناب گردد. بدین‌وسیله می‌توانیم بگوییم که در کدام سمت (شرق یا غرب) نصف‌النهار مرکزی قرار داریم و رابطه شمال حقیقی با شمال شبکه نیز در هر نقطه معلوم است.

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 می‌کند. مزیت دیگر آن، این است که میزان دقت و کاربرد آن بالاست. در موارد مختلف، مخصوصاً برای تهیه نقشه‌های کوچک مقیاس می‌توان رقم آخر را از سیستم شماره گذاری UTM حذف کرده و قدرت تفکیک را به ده متر تقلیل داد. این کار معمولاً در مقیاس‌های

۱:۲۵۰،۰۰۰ و کوچکتر صورت می‌گیرد. به همین‌سان قدرت تفکیک تقسیمات کوچکتر از متر را هم می‌توان به سادگی و با اضافه کردن ارقام اعشاری بالا برد. اگرچه جز در موارد معدودی نظیر نقشه‌برداری و ژئودزی کمتر نیاز به دقت‌های کوچکتر از یک متر هست اما جهت اجتناب از خطای گردکردن ارقام در کامپیوتر لازم است در ذخیره‌سازی این گونه داده‌ها در GIS دقت کافی مبذول و حتی دقت‌های کمتر از متر نیز مد نظر قرار گیرند. برای استفاده و تحلیل مؤثر، داده‌ها می‌بایست علاوه بر سیستم مختصات دارای **سیستم تصویر** نیز باشند.

شکل خاص مورداستفاده برای ترسیم بخشی از زمین کروی (جسم سه بعدی) بر روی نقشه کاغذی یا به شکل رقومی و بر روی صفحه کامپیوتر (دو بعدی) را سیستم تصویر[1] گویند (شکل ۲-۶). سیستم‌های تصویر بسیار متعددی وجود دارد که هرکدام ویژگی‌های خاص خود را دارد و برای مقاصد خاصی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این سیستم‌ها به‌طور کلی به سه دسته استوانه‌ای[2]، مخروطی[3] و مستوی[4] تقسیم می‌شوند. معمولاً لایه‌های GIS برای زمین مرجع شدن یا قرارگرفتن در موقعیت صحیح خود نیاز به سیستم تصویر دارند. با این کار نقشه دارای **مقیاس** می‌شود و می‌توان **اطلاعات جغرافیایی** را به راحتی در آن قرار داد.



شکل ۲-۶: سیستم تصویر یا نحوه تبدیل کره سه بعدی به نقشه دوبعدی

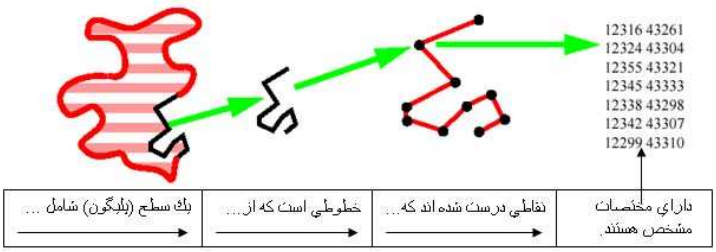
[1] - Map projection
2. Cylindrical
3. Conic
4. Azimuth

۲-۴- اطلاعات جغرافیایی

هدف از زمین‌مرجع کردن داده‌ها، کدگذاری اطلاعات جغرافیایی در یک قالب رقومی است تا برای GIS قابل تشخیص باشد. ظاهراً بنیادی‌ترین ویژگی جغرافیایی، همانا «موقعیت» است. در سیستم GIS، موقعیت را به وسیله مختصات و در قالب ارقام بیان می‌کنند.

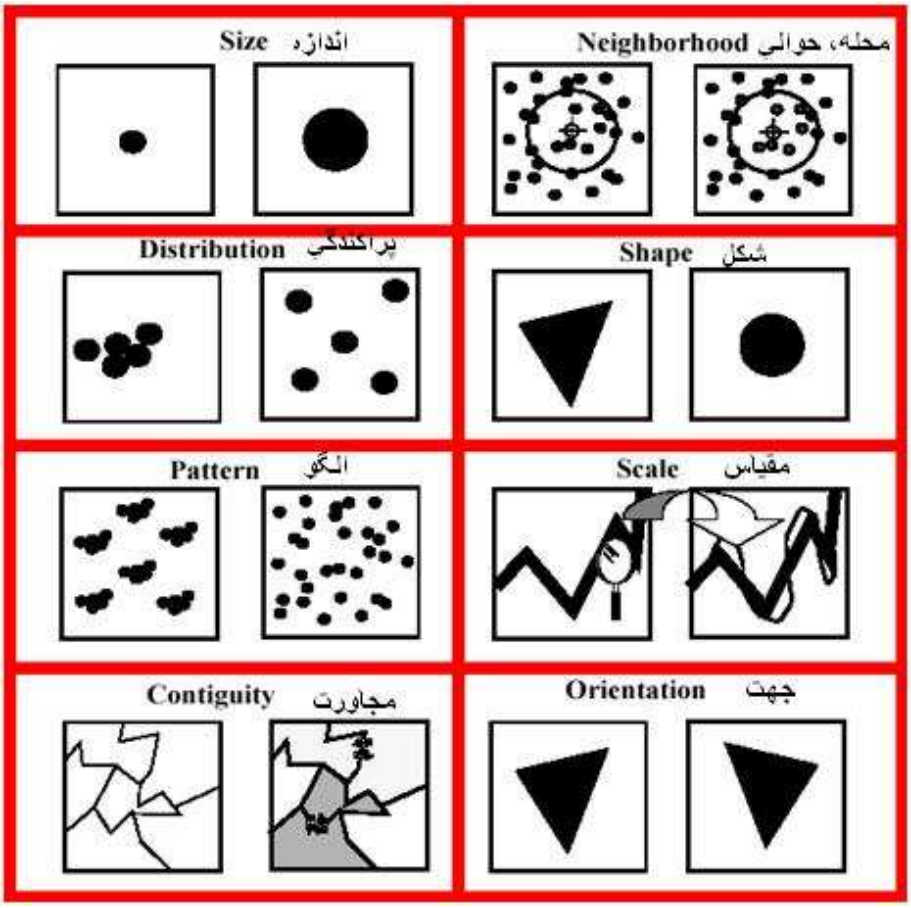
از دیگر ویژگی‌های اساسی داده‌های جغرافیایی «بُعد» آن‌هاست. به طور سنتی، کارتوگراف‌ها داده‌ها را به صورت نقاط، خطوط و سطوح ترسیم می‌کنند. نکته مهم در فهم چگونگی ساختار اطلاعات در GIS آن است که عوارض پیچیده نقشه بر مبنای عوارض ساده‌تر درست می‌شوند. مثلاً یک خط از مجموعه‌ای از نقاط متصل به هم ساخته شده است. یک محدوده یا سطح نیز می تواند از چند خط متصل به هم درست شود (شکل ۲-۷).

«ویژگی‌های توصیفی» مربوط به یک پدیده جغرافیایی نیز اطلاعات مهمی هستند که می‌توانند براساس سطح اندازه‌گیری طبقه‌بندی شوند. سطوح اندازه‌گیری به مواردی چون اسمی، ترتیبی، فاصله‌ای و نسبی تقسیم می‌شوند. داده‌های اسمی آنهایی هستند که به‌سادگی کلاس یا برچسبی را به یک عارضه اختصاص می‌دهند: مانند نام یک روستا یا خیابان. عوارض ترتیبی در قالب نوعی طبقه‌بندی مرتب می‌شوند، مثلاً برای نشان دادن انواع راه‌ها بر روی یک نقشه آن‌ها را در قالب بزرگ‌راه، آسفالته، شوسه، خاکی و مالرو مرتب می‌کنند. مقادیر فاصله‌ای، آن‌هایی هستند که بر مبنای یک مقیاس نسبی سنجیده می‌شوند، مانند نقاط ارتفاعی. نسبت‌ها هم، مقادیر محاسبه شده براساس یک مقیاس مطلق‌اند مانند محاسبه میزان بارندگی یک منطقه نسبت به کل کشور. این تقسیم بندی اجازه می دهد تا عوارض جغرافیایی را به راحتی در طبقات مختلف گروه‌بندی کنیم.



شکل ۲-۷: داده‌های 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.

پس از آن‌که عوارض جغرافیایی در قالب نقاط، خطوط و سطوح به تصویر درآمدند، می‌توان با سنجش اندازه‌ها، پراکندگی‌ها، الگوها، جهت‌ها، نزدیکی‌ها، همسایگی‌ها، شکل‌ها و مقیاس‌های آن‌ها، ویژگی‌های کلی‌شان را استخراج کرد (شکل ۲-۸). هرکدام از این موارد نشان‌دهنده ویژگی خاصی از عوارض جغرافیایی است که معمولاً به وسیله ابزارهای پیش بینی شده در GIS اندازه‌گیری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. مثلاً می‌توان مساحت قطعات زمین را محاسبه، یا جهت بزرگراه‌ها را تعیین و یا پراکندگی گونه‌های گیاهی و حیوانی منطقه‌ای را مشخص کرد. بخشی از وظیفه کاربر GIS استخراج نتایج و توصیف این ویژگی‌ها از داده‌های موجود است. این‌که تا چه اندازه کسی بتواند این کار را خوب انجام دهد به مهارت‌های او به عنوان یک کاربر هوشمند GIS بستگی دارد.



شکل ۲-۸: ویژگی های اساسی عوارض جغرافیایی *(مأخذ: Clarke, 2003)*.

فصل سوم: تکنیک‌ها و تحلیل‌ها

۳-۱- نقشه: ابزار تحلیل در GIS

از آنجا که بسیاری از سیستم‌های اطلاعاتی به دنبال برآوردن اهداف و رسیدن به نتایجی مشخص هستند، لذا توجه به این ویژگیِ GIS برای بسیاری از تصمیم‌گیران، محققین و اهل فن از اهمیت حیاتی برخوردار است. «نقشه» ابزاری مؤثر برای خلاصه‌سازی و انتقال نتایج پروژه‌های GIS به کاربران و مخاطبین است. اهمیت نقشه‌های خروجی GIS از آنجا ناشی می‌شود که بسیاری از استفاده‌کنندگان اطلاعات جغرافیایی تنها از طریق تولید نقشه با GIS ارتباط و تعامل برقرار می‌کنند. این نقشه‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- نقشه‌های رسمی: که طبق استانداردهای کارتوگرافی ساخته شده و به عنوان نقشه‌های پایه مورد استفاده قرار می‌گیرند، مثل نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی یا نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های کاربری اراضی شهری و ۲- نقشه‌های موقتی: که بعد از ترسیم بر روی صفحه نمایش کامپیوتر برای مشاهده، پرس‌وجو، تغییر و دستکاری، ویرایش و تحلیل‌های اولیه‌ی اطلاعات جغرافیایی مورداستفاده قرار می‌گیرند. هر دو نوع نقشه را می‌توان هم به صورت رقومی و هم کاغذی تولید کرد و آن‌ها را به عنوان ابزاری قدرتمند برای ایجاد ارتباط، انتقال اطلاعات و پشتیبانی از تصمیمات به‌کار گرفت. این هر دو نوع نقشه همچنین دارای نقش‌هایی مهم در بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی هستند.

نقشه به عنوان محصول نهایی مجموعه‌ای از پردازش‌های GIS، می‌تواند دو نقش اساسی بر عهده بگیرد: هم به عنوان وسیله‌ای برای ذخیره‌سازی داده‌های جغرافیایی باشد و هم وسیله‌ای برای ارتباط با آن‌ها. مَثَل قدیمی «یک عکس ارزش هزاران کلمه دارد» حاکی از اهمیت نقشه به عنوان وسیله‌ای برای ذخیره کردن داده‌ها و اطلاعات فراوان است. معادل امروزی مثل فوق را لانگلی و همکاران بدین صورت آورده‌اند که: «یک نقشه ارزش میلیون‌ها بایت دارد» (Longley, et. Al,. 2011: 302). در گذشته نقشه‌ی کاغذی خود به تنهایی یک بانک اطلاعاتی بود، اما امروزه، نقشه تنها یکی از ده‌ها محصولی است که از یک پایگاه داده رقومی به دست می‌آید.

نقشه‌ها همچنین وسیله‌ای برای انتقال اطلاعات به بینندگان خود هستند. نقشه‌ها می‌توانند نتایج نهایی تحلیل‌های فضایی را به شکلی چشم‌نواز و قابل فهم‌تر ارائه دهند، نظیر نقشه‌ی مکانیابی یک مدرسه جدید در سطح شهر یا مکان‌یابی یک شهرک صنعتی در یک پهنه جغرافیایی. بدین‌ترتیب، مشاهده‌کنندگان نقشه می‌توانند با روابط فضایی میان پدیده‌ها (قابل مشاهده در یک نقشه) یا پدیده‌های ترسیم شده در نقشه‌های مختلف ارتباط برقرار کرده و نظم و ترتیب یا حتی بی‌نظمی فضایی آن‌ها را مشاهده و درک کنند. استفاده از نقشه برای تصمیم‌گیری‌ها نیازمند توجیه و تفسیرِ آسان پیام نقشه در ذهن تصمیم‌گیران است. در واقع، کارکرد اصلی نقشه تنها نشان دادن مجموعه‌ای از پدیده‌های جهان واقعی بر روی کاغذ نیست، بلکه باید حامل پیامی هم باشد. با این‌همه، نقشه‌ها دارای مسائلی به شرح زیر نیز هستند:

- اگر بعضی از نشان‌ها و سمبل‌های بکارگرفته‌شده در نقشه، بی جهت بزرگ شده یا مورد تأکیدِ بی‌دلیل قرار گیرند آن‌گاه نقشه‌ها می‌توانند باعث سوء برداشت از سوی بیننده شوند.
- نقشه‌ها تنها نماینده‌ی یک لحظه‌ی ایستا از وضعیت پدیده‌ها هستند و اگر عامل زمان یا پویایی پدیده‌ها را دخیل کنیم باید همه نقشه‌ها را با احتیاط بیشتر تفسیر کرد. پس، سایر گزینه‌های ممکن را نیز نباید فراموش کرد.
- نقشه‌ها معمولاً با استفاده از قواعدی پیچیده و سمبل‌هایی خاص ساخته می‌شوند، بنابراین، ممکن است فهم و تفسیر آن‌ها برای افرادی که آموزش ندیده‌اند مشکل و ملال‌آور باشد.

بی‌شک، GIS باعث تحولی بنیادی در ایجاد، استفاده و تفسیر نقشه‌ها شده است. کارتوگرافی رقومیِ GIS نقشه‌کش‌ها را از قیدوبندهای زیر که ذاتی روش‌های سنتی‌اند، آزاد کرده است:

- نقشه‌های کاغذی دارای مقیاس ثابت‌اند. به علت اصل «خلاصه‌سازی» در ترسیم نقشه، خواه ناخواه بسیاری از عوارض را نمی‌توان در نقشه‌های کاغذی گنجاند. نقشه‌های رقومی اما چنین محدودیتی

ندارند. قابلیت بزرگنمایی[1] و کوچک‌نمایی[2] در GIS دست کاربران را برای آزمایش مقیاس‌های مختلف باز می‌گذارد.

- محدوده‌ی مورد نمایش در نقشه‌های کاغذی محدود است و گاه تمام یک شهر یا محدوده را نمی‌توان در یک شیت نقشه جا داد و برای نمایش آنها باید چندین شیت نقشه را به هم چسباند. جالب این‌که، طبق قانونی نانوشته: «بسیاری از اطلاعات مهم نقشه‌های این‌چنینی درست در لبه‌هایی که باید نقشه‌ها به هم بچسبند، گم و پنهان می‌شوند». در مقابل، نقشه‌های رقومی این محدودیت را نداشته و لایه‌های متعدد موجود در نفشه، حتی به گستره‌ی یک کشور را می‌توان با ابزار Pan و جابجایی نقشه در جهات مختلف مشاهده کرد.
- برخلاف نقشه‌های سنتی که تنها حالتی ایستا را از وضعیت پدیده‌ها نمایش می‌دهند، با استفاده از قابلیت پویانمایی[3] در GIS می‌توان پدیده‌های متحرک را به صورتی واقعی‌تر به تصویر کشید.
- نقشه‌های کاغذی اصولاً دو بُعدی بوده و عوارض را تنها از یک نما نشان می‌دهند، ولی در GIS می‌توان عوارض را به صورت سه‌بعدی در اورده و آن‌ها را در نماهای متفاوت و از زوایای گوناگون دید.
- در نقشه‌های کاغذی نمی‌توان لایه‌های جدید اضافه، یا لایه‌های موجود را حذف کرد. همچنین امکان به‌روزرسانی داده‌ها وجود ندارد. اما در GIS می‌توان لایه‌ها را بنا به ضرورت خاموش و روشن کرد و داده‌ها را به‌هنگام ساخت و لایه‌هایی را اضافه یا حذف کرد.

بنابراین، در مقایسه با نقشه‌های کاغذی، نقشه‌های رقومی GIS از انعطاف و قابلیت‌های بیشتری برای ترسیم انواع پدیده‌های ساکن و متحرک برخوردارند.

۳-۲- اصول طراحی و ترسیم نقشه

[1] - Zoom in
[2] - Zoom out
[3] - Animation

طراحی و ترسیم نقشه فرآیندی خلاقانه است که کارتوگراف یا نقشه‌کش از طریق آن به دنبال انتقال پیام و هدفی خاص است. اهداف اصلیِ طراحی و ترسیم نقشه عبارتند از: ۱- به مشارکت گذاشتن اطلاعات، ۲- برجسته‌کردن فرآیندها و الگوهایی خاص و ۳- ارائه‌ی نتایج. رابینسون و همکاران (۱۹۹۵) هفت نکته را در ترسیم و طراحی نقشه یادآور می‌شوند:

- هدف: هدف یک نقشه، تعیین کننده آن چیزهایی است که باید ترسیم شوند. معمولاً نقشه‌های پایه را نقشه‌های چندمنظوره و نقشه‌های موضوعی را یک منظوره می‌خوانند.
- واقعیت: شکل واقعی عوارض و کشیدگی آن‌ها در جهت شمالی-جنوبی یا در جهت شرقی-غربی تعیین کننده صفحه‌بندی[1] نهایی نقشه است.
- داده‌های موجود: داده‌های در دسترس خواه از نوع رستری و پیوسته و خواه با ساختار وکتوری و گسسته‌ی نقطه، خط و پلی‌گون و روش‌های فراوانی که برای نمادسازی آن‌ها وجود دارد می‌تواند تأثیر زیادی در طراحی و ترسیم نقشه داشته باشد.
- مقیاس نقشه: مقیاس اگرچه مفهومی ساده به نظر می‌رسد، اما در کیفیت نقشه، تعداد لایه‌های مورد نمایش، اندازه‌ی سمبل‌ها و موارد فراوان دیگری دارای نقش و اثر است.
- مخاطبین: هر فرد ممکن است انواع متفاوتی از نقشه‌ها را بنا به اهداف و نیازهای خود ترجیح دهد.
- شرایط استفاده: نوع رنگ، تُن رنگ، روشنی و تیرگی، اندازه سمبل‌ها و سایر موارد می‌توانند در طراحی و ترسیم نقشه‌هایی که در داخل ساختمان یا کلاس مورد استفاده قرار می‌گیرند کاملاً متفاوت از آن‌هایی باشد که در بیرون کاربرد دارند.
- محدودیت‌های فنی: ابزار ارائه‌ی نقشه، خواه کاغذ و خواه صفحه نمایش کامپیوتر، فرآیند طراحی نقشه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مثلاً در جایی که اینترنت از سرعت بالا برخوردار نیست برای نمایش نقشه‌های آنلاین نمی‌توان لایه‌های زیادی را در نقشه گنجاند.

[1] - Layout

۳-۳- ترکیب نقشه

در ترکیب عناصرِ نقشه لازم است به موارد ذیل توجه شود:

۱- بدنه‌ی نقشه: محل موردتأکید در هر نقشه، بدنه‌ی اصلی آن است. در مورد نقشه‌های مقایسه‌ای هم به دو یا چندین بدنه‌ی اصلی توجه می‌شود. برای این بخش از نقشه باید فضای کافی و سمبل و نشانه‌های مناسب اختصاص داده شود.

۲- نقشه فرعی[1] و نقشه نمای کلی[2]: اولی می‌تواند برای بزرگتر نشان دادن محدوده‌ای مشخص، و دومی برای نشان دادن نمای عمومی و موقعیت جهانی یا منطقه‌ای نقشه‌ی موجود مورد استفاده قرار گیرند.

۳- عنوان: عنوان اصلی، و در صورت لزوم عنوان فرعی برای انتقال موضوع نقشه به مخاطب ضروری است.

۴- راهنما: با فهرست کردن لایه‌های موجود در نقشه و معرفی سمبل‌ها و نشانه‌های آن‌ها در راهنمای نقشه، خواننده به راحتی می‌تواند با آن ارتباط برقرار کند.

۵- مقیاس: نسبت کوچک شدن عوارض دنیای واقعی بر روی نقشه را نشان داده و می‌تواند به سه شکل: عددی (۱:۵۰۰۰)، گرافیکی (مقیاس تصویری) و متن (یک سانتی‌متر=۵۰۰ متر) در نقشه ظاهر شود.

۶- علامت جهت‌نما: برای نشان دادن جهت، از علامت جهت‌نمای شمال استفاده می‌شود.

۷- اطلاعات راجع به نقشه: از جمله؛ نوع سیستم مختصات مورداستفاده، منبع داده‌ها، تاریخ تهیه، نام تهیه‌کننده، حق مالکیت و نظیر آن.

نکته‌ی اساسی این است که تمام این عناصر باید به نحوی در کنار هم قرار گیرند که ضمن نشان دادن پیام اصلی نقشه، به زیبایی، هماهنگی و چشم‌نوازی آن هم کمک کنند.

۳-۴- تصویری کردن داده‌ها[3]

[1] - Inset map
[2] - Overview map
[3] - Geovisualization

برای تصویری کردن داده‌ها و عوارض زمین شامل عوارض طبیعی یا انسان‌ساخت و مدل‌سازی آن‌ها به مجموعه داده‌های فراوانی نیاز هست. بَصَری کردن اطلاعات می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی برای موارد مختلف شهری کند. با این کار، می‌توان به راحتی داده‌های فضایی را بررسی، تجزیه و تحلیل و ترکیب کرده و آن‌ها را به روش‌هایی مناسب نمایش داد. تصویری کردن اطلاعات فضایی-مکانی می‌تواند در یافتن پاسخ برای سؤالات زیر کمک‌های شایانی به ما بکند:

- چه عارضه‌ای در کجا قرار گرفته است؟
- به لحاظ فضایی چه ارتباطی میان عوارض وجود دارد؟
- کدام عوارض دارای شباهت یا تفاوت هستند؟
- چه اتفاقاتی در موقعیت‌هایی مشخص رخ داده است؟
- الگوهای فضایی عمومی کدام‌ها هستند و بی‌نظمی‌ها در چه فضاهایی رخ داده‌اند؟

۳-۵- تحلیل فضایی داده‌ها

توان تحلیل فضایی از مزیت‌های برجسته‌ی GIS است. تحلیل فضایی شامل روش‌هایی برای انتقال و بهینه‌سازی داده‌های جغرافیایی است که برای پشتیبانی از تصمیمات و نشان دادن الگوها و روندهایی است که به خودی خود و یا از طریق روش‌های سنتی به راحتی امکان‌پذیر نیست. به بیان دیگر، تحلیل فضایی فرآیندی است که از طریق آن، داده‌های خام را به اطلاعات مفید تبدیل می‌کنیم. با این‌حال، برای انجام یک تحلیل فضایی مؤثر بیشتر به کاربران هوشمند نیاز داریم تا کامپیوترها و تجهیزات قدرتمند. در یک تقسیم‌بندی کلی، تحلیل فضایی داده‌ها بر دو اساس انجام می‌گیرند: الف) تحلیل فضایی مبتنی بر موقعیت و ب) تحلیل فضایی مبتنی بر فاصله.

الف) تحلیل فضایی مبتنی بر موقعیت عوارض

«موقعیت» از مفاهیمی است که در کانون توجه GIS قرار دارد. تحلیل‌های مبتنی بر موقعیت را می‌توان در پنج گروه به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱- تحلیل مبتنی بر ستون‌های مندرج در جدول ویژگی‌های لایه‌ها: در این روش می‌توان به تعداد ستون‌های مندرج در جدول ویژگی‌های هر لایه، نقشه ترسیم کرد و به مشاهده و پیگیری الگوها و روندهای موجود پرداخت.

۲- ترکیب/اتصال داده‌های فضایی [1]: در روش قبلی، تحلیل‌ها براساس داده‌های موجود انجام می‌گرفت، اما گاه داده‌های موردنیاز آماده و در دسترس نیستند و لازم است آن‌ها را از جداول یا لایه‌هایی دیگر اخذ کرد. برای این کار از روش ساده‌ی اتصال جداول یا Join استفاده می‌شود که نتیجه‌ی آن افزوده شدن ستون‌های یک جدول جدید به جدول ویژگی‌های لایه موردنظر است. اما چنان‌چه دو لایه داشته باشیم که یکی از نوع نقطه‌ای و نشان‌دهنده‌ی نقاط ارتکاب جُرم و لایه‌ی دیگر از نوع پلی‌گونی و نشان‌دهنده‌ی محلات شهری باشد و بخواهیم اطلاعات لایه‌ی نقطه‌ای را با لایه‌ی پلی‌گونی ترکیب، و تعداد جرم‌های هر محله را با پلی‌گون‌های آن محله وصل کنیم، از تکنیک ترکیب یا اتصال فضایی استفاده خواهیم کرد. با این کار، داده‌های متغیر نقطه‌ای جرم به لایه‌ی پلی‌گونی منتقل می‌شوند. از این تکنیک برای اتصال و تحلیل داده‌های نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی به یکدیگر استفاده می‌شود.

۳- تحلیل نقطه در پلی‌گون: از این عملگر برای تعیین اینکه چه نقاطی (از یک لایه‌ی نقطه‌ای) در داخل چه مناطقی (از یک لایه‌ی پلی‌گونی) قرار می‌گیرند استفاده می‌شود، مثل تعداد موارد یک بیماری خاص در محلات شهری.

۴- برهم‌نهی پلی‌گون‌ها: این عملگر شبیه عملگر قبلی است با این تفاوت که در اینجا هر دو لایه از نوع پلی‌گونی هستند، مثل تعیین محلاتِ قرار گرفته در هر منطقه‌ی شهرداری.

۵- تحلیل رستری: از تحلیل رستری بخصوص به هنگام مکانیابی برای فعالیت‌های جدید استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در این تحلیل از لایه‌های مختلف رستری از جمله شیب، کاربری اراضی، دوری از کاربری‌هایی خاص، نزدیکی به کاربری‌هایی دیگر و اختصاص دادن وزن‌های خاص به هر لایه برای یافتن مناسب‌ترین مکان جهت استقرار یک فعالیت جدید استفاده می‌شود.

[1] - Spatial join

ب) تحلیل فضایی مبتنی بر فاصله‌ی عوارض

توان GIS در محاسبه‌ی دقیق فواصل اساس بسیاری از تحلیل‌های فضایی است. تحلیل‌های این‌چنینی بر این مفهوم استوارند که فاصله‌ی عوارض بر روی زمین می‌تواند مطالبی متنوع و مفید به ما بگویند. تحلیل‌های مبتنی بر فاصله را می‌توان در پنج دسته به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱- اندازه‌گیری طول و فاصله: یکی از قواعد اصلی تعیین فاصله‌ی عوارض، استفاده از سیستم متریک است. تعیین فاصله به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد اما ساده‌ترین آن‌ها روش تعیین فاصله مستقیم یا اقلیدسی است. این فاصله را برای لایه‌های نقطه‌ای با استفاده از فرمان Euclidean Distance تعبیه شده در ابزارهای Spatial Analysis Tools در نرم‌افزار ArcGIS محاسبه می‌کنند. همچنین محاسبه فواصل لایه‌های خطی به راحتی امکان‌پذیر است.

۲- حریم‌سازی[1]: از مهمترین و کاربردی‌ترین عملیات GIS است که طی آن حریمی با فاصله‌ی مشخص در اطراف لایه‌های نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی ترسیم شده و به صورت لایه‌ای جداگانه در می‌آید.

۳- شناسایی خوشه‌ها: یکی از سؤالات متداول در مورد توزیع جغرافیایی داده‌های نقطه‌ای این است که پراکندگی نقاط از چه الگویی تبعیت می‌کند. برای جواب چنین سوالی می‌توان سه الگوی منظم، خوشه‌ای و پراکنده تشخیص داد. اگر نقاط به صورتی تقریباً برابر در همه جا پخش شده باشند، الگوی توزیع منظم است. اگر تعداد نقاط در جاهایی بیشتر و متراکم‌تر از بقیه باشد الگوی توزیع خوشه‌ای است و چنان‌چه توزیع یک نقطه ارتباطی با سایر نقاط همجوار نداشته باشد تابع الگوی پراکنده است.

۴- تخمین تراکم: یکی از مباحث قوی در حوزه تحلیل فضایی مربوط به متن و گستره‌ی وقوع اتفاقات است و این‌که عوارض یک محدوده تا چه حد تحت تأثیر محیط‌های اطراف خود قرار می‌گیرند. مثلاً آیا زندگی در یک محله با هوای آلوده باعث افزایش احتمال بیماری‌های تنفسی افراد می‌شود؟ یا آیا پدیده‌ی چاقی افراد در مناطقی خاص با کمبود و نبود امکانات ورزشی در آن مناطق ارتباط دارد؟

[1] - Buffering

اگرچه در چنین مواردی می‌توان از تکنیک حریم‌سازی برای نشان دادن مواردی که در درون محدوده قرار می‌گیرند، استفاده کرد اما این تکنیک ممکن است نقاطی مهم را که در خارج شعاع تعیین شده‌ی حریم قرار گرفته‌اند، در نظر نگیرد. پس، در چنین مواردی از روش تخمین تراکم استفاده می‌شود. برای این کار از روش‌های چون تخمین تراکم کِرنِل[1] استفاده می‌کنند که ابزار اجرایی آن در قسمت Spatial Analysis Tools نرم‌افزار ArcGIS قرار دارد.

۵- درونیابی فضایی:[2] یکی از متداول‌ترین قابلیت‌های GIS است که به وسیله خود نرم‌افزار و با کمترین دخالت مستقیم کاربر صورت می‌گیرد. درونیابی فضایی، فرآیند حدس هوشمندانه‌ای است که در آن GIS و کاربر تلاش می‌کنند تا برآوردی قابل قبول از مقادیر مجهول یا اندازه‌گیری نشده را بر اساس مقادیر معدود، معلوم و اندازه‌گیری شده در داده‌های پیوسته به دست آورند. برای این کار از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود اما مبنای تمام روش‌ها بر «فاصله» و این اصل استوار است که مقدار معلوم در یک نقطه بیش از همه با مقادیر مربوط به نقاط همجوار و نزدیکتر خود شباهت دارد. سه روش عمده درونیابی فضایی عبارتند از: ۱- پلی‌گون‌های تیسن[3]، ۲- وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)[4] و ۳- کریگینگ[5]. از درونیابی فضایی در مواردی چون تخمین میزان بارش، درجه حرارت و سایر پارامترهای اقلیمی در نقاطی که فاقد ایستگاه هواشناسی هستند، تخمین حوزه نفوذ خرده‌فروشی‌ها، مدارس، شرکت‌های تعاونی و موارد مشابه و یا تخمین ارتفاع در جاهایی که ارقام مربوط به ارتفاع در دسترس نیست، از جمله فواصل بین منحنی‌های میزان یا سلول‌های DEM[6] استفاده می‌شود.

1 - Kernel density
2 - Spatial interpolation
3. Thiessen Polygons
4. Inverse-Distance Weighting
5. Kriging
6. Digital Elevation Model

فصل چهارم: کاربردها

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی دارای کاربردهای فراوان در حوزه‌های محیط زیست، کشاورزی، جنگل، مرتع، شهرداری‌ها، مطالعات جغرافیایی و اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی شهری و روستایی و بسیاری از حوزه‌های دیگر است. ذکر مثال از همه‌ی این موارد خارج از گستره‌ی این جزوه است، بااین‌حال، در اینجا به ذکر سه نمونه از کاربردهای GIS در مطالعات شهری پرداخته می‌شود.

۴-۱- کاربرد GIS در مدل‌سازی و تحلیل فضایی جرم در مناطق شهری

مقدمه: جرم و کجروی از پدیده‌های مهمی است که می‌تواند چهره شهر را مخدوش نموده و به عنوان معضلی اجتماعی نظام مدیریت شهری را به چالش فراخواند. این پدیده به ویژه در کلان‌شهرهایی که روند رشد و توسعه خود را به صورت ناموزون و بیمارگونه طی کرده باشند بیشتر مشهود است. کشورهای در حال توسعه، جریان شهری شدن را به صورتی شتابان و ناهمگون پیموده‌اند، این شهرها عموماً فاقد تکنولوژی لازم، مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب و هماهنگ برای چنین رشد شتابانی بوده‌اند. رشد سریع شهرنشینی، با شکل‌گیری محلات جدید، ایجاد بافت‌های جدید شهری و با دستخوردگی بافت‌های قدیمی همراه بوده است. توسعه شهرنشینی با خود مشکلات فراوانی مانند آلودگی، بیکاری، حاشیه نشینی، آلونک نشینی، کمبود تسهیلات در زمینه مسکن، بهداشت، آموزش و از جمله نابرابری اجتماعی و جرم و بزهکاری شهری، به همراه داشته است.

یکی از ابعاد مهم بررسی معضلات شهری، بعد فضایی و مکانی آن است. بسیاری از اندیشمندان مکان را عاملی مهم در تحلیل مسائل اجتماعی به شمار می‌آورند. این باور گاهی تا بدانجا پیش رفته که عده‌ای را دچار جبرگرایی جغرافیایی کرده است. لاکاسانی می‌گوید بزه‌کاری، یک میکرب اجتماعی است. این میکرب در محیطی که آمادگی پروراندن تبه‌کار نداشته باشد، بروز نکرده و جرمی اتفاق نمی‌افتد (تاج زمان، ۱۳۶۹: ۲۳۳).

دی. تی. هربرت اعتقاد دارد که رفتارهای کجروانه با ویژگی‌های خاصی از محیط اجتماعی فضایی همبستگی ثابتی دارد، به طوری که ناحیه مسکونی می‌تواند شاخص معتبری برای گروه‌های اجتماعی مختلف باشد. توزیع فضایی کجروی را تنها نمی‌توان از شناخت میزان کجروی گروه‌های اجتماعی و آرایش فضایی این گروه‌ها پیش‌بینی کرد، بلکه خصلت‌های فضایی محیط نیز در درک توزیع جغرافیایی رفتارهای کجرو نقش دارد (Herbert,1976). پس می‌توان گفت عوامل به وجود آورنده جرم در نقاط مختلف یکسان نیستند و مناطق از نظر نوع جرم، شدت و ضعف، تعداد و نیز از نظر عوامل اثربخش با یکدیگر متفاوت‌اند. این تفاوت‌ها و اختلاف‌ها را می‌توان در شهرها و روستاها و حتی در محله‌های مختلف یک شهر هم مشاهده کرد (ستوده، ۱۳۷۲: ۹۳-۹۲). همانند سایر حوزه‌ها، در حوزه بررسی جُرم نیز، GIS می‌تواند با یکی از سه دیدگاه مبتنی بر: ۱- بانک اطلاعاتی، ۲- نقشه و ۳- مدل مورد بررسی قرار گیرد (ن.ک به مبحث GIS و جغرافیا، همین جزوه). مدل‌ها موارد استفاده فراوانی دارند و به اشکال مختلفی به قرار زیر ظاهر می‌شوند (Longley et al. 2011):

- ذهن انسان‌ها: افراد از طریق حواس به گرفتن اطلاعات از محیط اطراف خود می‌پردازند، مثلاً تصاویری که از طریق چشم مشاهده می‌شوند یا اصوات و صداهایی که از طریق گوش شنیده می‌شوند در حافظه ذخیره شده و در آینده از آن‌ها استفاده می‌شود.
- عکس: یک مدل دو بعدی از جهان واقعی است که از طریق دوربین عکس‌برداری تهیه می‌شود.
- متون نوشتاری و مطالب شفاهی: مردم از این طریق با استفاده از زبان یا یادداشت‌برداری و خاطره‌نویسی به توصیف جنبه‌هایی از دنیای واقعی می‌پردازند.
- اعداد و ارقام: به هنگامی‌که در دنیای واقعی با استفاده از وسایلی نظیر دماسنج، خط‌کش و سرعت‌سنج به اندازه‌گیری پدیده‌ها پرداخته می‌شود.

با ساختن مدل، امکان کسب دانش و اطلاعات به مراتب بیشتری در باره جهان واقعی به وجود می‌آید. از طریق تلاش‌های فردی می‌توان مدل‌ها را برای امور مربوط به برنامه‌ریزی، مدیریت و محافظت منابع، تحلیل جُرم و یا کارهای روزمره به کار گرفت. مدل‌سازی می‌تواند دربرگیرنده دو بخش اصلی یعنی ترسیم نقشه و تحلیل فضایی

باشد: ترسیم نقشه و تحلیل فضایی جُرم دو ابزار قدرتمند برای مطالعه جرم در مناطق مختلف هستند که از طریق آن‌ها پلیس می‌تواند محدوده‌های جرم‌خیز را شناسایی کند. امروزه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک فناوری مطلوب هم برای ترسیم نقشه و هم تحلیل فضایی جرم در بسیاری از نقاط جهان دارای کاربردهای فراوان است. با این‌همه، در کشور ما استفاده از GIS در تحلیل و ترسیم مکان‌های جرم عمومیت چندانی نیافته و به علت عدم مهارت نیروهای استفاده کننده هنوز جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است. اِعمال صحیح قانون همواره نیازمند مدیریت صحیح اطلاعات به ویژه اطلاعات مکانی است. روش‌های سنتی مدیریت اطلاعات عموماً شامل جمع‌آوری داده می‌باشند که البته گردآوری صرف داده‌ها بدون تجزیه‌وتحلیل آن‌ها استفاده چندانی نخواهد داشت؛ اما به‌کارگیری GIS نه تنها ترکیب و تحلیل فضایی داده‌ها را برای شناسایی هرچه بهتر کانون‌های جرم امکان‌پذیر می‌سازد بلکه در نهایت می‌تواند برای کنترل و کاهش جرم، سیاست‌گزاری و همچنین تخصیص منابع طبق تحلیل‌های فضایی علمی مورداستفاده قرار گیرد.

با توجه با مطالب بالا، پژوهشی با عنوان « مدل‌سازی جُرم سرقت خودرو در شهر x» در پی پاسخ به این سؤال اصلی بوده که چگونه می‌توان در تحلیل فضایی جرم در یک شهر از مدل‌ها و فناوری‌های جدید استفاده کرد و خروجی‌های این مدل‌ها چگونه می‌توانند به کارگزاران و نیروهای پلیس کمک کنند.

روش و داده‌های پژوهش: در این پژوهش از اطلاعات جرم‌های وقوع یافته طی ۲۲ ماه برای ایجاد و به‌کارگیری و پردازش یک پایگاه داده مکانی استفاده شده است. این منبع حاوی سه نوع اطلاعات راجع به: الف) موضوع، ب) تاریخ و ساعت وقوع و ج) آدرس دقیق محل وقوع جرم است. برای تبدیل منابع داده‌ای مذکور به فرمت قابل استفاده در GIS نیاز به یافتن و اضافه کردن اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیایی یا X و Yهای نقاط محل وقوع جرم بود. از آن‌جا که یکی از ستون‌های موجود در منبع داده‌ها، آدرس دقیق بود لذا با استفاده از اطلاعات فراهم شده از سوی شرکت گوگل در قالب برنامه‌های کاربردی Google Map وGoogle earth و با استفاده از افراد آگاه که محلات شهر را می‌شناختند اقدام به یافتن X و Yهای تک‌تک آدرس‌های مربوط به محل وقوع جرم شد. با یافتن محل تقریبی وقوع جرم مورد نظر در (Google Earth (GE و قرار دادن اشاره‌گر در محل

مذکور، از منوی Status Bar قابل دسترس در GE اعداد مربوط به X و Yها یادداشت و وارد فایل Excel گردیده است. لازم به یادآوری است که با توجه به حفظ محرمانگی پلاک منازل و ساختمان‌ها و فراهم‌نبودن این اطلاعات در GE به طور متوسط می‌باید بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر احتمال جابجایی برای برخی از آدرس‌ها را لحاظ کرد. پس از وارد کردن ارقام مختصات حدود سیزده هزار نقطه وقوع جرم (شامل جرم‌های سرقت از منازل، سرقت از مغازه، سرقت از اماکن دولتی، سرقت از اماکن خصوصی، سرقت خودرو، کیف‌قابی، نزاع و درگیری) به فایل Excel و یافتن خطاها و رفع آن‌ها، فایل موردنظر به محیط GIS و برنامه کاربردی ArcMap اضافه گردید. سپس با استفاده از ابزار Display XY Data، فایل نقطه‌ای محل وقوع جرم به عنوان داده مکانی و اطلاعات مندرج در ستون‌های فایل Excel به عنوان داده‌های توصیفی یا غیرمکانی تهیه گردید. این فایل به منظور ذخیره‌سازی و استفاده‌های بعدی تبدیل به Feature Class شده و در یک پایگاه داده مکانی (Geodatabase) ذخیره گردید. این فایل به عنوان منبع اصلی جرم مورداستفاده قرار گرفت.

از دیگر داده‌های مورداستفاده در پژوهش، لایه پلی‌گونی بلوک‌های آماری سرشماری شهر شامل حدود ۸۰۰۰ بلوک آماری و اطلاعات جمعیتی مربوط به آن‌ها در سال ۱۳۸۵ تهیه شده توسط استانداری و مرکز آمار ایران بود. با استفاده از تکنیک Join اطلاعات جدول‌های مربوط به اطلاعات جمعیتی سرشماری سال ۱۳۸۵ (به عنوان اطلاعات توصیفی یا غیرمکانی) به لایه پلی‌گونی بلوک‌ها (به عنوان داده مکانی) الحاق گردید تا مبنای بسیاری از تحلیل‌های فضایی قرار گیرد. همچنین لایه پلی‌گونی محلات شهر (۹۷ محله) که توسط استانداری تهیه گردیده برای بسیاری دیگر از تحلیل‌ها مورداستفاده قرار گرفت.

از آن‌جا که برای بسیاری از تحلیل‌های نقطه در پلی‌گون، نقاط جرم می‌بایستی کاملاً در درون محدوده‌های پلی‌گونی محلات و بلوک‌ها قرار می‌گرفتند از تکنیک Spatial Join استفاده گردید که در پاره‌ای موارد باعث جابجایی نسبی نقاط (از بیرون پلی‌گون‌ها و قرار دادن آن‌ها در داخل پلی‌گون‌ها) شد. بنابراین باید این عامل را نیز در کاهش نسبی دقت مکانی داده‌ها که در بالا بدان اشاره شد، دخیل دانست.

یافته‌ها: در اینجا چهار تکنیک تهیه نقشه‌های آماری که در تحلیل فضایی جرم دارای کاربرد هستند و در پژوهش حاضر مورداستفاده قرار گرفته‌اند موردبحث قرار می‌گیرند: سرجمع کردن بلوک آماری[1]، نمودارهای ورونوی[2]، سطح هموار کِرنِل[3] و پویانمایی[4] (Ahmadi, 2003).

۱- استفاده از «سرجمع کردن بلوک آماری» برای تولید نقشه‌های موضوعی (کروپلت) جرم که شامل انواع جرم‌های واقع شده در واحدهای جغرافیایی نظیر بلوک‌های سرشماری، مناطق کلانتری‌ها و حوزه‌های استحفاظی است؛

۲- تهیه نقشه‌های سطح هموار تراکم با استفاده از روش تخمین کرنل؛

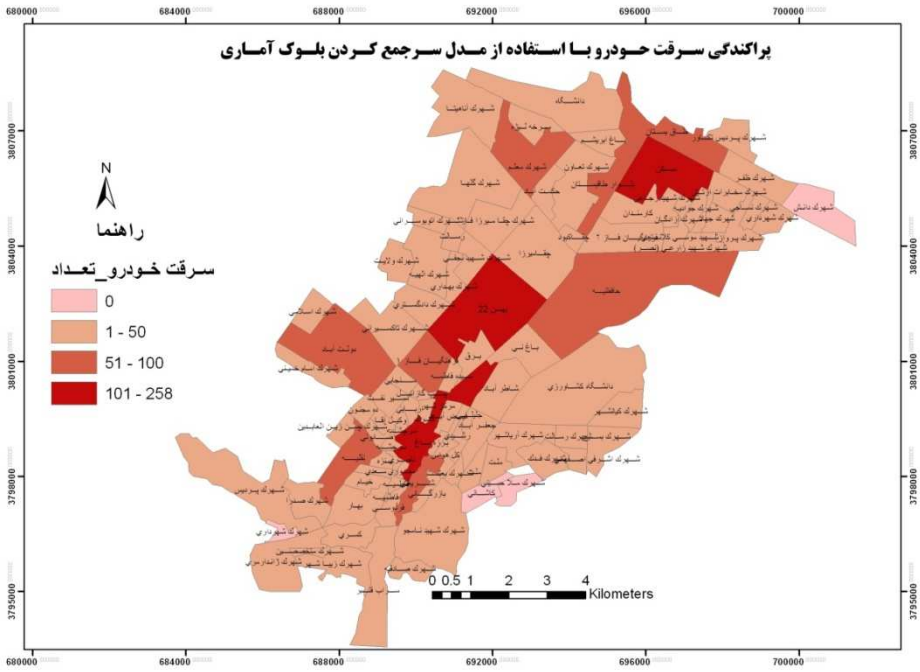
۳- تهیه نمودارهای ورونوی یا پلی‌گون‌های تیسن[5] برای تک‌تک انواع جرم و انجام تحلیل‌های پوششی براساس نواحی ایجاد شده‌ی ورونوی یا تیسن؛

۴- تهیه تصاویر متحرک (پویانمایی) برای نشان دادن تغییرات الگوی جرم در طول زمان.

ابزار اول: با سرجمع کردن بلوک‌های آماری، تعداد جرم‌های واقع شده را در نواحی جغرافیایی با هم جمع کرده و از آن‌ها نقشه‌های موضوعی ترسیم می‌کند. در این روش تعداد جرم‌های هر ناحیه را با طیف رنگ‌های مختلف نشان می‌دهند. سرجمع کردن بلوک‌های آماری به کاربر این قدرت را می‌دهد تا به سرعت نواحی دارای جرم زیاد را مشخص کرده و ضمن توجه به آن‌ها، تحلیل‌های بیشتری را انجام دهد. همچنین می‌توان جدول‌هایی را برای نشان دادن تعداد جرم در یک ناحیه و تغییرات آن در طول زمان تهیه کرد. این تکنیک دارای چندین مزیت است از جمله؛ سهولت محاسبات، هزینه کمتر، قابل فهم و استفاده برای عموم حتی آن‌هایی که سواد تخصصی ندارند، دقیق و قابل انعطاف و نشان دادن سریع و آسان بلوک‌هایی که دارای نسبت بالاتری از جرم هستند.

[1] - Block Aggregation
[2] - Voronoi Diagrams
[3] - Kernal Smoothing
[4] - Animation
[5] - Theissen polygons

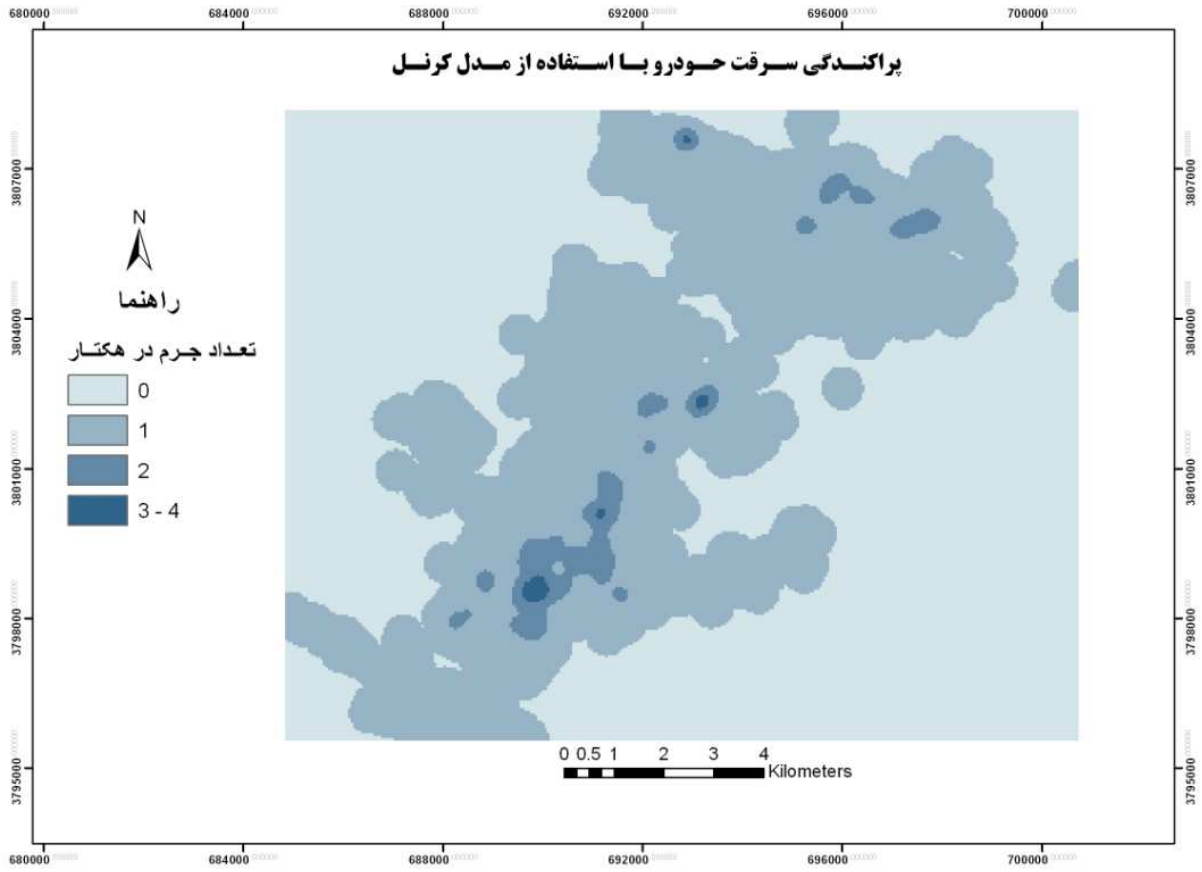
تکنیک سرجمع کردن بلوک آماری ابزاری مفید برای مطالعه الگوهای تاریخی جرم است. این تکنیک همچنین می‌تواند ارتباطی مستقیم با داده‌های سرشماری‌ها راجع به نفوس و مسکن برقرار کرده و بنیانی ارزشمند برای کشف روابط میان جرم و شرایط اجتماعی-اقتصادی فراهم آورد (Alex and Kate, 2001). شکل ۴-۱ کاربرد این روش را در سرقت خودرو در شهر X طی ۲۲ ماه نشان می‌دهد.



شکل۴-۱: پراکندگی سرقت خودرو با استفاده از مدل سرجمع کردن بلوک آماری و محلات

ابزار دوم: تخمین تراکم کرنل یک روش آماری برای تعیین تراکم جرم یا سایر وقایع نقطه‌ای در مناطق مختلف است (Bailey and Gutrell, 1995). این روش برای ترسیم یک سطح هموار پیوسته از تراکم داده‌های نقطه‌ای جرم مورداستفاده قرار می‌گیرد. تحلیل‌گر در اینجا کار خود را با یک نقشه که نشان‌دهنده نقاط وقوع جرم است شروع می‌کند. نتایج روش کرنل به صورت یک سطح هموار پیوسته ظاهر می‌شود که تغییرات جغرافیایی تراکم یا شدت جرم را نشان می‌دهد. قله‌ها (مناطق پررنگ) نشانه بالاترین میزان جرم و دره‌ها (مناطق کم رنگ) نشان دهنده مناطق با جرم کمتر هستند. روش کرنل به صورتی روزافزون مورداستفاده تحلیل‌گران است تا به وسیله آن الگوهای جرم را نمایش داده و تحلیل کنند (Williamson et al. 1999; Brown and Dalton, 1998). تغییرات جغرافیایی تراکم جرم به راحتی بر روی نقشه سطح هموار قابل مشاهده است. علاوه بر تفسیر آسان، با این

روش می‌توان کانون‌های جرم[1] را برخلاف روش‌های سنتی که کانون‌ها را در قالب اشکال منظم هندسی مثل دایره یا بیضی نشان می‌دهند به صورت نامنظم و با طیف‌های رنگی مختلف نشان داد (Block, 1995). شکل ۴-۲ جرم سرقت خودرو را به صورت مدل کرنل نشان می‌دهد.

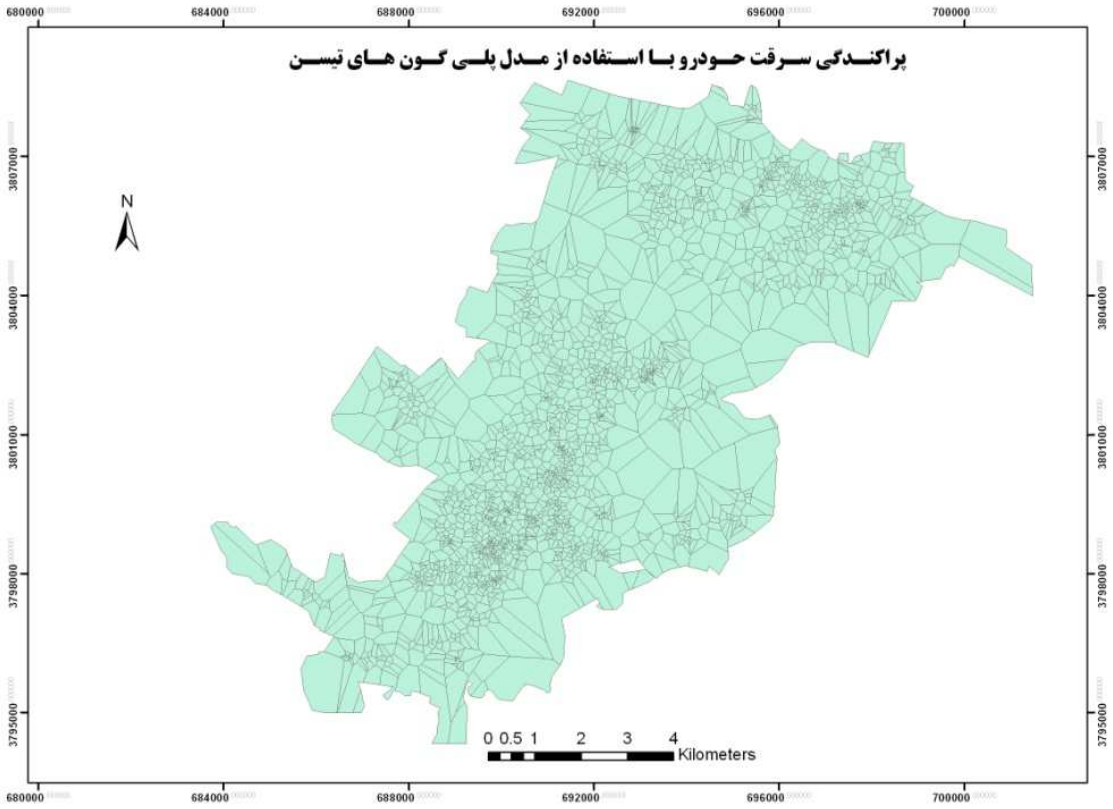


شکل۴-۲: پراکندگی سرقت خودرو با استفاده از مدل کرنل

ابزار سوم: دیاگرام ورونوی تکنیکی دیگر است برای تحلیل فضایی که جایگاه خاصی در میان بسیاری از رشته‌ها برای خود باز کرده است. نمودارهای ورونوی یا پلی‌گون‌های تیسن محدوده یک نقشه را به تعدادی پلی‌گون تقسیم می‌کنند. این روش مخصوصاً می‌تواند برای نیروهای پلیس به منظور تعیین محدوده‌هایی در اطراف نقاط جرم که بعداً بتواند مورد نظارت و کنترل قرار گیرد، مفید باشد. به‌طور تخصصی با این ابزار می‌توان تحلیل پوششی[2] انجام داد. این تحلیل درصدهایی از کل ناحیه را به هرکدام از نقاط اختصاص داده و به عبارتی برای

[1] - HotSpot
[2] - Coverage analysis

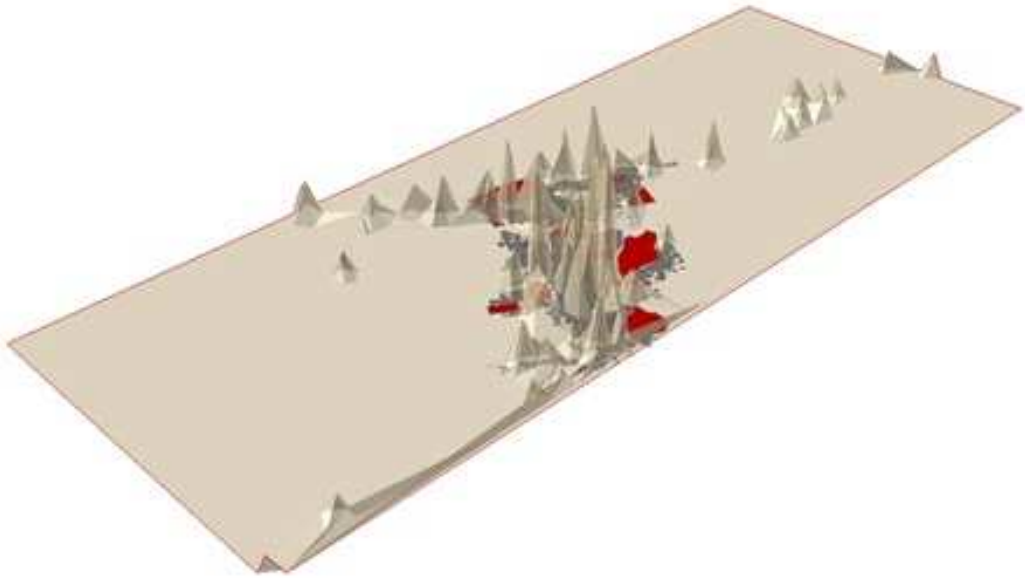
هرکدام از نقاط یک منطقه پوشش درست می‌کند که آن محدوده را پلی‌گون ورونوی یا تیسن می‌گویند. رابطه نسبت بین درصد واقعه جرم و درصد پوششی ناحیه به دو عامل بستگی دارد. اول، هر پلی‌گون ورونوی تنها با یک واقعه جرم مرتبط است و دوم، ارتباطی میان تعداد پلی‌گون‌ها و خوشه‌های جرم وجود دارد. شکل۴-۳ حاصل به‌کارگیری این مدل را در مورد سرقت خودرو نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳: پراکندگی سرقت خودرو با استفاده از مدل تیسن

ابزار چهارم: آخرین ابزار موردبحث در این‌جا پویانمایی جرم است که تغییرات زمانی را در خود ملحوظ دارد (Slocum, 1999). این نقشه‌ها به صورتی پویا و پشت سر هم نمایش داده شده و تغییرات مداوم تصاویر را نشان می‌دهند. پیشرفت سال‌های اخیر در زمینه سخت‌افزار و نرم‌افزارهای گرافیک باعث پیشرفت سریع پویانمایی شده است. این پیشرفت‌ها نیز به نوبه خود باعث پیشرفت کار کارتوگراف‌ها و طراحان نقشه برای نشان دادن تغییرات مداوم زمانی و مکانی پدیده‌ها شد. تحلیل‌گران فضایی جرم نیز از این امکان بی‌بهره نیستند (Openshaw et al. 1994).

بخش پویانمایی انعطاف لازم را برای تعیین زمان و نرخ تغییر برای یک پدیده مشخص دارد. تحلیل‌گر جرم ابتدا دوره زمانی موردنظر را برای زنجیره نقشه‌های خود تعیین کرده و سپس میزان هم‌پوشانی نقشه‌ها را تعریف می‌کند. این ابزار برای تحلیل جرم به ویژه به هنگام استفاده از نقشه‌های کرنل بسیار مناسب و کاربردی است (Alex and Kate, 2001). از این تکنیک نیز به صورت‌های مختلف در تحلیل جرم استفاده شده که شکل ۴-۴ یکی از نمونه‌های سه‌بُعدی آن است.



شکل ۴-۴: پراکندگی سرقت خودرو با استفاده از مدل سه بعدی

نتیجه‌گیری: با توجه به دقت مکانی داده‌های مورداستفاده در این پژوهش و بکارگیری هر سه دیدگاه رایج در GIS، یعنی دیدگاه‌های تهیه نقشه، ایجاد بانک اطلاعاتی و مدل‌سازی، نتایج این پژوهش نشان داد که به راحتی می‌توان از قابلیت‌های گسترده GIS برای تحلیل فضایی و مدل‌سازی جرم (در این‌جا سرقت خودرو) استفاده کرد. این کار ضمن فراهم کردن زمینه‌ها و قابلیت‌های فراوان برای تهیه اطلس جرم باعث صرفه‌جویی فراوان در پول، وقت و انرژی خواهد شد. استفاده از چهار مدل سرجمع کردن بلوک آماری، کرنل، تیسن و پویانمایی برای نمایش و مدل‌سازی داده‌های سرقت خودرو در شهر، نمایان‌گر سهولت، دقت و سرعت قابل ملاحظه این فناوری است و می‌تواند به عنوان الگویی اولیه مورد توجه نیروهای انتظامی و پلیس شهر جهت شناسایی انواع جرم‌های

دیگر و تخصیص نیرو و امکانات لازم برای کنترل آن‌ها قرار گیرد. همچنین این الگو می‌تواند برای مطالعه جرم مشابه و سایر جرم‌ها در سایر شهرها مورداستفاده قرار گیرد.

۲-۴- کاربرد GIS در مطالعه فضاهای سبز شهری

مقدمه: امروزه مفهوم شهرها بدون فضای سبز موثر در اشکال گوناگون آن دیگر قابل تصور نیست. پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی‌های معضلات زیست محیطی ناشی از آنها، ایجاد فضای سبز و گسترش آن را برای همیشه اجتناب ناپذیر کرده‌اند. شهرها به عنوان کانون‌های تمرکز فعالیت و زندگی انسان ها، برای این‌که بتوانند پایداری خودرا تضمین کنند چاره ای جز ایجاد و توسعه فضاهای سبز خود ندارند. توجه به فضای سبز به طورعام به عنوان ریه های تنفسی شهرها تعریف اغراق آمیزی از کارکرد آن نیست. بلکه این تمثیل بیان کننده حداقل کارکرد آن در مفهوم اکولوژیک شهرهاست. این فضاها هم از دیدگاه تامین نیازهای زیست محیطی شهرنشینان و هم از نظر تامین فضاهای فراغتی و بستر ارتباط و تعامل اجتماعی آن جایگاهی در خور اهمیت دارد. با توجه به اهمیت فضای سبز در طراوت و شادابی فضای شهرها، توجه مدیران، قانون‌گذاران و طرح‌ریزان به این مسئله معطوف شده است. امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند دریافت و پردازش داده‌ها از طریق ماهواره، استفاده از نرم افزارها و سیستم‌های پردازش اطلاعات نقش مهمی در مدیریت فضای سبز شهری دارد (کرم و حجه‌فروش‌نیا، ۱۳۹۱). در پژوهش‌های مربوط به فضاهای سبز شهری می‌توان از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، عکس‌های مربوط به پارک‌ها و فضاهای سبز شهری را تهیه کرد و ضمن پردازش آن‌ها در محیط GIS با کار میدانی اطلاعات راجع به انواع گیاهان، درختان، مبلمان پارک‌ها و سایر عوارض موجود در آن‌ها را گردآوری کرد. ایجاد یک بانک اطلاعاتی برای فضاهای سبز شهری باعث بالا بردن سرعت و دقت عمل در کارهای مدیریتی و طراحی فضای سبز شهری شده و مدیران با داشتن این اطلاعات، می‌توانند تصمیم‌گیری بهتری را ارائه دهند.

مهمترین کارکردهای فضاهای سبز در شهرها:

۱- کارکرد تفریحی: پارک ها بهترین محل برای آرامش و رفع خستگی هستند. امروزه کارکرد تفریحی پارک‌ها و فضای سبز جایگزین بخشی از کارکردهای تفریحی خانواده و روابط همسایگی و محلی، بازار و ... شده است.

۲- کارکرد بهداشتی: پارک‌ها و فضای سبز را می توان در زمره مراکز تامین کننده بهداشت جان و روان افراد دانست. نقش گسترده فضای سبز در تمرکز اعصاب بر کسی پوشیده نیست.

۳- کارکرد ارتباطی: پارک‌ها زمینه ساز روابط نانوشته سازمان یافته ای هستند که با توجه به نیاز های اقشار مختلف اجتماعی شکل می گیرد و دوام می‌یابد.

۴- کارکرد آموزشی: بازی و سرگرمی در آموزش و پرورش جسم و ذهن کودکان سهم موثری دارد. پارک‌ها هرچند وسایل بازی اندکی دارند، زمینه کسب مهارت و خلاقیت را برای کودکان فراهم می سازند.

۵- کارکرد خرید و فروش: به رغم اینکه پارکها جایگاه گردش و آرامش هستند به دلیل حضور گسترده مردم در آنها جای مناسب و پررونقی برای عرضه کالاهای مختلف مورد نیاز گردشگران هستند.

انواع فضاهای سبز شهری:

در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان فضاهای سبز شهرها را در چهار دسته به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱- فضای سبز عمومی: اینها فضاهای سبز شهری و پارک‌ها هستند که عملکردهای اجتماعی دارند. این فضاها برای عموم مردم در گذران اوقات فراغت، تفریح، گردهمایی‌های اجتماعی و فرهنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- فضای سبز نیمه نیمه: این فضاها نسبت به فضاهای عمومی محدودترند. مانند محوطه های باز بیمارستان ها ، ادارات دولت و نظایر آن.

۳- فضای سبز معابر و خیابان‌ها: از جمله فضاهای سبز شهری محسوب می‌شوند که به طور معمول درختکاری در حاشیه باریکی از حد فاصل پیاده‌رو و سواره‌رو را تشکیل می دهد.

۴- فضای سبز خصوصی: شامل کلیه فضاها از جمله باغچه‌ها و باغ‌های موجود در شهر است که استفاده آن محدود به مالکان آن می باشد (بادپا، ۱۳۹۳).

پس با توجه به ضرورت و اهمیتی که فضاهای سبز در شهرها دارند و با توجه به کارکردهای متعدد آن‌ها در زندگی روزمره مردم و همچنین انواع مختلف‌شان، لازم است با استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی مدرن از جمله GIS به مطالعه و شناخت آن‌ها و همچنین تهیه بانک‌های اطلاعاتی خوب راجع به آن‌ها اقدام نمود.

روش و داده‌ها: یکی از آسان‌ترین و سریعترین منابع برای مطالعه فضاهای سبز شهری Google Earth و تصاویر ماهواره‌ای آن است. با امکانات موجود در این برنامه کاربردی، می‌توان بر روی تک‌تک پارک‌ها و فضاهای سبز زوم کرده و آن‌ها را در مقیاس مناسب قرار داد و سپس با استفاده از گزینه‌ی Add Polygon محدوده‌های موردنظر را با دقت لازم ترسیم کرد. در مرحله بعد می‌توان با راست کلیک بر روی پلی‌گون ایجاد شده در قسمت Places برنامه‌ی GE و سپس انتخاب گزینه‌ی Save Place As آن را در پوشه‌ای ذخیره کرد. سپس می‌توان با استفاده از ابزار KML to Layer که در قسمت ابزارهای Conversion Tools برنامه‌ی ArcToolBox، فایل ذخیره شده‌ی برگرفته از GE که دارای فرمت KMZ است را به یک Feature Class تبدیل و سپس ستون‌های لازم را به جدول ویژگی‌های آن افزود و داده‌های موردنظر را در آن جدول وارد کرد.

با این کار لایه رقومی پارک‌ها و فضاهای سبز شهر با صرف کمترین وقت و هزینه ترسیم می‌شود و آنگاه می‌توان ضمن ترسیم نقشه پراکندگی فضاهای سبز، به محاسبه مساحت آن‌ها پرداخته، سرانه‌ها را حساب کرد و هرگونه تحلیل دیگری را انجام داد و نتایج آن‌ها را برای اتخاذ تصمیمات بهتر در رابطه با حفظ، نگهداری و توسعه‌ی فضاهای سبز مورد استفاده قرار داد.

۴-۳- به‌کارگیری Google-Earth و GIS در تحلیل الگوهای فضایی بی توجهی به حریم عوارض شهری

مقدمه: گستردگی حوزه مطالعات و تعدد گرایش‌های رشته جغرافیا زمینه‌های پژوهشی فراوانی را برای محققین این رشته فراهم آورده است. هر حوزه و گرایش بنا به ماهیت خود با انواع خاصی از داده‌ها و اطلاعات سروکار دارد و روش‌ها و ابزار مشخصی را برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار می‌دهد. این بدان معناست که برای مطالعات جغرافیایی با توجه به ماهیت در هم‌تنیده عوامل محیطی و انسانی می‌توان از داده‌ها، اطلاعات، منابع و ابزارهای متعددی استفاده کرد. اگرچه به طور سنتی برای این کار از کتاب، مجله، روزنامه، مشاهده، مصاحبه، پیمایش و بسیاری موارد دیگر استفاده می‌شود، با اینحال ویژگی‌های عصر جدید و گسترش روزافزون داده‌های رقومی به عنوان پارادایم جدیدی در عرصه مطالعات جغرافیایی مطرح گردیده که بکارگیری مناسب و علمی این نوع داده‌ها و برخورد سنجیده با این پارادایم ضرورتی انکارناپذیر می‌نماید.

با این همه، به صراحت می‌توان ادعا کرد که مسأله "کمبود داده‌ها و منابع" از محدودیت‌های مشترک و مورد اشاره در اکثریت قریب به اتفاق رساله‌های دوره‌های تکمیلی دانشگاه‌های ایران است. از سوی دیگر هرگاه این مسأله با مسائلی نظیر محدودیت‌های زمانی تحقیق و بالا بودن هزینه تهیه داده‌ها تلفیق گردد، ابعاد مسائل گریبانگیر تحقیقات جغرافیایی پیچیده‌تر خواهد شد. مثلاً زمانی که برای تهیه داده‌های دقیق مکانی باید از نقشه‌برداری زمینی استفاده شود هزینه‌های بالای کار و نیاز به ابزار و نیز زمان طولانی برای برداشت‌های میدانی خارج از حوصله و توان محققین و دانشجویان بویژه در شهرستان‌ها و مناطق دورافتاده است. بنابراین در تلاش برای یافتن جایگزینی به منظور پرکردن جای خالی داده‌ها و اطلاعات، امروزه استفاده از داده‌های ارزان و قابل دسترس از طریق شبکه جهانی (اینترنت) از گزینه‌های جدی و مطرح در مطالعات جغرافیایی است که به صورتی گسترده مورد استفاده محققین و دانشجویان در کشورهای مختلف جهان قرار گرفته و می‌تواند جایگزینی مناسب برای بخشی از داده‌هایی باشد که قبلاً با مشکلات و سختی‌های بیشتری گردآوری می‌شد. در همین ارتباط داده‌های برگرفته از Google Earth می‌تواند یکی از این منابع غنی، ارزان و قابل دسترس باشد که

در بسیاری از پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گیرند. پس سؤالاتی که این تحقیق در پی پاسخ بدانهاست عبارتند از:

۱- آیا امروزه با امکانات ارتباطی جهانی و دسترسی روزافزون به اینترنت می‌توان جایگزینی برای بخشی از داده‌های موردنیاز تحقیقات جغرافیایی پیدا کرده و به وسیله آن تا حدی نقیصه فقدان یا کمبود داده‌ها را جبران کرد؟

۲- آیا با چنین داده‌هایی و با کمک GIS می‌توان به تبیین، ترسیم و تحلیل الگوهای فضایی عدم رعایت حریم‌های طبیعی و مصنوع در محدوده‌های شهری پرداخت؟ و

۳- آیا بکارگیری چنین داده‌هایی می‌تواند از چنان صحت و دقتی برخوردار باشد که با ترسیم و تبیین ویژگی‌های فضایی به کاهش میزان مخاطرات طبیعی و مصنوع کمک کند؟

در این تحقیق تلاش شده است تا با استفاده از داده‌های تصویری Google Earth در باره دو عارضه رودخانه و شبکه خیابان‌ها و تجزیه و تحلیل آنها در GIS به تبیین الگوی فضایی عدم رعایت حریم‌های طبیعی و مصنوع در شهر کرمانشاه پرداخته شود تا امکان استفاده از GE به عنوان روشی آسان و منبعی ارزان در گرفتن و استفاده از اطلاعات برای تحقیقات جغرافیایی به نمایش گذاشته شود.

داده‌ها: این تحقیق با استفاده از مدل‌های نقطه‌ای، خطی و سطحی در GIS به همراه داده‌های میدانی و کتابخانه‌ای به ترکیب و ادغام اطلاعات جغرافیایی، تصاویر هوایی، داده‌های آماری و نتایج حاصل از پرسشگری‌های محلی برای ایجاد یک بانک اطلاعاتی (Database) به منظور تبیین الگوی فضایی عدم رعایت حریم رودخانه طاق‌بستان و بخشی از شبکه خیابان‌های محله ۲۲ بهمن شهر کرمانشاه پرداخته است. هدف از ایجاد این بانک اطلاعاتی ایجاد بنیانی برای شناسایی عوارض موردمطالعه، تجزیه و تحلیل آنها و فرآیندهای دخالت انسانی در تجاوز به حریم‌های طبیعی و مصنوع در شهر کرمانشاه است و شامل داده‌های زیر می‌باشد:

- داده‌های تصویری شامل تصاویر ذخیره شده از طریق GE از مناطق مختلف شهر کرمانشاه

- داده‌های برداری (vector) شامل لایه‌های رقومی ایجاد شده در ArcMap مربوط به رودخانه، شبکه خیابان‌ها، ساختمان‌ها، محلات و حریم آنها
- داده‌های سرشماری سال ۱۳۸۵ مربوط به جمعیت و ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی
- داده‌های حاصل از پژوهش میدانی و تکمیل پرسشنامه و انجام مصاحبه
- داده‌های مستند شامل کتب، نشریات، گزارش‌ها و مطالعات راجع به محدوده و موضوع موردمطالعه

روش کار: در تحقیقات جغرافیایی بویژه زمانی که منطقه مورد مطالعه آنچنان وسیع باشد که مشاهده، پیمایش و گردآوری داده‌های آن در توان محقق نباشد داشتن تصویری کلی از واقعیت‌های منطقه می‌تواند کمک‌های شایانی به انجام هرچه بهتر تحقیق بنماید. این کار در گذشته با استفاده از نقشه‌های مختلف و در مقیاس‌های متفاوت انجام می‌گرفت (سعیدی، ۱۳۷۷، ۳۴). اما اکنون نرم‌افزارهای GE و GIS این فرصت را فراهم آورده‌اند که نه تنها فواصل و ابعاد مکانی مناطق موردمطالعه اثری بر انجام کار نداشته باشند بلکه از طریق آنها می‌توان داده‌های بیشتر و بهتری را برای تجزیه و تحلیل‌های نهایی به‌دست آورد (حسین زاده و بیدخوری، ۱۳۸۷: ۶۸؛ رسولی، ۱۳۸۴: ۱۲۵). ضمناً با توجه به امکان تغییر ارتفاع دید نسبت به زمین در GE می‌توان اِشراف بیشتری بر محدوده موردمطالعه پیدا کرده و به راحتی آن را با دیگر مناطق مقایسه کرده و یا در پی مشاهده و یافتن عوارض و الگوهای فضایی بر آمد که به صورت عادی و در عملیات میدانی بر روی زمین کمتر امکان‌پذیر است. مراحل کار در این پژوهش به قرار زیر بوده است:

۱- مشاهده شهر کرمانشاه از طریق GE و انتخاب دو عارضه ی الف) رودخانه طاق‌بستان و ب) بخشی از شبکه خیابان‌های محله ۲۲ بهمن کرمانشاه به عنوان دو نمونه چشمگیر از عدم رعایت حریم‌های طبیعی و مصنوع

۲- ذخیره کردن تصاویر موردنیاز برای انجام این مطالعه با فرمت JPEG با استفاده از امکانات ذخیره تصویر GE

۳- وارد کردن تصاویر لازم به برنامه‌های کاربردیArcGIS و آماده‌سازی آنها برای تحلیل‌های بعدی با استفاده از تکنیک‌های زمین‌مرجع (Georeferencing)، حریم‌سازی (Buffering)، برش (Clip)، کنارهم-چیدن (Mosaic) و رقومی‌سازی (Digitizing) و برهم‌نهی (Overlaying).

۴- تهیه نقشه‌های پایه و موردنیاز بر مبنای تصاویر زمین‌مرجع شده‌ی برگرفته از GE بر مبنای مدل‌های توصیفی (Descriptive Models) رایج در GIS.

۵- انجام محاسبات و اندازه‌گیری‌های لازم در GIS نظیر طول‌ها، مساحت‌ها، تعداد عوارض و غیره بر مبنای مدل‌های محاسباتی (Measurement Models) مورد استفاده در GIS.

۶- تلفیق داده‌ای حاصل از سرشماری سال ۱۳۸۵ با اطلاعات مکانی فراهم آمده از GE به منظور تکمیل تحلیل‌های لازم

۷- تکمیل پرسشنامه و انجام مصاحبه برای تأیید داده‌ها و نقشه‌های فراهم آمده در مراحل فوق، و بالاخره

۸- استفاده از GPS برای تعیین موقعیت برخی از عوارض موردمطالعه و حصول اطمینان از صحت محل این عوارض در نقشه‌های رقومی‌شده برای این پژوهش

محدوده مورد مطالعه: شهر کرمانشاه به عنوان مرکز استان کرمانشاه بین عرض‌های ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و طول‌های ۴۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی قرار گرفته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۴۲۰ متر است. جمعیت این شهر طی سرشماری‌های رسمی کشور در سال-های ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵و بالاخره ۱۳۹۰ به ترتیب معادل ۱۲۵۴۳۹ نفر، ۱۸۷۹۳۰ نفر، ۲۹۰۶۰۰ نفر، ۵۶۰۵۱۴ نفر، ۶۲۴۰۸۴ نفر، ۶۹۲۹۸۶ نفر، ۷۹۴۸۶۳ نفر و ۸۵۱۴۰۵ نفر بوده است. اگرچه متاسفانه آماری از مساحت شهر کرمانشاه در دوره‌های گذشته در دست نیست این شهر در سال ۱۳۸۴ دارای وسعتی حدود ۹۵۶۸ هکتار بوده‌است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه، ۱۳۸۴). برای این پژوهش تصاویر مربوط به مسیر حدود ۵ کیلومتری رودخانه چم بشیر (طاق‌بستان) و محل گذر آن در حدفاصل شهرک‌های تعاون با مساحتی معادل ۴۷ هکتار و شهرک حکمت‌آباد با ۲۹ هکتار به همراه تصویری معادل ۵۶ هکتار از محله ۲۲ بهمن که معمولاً محل سکونت خانوارهای با درآمدهای بالاست انتخاب شده و

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در ضمن برای مقایسه تراکم مساکن و شبکه خیابانهای کرمانشاه با شهرهای کشورهای توسعه‌یافته تصویری معادل ۵۶ هکنار پوشش از محله Kingsford شهر سیدنی استرالیا انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

الف) رودخانه طاق‌بستان (چم بشیر)

اگرچه جاذبه‌ی ملی و جهانی طاق‌بستان کرمانشاه به خاطر قدمت تاریخی و ارزش هنری این اثر است، اما باغات و درختزارهای پایین دست چشمه‌های پرآب طاق‌بستان تا چند دهه پیش همواره از عوامل مؤثر در جذب گردشگران و محلی مناسب برای استراحت، تفریح و تفرج آنان بودند. امروزه اما متأسفانه از آن باغات و درختزارهای دلنشین اثری نیست. به مانند بسیاری از شهرهای کشورمان رشد ناموجه جمعیت و گسترش فیزیکی فضای شهر و ایجاد شهرک‌های اقماری فراوان در شهر کرمانشاه طی سه دهه گذشته نه تنها از درختان و باغات مصفای طاق‌بستان آثاری به جای نگذاشته بلکه به حریم طبیعی رودخانه طاق‌بستان نیز رحم نکرده است. رودخانه طاق‌بستان به طول ۵ کیلومتر از چشمه‌های واقع در پای کوه طاق‌بستان در شمال کرمانشاه سرچشمه گرفته و پس از طی مسیری شمالی جنوبی به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد.

این رودخانه در بخشی از مسیر خود از میان شهرک‌های تعاون و حکمت‌آبادمی‌گذرد. مساحت بخشی از شهرک تعاون که در حدفاصل یک صد متری از بستر رودخانه قرار گرفته ۱۸ هکتار است که تعداد ۵۲۰ واحد مسکونی را در بر می‌گیرد ومساحت بخشی از شهرک حکمت‌آباد که در محدوده یک صد متری طرف دیگر رودخانه واقع شده ۱۰ هکتار با ۵۵۳ واحد مسکونی است. صرفنظر از خشکسالی‌های اخیر، سابقه سیل در بستر این رودخانه با توجه به نامنظم بودن وضعیت بارش وجود دارد و براساس گفته‌های ساکنین محلی تاکنون خسارات مالی فراوانی را به مساکن واقع در حریم خود وارد کرده است.

طبق محاسباتی که با استفاده از عکس‌های زمین‌مرجع شده‌ی GE در GIS صورت گرفته زهکشی حوضه آبخیز این رودخانه با بستر کنونی آن تناسبی ندارد و اگرچه در سالهای اخیر اقدام به کانال‌سازی بتنی در بستر رودخانه برای هدایت سریع‌تر آب آن شده است اما با توجه به ویژگی‌های غیرقابل‌پیش‌بینی و غیرقطعی بارندگی در این محدوده اطمینانی به کفایت و کارآمدی آن نیست.

طبق تحقیقات به عمل آمده محلی تعداد زیادی از ساختمان‌های شهرک تعاون که در جوار رودخانه بنا شده‌اند به همراه تعداد بسیار بیشتری از خانه‌های شهرک حکمت‌آباد فاقد سند مالکیت بوده و خرید و فروش و واگذاری و مبادله آنها تنها از طریق توافقی و قولنامه‌ای است. بررسی‌های محلی همچنین نشان از بالاتر بودن سطح اشتغال، سواد و درآمد در شهرک تعاون نسبت به حکمت‌آباد دارند. تراکم و فشردگی بیشتر ساخت و سازها در شهرک حکمت‌آباد نیز حاکی از تفاوت‌های فیزیکی این دو شهرک است که بی ارتباط با تفاوت‌های اجتماعی و فرهنگی آنها نیست. از آنجا که بیشتر ساختمانهای مستقر در حریم رودخانه طاق‌بستان در شهرک‌های تعاون و حکمت‌آباد بدون مجوز شهرداری و به صورت ساخت و سازهای شبانه (عموماً یک شبه) بنا شده‌اند از استحکام کافی در مقابل مخاطرات طبیعی از جمله سیل و باران نیز برخوردار نبوده و اصولاً مبحثی به اسم رعایت اصول مقاوم‌سازی جایگاهی ندارد. همچنین طبق مصاحبه‌های محلی عموماً هیچکدام از ساکنان ساختمان‌های مستقر در حریم رودخانه طاق‌بستان در شهرک‌های مذکور به صورت انفرادی اقدامی برای جلوگیری از خطرات سیل نکرده و همه منتظر انجام اقدام از سوی دولت و ارگان‌های رسمی بودند.

با استفاده از تکنیک‌های مذکور در بخش روش کار به شمارش تعداد ساختمان‌هایی که در صورت وقوع سیل در محدوده‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری حریم رودخانه قرار گرفته‌اند پرداخته شد (شکل ۴-۵). در اینجا برای بدست آوردن قدرت تفکیک بالاتر (Higher Resolution) و امکان شمارش دقیق ساختمان‌های آسیب‌پذیر و در معرض خطر، حریم‌های لایه رقومی رودخانه که در سه سطح ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری آماده شده بود به صورت فایل KML در آمده و بر روی نسخه رقومی زمین (Google Earth) قرار داده شد و با بزرگنمایی بیشتر امکان شمارش دقیق‌تر تعداد ساختمان‌ها فراهم گردید. این تعداد برای هرکدام از دو شهرک مورد مطالعه به شرح جدول ۴-۱ است:

جدول ۴-۱: تعداد ساختمانهای واقع در معرض خطر سیل در دو شهرک تعاون و حکمت‌آباد شهر کرمانشاه

شهرک	تعداد ساختمان‌های واقع در اطراف رودخانه در فواصل:			جمع
	۱۰ متری	۵۰ - ۱۰ متری	۱۰۰ –۵۰ متری	
حکمت‌آباد	۶۸	۲۱۰	۲۷۵	۵۵۳
تعاون	۶۲	۲۵۷	۲۰۱	۵۲۰

مأخذ: رستمی، ۱۳۹۰

قطعاً از عوامل مؤثر در این عدم رعایت حریم‌ها، رشد بی‌رویه جمعیت طی سال‌های اخیر است. جمعیت شهر کرمانشاه طی ۵۰ سال گذشته از ۱۲۵۴۳۹ نفر در سال ۱۳۳۵ به حدود ۸۵۰۰۰۰ نفر در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است که نمود فضایی این افزایش بی‌رویه شهرک‌هایی اقماری هستند که به صورتی ناهمگون به افزایش حاشیه‌نشینی در شهر کرمانشاه منجر شده است. ضعف سیستم برنامه‌ریزی شهری، فقدان برنامه‌های جامع و اعمال نکردن استانداردهای موردقبول جهانی در ساخت و سازها و گسترش فیزیکی شهر نیز از دیگر عواملی هستند که در عدم رعایت حریم‌ها مؤثرند. با مشاهده تصاویر شهر کرمانشاه در Google Earth متوجه می‌شویم که این شهر به شکلی اختاپوس‌گونه درآمده که بر بستر حاصلخیز و طبیعت زیبای منطقه چنگ انداخته و در ازای نابودی منابع آن، آسایش و آرامش و نظم و زیبایی فضایی را نیز به ارمغان نیاورده است.

شکل ۴-۵: عدم رعایت حریم رودخانه طاق‌بستان (چم بشیر) کرمانشاه. مأخذ عکس: Google Earth

ب) شبکه خیابان‌های محله ۲۲ بهمن کرمانشاه

گسترش بی‌رویه شهر کرمانشاه و افزایش بدون برنامه جمعیت آن، نه تنها بسیاری از حریم‌های طبیعی را درنوردیده بلکه باعث بی‌توجهی به استانداردهای زندگی شهری به ویژه در زمینه ساخت و ساز و شبکه خیابان‌ها نیز شده است. در این تحقیق برای نشان دادن عدم رعایت حریم‌های مصنوع، محدوده‌ای با مساحت ۵۶ هکتار از یکی از محلات اعیان‌نشین کرمانشاه به اسم ۲۲ بهمن انتخاب شد و با استفاده از تصاویر گرفته شده از GE و با بکارگیری نرم‌افزار ArcGIS اقدام به محاسبه طول خیابان‌های این محله به همراه تعداد ساختمان‌ها و پارک‌ها و فضای سبز موجود در آن گردید. دلیل انتخاب مساحت ۵۶ هکتاری، جفت و جور بودن تصویری با این ابعاد با صفحه مانیتور کامپیوتر و با قدرت تفکیک مناسب و قابل قبول بود.

مجموع طول خیابان‌ها و کوچه‌های موجود در این محدوده ۵۶ هکتاری معادل ۱۲۰۷۹ متر است که به سه دسته خیابان‌های بولوار، خیابان‌های ۱۲ متری و کوچه‌های ۸ متری و کمتر تقسیم می‌شوند. طول هرکدام از

موارد سه‌گانه مذکور به ترتیب عبارت است از ۱۹۳۰ متر، ۲۶۰۷ متر و ۷۵۴۲ متر. تعداد ساختمان‌های واقع در محدوده موردمطالعه صرف‌نظر از وضعیت تراکمی آنها ۱۱۵۵ باب و میزان پارک و فضای سبز موجود معادل ۱۲۳۸۳ مترمربع است. به جز خیابان و ساختمان و فضای سبز که تمام سیمای ظاهری محدوده‌ی قابل مشاهده در تصویر را نشان می‌دهند یک قطعه زمین خالی به مساحت ۸۴۰۰ مترمربع نیز در تصویر وجود داشت که بعد از مراجعه به محل معلوم شد که به تازگی در زمین مذکور نیز اقدام به ساختمان‌سازی شده است.

مقایسه طول خیابان‌ها و تعداد ساختمان‌های این محله که متعلق به خانوارهای با درآمدهای بالاست با سایر محلات متوسط و فقیرنشین حاکی از تفاوت‌های چشمگیر بین تعداد و طول خیابان‌ها و نسبت آنها با تعداد ساختمان‌های موجود در محدوده‌های مذکور است. بنابراین طول و تعداد خیابان‌ها و کوچه‌های محله ۲۲ بهمن و نسبت آنها با ساختمانهای موجود در این محله در مقایسه با سایر محلات شهر کرمانشاه نشان دهنده وضعیت بهتر این محله نسبت به بقیه است.

اما چنانچه همین محله را که به ظاهر دارای وضعیت بهتری از لحاظ تعداد و طول خیابان‌ها و کوچه‌هاست با محلاتی از شهرهای کشورهای توسعه یافته مقایسه کنیم، به تفاوت‌های چشمگیری پی می‌بریم که نشان‌دهنده نامطلوب بودن وضعیت شبکه خیابان‌های شهر کرمانشاه است که در این تحقیق عنوان عدم رعایت حریم عوارض مصنوع (شبکه خیابان‌ها) بر آن گذاشته شده است. به همین منظور برای مقایسه، محدوده‌ای ۵۶ هکتاری از یک محله متوسط در شهر سیدنی استرالیا به نام Kingsford انتخاب شد. مجموع طول خیابان‌ها و کوچه‌های این محدوده ۲۹۳۷۲ متر است که به چهار دسته‌ی بولوار (با پهنای ۱۵ متر) ۱۷۱۶ متر، خیابان‌های با ۱۵ متر عرض ۵۷۵۰ متر، خیابان‌های با ۱۲ متر عرض ۲۰۰۰ متر و کوچه‌های با ۶ متر عرض ۱۹۸۷۴ متر تقسیم می‌شوند. در این محدوده تعداد ۶۶۲ باب ساختمان صرفنظر از وضعیت تراکمی آنها، ۴۵۲۷۱ مترمربع پارک و فضای سبز و ۱۰۶۹۴ مترمربع پارکینگ عمومی برای اتومبیل‌ها وجود دارد. علاوه بر تعداد زیادی درخت که در فضای موردنظر به چشم می‌خورد، فاصله موجود بین ساختمان‌ها نیز حاکی از تفاوت عمده نحوه

استفاده از فضا برای ساخت و ساز در دو شـهر کرمانشـاه و سـیدنی اسـت. جـدول ۴-۲ و شـکل ۴-۶ وضـعیت خیابان‌ها و سایر عوارض قابل مشاهده در محدوده‌های ۵۶ هکتاری در تصاویر دو شهر را نشان می‌دهند.

جدول ۴-۲: وضعیت برخی از عوارض شهری در محلات منتخب کرمانشاه و سیدنی

شهر/شرح	مجموع طول خیابان‌ها و کوچه‌ها (متر)	مجموع طول بولوارها (متر)	خیابان‌های ۱۵ متری	خیابان‌های ۱۲ متری	کوچه‌های ۸ متری و کمتر	تعداد ساختمان	پارک و فضای سبز (m^2)	پارکینگ عمومی (m^2)
کرمانشاه	۱۲۰۷۹	۱۹۳۰	-	۲۶۰۷	۷۵۴۲	۱۱۵۵	۱۲۳۸۳	-
سیدنی	۲۹۳۷۲	۱۷۱۶	۵۷۵۰	۲۰۰۰	۱۹۸۷۴	۶۶۲	۴۵۲۷۱	۱۰۶۹۴

مأخذ: رستمی، ۱۳۹۰

نگاهی به جدول ۴-۲ حاکی از تفاوت چشمگیر طول خیابان‌های موجود در دو محدوده مورد بررسی است که چنانچه محدوده مورد بررسی در شهر سیدنی را به عنوان مبنا قرار دهیم طول خیابان/کوچه‌های مورد نیاز[1] در شهر کرمانشاه رقمی حدود ۱۷ هزار متر خواهد بود. این اختلاف زمانی چشمگیرتر است که مساحت فضاهای آسفالت شده (خیابان‌ها و کوچه‌ها) ی دو محدوده محاسبه شود. این رقم به ترتیب برای کرمانشاه و سیدنی عبارتند از: ۱۱۴۷۸۰ و ۲۵۵۲۳۴ متر مربع. ارقام مربوط به تعداد ساختمانها، فضای سبز و پارکینگ عمومی موجود در دو محدوده نیز به اندازه کافی گویای تفاوت‌های موجود هستند که به تعبیری می‌توان از آن به عنوان عدم رعایت محدوده خیابان‌ها و کوچه‌ها در کرمانشاه یاد کرد.

[1] - Missing Links

شکل ۴-۶: عوارض شهری در دو محدوده همسان در شهرهای سیدنی و کرمانشاه. مأخذ عکس‌ها: GE

یافته‌ها و نتایج: نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که:

۱- با استفاده از مدل‌های توصیفی و محاسباتی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان از قدرت بالای این سیستم‌ها برای تجزیه و تحلیل و بصری کردن اطلاعات بهره برده و با استفاده از آنها همه گونه نقشه-های رنگی ترسیم کرد. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که برای تهیه نقشه‌های پایه، حدود شهر، شبکه خیابان‌ها، مناطق مسکونی، فضای سبز و غیره در مطالعات جغرافیایی می‌توان بدون مراجعه فیزیکی به محل و بدون استفاده از نقشه‌برداری زمینی (بویژه در مواردی که دقت‌های بسیار بالا مد نظر نباشد) از GE و داده‌های برگرفته از آن استفاده کرد که قطعاً هم موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های مالی و انسانی است و هم امکان دستیابی دانشجویان و محققین را بویژه در مناطق محروم کشور به داده‌هایی که به راحتی در GIS

قابل‌استفاده هستند، فراهم آورد. جالب اینکه با همین روش می‌توان بسیاری از پدیده‌ها و عوارض گوناگون جغرافیایی را در هر نقطه‌ای از زمین مطالعه یا با هم مقایسه کرد. نمونه‌ای از این کار، مقایسه وضعیت شبکه خیابان‌ها، فضای سبز و تعداد ساختمان‌های دو محدوده جغرافیایی بسیار دور از هم (کرمانشاه و سیدنی) در این تحقیق است.

۲- تقریباً هفت برابر شدن جمعیت شهر کرمانشاه طی یک دوره پنجاه ساله و گسترش فیزیکی و بدون برنامه این شهر باعث آن شده است که حریم بسیاری از عوارض طبیعی و مصنوع درنوردیده شود. این پدیده زمانی مشهودتر است که هسته اولیه شهر را که در فاصله‌ای بیش از ۵ کیلومتر از رودخانه قره‌سو شکل گرفته بود را با وضعیت فعلی شهر مقایسه کرده و به بی‌نظمی فضایی شهر کرمانشاه بیشتر پی برد. به عنوان نمونه زمانی که در سال ۱۹۲۲ میلادی اقدام به تأسیس پالایشگاه کرمانشاه شد، مکان مناسب برای تأسیسات نفتی را در فاصله‌ای بیش از ۵ کیلومتری از هسته اولیه شهر و در کنار رودخانه قره‌سو در نظر گرفته بودند. ولی امروزه شهر چنان گسترش یافته است که محدوده پالایشگاه را کاملاً در بر گرفته و آلودگی‌های ناشی از فعالیت آن بر روی ساکنین محلات اطراف تأثیر گذاشته است. به عبارتی، گسترش شهر تا به حدی است که حریم بسیاری از عوارض طبیعی از جمله رودخانه‌ها را نیز نادیده گرفته و طبق نتایج این تحقیق تنها در حاشیه بخشی از رودخانه طاق‌بستان (چم بشیر) تعداد ۱۰۷۳ واحد مسکونی در دو شهرک تعاون و حکمت‌آباد در معرض خطر سیل و آب‌گرفتگی هستند.

این در حالی است که شهر کرمانشاه در زمینه ارائه بسیاری از خدمات پزشکی و تجاری دارای نقشی فراستانی بوده و به بسیاری از ساکنین استان‌های هنجوار این خدمات را عرضه می‌دارد. تمرکز حدود ۳۰۰ پزشک متخصص (معاونت برنامه‌ریزی استانداری کرمانشاه، ۱۳۸۴) در این شهر که عمدتاً در یک محدوده جغرافیایی مشخص (پارکینگ شهرداری) مستقر هستند عاملی برای مراجعات مکرر تعداد زیادی از مردم به این شهر است که وضعیت فعلی شبکه خیابان‌ها در بسیاری موارد پاسجگوی نیازهای ترافیکی این شهر نمی‌باشد. استقرار

کرمانشاه بر سر بزرگراه کربلا نیز مزید بر علت شده و در مجموع بالا بودن حجم ترافیک و نارسا بودن شبکه خیابان‌ها هر روز باعث اتلاف هزاران ساعت وقت شهروندان در ترافیک روزانه می‌شوند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به عوامل مذکور بسیاری از حریم‌های طبیعی و مصنوع در شهر کرمانشاه شکسته شده‌است و یکی از بهترین و راحت‌ترین شیوه‌ها برای نشان دادن این وضعیت استفاده از داده‌های GE و تحلیل آنها در GIS است که با استفاده از آن، هم می‌توان نقشه‌های دقیق تهیه کرد و هم به تبیین و تحلیل الگوهای فضایی این بی‌توجهی‌ها پرداخت. و

۳- بالاخره نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که لایه‌های رقومی تهیه شده در GIS در ارتباط با عوارض موردمطالعه از چنان صحت و دقتی برخوردارند که با اطمینان می‌توان آنها را در تحلیل مسائل، برنامه‌ریزی و اقدام برای کاهش مخاطرات ناشی از بی‌توجهی به حریم عوارض مذکور مورد استفاده قرار داد. مقایسه نقشه‌های ترسیم شده و لایه‌های رقومی تهیه شده در این تحقیق با تعدادی از نقشه‌هایی که از طریق نقشه‌برداری زمینی و با دقت بسیار بالا از سوی سازمان‌های دولتی تهیه شده بودند حاکی از تفاوت جزیی و قابل اغماض بین آنها بود.

حرف آخر اینکه، روش مورداستفاده در این تحقیق را برای بررسی موضوعاتی دیگر در زمینه‌های شهری، روستایی و منطقه‌ای و نیز موضوعات مورد علاقه در جغرافیای طبیعی توسط سایر محققان پیشنهاد می‌نماید.

فصل پنجم: تمرینات

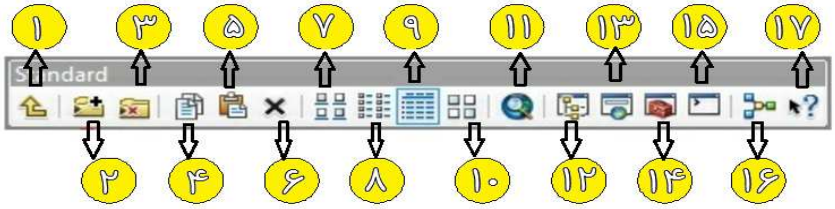
(قابل توجه طراحان محترم سؤال: این فصل صرفاً به عنوان راهنما برای انجام پاره‌ای تمرینات مربوط به واحد عملی درس نوشته شده و لطفاً از طرح هرگونه سؤال برای آزمون‌های پایان‌ترم و میان‌ترم از این فصل خودداری فرمایید)

از اساتید و دانشجویان محترم تقاضا دارد با فراهم کردن تعدادی لایه‌های آموزشی مربوط به شهر محل زندگی یا محل فعالیت خود، زمینه‌ی انجام هر چه بهتر ۸ تمرین پیشنهادی برای این بخش را فراهم آورده و ضمن تدریس مطالب و انجام نکات ضروری در کلاس، دانشجویان عزیز را وادار به انجام آن‌ها کنند.

۵-۱- تمرین ۱: آشنایی با نرم‌افزار ArcGIS

الف) برنامه‌ی کاربردی ArcCatalog را با منوها و کاربردهای آن معرفی کنید.

- اجزای منوی استاندارد ArcCatalog به قرار زیر است:



۱- Up One Level: رفتن به یک مسیر بالاتر در بین فایل‌های موجود در رایانه.

۲- Connect to Folder: اتصال به پوشه و درایو در Catalog Tree.

۳- Disconnect From Folder: حذف یک مسیر از Catalog Tree .

۴- Copy برای کپی‌برداری

۵- Paste برای چسباندن فایل‌های کپی شده در محل مشخص

۶- Delete برای حذف پوشه‌ها و فایل‌ها

۷- Large Icons برای نمایش فهرست داده‌ها به صورت آیکان بزرگ

۸- List برای نمایش فهرست داده‌ها به صورت لیست

۹- Details برای نمایش فهرست داده‌ها با جزییات بیشتر

۱۰- Thumbnails برای نمایش فهرست داده‌ها به صورت تصاویر ریز

(۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ برای کنترل نحوه ی نمایش فایل ها در قسمت Contents).

۱۱- Launch Arc Map: برای فراخوانی برنامه ArcMap.

۱۲- Catalog Tree Window: برای اضافه نمودن کادر Catalog Tree به ArcCatalog.

۱۳- Search Window: برای جستجو و نمایش داده‌ها در محیط ArcCatalog.

۱۴- Arc Toolbox Window: برای اضافه کردن جعبه ابزار به محیط ArcCatalog.

۱۵- Python Window: برای فراهم کردن محیط برنامه نویسی با نرم‌افزارPython .

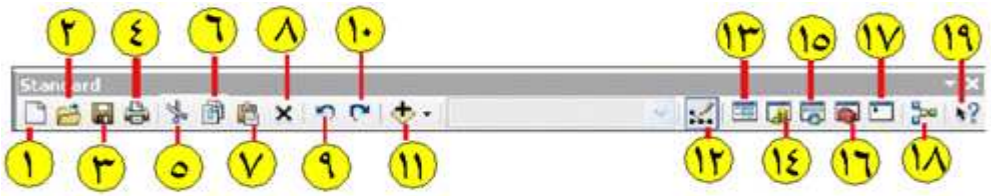
۱۶- Model Builder Window: برای بازکردن پنجره مدل‌سازی.

۱۷- ?What's This: به عنوان راهنما برای نشان دادن نام و عملکرد علایم پنجره‌های نرم‌افزار.

- نحوه مرور و مشاهده‌ی داده‌ها با استفاده از زبانه‌های Contents و Preview و Description آموزش داده شود.
- در زبانه‌ی Preview به گزینه‌های Geography، Global View، 3D View و Table ونحوه استفاده از آن‌ها توجه شود.
- در زبانه‌ی Description بر روی نحوه‌ی وارد کردن اطلاعات مربوط به متادیتا و چگونگی ویرایش آن‌ها کار شود (این قسمت از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا این بخش به نحوی شناسنامه‌ی داده‌ها محسوب می‌گردد).
- همچنین لازم است در کادر Catalog Tree به نحوه‌ی ایجاد Folder، File Geodatabase، Personal Geodatabase، Layer، Shapefile و dBASE Table پرداخته شود.
- نحوه‌ی اتصال به درایوها و پوشه‌ها و حذف اتصال با آن‌ها آموزش داده شود.

ب) برنامه‌ی کاربردی ArcMap را با منوها و کاربردهای آن معرفی کنید.

* اجزای منوی استاندارد در ArcMap به قرار زیر است:



۱- New Map File: برای باز کردن یک محیط کاری جدید

۲و۳و۴- Open, Save, Print: برای باز کردن، ذخیره کردن و پرینت گرفتن.

۵و۶و۷و۸- Cut ,Copy , Paste ,Delete : برای بریدن،کپی کردن، چسباندن وحذف عوارض.

۹و۱۰ –Redo , Undo: برای رفتن به مرحله قبل یا مرحله جلوتر از دستورات اعمال شده.

۱۱- Add Data: برای اضافه کردن داده‌ها به ArcMap.

۱۲- Editor Toolbars: برای اضافه کردن ابزار Editor.

۱۳- Table Of Content Window: برای مشاهده جدول فهرست لایه‌ها

۱۴- Catalog Window: برای مشاهده پنجره ArcCatalog

۱۵- Search Widow: برای جستجوی نقشه‌ها، داده‌ها، ابزارها و عکس‌ها در محیط نرم‌افزار

۱۶- Arc Toolbox Window: برای باز کردن پنجره‌ی جعبه ابزار

۱۷- Python Window: برای باز کردن پنجره برنامه نویسی در محیط ArcMap

۱۸- Model Builder Window: برای باز کردن پنجره مدل‌سازی

۱۹- What's This?: به عنوان راهنما برای نشان دادن نام و عملکرد علایم پنجره‌های نرم‌افزار.

- چندین لایه‌ی نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی با استفاده از آیکان Add Data به ArcMap اضافه کنید. جدول فهرست یا Table of Contents را معرفی و به گزینه‌های سربرگ آن توجه کنید. این گزینه‌ها به ترتیب از چپ به راست نحوه قرارگیری اسامی لایه‌ها را در جدول نشان می‌دهند: ۱- براساس ترتیب، ۲- براساس منبع آن‌ها، ۳- براساس قابلیت مشاهده، ۴- براساس انتخاب و ۵- گزینه‌های بیشتر. نحوه قرارگیری انواع داده‌های نقطه‌ای (در بالای جدول)، داده‌های خطی (بعد از نقطه‌ای) و داده‌های پلی‌گونی (پایین‌تر از دو نوع قبلی) یادآوری شود. به روشن و خاموش کردن لایه‌ها، جابجا کردن و تغییر نام آن‌ها اشاره شود. درصورت بستن جدول فهرست، می‌توان آن را از طریق آیکان موجود در منوی استاندارد یا از طریق منوی Windows و انتخاب Table of Content برگرداند.

- با کلیک راست بر روی نماد رنگی که در زیر نام لایه‌ها قرار گرفته، تغییر رنگ‌ها را آزمایش کنید. سپس با کلیک چپ بر روی همان نمادها به پنجره‌ی Symbol Selector رفته و قسمت‌های محتلف آن را مرور کنید.
- کادر مقیاس نقشه معرفی شود و چندین مقیاس مختلف را بیازمایید.
- گزینه‌های موجود در مجموعه Tools و نحوه کار با آن‌ها آموخته شود:
  - اجزای ابزار Tools به قرار شکل زیر و از چپ به راست به ترتیب عبارتند از:

* Zoom In، Zoom Out و Pan: به ترتیب برای بزرگنمایی، کوچک کردن و جابجا کردن عوارض،

* Fixed Zoom In و Out: برای بزرگ و کوچک کردن عوارض به اندازه مشخص،

* Full Extent: اندازه عوارض را به حالت اولیه و اصلی آنها بر می‌گرداند،

* Go Back to Previous Extent و Go to Next Extent: تغییر اندازه عوارض را به یک مرحله قبل و بعد می‌برد،

* Select Features و Clear Selected Features: برای انتخاب عوارض و خارج کردن عوارض از حالت انتخاب،

* Select Elements: برای انتخاب حالت معمولی اشاره‌گر،

* Identify: برای مشاهده اطلاعات توصیفی لایه‌ها از طریق کلیک کردن بر روی عارضه موردنظر،

* Hyperlink: برای ارتباط بین عوارض و فایل‌های موجود در رایانه یا اینترنت

* HTML Popup: مثل Identify عمل می‌کند با این تفاوت که ویژگی‌های هر عارضه را در پنجره‌ای جداگانه نمایش می‌دهد.

* Measure: عملیات اندازه‌گیری بر روی عوارض را امکان‌پذیر می‌سازد. با انتخاب آیکان پنجره Measure باز می‌شود. در این حالت از آیکان نوع سیستم اندازه‌گیری برای عوارض خطی از قسمت Distance و برای عوارض پلی‌گونی از قسمت Area انتخاب می‌شود. برای اندازه‌گیری عوارض خطی از آیکان و عوارض پلی‌گونی از استفاده می‌شود. برای شروع اندازه‌گیری ابتدا نقطه شروع را با کلیک چپ مشخص کرده و سپس نقاط بعدی را به همین صورت انتخاب کنید. در پنجره باز شده واژه Length، اندازه-گیری را از نقطه ابتدایی نشان می‌دهد و گزینه Segment اندازه آخرین بخشی که کلیک کرده‌اید را نشان می‌دهد.

*- Find و Find Route: به ترتیب برای جستجوی عوارض و جستجوی مسیر میان دو نقطه

*- Go to XY: برای نشان دادن موقعیت یک نقطه بر روی نقشه‌ی ایران (در کادرهای Long و Lot به ترتیب طول ۴۷ درجه و ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۷ ثانیه شمالی را وارد کنید. آیا می‌دانید این نقطه کجاست؟).

*- Create Viewer Window: برای باز کردن پنجره‌ی بزرگنمایی قسمت‌های مختلف نقشه.

- با راست کلیک بر روی نام لایه در جدول فهرست، به معرفی و کارکرد گزینه‌های موجود بویژه موارد: Copy، Remove، Open Attribute Table، Zoom To Layer، Label Features، Data و Properties پرداخته شود. سپس در قسمت Properties، زبانه های موجود و نحوه استفاده از آن‌ها آموزش داده شود.
- برای صفحه‌بندی و آماده‌سازی نقشه نهایی، با استفاده از منوی View گزینه‌ی Layout View را انتخاب و ضمن توجه به مطالب فصل تحلیل‌های این جزوه، سعی کنید مناسب‌ترین حالت را برای خروجی گرفتن از نقشه‌ی نهایی خود انتخاب کرده و سپس با استفاده از منوی Insert به امتحان تمامی گزینه‌های موجود در این منو بپردازید. سپس با استفاده از منوی File و سپس Export Map، نقشه‌ی نهایی خود را با فرمت JPG ذخیره و در آخر آن را به متن یک گزارش در یک سند Word اضافه کنید.

ج) برنامه‌ی کاربردی ArcToolBox را با کلیاتی راجع به انواع ابزارهای موجود در آن معرفی کنید.

با توجه به اینکه حدود ۹۰۰ ابزار مختلف با کاربردهای متفاوت در ArcToolBox وجود دارد و امکان فراگیری آن‌ها از توان و حوصله یک فرد خارج است لذا در اینجا تنها به معرفی تعدادی از ابزارهای پرکاربرد در زمینه داده‌های رستری و وکتوری اکتفا می‌شود (برای اطلاعات بیشتر نگاه کنید به: فصول هفتم و هشتم از کتاب: فناوری‌های جغرافیایی در برنامه‌ریزی روستایی، تألیف: رستمی، چاپ: پیام‌نور، ۱۳۹۴).

- ابزارهای زمین‌پردازش وکتوری در نرم‌افزار ArcGIS

ابزارهای زمین‌پردازش وکتوری که برای بسیاری از تجزیه‌وتحلیل‌ها در محیط GIS مورداستفاده هستند، در چهار دسته به شرح زیر قرار می‌گیرند که هر کدام از آن‌ها شامل چندین ابزار مختلف است.

الف) ابزارهای اقتباس یا استخراج داده‌ها (Extract) شامل چهار ابزار: ۱- Clip برای برش لایه‌ها، ۲- Select برای انتخاب تمام یا بخشی از داده‌ها، ۳- Split برای جداسازی لایه‌ها و ۴- Table Select برای انتخاب رکورد یا ردیف‌هایی از جدول مطابق با شرایط خاص.

ب) ابزارهای برهم‌نهی داده‌ها (Overlay) شامل هفت ابزار: ۱- Erase برای حذف یا پاک‌کردن تمام یا بخشی از داده‌ها، ۲- Identity برای پیدا کردن شباهت یا همانندی‌های دو لایه، ۳- Intersect برای یافتن محدوده همپوش میان عوارض در فواصل مشخص، ۴- Spatial Join برای انتقال داده‌های توصیفی یک عارضه به عارضه‌ای دیگر بر اساس روابط فضایی میان آن‌ها، ۵- Symmetrical Difference برای اضافه کردن تمام یا بخش‌های غیرهمپوش از یک لایه به لایه‌ای دیگر و حذف بخش‌های همپوش آن‌ها، ۶- Union برای اجتماع و قرار دادن چند لایه یا بخش‌هایی از آن‌ها در یک لایه جدید و ۷- Update برای اضافه کردن داده‌های فضایی و توصیفی به‌هنگام شده به یک لایه موجود.

پ) ابزارهای همجواری (Proximity) شامل هفت ابزار: ۱- Buffer برای ایجاد حریم یا محدوده با فاصله مشخص در اطراف عوارض نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی، ۲- Create Thiessen Polygons برای ایجاد پلی-گون در اطراف عوارض نقطه‌ای. هر پلی‌گون تیسن شامل تنها یک نقطه است که میانگین فاصله آن نقطه را با نقاط اطراف حساب کرده و مرز پلی‌گون‌ها را بر اساس آن خواهد بست، ۳- Generate Near Table برای تعیین فاصله هر عارضه در لایه اول نسبت به یک یا بیش از یک عارضه دیگر در یک شعاع جستجوی مشخص، که نتایج آن در جدول خروجی ظاهر می‌شوند، ۴- Multiple Ring Buffer برای ترسیم محدوده‌های چند حلقه‌ای با فواصل مشخص در اطراف عوارض، ۵- Near برای تعیین فاصله هر عارضه نسبت به سایر عوارض موجود در همان لایه یا لایه‌ای دیگر در یک شعاع مشخص، که نتایج محاسبات در جدول ویژگی‌های لایه ظاهر می‌شود، ۶- Point Distance برای تعیین فاصله عوارض نقطه‌ای نسبت به تمام نقاط موجود در آن لایه در شعاع مشخص، و ۷- Polygon Neighbors برای ایجاد جدولی که در آن روابط همسایگی پلی‌گون‌ها نشان داده می‌شود و شامل محاسبه مساحت روی‌هم‌افتادگی پلی‌گون‌ها، محاسبه طول مرز مشترک آن‌ها و تعداد نقاط مشترک بین آن‌هاست.

ت) ابزارهای آماری (Statistics) شامل سه ابزار: ۱- Frequency برای خواندن جدول ویژگی‌های یک لایه و ایجاد یک جدول جدید شامل مقادیر ستون‌ها و فراوانی وقوع هرکدام، ۲- Summary Statistics برای محاسبه خلاصه آمارهای هر کدام از ستون‌های یک جدول شامل جمع، میانگین، عدد کمینه، عدد بیشینه، دامنه اعداد، انحراف معیار، تعداد، اولین و آخرین عدد، و ۳- Tabulate Intersection برای محاسبه‌ی مساحت، طول و تعداد عوارض یک لایه بر مبنای یک لایه‌ی همپوش دیگر.

- برخی از ابزارهای پرکاربرد زمین‌پردازش رستری در نرم‌افزار ArcGIS

ابزار شیب (Slope): برای اندازه‌گیری میزان شیب یا Z هر سلول در لایه‌های رستری از این ابزار استفاده می‌شود. ابزار Slope در ArcGIS دارای چهار کادر است که به ترتیب زیر تکمیل می‌شوند:

- کادر اول (Input raster) برای قرار دادن لایه ورودی که اساساً یک لایه رستری است.
- کادر دوم (Output raster) برای انتخاب محل ذخیره لایه خروجی (شیب).

- کادر سوم (Output measurment) برای انتخاب معیار سنجش شیب که می‌تواند بر مبنای درجه[1] یا درصد[2] باشد.
- کادر چهارم (Z factor) برای تعیین واحدهای ارتفاعی مورداستفاده. از آنجا که در بیشتر لایه‌های GIS طول و عرض یا X و Y را بر اساس متر انتخاب می‌کنند، چنان‌چه واحد اندازه‌گیری یا Z هم بر اساس متر باشد، آن‌گاه در این کادر رقم ۱ و اگر واحد اندازه‌گیری ارتفاع فوت باشد، باید برای هماهنگ شدن Z با X و Y در این کادر رقم 0.3048 را قرار داد تا واحد فوت به متر تبدیل شود.

ابزار جهتِ شیب (Aspect): برای نشان دادن جهت شیب هر سلول در لایه‌های رستری از این ابزار استفاده می‌شود. مقادیر لایه خروجی حاصل از به‌کارگیری این ابزار در ده طبقه‌ی ۱- صاف ۲- شمال ۳- شمال‌شرق ۴- شرق ۵- جنوب‌شرق ۶- جنوب ۷- جنوب‌غرب ۸- غرب ۹- شمال‌غرب و مجدداً ۱۰- شمال ظاهر می‌شوند. این ابزار دارای دو کادر برای لایه ورودی رستری و محل ذخیره لایه خروجی جهت شیب می‌باشد. مطالعات شیب و جهت شیب می‌توانند برای بررسی حیات گیاهی[3] و جانوری[4]، یا برای یافتن مناطق هموار جهت استقرار فعالیت‌ها یا ساختمان‌ها مورداستفاده باشند.

ابزار Contour: خطوط منحنی میزان به خطوطی اطلاق می‌شود که نقاط هم‌ارتفاع را به یکدیگر متصل می‌کنند. اگرچه ترسیم این منحنی‌ها در نقشه‌های سنتی کاری نسبتاً مشکل و پرهزینه و وقت‌گیر است، اما این کار در محیط GIS با استفاده از لایه DEM یک محدوده و ابزار Contour کاری بسیار آسان، دقیق، کم‌هزینه و به سرعت انجام می‌شود. این ابزار دارای سه کادر اصلی است که به ترتیب در آن‌ها لایه رستری، محل ذخیره یا خروجی (لایه منحنی‌های میزان) و فاصله بین منحنی‌ها مثلاً ۱۰ یا ۲۰ متر قرار می‌گیرند.

ابزار Hillshade: برای ساختن نوعی داده رستری برجسته سایه‌دار است که با استفاده از یک رستر ارتفاعی و قرار دادن یک منبع نور (خورشید) از یک زاویه دلخواه (بین صفر و ۳۶۰ درجه) و ارتفاع دلخواه (زاویه‌ای بالاتر از افق) مورداستفاده قرار می‌گیرد. تأثیر بصری Hillshade زمانی بیش‌تر خواهد بود که با حدود ۴۰ درصد شفافیت بر روی دیگر لایه‌ها قرار گیرد. این ابزار دارای دو کادر اصلی برای لایه ورودی و محل ذخیره آن (Hillshade) و سه کادر اختیاری برای تعیین زاویه تابش نور، زاویه ارتفاع منبع نور و عامل Z است. زاویه تابش نور از صفر تا ۳۶۰ درجه، زاویه ارتفاع منبع نور از صفر تا ۹۰ درجه و عامل Z چنان‌چه بر اساس متر باشد ۱ و اگر بر اساس فوت باشد 0.3048 است.

ابزار Viewshed: برای تعیین این‌که یک یا چند فرد نظاره‌گر مستقر در یک یا چند نقطه مشخص در یک لایه رستری، قادر به دیدن چه پهنه‌هایی از منطقه هستند و چه پهنه‌هایی از دید آنها پنهان می‌ماند. این ابزار دارای سه کادر اصلی است که به ترتیب در آن‌ها لایه ورودی رستری، لایه نقطه‌ای یا خطی نقاطی که مشاهده‌گر(ان) قرار دارند، و محل ذخیره (Viewshed) قرار می‌گیرند.

1. Degree
2. Percent
3. Flora
4. Fauna

ابزار Observer Points: دارای کارکردی شبیه Viewshed است.

لایه‌هایی که با سه ابزار اخیر ساخته می‌شوند، می‌توانند برای مواردی چون تعیین مسیر جاده‌ها، خطوط انتقال برق، مخابرات، انرژی و سایر موارد مشابه در سطح مناطق وسیع، یا برای تعیین جایگاه و سایت بازدید برای گردشگران از مناطق کوهستانی و جنگلی از منظری که بیشترین وسعت دید را داشته باشند، مورداستفاده قرار گیرند.

۵-۲- تمرین ۲: کار با لایه‌ها و صفحه‌بندی نقشه (Layout)

پیشنهاد می‌شود مدرسین محترم با استفاده از داده‌های در دسترس، تمریناتی در موارد زیر انجام دهند:

* اضافه کردن لایه‌ها به ArcMap
* الحاق یک جدول مرتبط با لایه‌ها (Join)
* طبقه‌بندی پلی‌گون‌ها براساس ستون‌های مختلف جدول ویژگی‌های لایه (Symbilogy)
* طرح سوال از پایگاه داده‌ها (Definition Query)
* نمایش داده‌های رستری
* وارد کردن عناصر نقشه (Layout View و Insert)، و
* ذخیره کردن نقشه و ارسال آن به Microsoft Word.

۵-۳- تمرین ۳: پرس‌وجو و تجزیه و تحلیل (Query and Analysis)

* اضافه کردن لایه‌ها به نقشه و انتخاب عوارض با استفاده از اشاره‌گر (با استفاده از Select Feature در مجموعه Tools)
* نحوه انتخاب لایه‌ها و گزینه‌های مربوطه (در منوی Selection و گزینه‌های Select By Attributes و Select By Location)
* انتخاب عوارض با استفاده از گرافیک (با استفاده از ابزار Draw)
* ایجاد یک لایه جدید با استفاده از عوارض انتخاب شده براساس ویژگی‌ها (با کلیک راست بر روی لایه‌ی موردنظر و انتخاب گزینه‌های Data و Export Data)

* ایجاد یک لایه جدید با استفاده از عوارض انتخاب شده براساس مکان (با کلیک راست بر روی لایه‌ی موردنظر و انتخاب گزینه‌های Data و Export Data)

۵-۴- تمرین ۴: کار با ابزارهای ایجاد عارضه در Editor

* ترکیب عوارض با استفاده از ابزار Merge

* ترکیب عوارض با استفاده از ابزار Union

* ترکیب عوارض برای یافتن نواحی همپوش (Intersect)

۵-۵- تمرین ۵: رقومی کردن نقشه در رایانه (ایجاد لایه براساس داده‌های وکتوری)

* با ایجاد سه Shapefile با ساختارهای نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی در ArcCatalog و انتقال آن‌ها به ArcMap، بخش‌هایی از چند لایه‌ی موجود وکتوری را در ArcMap با هدفی مشخص رقومی‌سازی کرده و ضمن وارد کردن داده‌هایی مناسب در جدول ویژگی‌های هرکدام از لایه‌ها، خروجی نهایی را به صورت نقشه‌ای حرفه‌ای (صفحه‌بندی شده و شامل تمام عناصر نقشه) در آورید.

۵-۶- تمرین ۶: رقومی کردن نقشه در رایانه (ایجاد لایه براساس داده‌های رستری)

* تصویر بخشی از یک شهر را از Google Earth با فرمت JPG ذخیره و آن را در ArcMap زمین‌مرجع کنید (Georeferencing). سپس، با ایجاد چندین Shapefile نقطه‌ای و خطی و سطحی در ArcCatalog و انتقال آن‌ها به ArcMap و با مبنا قرار دادن تصویر زمین‌مرجع شده‌ی مذکور چندین لایه‌ی مختلف ترسیم کنید.

* مراحل بالا را برای یک نقشه‌ی اسکن شده‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ نیز تکرار کنید.

۵-۷- تمرین ۷: ایجاد لایه براساس مختصات

* با استفاده از Google Earth، مختصات جغرافیایی شهرهای استان محل زندگی خود را یاداشت و آن‌ها را به محیط Excel وارد و ذخیره کنید. سپس آن را به محیط ArcMap وارد و کلیک راست بر روی نام جدول در Table Of Contents و دستور Explay XY Data آن را به فایل نقطه‌ای و Shapefile تبدیل کنید. سپس با افزودن ستون‌های لازم به جدول ویژگی‌های آن، داده‌هایی واقعی راجع به جمعیت کل، خانوار، زنان،

مردان، باسوادان و بیسوادان، شاغلین بخش‌های مختلف، جمعیت شهری، روستایی و عشایری را در جدول وارد، و سپس چندین نقشه‌ی مختلف ترسیم کنید.

۵-۸- تمرین ۸: درونیابی (Interpolation)

با استفاده از داده‌های جمعیت شهرهای استان (تمرین ۶)، یا با گردآوری داده‌های بارندگی و درجه حرارت ایستگاه‌های هواشناسی استان خود، روش‌های سه‌گانه‌ی درونیابی یعنی IDW، Kriging و Spline را بیازمایید و لایه‌های رستری به دست آمده از هر سه روش را با هم مقایسه کنید.

منابع

بادپا، ایوب (۱۳۹۳)، بررسی نقش و اهمیت فضای سبز در زندگی شهری، قابل دسترس از: http://chya.ir/?p=738

بارو، پی. ای (۱۳۸۴)، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه حسن طاهرکیا، سمت، تهران.

تاج زمان، دانش، (۱۳۶۹)، مجرم کیست، جرم شناسی چیست؟، تهران: انتشارات کیهان.

جداری عیوضی، جمشید (۱۳۷۷)، نقشه و نقشه‌خوانی در جغرافیا. دانشگاه پیام‌نور. تهران.

حسین زاده، سید رضا و علیرضا بیدخوری (۱۳۸۷)، سیستم های اطلاعات جغرافیایی GIS، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

رستمی، شاه‌بختی (۱۳۹۰)، کاربرد GE و GIS در تحلیل فضایی حریم عوارض شهری. جغرافیا، فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران. سال نهم، شماره ۲۸، بهار ۱۳۹، صص ۱۳۳-۱۵۶.

رسولی، علی اکبر (۱۳۸۴)، تحلیلی بر فناوری سیستم های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه (۱۳۸۴)گزارش اقتصادی – اجتماعی سال ۱۳۸۴ . کرمانشاه.

ستوده، هدایت الله (۱۳۷۲)، مقدمه ای بر آسیب شناسی اجتماعی، تهران: نشر آوای نو.

سعیدی، عباس (۱۳۷۷)، مبانی جغرافیای روستایی، سمت، تهران.

کرم، امیر و شیلا حجه‌فروش‌نیا (۱۳۹۱)، کاربرد GIS و سنجش از دور در برنامه‌ریزی فضای سبز شهری(مطالعه موردی: منطقه ۶ شهراصفهان). جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، صفحه ۶۷-۷۸

مرکز آمار ایران (دوره‌های مختلف)نتایج تفصیلی سرشماری‌ها.

Ahmadi, M. (2003). Crime Mapping and Spatial Analysis, ITC, Enschede, The Netherlands.

Alex, H. and B. Kate (2001). MAPPING AND ANALYSING CRIME DATA. London, Taylor and Francis.

Bailey, T. and A. Gutrell (1995). Interactive Spatial Data Analysis. New York Wiley.

Block, C. R. (1995). Crime Analysis Through Computer Mapping, Washington, D.C: Police Executive Research forum, 15-32.

Brown, D. and J. Dalton (1998). Regional Crime Analysis Program (RECAP), presented at Crime Mapping Specialists Meeting, National Institute of Justice, Washington, DC, February.

Clarke, K. C (2003), Getting started with Geographic Information Systems, 4th edition, Prentice Hall, New Jersey.

Davis, Bruce E. (2001), GIS: A visual approach (Second Edition), ONWORD PRESS, Australia.

DeMers, M. N. (2009), GIS for Dummies. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

ESRI (2015), different items available from: www.esri.com

Herbert, D,T.(1976), Social Deviance in the City, Spatial Perspectives on Problems and Policies, New Yourk: John Wiley & Sons.

Longley Paul A., Michael F. Goodchild, David J. Maguire and David W. Rhind (2011), Geographic Information Systems and science (Third edition), John Wiley & Son, Ltd. England.

Norton, William (2004), Human geography (Fifth Edition), Oxford University Press. UK. Alex, H. and B. Kate (2001). MAPPING AND ANALYSING CRIME DATA. London, Taylor and Francis.

Openshaw, S., D. Waugh, et al. (1994). some ideas about the use of map animation as a spatial analysis tool', in R.A. Earn Shaw and D. Watson (eds) Animation and Scientific Visualization: Tools and Applications. London: Academic press.

Slocum, T. (1999). "Thematic Cartography and Visualization, Upper Saddle River, NJ." Prentic Hall.

Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography 46: 234-40*.

Williamson, D., S. McLafferty, et al. (1999). A better method to smooth crime incidence data, Arc user, Januaryددف