



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

شماره:	۱۰۰/۹۳۶۲
تاریخ:	۱۳۸۶/۱/۲۹

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (تجدیدنظر اول)

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۳۱) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی و نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۳-۱۱۹ (تجدیدنظر اول) دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (سیستم اطلاعات مکانی (کلیات))» از نوع گروه اول (لازم‌الاجرا)، ابلاغ می‌شود؛ تا از تاریخ ۱۳۸۶/۴/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی، الزامی است.

مطالب مندرج در این دستورالعمل جایگزین مطالب مشابه از مندرجات نشریه ۱-۱۱۹ تا ۴-۱۱۹ پیوست دستورالعمل شماره ۲۰۰۹-۱۷۵۴۹/۵۶-۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۱/۳ می‌شوند.

امیرمنصور برقی
معاون رییس جمهوری و رییس سازمان

جمهوری اسلامی ایران

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری
جلد سوم: سیستم اطلاعات مکانی (کلیات)

نشریه شماره ۳-۱۱۹

سازمان نقشه‌برداری کشور
www.ncc.org.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
<http://tec.mporg.ir>

فهرست برگه

<محل نامہ ابلاغ>

< محل نامہ ابلاغ >



فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	پیشگفتار
۳	۱ مقدمه
۵	۲ داده
۵	۲-۱- تعریف داده
۵	۲-۲- تعریف داده مکانی
۵	۲-۳- مدل داده
۶	۲-۳-۱- مدل داده رستری
۷	۲-۳-۲- مدل داده برداری
۷	۲-۳-۳- مقایسه مدل داده رستری و برداری
۸	۲-۴- تعریف لایه (Layer)
۸	۲-۵- خطا و کیفیت داده
۸	۲-۵-۱- تعریف درستی ودقت
۸	۲-۵-۲- مؤلفه‌های تعیین کیفیت داده‌های مکانی
۸	۲-۵-۲-۱- درستی موقعیت
۹	۲-۵-۲-۱-۱- روشهای مختلف ارزیابی درستی موقعیت
۹	۲-۵-۲-۲- درستی داده‌های توصیفی
۹	۲-۵-۲-۲-۱- نحوه تشکیل ماتریس طبقه‌بندی
۹	۲-۵-۲-۳- سازگاری منطقی
۱۰	۲-۵-۲-۳-۱- انواع سازگاری منطقی
۱۰	۲-۵-۲-۳-۲- ارزیابی سازگاری منطقی

۱۰	۲-۵-۲-۴ - کامل بودن
۱۱	۲-۵-۲-۵ - پیشینه داده‌ها
۱۱	۲-۵-۲-۶ - قدرت تفکیک
۱۱	۲-۶-۲ - مرجع دهی مکانی
۱۱	۲-۶-۱ - سیستم مختصات و سیستم تصویر
۱۲	۲-۶-۲ - زمین مرجع کردن داده (Georeferencing)
۱۲	۲-۶-۳ - مرجع دهی با استفاده از شناسه مکانی
۱۲	۲-۷-۲ - روش‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی
۱۳	۲-۸-۲ - روش‌های جمع‌آوری اطلاعات توصیفی
۱۳	۲-۹-۲ - روش‌های رقومی‌سازی (Digitizing)
۱۳	۲-۹-۱ - نکاتی در مورد رقومی‌سازی
۱۴	۲-۹-۲ - نکاتی در مورد اسکن کردن
۱۴	۲-۹-۳ - عوامل مؤثر در انتخاب بین رقومی‌سازی با "دستگاه رقومی‌گر" و "اسکن کردن"
۱۴	۲-۱۰-۱ - سخت‌افزارهای ورود اطلاعات
۱۵	۲-۱۰-۱-۱ - عوامل مؤثر در انتخاب دستگاه رقومی‌گر (Digitizer)
۱۶	۲-۱۰-۲ - انواع اسکنر
۱۶	۲-۱۰-۲-۱ - اسکنر تخت رومیزی
۱۶	۲-۱۰-۲-۲ - اسکنر غلطکی
۱۶	۲-۱۰-۲-۳ - اسکنر استوانه‌ای
۱۶	۲-۱۰-۲-۴ - مشخصه‌های دسته‌بندی اسکنرها
۱۷	۲-۱۱-۱ - توپولوژی
۱۹	۲-۱۲-۱ - آماده‌سازی داده‌های برداری برای ورود به GIS
۱۹	۲-۱۲-۱-۱ - پاکسازی (Clean کردن) داده
۱۹	۲-۱۲-۱-۱-۱ - ایجاد گره (Node)
۲۰	۲-۱۲-۱-۲ - اصلاح ردشدگی و نرسیدگی (Over / Under shoot)
۲۰	۲-۱۲-۱-۳ - رفع Pseudo Nodes (یا Unsplitted کردن قطعه خطوط بهم متصل)
۲۰	۲-۱۲-۱-۴ - اصلاح خطوط خود متقاطع (Self Intersections)
۲۰	۲-۱۲-۱-۵ - حذف خطوط کوچک اضافی
۲۰	۲-۱۲-۱-۶ - حذف Sliver و Gap
۲۱	۲-۱۲-۱-۷ - رفع پلیگونهای زائد

۲۱	۲-۱۲-۱-۸- رفع خطوط تکراری (Duplicate) یا همپوشان (Overlapping)
۲۱	۲-۱۲-۱-۹- کنترل یکپارچگی عوارض و انطباق لبه‌ها در فایل‌های مجاور
۲۱	۲-۱۲-۱-۱۰- تشکیل پلیگون‌های جزیره‌ای (Island Polygons)
۲۱	۲-۱۲-۱-۱۱- حذف همپوشانی در سطح یک لایه (Self Overlap)
۲۱	۲-۱۲-۱-۱۲- حذف همپوشانی (Overlap) در سطح چند لایه
۲۱	۲-۱۲-۱-۱۳- قرار گرفتن عوارض نقطه‌ای در داخل پلیگون
۲۲	۲-۱۲-۱-۱۴- انطباق عوارض نقطه‌ای بر نقاط انتهایی (End Point) عوارض خطی
۲۲	۲-۱۳- فراداده (Metadata)
۲۳	۳ سازماندهی داده‌های توصیفی
۲۳	۳-۱- پایگاه داده
۲۴	۳-۲- انواع مدل داده کلاسیک
۲۴	۳-۳- رکورد، فیلد و کلید
۲۴	۳-۴- مدل داده سلسله مراتبی یا درختی
۲۵	۳-۵- مدل داده شبکه‌ای
۲۶	۳-۶- مدل داده رابطه‌ای
۲۷	۳-۷- توانایی‌های مورد نیاز در پایگاه داده مکانی
۲۹	۴ استاندارد
۲۹	۴-۱- کلیات
۲۹	۴-۲- استانداردهای سری ISO19100 در خصوص اطلاعات مکانی
۳۰	۴-۳- دستورالعمل‌های فنی (OGC) Open Geospatial Consortium
۳۰	۴-۴- استانداردها و دستورالعمل‌های ملی و داخلی
۳۱	۵ مراحل ایجاد سیستم اطلاعات مکانی
۳۱	۵-۱- انتخاب متدولوژی مناسب برای پروژه
۳۱	۵-۲- امکان‌سنجی
۳۲	۵-۳- نیازسنجی
۳۲	۵-۳-۱- شناسایی اهداف سیستم
۳۲	۵-۳-۲- شناخت سازمان و فرآیندهای کاری ذیربط

۳۳	۳-۳-۵- شناسایی نیازهای اطلاعات مکانی و توصیفی
۳۳	۴-۳-۵- شناسایی کاربران سیستم
۳۳	۵-۳-۵- تعیین نوع تحلیل‌های مورد نیاز سیستم و پارامترهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری
۳۴	۶-۳-۵- مدل خارجی (External Model)
۳۴	۴-۵- طراحی مدل مفهومی (Conceptual Model)
۳۴	۵-۵- بررسی داده‌های موجود
۳۵	۶-۵- ارزیابی و انتخاب نرم‌افزار و سخت‌افزار
۳۵	۱-۶-۵- مجموعه نرم‌افزارهای مدیریت و ساختاردهی
۳۶	۲-۶-۵- مجموعه نرم‌افزارها و توابع پردازش
۳۶	۱-۲-۶-۵- نرم‌افزارهای آماده‌سازی داده‌های مکانی
۳۶	۲-۲-۶-۵- نرم‌افزارهای پردازش مکانی
۳۶	۳-۶-۵- مجموعه نرم‌افزارهای نمایش دهنده
۳۶	۷-۵- طراحی مدل منطقی و فیزیکی
۳۶	۱-۷-۵- مدل منطقی (Logical Model)
۳۷	۲-۷-۵- مدل داخلی / فیزیکی (Internal/Physical Model)
۳۷	۸-۵- یکپارچه سازی سیستم
۳۸	۹-۵- انجام پروژه راهنما (Pilot) و تست و ارزیابی سیستم (Bench Marking)
۳۸	۱۰-۵- پیاده‌سازی نهایی سیستم
۳۸	۱۱-۵- نگهداری و پشتیبانی سیستم
۳۹	۱۲-۵- مستند سازی
۳۹	۱۳-۵- آموزش

پیشگفتار

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، طبق مواد ۲۳ و ۳۴ قانون برنامه و بودجه، به منظور ایجاد هماهنگی و ارتقای کیفیت فعالیت‌های فنی، دارای مسئولیت‌های زیر می‌باشد:

- تعیین معیارها و استانداردها، همچنین اصول کلی و شرایط عمومی قراردادهای مربوط به طرح‌های عمرانی .
 - نظارت بر اجرای فعالیت‌ها و طرح‌های عمرانی که هزینه آنها از محل اعتبارات جاری و عمرانی دولت تامین می‌شود.
- به منظور ایجاد معیارهای فنی مشخص و مورد توافق برای اجرا و نظارت قراردادهای نقشه‌برداری، مجموعه دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (نشریه شماره ۱۱۹) توسط معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه تدوین، و به عنوان ملاک عمل در اختیار تمامی مشاوران و پیمانکاران نقشه‌برداری در طرح‌های عمرانی قرار گرفت. این مجموعه، که اولین نگارش آن در سال ۱۳۷۱ به چاپ رسید، با گذشت زمان و پیشرفت‌های قابل توجه در دانش و فن‌آوری نقشه‌برداری، دیگر پاسخگوی نیازهای فنی روز نبود. پیشرفت‌های علمی و همچنین مطرح شدن مقوله‌های جدید در رشته مهندسی نقشه‌برداری، از قبیل سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، سیستم تعیین موقعیت جهانی، نقشه‌های رقومی و ... ایجاب می‌کرد که دستورالعمل‌های مزبور بازنگری و توسعه داده شوند.

در سال ۱۳۸۰، سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان سازمان مادر تخصصی در زمینه‌های نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، با هماهنگی معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مأموریت یافت تا نسبت به بازنگری مجموعه دستورالعمل‌های موجود اقدام نماید. بدین منظور، گروه‌های کاری و راهبری زیر نظر کمیته استاندارد و معاونت فنی سازمان نقشه‌برداری کشور تشکیل گردید تا نسبت به تدوین و بازنگری دستورالعمل‌های مزبور اقدام نمایند. سری جدید دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، مجموعه‌ای شامل ۱۱ جلد می‌باشد که جلد حاضر بخشی از این مجموعه است. فهرست جلد‌های سری مزبور به شرح زیر می‌باشد:

- جلد اول (۱-۱۱۹): ژئودزی و تراز یابی
- جلد دوم (۲-۱۱۹): نقشه‌برداری هوایی (کلیات)
- جلد سوم (۳-۱۱۹): سیستم اطلاعات مکانی (کلیات)
- جلد چهارم (۴-۱۱۹): کارتوگرافی (کلیات)
- جلد پنجم (۵-۱۱۹): میکروژئودزی
- جلد ششم (۶-۱۱۹): داده‌های شبکه‌ای و تصویری
- جلد هفتم (۷-۱۱۹): آبنگاری
- جلد هشتم (۸-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰
- جلد نهم (۹-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۱۰۰۰
- جلد دهم (۱۰-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۲۰۰۰
- جلد یازدهم (۱۱-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰

برای حفظ هماهنگی و همگامی با پیشرفت‌های ملی و جهانی، استانداردها و دستورالعمل‌های تدوین شده در مواقع لزوم مورد تجدید نظر قرار خواهند گرفت و پیشنهادات در هنگام تجدید نظر مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین برای مراجعه به این مجموعه‌ها باید همواره از آخرین نگارش آنها استفاده نمود.

اسامی اعضای گروه راهبری در سازمان نقشه‌برداری کشور، به شرح زیر است:

مهندس محمد سرپولکی	معاون فنی
مهندس شاهین قوامیان	رئیس کمیته استاندارد
مهندس بهداد غضنفری	مدیر پژوهش و برنامه‌ریزی
مهندس مرتضی صدیقی	رئیس آموزش‌شکده نقشه‌برداری
مهندس علی اسلامی راد	مدیر کل نقشه‌برداری هوایی
مهندس محسن رجبزاده	مدیر امور نظارت و کنترل فنی

مجلد حاضر، تحت عنوان سیستم اطلاعات مکانی (کلیات) توسط اعضای گروه کاری زیر تدوین شده است.

اعضای گروه کاری:

- مهندس رضا احمدیه (مسئول گروه کاری)
- مهندس شاهین قوامیان
- مهندس غلامرضا فلاحی
- مهندس هوشنگ عیوضی
- مهندس صغری درزی

جا دارد که از سرکار خانم شمس‌الملوک علی‌آبادی که در تهیه مجموعه حاضر همکاری داشته‌اند تشکر شود.

۱- مقدمه

سیستم، مجموعه‌ای است از اجزای مرتب که به طور هماهنگ برای رسیدن به یک یا چند هدف مشخص با هم کار می‌کنند و سیستم اطلاعاتی نیز نوعی از سیستم است که روی داده‌های خام (پردازش نشده) کار کرده و تولید اطلاعات می‌نماید. سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) نوع خاصی از سیستم‌های اطلاعاتی هستند که قادرند داده‌های مکانی را مورد پردازش و تحلیل قرار دهند. لذا سیستم اطلاعاتی جهت نیل به اهدافش نیاز به مجموعه‌ای از توابع دارد که این مجموعه طیفی از پردازش‌ها از انجام مشاهدات و اندازه‌گیری گرفته، تا پیش‌بینی و اخذ تصمیم، را تحت پوشش قرار می‌دهد.

تعریف: سیستم اطلاعات مکانی (GIS) مجموعه‌ای سازمان یافته متشکل از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده، رویه‌ها و نیروهای انسانی برای جمع‌آوری، آماده‌سازی، ساختاردهی، ذخیره‌سازی، بروزرسانی، پردازش، نمایش، و تجزیه و تحلیل (آنالیز) انواع داده‌های مکانی است. در این نوع سیستم‌ها هدف مدیریت اطلاعات مکان مرجع به منظور اتخاذ تصمیمات بهینه می‌باشد.

سیستم‌های اطلاعات عادی (غیر مکانی) تنها قادر به مدیریت و تکمیل آن دسته از داده‌هایی هستند که در مورد توصیفات یک شیء می‌باشد، اما سیستم‌های اطلاعات مکانی قادرند که داده‌هایی را به کار ببرند که علاوه بر توصیفات، جنبه‌های مکانی مانند موقعیت، هندسه و ارتباطات مکانی اشیاء و عوارض را نیز در بر می‌گیرد.

امروزه این سیستم‌ها دارای کاربردهای بسیار وسیعی در زمینه‌های مختلف از جمله مدیریت انواع شبکه (آب، برق، گاز، راه)، مدیریت خدمات شهری، مدیریت منابع طبیعی و حیات وحش، جنگلداری، کشاورزی، مدیریت بحران، بازاریابی، اقتصاد، طرح‌های توسعه شهری و منطقه‌ای و ... می‌باشند و بدین منظور طراحی می‌گردند.

دستورالعمل حاضر کوشش دارد که با ارایه خط مشی و مشخصات فنی لازم، دیدگاه مشترکی را در خصوص ایجاد سیستم‌های اطلاعات مکانی بوجود آورد.

۲-۲ - داده

۲-۱ - تعریف داده

مجموعه ای مرتب از واقعیت‌های بهم مرتبط که با فرمت خاصی تنظیم شده باشند.

۲-۲ - تعریف داده مکانی

داده مکانی داده ای است که به موقعیتی متناسب شده باشد. داده مکانی دارای دو مولفه می‌باشد:

- داده‌های موقعیتی یا گرافیکی که ارائه دهنده موقعیت عارضه می‌باشد.
- داده‌های توصیفی که مبین توصیفات داده است.

داده‌های توصیفی را از نظر ماهیت می‌توان به چهار دسته تقسیم نمود.

- اسمی (Nominal): در این نوع داده فقط می‌توان گفت یک مقدار با مقدار دیگر یکی است یا خیر، مانند جنس خاک
- ترتیبی (Ordinal): این مقادیر دارای ترتیب بوده ولی تفاضل آنها دارای معنی نیست، مانند رتبه شرکت کنندگان در یک مسابقه دو و میدانی
- فاصله ای (Interval): این مقادیر دارای ترتیب بوده و تفاضل بین آنها معنی دار می‌باشد ولی فاقد صفر مطلق هستند، مانند درجه حرارت ذکر شده بر حسب درجه فارنهایت
- نسبی (Ratio): این مقادیر علاوه بر داشتن ترتیب و معنی دار بودن تفاضل دارای صفر مطلق نیز می‌باشند، مانند طول

۲-۳ - مدل داده

با توجه به پیچیدگی جهان واقعی و میزان بیشمار جزئیات موجود در آن، ذخیره سازی و نمایش داده از طریق ساده سازی و خلاصه کردن آنها انجام می‌شود. لذا معمولاً جهان واقعی به صورت المانهایی مجزا ذخیره و نمایش داده می‌شوند که این کار مدلسازی داده نامیده می‌شود. در فرایند مدلسازی، اطلاعات موقعیتی به یکی از اشکال زیر می‌توانند ارائه شوند.

نقطه، خط، سطح (پلیگون)، رویه (Surface)، شبکه (Network)

- **نقطه** : برای نمایش اشیایی که ابعاد آنها مد نظر نمی باشد بکار می رود و برای نمایش آنها از مختصات یک نقطه استفاده می شود.
 - **خط** : برای نمایش اشیایی که دارای یک گستره خطی بوده و بین دو نقطه امتداد دارند بکار می رود و لذا برای نمایش آنها مختصات حداقل دو نقطه آغاز و پایان مورد نظر است.
 - **سطح** : برای نمایش عوارضی که دارای یک محدوده بسته می باشند بکار می رود لذا یک رشته از نقاط دارای مختصات برای نمایش لازم است که مختصات نقطه اول و آخر باید بر هم منطبق باشند.
 - **رویه** : برای نمایش عوارضی مورد استفاده قرار میگیرد که برای ارائه آنها مختصات سه بعدی لازم است. مختص سوم (Z) می تواند نمایانگر کمیتی مانند ارتفاع و یا دانسیته جمعیت باشد.
 - **شبکه** : برای نمایش عوارض متشکل از یک سری قطعه خطوط بهم مرتبط بکار می رود که یک شبکه پیوسته را تشکیل می دهند.
- سه شکل اول بیش از همه در GIS رایج می باشند.
- عوارض فوق در GIS می توانند به دو روش مختلف ارائه شوند و یا به عبارت دیگر مدلسازی داده های مکانی به دو صورت کلی است: رستری و برداری.

۲-۳-۱- مدل داده رستری

در مدل رستری کل سطح گرافیکی نقشه به شبکه ای از سلولهای ریز و منظم که پیکسل نیز نامیده می شود تقسیم می شود. فرمت رستری در واقع یک آرایه $n \times m$ از این پیکسلها است. هر یک از این پیکسلها نمایش دهنده یک موقعیت در سطح زمین است و متناظر با یک محدوده مکانی در دنیای واقعی می باشد. یک مجموعه از پیکسلها و مقادیر مربوط به آنها یک لایه نامیده می شود.

موقعیت این پیکسلها به صورت یک زوج مرتب که نشان دهنده سطر و ستون آن ها است مشخص می گردد. شمارش سطر و ستون از گوشه بالا در سمت چپ از شماره صفر آغاز می گردد. شمارش سطر از چپ به راست و شمارش ستون از بالا به پایین افزایش می یابد.

اندازه ضلع پیکسل در دنیای واقعی معرف کوچکترین جزء قابل تشخیص می باشد و قدرت تفکیک نامیده می شود. در صورتی که عوارض متفاوتی درون یک پیکسل جای گرفته باشند، پیکسل تنها به یکی از آنها اختصاص می یابد و این امر باعث کاهش دقت هندسی در نمایش داده می گردد.

در هر یک از این سلولها یک مقدار عددی که نشان دهنده طبیعت آن مکان در جهان واقعی است ذخیره می گردد که به آن Digital Number (DN) گفته می شود. به این ترتیب با پیوستگی یا جدایی پیکسل های هم مقدار یا پیکسل های با مقدار مشابه، عوارض نمایش داده می شوند. همان طور که گفته شد کل منطقه مورد نظر در رستر موزاییک می شود و دارای DN می باشد. به این ترتیب قسمت هایی از نقشه نیز که عارضه ای در آن وجود ندارد دارای مقدار DN خواهد بود.

۲-۳-۲ - مدل داده برداری

در مدل داده برداری همه اشیاء به صورت نقطه، خط یا پلیگون نمایش داده می شود. در مدل داده برداری هر نقطه به صورت یک مختصات با دو مولفه (دو بعدی) یا سه مولفه (سه بعدی) تعریف و ثبت می گردد. عوارض خطی به صورت رشته ای از نقاط مختصات دار به هم متصل شده، نمایش داده و ثبت می گردند. سطح نیز به صورت خطوط بسته نمایش داده و ثبت می گردد. داده‌های برداری را می توان به صورت فهرستی از مقادیر، شامل شماره شناسایی نقاط و مختصات آن ها در نظر گرفت. مدل داده برداری به دو شیوه اسپاگتی و توپولوژیکی داده‌ها را ذخیره می نماید. در داده‌های اسپاگتی ارتباط عوارض با هم تعریف نشده است و استخراج ارتباط عوارض در این نوع داده‌ها مشکل و یا ناممکن می نماید. اما در داده‌های توپولوژیکی ارتباط بین عوارض به همراه موقعیت مکانی آنها ثبت می گردد. به این ترتیب ارتباط بین عوارض مختلف، مانند تقاطع، شمول و همسایگی به راحتی قابل استخراج می باشد. وجود ارتباط بین عوارض در داده‌های مکانی یک امر حیاتی برای برخی از آنالیزهای سیستم GIS می باشد. برای مثال یافتن کوتاه ترین مسیر در یک شبکه راه مستلزم آن است که تقاطع خطوط شبکه تعیین شده باشد. در غیر این صورت جواب درستی از انجام این آنالیز بدست نخواهد آمد.

۲-۳-۳ - مقایسه مدل داده رستری و برداری

هر یک از دو مدل داده رستری و برداری در جایگاه خود مفید و کارآ هستند و هریک مزایا و معایبی دارند که بررسی آنها در مقایسه با هم ملموس تر می گردد. مزایا و معایب این دو مدل داده در جدول ذیل ارائه گردیده است.

ردیف	ویژگی	داده برداری	داده رستری
۱	حجم داده	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد
۲	سرعت نمایش داده	سریع	کند
۳	ذخیره سازی اطلاعات توصیفی	ممکن	ناممکن
۴	خطای نمایش	کم	زیاد
۵	زیبایی بصری	کم	زیاد
۶	آنالیز شبکه	آسان	سخت
۷	آنالیز هم پوشانی	سخت	آسان
۸	توپولوژی	آسان	سخت

جدول ۱- مقایسه مدل‌های داده برداری و رستری

۲-۴- تعریف لایه (Layer)

صرفنظر از نوع مدل داده، داده‌ها در GIS در قالب یک سری لایه ارائه می‌شوند. لذا نمایش یک ناحیه توسط تعدادی لایه انجام می‌شود. برای فراهم ساختن امکان تحلیل روی لایه‌های یک منطقه باید تمام لایه‌ها دارای سیستم مرجع مکانی مشترک (سیستم مختصات و سیستم تصویر) باشند.

۲-۵- خطا و کیفیت داده

داده‌ها قسمت اصلی یک سیستم اطلاعات مکانی را تشکیل می‌دهند و درستی و دقت نتیجه آرایه شده توسط سیستم، وابسته به درستی و دقت هر یک از اجزای سیستم، خصوصاً داده می‌باشد. به بیانی دیگر هرگونه خطا در داده‌ها، مستقیماً روی نتایج خروجی سیستم تاثیر گذارده و آنها را نامطمئن می‌سازد. از این رو پیش از به کارگیری داده‌ها، باید به نحو مناسب کیفیت داده‌ها را مورد ارزیابی قرار داد. ارزیابی کیفیت، باید از جنبه‌های مختلف صورت گیرد که برخی از مهمترین مولفه‌های آن ذیلاً ذکر گردیده است.

۲-۵-۱- تعریف درستی و دقت

- درستی (Accuracy) عبارت است از میزان نزدیکی نتایج، محاسبات و یا پیش بینی‌ها به مقدار واقعی کمیت مورد نظر، یا میزان توافق بین نتیجه یک آزمون و مقدار مرجع مورد قبول.
- دقت (Precision) عبارت است از میزان نزدیکی کمیتهای مورد اندازه گیری نسبت به میانگین کمیت مورد نظر. لزوماً دقت بالا به مفهوم درستی بالا نمی‌باشد.

۲-۵-۲- مؤلفه‌های تعیین کیفیت داده‌های مکانی

- درستی موقعیت (Positional Accuracy)
- درستی داده‌های توصیفی (Attribute Accuracy)
- سازگاری منطقی (Logical Consistency)
- کامل بودن (Completeness)
- پیشینه (Lineage)
- قدرت تفکیک (Resolution)

۲-۵-۲-۱- درستی موقعیت

عبارت است از میزان نزدیکی اطلاعات موقعیتی به موقعیت واقعی. مثلاً، اگر درستی نقشه ۱:۱۰۰۰۰ در حد ۰,۵ میلیمتر در مقیاس نقشه باشد، خطای روی زمین برابر ۵ متر خواهد بود.

۲-۵-۲-۱-۱-۱ - روشهای مختلف ارزیابی درستی موقعیت

- مقایسه نتایج اندازه گیری با نتایج حاصل از یک منبع اطلاعاتی با دقت بالاتر مثلاً یک نقشه با مقیاس بزرگتر از داده مورد نظر و یا نتایج حاصل از بکار بردن روشهای دقیقتر نقشه برداری مانند GPS.
- محاسبه میانگین تعدادی از ایرادات از قبیل از هم رددگی ها، بهم نرسیدگی ها و یا Gap ها در سطح داده.
- محاسبه دقت از روی خطاهای ایجاد شده در مراحل مختلف

۲-۲-۵-۲ - درستی دادههای توصیفی

عبارت است از نزدیکی (میزان مطابقت) اطلاعات توصیفی با مقادیر واقعی شان .
اطلاعات توصیفی دو نوع می باشند:

- پیوسته (Continuous) مانند طول خیابان، درجه حرارت.
- گسسته (Categorical) مانند نام خیابان یا کد کلاس کاربری.

برای ارزیابی درستی دادههای توصیفی از نوع پیوسته از روش ذکر شده برای ارزیابی درستی موقعیت استفاده میشود ولی برای ارزیابی درستی دادههای توصیفی از نوع گسسته، از ماتریس طبقه بندی و یا همان Cross-Tabulation استفاده میشود.

۲-۵-۲-۲-۱ - نحوه تشکیل ماتریس طبقه بندی

تعدادی نقطه به طور تصادفی در سطح داده و از کلاس های مختلف در سطح مجموعه داده انتخاب شود، سپس کلاس این نقاط از روی یک منبع اطلاعاتی با دقت بالاتر و یا از طریق مراجعه به منطقه مورد نظر تعیین گردد و ماتریسی تشکیل شود که سطرهای آن نمایانگر کلاس در زمین و ستونهای آن نمایانگر کلاس در سطح مجموعه داده باشد. در حالت ایده آل باید تمام نقاط در درایه های قطری ماتریس قرار گیرند اما معمولاً خطاهای جافتادگی (Omission) و افزونگی (Commission) رخ میدهد که جافتادگی به مفهوم داده غایب از کلاس واقعی خود در مجموعه داده و افزونگی به مفهوم داده اضافی در یک کلاس در مجموعه داده، نسبت به کلاس واقعی خود است.

۲-۲-۵-۳ - سازگاری منطقی

عبارت است از وجود ارتباط منطقی بین عوارض

۲-۵-۲-۳-۱ - انواع سازگاری منطقی

- سازگاری مکانی یا توپولوژیکی که عبارتست از میزان متابعت از قوانین توپولوژیکی (به بند ۲-۱۱ مراجعه شود)، مانند عدم وجود چند سنترئید در یک پلیگون، یا عدم تقاطع جاده با بلوک ساختمانی، بسته بودن پلیگونها، وجود گره (Node) در محل تقاطع عوارض خطی.
- سازگاری موضوعی (Thematic) که عبارتست از عدم تناقض در داده‌های توصیفی مثلاً اطلاعات توصیفی مساحت، جمعیت و چگالی جمعیت برای تمام المانها باید سازگاری داشته باشند و یا جمعیت یک شهرستان نباید بیشتر از جمعیت استان مربوطه اش باشد.

۲-۵-۲-۳-۲ - ارزیابی سازگاری منطقی

- استفاده از اطلاعات توصیفی افزونه (Redundant)، مثلاً در صورت وجود اطلاعات مربوط به مساحت و جمعیت، می‌توان سازگاری اطلاعات توصیفی چگالی جمعیت را ارزیابی کرد.
- تعریف قواعد توپولوژیک (Topologic Rules) و اجرای آنها جهت یافتن موارد ناسازگاری

نکته :

- یافتن یک ناسازگاری لزوماً امکان تصحیح آن را فراهم نمی‌آورد.
- عدم وجود ناسازگاری ضرورتاً به معنی درستی داده نمی‌باشد.

۲-۵-۲-۴ - کامل بودن

عبارت است از وجود یا عدم وجود عوارض، اطلاعات توصیفی و یا ارتباطات آنها.

- کامل بودن مدل
- کامل بودن داده

برای ارزیابی کامل بودن، باید مشخصات فنی پایگاه داده (DB) مورد ارزیابی قرار گیرد تا وجود یا عدم وجود کلاسها و همین طور میزان جنرالیزه و خلاصه سازی در آن تعریف شده باشد.

۲-۵-۲-۵- پیشینه داده‌ها

عبارتست از سابقه مربوط به منابع اطلاعاتی و عملیات انجام شده روی آنها برای تولید مجموعه داده موردنظر. اجزای اصلی آن عبارتند از:

- اطلاعات منبع که باید منشا مجموعه داده را تشریح نماید.
- اطلاعات مربوط به مراحل پردازش که باید سرگذشت و تبدیلات انجام شده بر روی مجموعه داده را توصیف کند و باید شامل نوع و زمان پردازشهایی باشد که به صورت دوره ای یا پیوسته برای نگهداری و ابقای مجموعه داده انجام شده است.

۲-۶-۲-۵- قدرت تفکیک

عبارتست از میزان جزئیات قابل تشخیص در مجموعه داده

- **قدرت تفکیک مکانی (Spatial)**: کوچکترین واحد قابل تشخیص در مجموعه داده که بر حسب ابعاد پیکسل در داده‌های رستری و یا کوچکترین المان ارائه شده در داده‌های برداری ذکر می‌شود.
- **قدرت تفکیک زمانی (Temporal)**: عبارت است از بازه زمانی انجام عملیات نمونه برداری. اگر عمر یک عارضه کمتر از قدرت تفکیک زمانی باشد، عارضه ممکن است در مجموعه داده وجود نداشته باشد.
- **قدرت تفکیک موضوعی (Thematic)**: عبارت است از میزان تفکیک بین طبقات مختلف در طبقه‌بندی

۲-۶-۲- مرجع دهی مکانی

۲-۶-۱- سیستم مختصات و سیستم تصویر

مشخصات سیستم‌های مختصات، سطوح مبنا و سیستم‌های تصویر مورد استفاده در نقشه‌های توپوگرافی ایران، در جلد ژئودزی و جلد کارتوگرافی از مجموعه دستورالعمل‌های حاضر آورده شده است. علاوه بر موارد ذکر شده، احتمال دارد که مرجع مختصات دیگری مورد نیاز باشد. بطور کلی، انتخاب مرجع برای سیستم باید بر اساس عوامل زیر صورت گیرد:

- وسعت منطقه
- موقعیت منطقه
- مقیاس و دقت لازم
- نوع تحلیل‌های مد نظر
- نحوه ارائه داده‌های مکانی
- حفظ بعضی ویژگی‌های هندسی در هنگام تصویر شدن داده‌ها

- نیاز به مرجع‌دهی جهانی یا محلی
- ...

در مواردی ممکن است که داده‌های ورودی به GIS در سیستم‌های مختصات متفاوتی قرار داشته باشند. در این حالت لازم است که تبدیل مختصات صورت گیرد تا یکپارچگی بوجود بیاید. در این تبدیلات باید ملاحظات لازم صورت گیرد تا دقت داده‌ها کاهش نیافته یا آنکه میزان خطا تحت کنترل باشد.

۲-۶-۲- زمین مرجع کردن داده (Georeferencing)

عبارت است از مختصات دادن به یک مجموعه داده رستری یا برداری بر اساس یک سیستم مختصات معلوم

۲-۶-۳- مرجع‌دهی با استفاده از شناسه مکانی

از روش‌های دیگر ارائه موقعیت، بکارگیری شناسه‌های مکانی، مانند کد پستی یا آدرس خیابانها می‌باشد که برای انطباق آنها با سیستم مختصات جغرافیایی باید از عملیات ژئوکدینگ (Geocoding) استفاده شود. منظور از ژئوکدینگ، فرآیند منتسب کردن مختصات X,Y به آدرس‌های پستی است بطوریکه بتوان آنها را به صورت عوارض نقطه‌ای روی نقشه نمایش داد. در GIS ژئوکد کردن با استفاده از آدرس نیاز به یک مجموعه داده مرجع دارد که حاوی آدرس‌های منطقه مورد نظر باشد.

۲-۷- روش های جمع آوری داده‌های مکانی

- نقشه‌برداری زمینی (تتودولیت، GPS و ...)
- فتوگرامتری
- دورکاوی
- نقشه‌برداری با سیستم های جاروب لیزری
- رقومی نمودن نقشه‌های موجود
-

برای کسب اطلاعات در خصوص دستورالعمل‌های مربوطه به سایر مجلدات این مجموعه مراجعه گردد. به لحاظ نیاز به توضیحات بیشتر در مورد "رقومی نمودن نقشه‌های موجود" توضیحات تکمیلی در ذیل آورده شده است.

۲-۸- روش های جمع آوری اطلاعات توصیفی

- مراجعه حضوری
- استخراج از سایر مدارک و منابع موجود

۲-۹- روشهای رقومی سازی (Digitizing)

- رقومی سازی با دستگاه رقومی گر (Digitizer)
- رقومی سازی با دستگاه اسکنر
- رقومی سازی به کمک نرم افزار رقومی گر (تبدیل رستر به بردار)

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد رقومی سازی به دستورالعمل های همسان نقشه برداری شماره ۱۱۹، جلد چهارم، کارتوگرافی (کلیات) مراجعه شود.

۲-۹-۱- نکاتی در مورد رقومی سازی

در صورت استفاده از روش رقومی سازی با دستگاه رقومی گر به موارد مهم زیر توجه شود:

- موقع رقومی سازی باید موقعیت نقشه روی میز د رقومی گر ثابت باشد و همین طور خود دستگاه رقومی گر از لحاظ مکان و موقعیت تنظیم و ثابت باشد.
- برای هر نقشه سه نقطه یا بیشتر رقومی شود، موقعیت این نقاط باید بسادگی قابل تشخیص باشد (مانند تقاطع دو جاده، گوشه یک ساختمان یا تقاطع خطوط شبکه نقشه) و مختصات این نقاط باید از یک منبع اطلاعاتی با دقت بالاتر قابل استخراج باشد، این نقاط به عنوان نقاط کنترل برای انجام ترانسفر ماسیونهای ریاضی جهت تبدیل مختصات صفحه کاغذ (نقشه کاغذی) یا صفحه نمایش (در حالت On-Screen Digitizing) به سیستم مختصات جهان واقعی استفاده میشود.
- رقومی سازی نقشه می تواند در دو مد مختلف انجام شود.
 - حالت نقطه ای که در آن روی نقاط مورد نظر کلیک میشود.
 - حالت Stream که در آن فقط ماوس روی امتداد عارضه حرکت داده میشود و ثبت نقاط به صورت اتوماتیک (مثلاً ۱۰ نقطه در ثانیه) انجام میشود.
- در حالت نقطه ای معمولاً دقت بالاتر است چون ثبت نقطه وقتی انجام می شود که دست اپراتور حرکت نداشته و ثابت باشد ولی در حالت Stream چنین نیست.

- حالت نقطه ای برای عوارض نقطه ای، خطی و یا سطحی که در آنها تضاریس زیاد نیست مناسب می باشد، مانند جاده ها یا بلوکهای ساختمانی، ولی برای عوارضی چون منحنی میزان ها یا خطوط ساحلی، حالت Stream مورد استفاده قرار گیرد.
- حالت Stream می تواند منجر به تولید نقاط زائد و غیر ضروری گردد.
- قبل از انجام رقومی سازی باید روی مدرک مورد نظر برخی عملیات آماده سازی انجام شود مانند حذف (مات کردن) عوارض ناخواسته و یا بارزسازی برخی عوارض مانند لبه های مشترک و یا خطوطی که کمرنگ هستند یا بازسازی قسمتهای پاک شده.
- تعیین نحوه رقومی سازی باید قبل از آغاز عملیات مشخص گردد. مثلاً در مورد عوارض نقطه ای که معمولاً به صورت نماد می باشند، کدام قسمت از نماد باید به عنوان مبداء آن در نظر گرفته شود یا اینکه در مورد عوارض خطی آیا محور عارضه یا خطوط کناری آن باید ترسیم شوند، همچنین در مورد عوارض سطحی مثلاً مرزهای مشترک فقط یکبار رقومی شوند.
- از عوامل مهم دیگر تعیین نحوه استفاده از ابزارهای مناسب در محیط نرم افزاری، مانند نحوه Snap کردن می باشد.
- برای ورود اطلاعات نقشه های شلوغ و متراکم، رقومی سازی بروش On-Screen توصیه می شود ولی برای نقشه های کم عارضه می توان از میز رقومی گر نیز استفاده نمود.

۲-۹-۲- نکاتی در مورد اسکن کردن

مدرک مورد استفاده باید تا جای ممکن تمیز باشد (فاقد خطوط و لکه های زائد باشد) زیرا احتمال دارد که نوشته ها و خطوط زائد در اسکن با عوارض اشتباه گرفته شوند. در صورت وجود چنین عناصر ناخواسته ای، باید در حین ویرایش نسبت به حذف آنها اقدام گردد. نمادها نیز ممکن است به عنوان عوارض پیچیده (Complex) اسکن شوند که باید مورد ویرایش قرار گیرند.

۲-۹-۳- عوامل مؤثر در انتخاب بین رقومی سازی با "دستگاه رقومی گر" و "اسکن کردن"

- نوع سند ورودی: نقشه های کاغذی می توانند اسکن یا رقومی شوند ولی تصاویر معمولاً باید اسکن شوند.
- نوع مدل داده مورد استفاده در GIS : برای مدل داده رستری، اسکن کردن و برای مدل داده برداری، رقومی سازی توصیه می شود.
- کاربرد مورد نظر

۲-۱۰- سخت افزارهای ورود اطلاعات

در زمینه ورود اطلاعات برخی سخت افزارهای متداول به شرح زیر می باشند:

- **صفحه کلید:** برای ورود اطلاعات توصیفی یا انواع خاصی از داده‌های مکانی مانند مختصات نقاط
- **ماوس:** برای کار در محیط‌های گرافیکی رایانه ای
- **دستگاه رقمی گر (Digitizer) :** این ابزار برای تبدیل داده‌های مکانی که به فرمت نقشه هستند، به داده‌های رقمی بکار می‌روند. این ابزار که به نام میز رقمی گر (Tablet Digitizer) نیز شناخته می‌شود در ابعاد متفاوت وجود دارد و برای رقمی کردن نقشه‌های کم تراکم توصیه می‌شود و معمولاً دقت در آنها بهتر از ۰,۱mm است.
- **دستگاه اسکنر (Scanner):** برای تبدیل تصاویری که بر روی کاغذ کشیده شده اند (نقشه‌های کاغذی موجود) یا فیلمهای آنالوگ به فایل‌های رقمی تصویری بکار برده می‌شوند.

۲-۱-۱- عوامل موثر در انتخاب دستگاه رقمی گر (Digitizer)

- **ابعاد :** ابعاد دیجیتالیزر که بسته به نوع مدرک باید انتخاب شود.
- **قابلیت تکرار (Repeatability):** معادل دقت (Precision) است و عبارت است از میزان نزدیکی دو قرائت انجام شده در حالتی که Puck (چیزی مشابه ماوس) دوبار دقیقاً در یک محل گذاشته شود. این ویژگی باید در حد ۲۵ میکرون باشد.
- **خطی بودن (Linearity):** یعنی اگر Puck در امتداد یک فاصله طولانی حرکت داده شود درستی (Accuracy) اندازه گیری فاصله در تلهانس خاصی از میزان واقعی قرار گیرد. معمولاً در حد ۷۶ میکرون مناسب است.
- **قدرت تفکیک (Resolution):** کوچکترین واحد اندازه گیری است که توسط دیجیتالیزر قابل ثبت می‌باشد. معمولاً در حد ۲۵ میکرون مناسب می‌باشد.
- **کجی (Skew):** میزان مستطیلی بودن نتایج روی میز دیجیتالیزر است و مبین آن است که چهار گوشه دیجیتالیزر یک مستطیل را ارائه می‌دهد یا خیر. این عدد سطحی از میز دیجیتالیزر را مشخص می‌کند که می‌تواند برای رقمی کردن مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱۰-۲- انواع اسکنر

۲-۱۰-۲-۱- اسکنر تخت رومیزی

سیستمهای متداول از این نوع معمولاً دقت و قدرت تفکیک پایینی دارند. از این رو برای رقومی سازی دقیق داده‌های مکانی توصیه نمی‌شوند. از طرف دیگر با توجه به محدودیت در اندازه‌های صفحه اصلی این دستگاهها، نمی‌توان آنها را برای رقومی سازی قطعات بزرگ نقشه بکار گرفت.

۲-۱۰-۲-۲- اسکنر غلطکی

این نوع اسکنرها در مقایسه با اسکنرهای تخت از دقت هندسی کمتری برخوردار هستند، اما بسته به اندازه غلطک، می‌توانند صفحات بزرگ نقشه را رقومی کنند. آنچه خصوصاً در مورد کار با این نوع اسکنرها باید در نظر گرفته شود، اطمینان از دقت هندسی این اسکنرها و تمیز نگاه داشتن سطح رویی غلطک آن می‌باشد. زیرا به مجرد جرم گرفتن این سطح، نقشه روی آن لیز خورده و در نتیجه فایل خروجی دچار اعوجاج خواهد شد.

۲-۱۰-۲-۳- اسکنر استوانه ای

در این اسکنرها برای دستیابی به دقت بالا، هر قسمت چندین بار توسط حس گر، اسکن می‌شود و در نهایت میانگینی از اسکن های متفاوت در نظر گرفته می‌شود. این اسکنرها قادر به دستیابی به دقت های بالا در حد چند میکرون هستند. از این اسکنرها می‌توان برای کارهای بسیار دقیق مانند رقومی سازی تصاویر هوایی استفاده کرد.

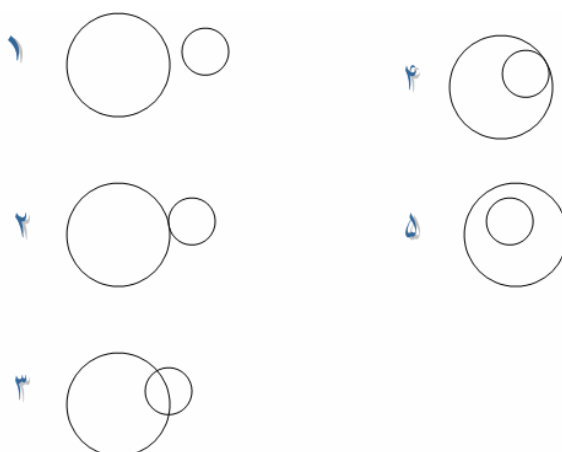
۲-۱۰-۲-۴- مشخصه‌های دسته بندی اسکنرها:

- **قدرت تفکیک (Resolution):** بیانگر میزان جزئیاتی است که اسکن می‌شود. حداقل قدرت تفکیک برای اسکن نمودن نقشه حدود ۱۵۰ dpi تا ۲۵۰ dpi توصیه می‌شود ولی برای عکس های هوایی غیر رقومی با توجه به مقیاس عکس و نقشه تبدیل شده، بین ۸۵۰ dpi تا ۲۸۰۰ dpi می‌باشد.
- **ابعاد (Size):** در ابعاد استاندارد A4 و ابعاد بزرگتر در حد A0 وجود دارند.
- **Spot Size:** اندازه ناحیه روی نقشه که توسط کاشف (Detector) اسکنر دیده می‌شود و معمولاً اندازه‌هایی در حد ۲۰ میکرون توصیه می‌شود.
- **نوع اسکنر:** تخت، غلطکی، استوانه ای
- **قابلیت رنگی:** عبارت است از قابلیت اسکن تصاویر سیاه و سفید و یا رنگی

۲-۱۱ - توپولوژی

توپولوژی به آن دسته از خواص اشکال گفته می‌شود، که با اعمال تبدیلات هندسی (عملیاتی چون تغییر شکل، پیچش، کشیدگی، به غیر از پارگی) دچار دگرگونی نمی‌شوند. از اصول توپولوژی برای بیان ارتباطات مکانی بین عوارض گوناگون استفاده می‌گردد که نسبت به مختصات، روش مناسب‌تر و کارآتری برای این منظور می‌باشد. مجاورت (Adjacency) یا همبندی (Connectivity) از جمله روابط توپولوژیک می‌باشند.

عوارض در فضاهای ۱ بعدی، ۲ بعدی، ۳ بعدی و ... n بعدی دارای روابط توپولوژیک خاصی می‌باشند. برای مثال در فضای دو بعدی، دو عارضه مشخص، دارای روابط گوناگونی نسبت به هم می‌باشند. شکل زیر حالت‌های مختلف ممکن را نمایش می‌دهد.



حالت‌هایی نظیر حالت‌های بالا برای عوارض خطی و پلی‌گونی، خطی و خطی، نقطه‌ای و نقطه‌ای و پلی‌گونی وجود دارند. این حالت‌ها روابط توپولوژیک موجود بین عوارض در دنیای واقعی را نمایش می‌دهند. به بیانی دیگر عوارض نسبت به هم، در دنیای واقعی ممکن است یکی از حالت‌های بالا را داشته باشند.

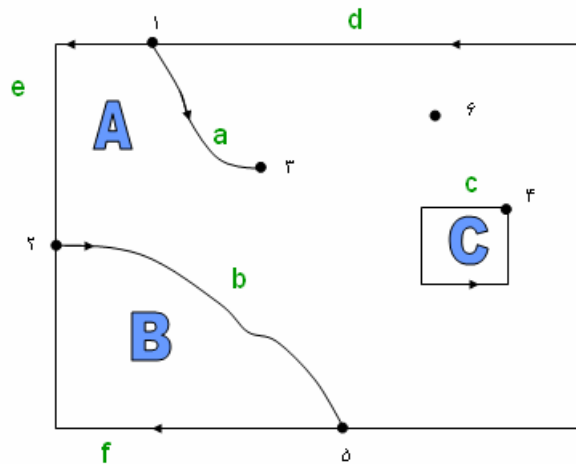
بسیاری از تحلیل‌ها در فضای یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی یا بیشتر، بر پایه روابط توپولوژیک انجام می‌شوند. توپولوژی را می‌توان در زمینه کنترل صحت داده‌ها نیز به کار گرفت. به هر صورت توپولوژی به هر منظوری که استفاده شود به دو صورت کلی توسط نرم‌افزارها به کار گرفته می‌شود. ممکن است توپولوژی مورد نظر، در قالب یک سری فایل جانبی ذخیره شود و بعد مورد پردازش قرار گیرد یا ممکن است در زمان استفاده، توپولوژی مورد نظر محاسبه و به دست آید. هر یک از این دو روش در استفاده از توپولوژی دارای نقصان‌ها و برتری‌های خاصی است که بسته به نوع کاربرد خاص، باعث انتخاب یکی از روش‌ها می‌شود.

برای فهم هر نوع توپولوژی در محیط دو بعدی لازم است ساختار عوارض در این محیط بررسی گردد. در محیط دو بعدی سه نوع عارضه نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی وجود دارد.

یک عارضه نقطه‌ای از یک گره (node) تشکیل شده و یک عارضه خطی از دو node در ابتدا و انتهای آن تشکیل می‌شود. یک Arc ممکن است خود از چندین رأس (Vertex) تشکیل شده باشد. یک پلی‌گون ممکن است از یک یا چند node و به همین

ترتیب از یک یا چند Arc تشکیل شده باشد. چنانچه دو عارضه یکدیگر را در یک نقطه قطع کرده باشند، محل های تقاطع به عنوان node شناخته می شود.

برای ذخیره یک توپولوژی عمومی می توان سه جدول ایجاد کرد که عبارتند از Node Attribute Table ، Arc Attribute Table و Polygon Attribute Table. برای مثال در شکل زیر روابط توپولوژیک در قالب سه جدول بالا مورد بررسی قرار می گیرد.



با توجه به شکل فوق جداول زیر این روابط را نمایش می دهند:

Polygon Attribute Table

ID	Name	Arc
۱	A	e, a, d, b, c
۲	B	b, f
۳	C	c

Arc Attribute Table

ID	Name	From-Node	To-Node	Left-poly	Right-poly
۱	a	۱	۳	A	A
۲	b	۲	۵	A	B
۳	c	۴	۴	C	A
۴	d	۵	۱	A	E
۵	e	۱	۲	A	E
۶	f	۵	۲	E	B

Point Attribute Table

ID	NODE	X	Y
۱	۱	۳۵۴۵۸,۲۵	۴۵۸۷۵,۲۵
۲	۲	۱۲۵۴	۱۲۵۴۸,۲۵
۳	۳	۱۲۵۴۸	۳۲۵۴۸
۴	۴	۸۴۵۵۶,۲۸۵	۲۵۴۸۹,۳۶
۵	۵	۲۵۹,۲۴۵	۱۲۵۹,۵۳۷
۶	۶	۱۲۵۸,۲۵	۴۵۹,۲۵۸

اضافه کردن عدد صفر در بین Arc ها بدین معنی است که Arc بعدی یعنی c ، به سایر Arc ها در پلی گون متصل نشده است.

توپولوژی تولید شده در بالا ممکن است برای برخی کاربردها مناسب باشد ولی همان طور که پیش از این اشاره شد، برای انجام بسیاری از کاربرد های تخصصی دیگر نیازمند استخراج روابط توپولوژیک ویژه ای خواهیم بود. برای ایجاد توپولوژی بایستی داده های مکانی از لحاظ ارتباط بین المانهای گرافیکی عاری از ایرادات خاصی باشند. لذا لازم است روی داده ها عملیات پاکسازی (Clean کردن) یا GIS-Ready نمودن انجام شود.

۲-۱۲ - آماده سازی داده های برداری برای ورود به GIS

هدف از انجام ویرایش و آماده سازی اطلاعات مکانی برای ورود به سیستم GIS ، کنترل عوارض و صحت ارتباط آنها، حذف عوارض تکراری، حذف خطاهای ظاهری در فایل رقومی و برقراری پیوستگی عوارض می باشد.

۲-۱۲-۱ - پاکسازی (Clean کردن) داده

تعریف: به کلیه عملیاتی که روی عوارض فایل رقومی صورت می گیرد تا امکان آنالیزهای GIS روی آن فایل ایجاد شود و نتیجه درستی استخراج گردد، عملیات پاکسازی گفته می شود.

این عملیات را می توان به دو دسته تقسیم بندی نمود:

- عملیاتی که روی عوارض موجود در یک لایه اطلاعاتی انجام می شود.
- عملیاتی که روی عوارض موجود در لایه های اطلاعاتی مختلف انجام می شود.

این عملیات بشرح زیر هستند:

۲-۱۲-۱-۱ - ایجاد گره (Node)

یکی از اشکالات گرافیکی موجود درون فایل های گرافیکی، خطای ناشی از عدم وجود گره در محل اتصال یا تقاطع المانهای خطی می باشد. برای جلوگیری از بروز چنین ایراداتی باید در مرحله ورود داده (تبدیل فتوگرامتری و یا دیجیتایز کردن) عامل اقدام به ایجاد گره (Node) در محل تقاطع المانهای گرافیکی نماید یا اینکه در مراحل بعدی با استفاده از امکانات موجود در نرم افزارها به طور اتوماتیک این کار انجام شود.

۲-۱-۱۲-۲ اصلاح رد شدگی و نرسیدگی (*Over / Under shoot*)

منظور از نرسیدگی و رد شدگی در رقومی سازی، عدم انطباق دقیق خطوط در محل برخورد می باشد. برای جلوگیری از این موارد نیز باید در مرحله ورود داده (مثلاً، تبدیل فتوگرامتری یا دیجیتایز کردن) از ابزارهای مناسب، مانند Snap استفاده گردد یا در مرحله ویرایش و آماده سازی با تنظیم تolerانس مناسب به طور اتوماتیک یا با یافتن محل ایراد و رفع آن بصورت نیمه اتوماتیک و غیراتوماتیک اقدام شود.

۲-۱-۱۲-۳ رفع *Pseudo Nodes* (یا *Unsplit* کردن قطعه خطوط بهم متصل)

Pseudo Node ها، گره‌هایی هستند که از آنها فقط دو Arc منشعب شده باشد. پس از یافتن محل این نوع گره‌ها در صورت عدم ضرورت وجود آنها، باید نسبت به حذف آنها یا در واقع ایجاد یک قطعه خط یکپارچه اقدام گردد.

۲-۱-۱۲-۴ اصلاح خطوط خود متقاطع (*Self Intersections*)

بنابر تعریف، یک خط نباید با خودش تقاطع داشته باشد. در صورتی که یک خط در فایل گرافیکی خودش را قطع نموده باشد، این خطا باید کشف و رفع گردد.

۲-۱-۱۲-۵ حذف خطوط کوچک اضافی

در پاره ای موارد خطوط کوچک ناخواسته ای به سبب عدم ویرایش صحیح خطوط اصلی، ایجاد می گردد که باید آن ها را حذف نمود.

۲-۱-۱۲-۶ حذف *Sliver* و *Gap*

یکی دیگر از خطاهای موجود در فایل گرافیکی، خطای ناشی از رقومی سازی دوباره مرز بین دو پلی گون می باشد. علت ایجاد پدیده *Sliver* و *Gap*، عدم تطابق دقیق دو خطی است که در اثر دوباره رقومی سازی مرز مشترک بین پلی گون ها به وجود می آید.

در صورتی که دو پلی گون در قسمت مرز هم پوشانی پیدا کنند خطای *Sliver* رخ می دهد و اگر بین آن دو فضایی خالی بماند خطای *Gap* رخ داده است که باید نسبت به یافتن محل وقوع این ایرادات و برطرف نمودن آنها اقدام شود.

۲-۱۲-۱-۷- رفع پلیگون های زائد

پلیگون های زائد اغلب بر اثر خطای رقومی سازی عامل در فایل ایجاد می گردد که برای حذف آنها یا ترکیب آنها با پلیگونهای هم مرز باید اقدام نمود. معمولاً در مواردی که این پلیگونها ماهیت مستقلی پیدا می کنند مساحتشان بسیار نزدیک به صفر می باشد.

۲-۱۲-۱-۸- رفع خطوط تکراری (Duplicate) یا همپوشان (Overlapping)

گاه به دلیل اشتباه عامل رقومی ساز، یک عارضه خطی به طور تکراری، دقیقاً یا بطور جزئی روی هم ایجاد می گردد که باید رفع گردد.

۲-۱۲-۱-۹- کنترل یکپارچگی عوارض و انطباق لبه ها در فایل های مجاور

همواره باید فایل های گرافیکی در مرز خود با فایل های مجاور بررسی شوند که در لبه های فایل های مجاور با هم انطباق داشته تا در صورت استفاده در یک پایگاه داده یکپارچه (Seamless) خطا ایجاد نشود.

۲-۱۲-۱-۱۰- تشکیل پلی گونهای جزیره ای (Island Polygons)

در مواردی که دو یا چند پلیگون در داخل یکدیگر قرار می گیرند باید نسبت به خارج کردن (Exclude) پلیگون داخلی از سطح پلیگون خارجی (پلیگون در بردارنده) اقدام شود.

۲-۱۲-۱-۱۱- حذف همپوشانی در سطح یک لایه (Self Overlap)

پلیگونهای موجود در یک لایه نباید با یکدیگر همپوشانی داشته باشند. چنین اشکالاتی باید شناسایی و بر طرف گردند.

۲-۱۲-۱-۱۲- حذف همپوشانی (Overlap) در سطح چند لایه

پلیگونهای موجود در یک لایه نباید با پلیگونهای موجود در یک لایه دیگر همپوشانی داشته باشند.

۲-۱۲-۱-۱۳- قرار گرفتن عوارض نقطه ای در داخل پلیگون

در مواردی ماهیت داده به گونه ای است که یک عارضه نقطه ای باید لزوماً در داخل پلیگون موجود در یک لایه سطحی قرار گیرد که در این صورت این مورد باید کنترل شود.

۲-۱۲-۱-۱۴- انطباق عوارض نقطه ای بر نقاط انتهایی (End Point) عوارض خطی

در مواردی ماهیت داده به گونه ای است که یک عارضه نقطه ای لزوماً باید منطبق باشد بر نقطه انتهایی (End Point) یک عارضه خطی، در این صورت این مورد نیز باید کنترل شود.

۲-۱۳- فراداده (Metadata)

تبادل و مدیریت داده های رقومی ایجاب می کند که داده ها همراه با مشخصات و توضیحات مربوطه باشند تا این اطلاعات برای تشخیص میزان کاربری داده ها مورد استفاده قرار گیرد. پس فراداده در حکم شناسنامه داده ها می باشد. فراداده به اطلاعاتی مانند محتوا، کیفیت، سیستم مختصات، تولید کننده و سایر ویژگی های داده ها می پردازد. فهرست و مشخصات فراداده لازم برای داده های مکانی در جلد های مربوط به هر مقیاس از مجموعه دستورالعمل های حاضر آورده شده است.

۳ - سازماندهی داده‌های توصیفی

GIS باید بین داده‌های مکانی و اطلاعات توصیفی اتصال (Link) ایجاد کند. این اتصال معمولاً از طریق اختصاص دادن شناسه (Identifier یا ID) به هر عارضه مکانی انجام می‌شود. سپس داده‌های توصیفی که هر یک دارای این ID می‌باشند، در یک یا چند فایل مجزا ذخیره می‌شود. در واقع اطلاعات مکانی توسط این ID ها به اطلاعات توصیفی خاصی در پایگاه داده متصل می‌شوند. این اطلاعات توصیفی می‌تواند به صورتهای مختلف در پایگاه داده ذخیره شود.

۳-۱ - پایگاه داده

پایگاه داده، اجتماعی است از اطلاعات در مورد اشیاء و ارتباط آنها با یکدیگر. در یک پایگاه داده، هدف مرتبط ساختن داده‌هایی است که قبلاً از یکدیگر مجزا بوده اند. یک سیستم مدیریت پایگاه داده (Database Management System- DBMS) ترکیبی است از مجموعه برنامه‌هایی که داده‌های درون پایگاه داده را اداره و نگهداری می‌کند. DBMS یکی از قسمتهای بسیار مهم GIS است.

• مزایای پایگاه داده

- کنترل متمرکز داده
- به اشتراک گذاری داده
- استقلال داده‌ها از برنامه‌های کاربردی
- کاهش افزونگی
- ارائه View های مختلف برای کاربران مختلف با در نظر گرفتن میزان دسترسی آنان
- حفظ کیفیت و انسجام (Integrity) داده
- جلوگیری از ناسازگاریها با تعریف قواعد و استاندارد
- امنیت داده
- امکان ایجاد تغییر در داده بدون ایجاد تأثیر روی مؤلفه‌های سیستم

• معایب پایگاه داده

- هزینه
- پیچیدگی نسبت به حالت پردازش فایل که امروزه رایج نمی‌باشد
- خطر تمرکز که در صورت از بین رفتن داده و عدم وجود نسخ پشتیبان، داده از بین خواهد رفت.

۲-۳- انواع مدل داده کلاسیک

سازماندهی داده در پایگاه داده را مدل داده (Data Model) می نامند. برخی از انواع مدل داده اجرایی عبارتند از:

- سلسله مراتبی یا درختی (Hierarchical)
- شبکه ای (Network)
- رابطه ای (Relational)
- شی گرا (Object Oriented)
- رابطه ای - شی گرا (Object Relational)

در ادامه سه نوع اول توضیح داده خواهد شد.

۳-۳- رکورد، فیلد و کلید

- رکورد: رکورد گروه کوچکی از اقلام داده بهم مرتبط است که در کنار یکدیگر ذخیره میشوند و می توان آنرا به عنوان یک سطر از جدول فرض کرد. رکورد نمایانگر اطلاعات مربوط به یک المان یا عارضه است.
- فیلد: یک رکورد به تعدادی فیلد تقسیم می شود که هر یک شامل یک قلم از داده هاست.
- کلید: کلید عبارت است از یک یا چند فیلد که امکان بازیابی یک رکورد را فراهم می کند. کلید باید دارای دو ویژگی باشد.

- مقدار آن برای هر رکورد منحصر بفرد باشد.

- افزونگی نداشته باشد، یعنی اگر یک فیلد از آن کنار گذاشته شود ویژگی منحصر بفرد بودن بهم خواهد خورد.

فیلدهای کلیدی، فیلدهای توصیفی (Attribute Field) نیز نامیده میشوند. هرچه فیلدهای کلیدی کمتر باشند فایل داده متراکم تر شده و عملیات جستجو سریعتر انجام خواهد شد. اما هرچه تعداد آنها کمتر باشد محدودیت برای انواع جستجوها نیز بیشتر خواهد شد لذا در انتخاب این فیلدها باید حداکثر دقت بعمل آید.

۳-۴- مدل داده سلسله مراتبی یا درختی

در این مدل، داده ها با ساختار درختی سازماندهی میشوند. فقط یک فیلد کلیدی می تواند وجود داشته باشد. بالای درخت، ریشه (Root) نامیده میشود. به استثناء ریشه هر المان دارای یک المان مربوطه در سطح بالاتر است که به آن والد (Parent) گفته میشود و هر والد میتواند یک یا چند فرزند (Child) داشته باشد. در این مدل ارتباط از نوع ساختار یک به یک (1-1) یا یک به چند (One-To-Many) است و اطلاعات بوسیله پیمایش ساختار درختی بازیابی میشوند.

- مزایا

- سرعت دستیابی بالا به حجم عظیم داده
- ساده بودن ساختار

- معایب

- عدم امکان جستجو در فیلهای غیر توصیفی که در صورت نیاز باید پایگاه داده بازسازی شود.
- دامنه تمام پرسشها از قبل باید معلوم باشد.
- مشکل بودن اصلاح ارتباط دادهها.
- کارایی کم بازیابی به علت نیاز به پیمایش سلسله مراتب برای دستیابی به دادههای واقع در سطوح پایین درخت.
- غیر قابل انعطاف بودن.
- عدم امکان وجود چند والد.
- عدم توفیق در کاربردهای GIS.
- افزونگی داده

۳-۵ - مدل داده شبکه ای

این مدل برخی مشکلات مدل سلسله مراتبی را حل کرده و مزایا و معایب آن بشرح زیر است.

- مزایا

- دسترسی به رکوردها بدون نیاز به پیمایش تمامی سلسله مراتب بالای رکورد
- عدم نیاز به ریشه
- امکان وجود چند والد برای یک فرزند
- امکان ارتباط چند به چند (Many-To-Many)
- انعطاف پذیری بیشتر نسبت به مدل سلسله مراتبی
- افزونگی کمتر داده نسبت به مدل سلسله مراتبی
- سازگاری بیشتر با پیچیدگی های جهان واقعی
- سرعت بالای بازیابی به علت کدگذاری از قبل المانهای داده (اما نسبت به سلسله مراتبی سرعت بازیابی کمتر است).

• معایب

- پیچیده بودن مدل
- بزرگ بودن حجم فایل به علت نیاز به ذخیره سازی اطلاعات بیشتر مربوط به اتصالات
- نیاز به زمان بیشتر برای بازسازی اطلاعات در صورت ایجاد تغییر
- عدم توفیق در کاربردهای GIS به علت انعطاف پذیری بالاتر مدل رابطه ای برای کاربردهای GIS

۳-۶- مدل داده رابطه ای

در این مدل، داده‌ها به صورت مجموعه ای از جداول دو بعدی ذخیره میشوند که توسط فیلدهای کلیدی (فیلدهای مشترک) بهم وصل (Logical Join) میشوند. در واقع یک کلاس عارضه توسط یک جدول با فیلدهای مشترک ارائه می‌شود. جدول به نامهای رابطه (Relation) یا چندتایی (Tuple) نیز نامیده میشود.

• مزایا

- انعطاف پذیری بالا و عدم محدودیت در پرسش دهی یا به عبارت دیگر امکان انجام جستجو در هر جدول و بر اساس هر فیلد توصیفی.
- عدم نیاز به ذخیره سازی جدول الحاقی (Join) و جلوگیری از تولید افزونگی
- نرمال بودن جداول که باعث ایجاد انسجام (Integrity) و حداقل افزونگی میشود.
- افزونگی کمتر نسبت به مدل های سلسله مراتبی و شبکه ای
- دارای پایه تئوری دقیق و ریاضی
- سادگی ساختار
- سادگی ایجاد تغییرات
- وجود زبان استاندارد SQL (Structured Query Language) که در RDBMS های مختلف کاربرد دارد.
- قابلیت استفاده SQL در مدل های رابطه ای مختلف
- رایج ترین مدل در نرم افزارهای تجاری GIS و کاربردهای GIS به علت انعطاف پذیری بالا

• معایب

- سخت بودن پیاده سازی و اجرا
- کارایی کمتر و کند بودن سیستم بخاطر عدم وجود اتصالات فیزیکی یا اشاره گرها (Pointers)

- مناسب نبودن برای کار با اشیاء پیچیده
- میزان بالای بروز اشتباهات منطقی به علت انعطاف پذیری بالای مدل

۳-۷- توانایی های مورد نیاز در پایگاه داده مکانی

یک پایگاه داده مکانی برای دارا بودن عملکرد مناسب باید دارای ویژگی‌هایی باشد که مهمترین آنها در زیر قید شده‌اند.

- امکان تعریف انواع قواعد پیچیده انسجام مکانی (Integrity Rules) برای حفظ صحت و تمامیت داده‌ها.
- کنترل اتوماتیک همروندی (Concurrency) بر اساس مفهوم تراکنش (Transaction) با استفاده از قواعد Check Out / Check In برای قفل کردن (Lock) و آزاد کردن (Unlock) داده‌ها در سیستم های چند کاربره جهت جلوگیری از ایجاد داده‌های ناهماهنگ.
- امکان تعیین محدوده‌های قفل کردن (Locking) داده‌ها
- امکان تعیین سطوح مختلف قفل کردن داده
 - در سطح تمام پایگاه داده
 - در سطح View
 - در سطح جدول
 - در سطح رکورد جاری
 - در سطح یک فیلد
- امکان مدیریت Dead Lock برای مواقعی که یک درخواست نتواند مورد پردازش قرار گیرد.
- امکان تعریف سطوح مختلف امنیتی (Security) و سطح دسترسی به داده برای کاربران مختلف.

۴- استاندارد

۴-۱- کلیات

در طراحی، پیاده‌سازی و توسعه سیستم‌های اطلاعات مکانی باید همواره استانداردها و دستورالعمل‌های موجود مد نظر قرار داده شوند. رعایت استاندارد سبب کاهش ریسک و امکان توسعه آسان‌تر سیستم‌ها در زمان طول عمر آنها می‌گردد. طراح و مجری سیستم اطلاعات مکانی باید متناسب با اهداف و ویژگی‌های پروژه و همچنین نوع محصول، نسبت به شناسایی و بررسی استانداردهای مورد نیاز اقدام نماید. این استانداردها ممکن است که برای داخل کشور ماهیت "الزامی" یا "توصیه‌ای" داشته باشند. ابتدا باید الزامات مورد توجه قرار گرفته و سپس در صورت عدم وجود استاندارد الزامی برای سایر بخش‌های باقی مانده، استانداردها و دستورالعمل‌های توصیه‌ای متعلق به مراجع معتبر مورد بررسی قرار گیرند. در نهایت، انتخاب استاندارد یا تعیین نحوه گرایش دادن سیستم بطرف استاندارد خاص بستگی به عوامل مختلفی دارد که باید مورد بررسی قرار گیرند. از جمله این عوامل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اهمیت و گستردگی سیستم
- اهداف سیستم
- محیطی که سیستم در آن فعالیت خواهد کرد و ارتباط آن با سایر سیستم‌های موجود
- طول عمر سیستم و برنامه‌ریزی‌های انجام شده در خصوص نسل‌های بعدی آن

سه فعالیت استانداردسازی در سطح بین‌المللی و ملی در جریان هستند که طراحان و مجریان باید در جریان آنها قرار داشته باشند. در زیر به این موارد اشاره شده است:

۴-۲- استانداردهای سری ISO19100 در خصوص اطلاعات مکانی

هدف این فعالیت که توسط کمیته فنی TC211 موسسه بین‌المللی استاندارد (ISO) صورت می‌پذیرد، عبارتست از استانداردسازی در زمینه اطلاعاتی که بطور مستقیم (مانند مختصات) یا غیر مستقیم (مانند کد پستی) به موقعیت روی زمین مرتبط باشند. این استانداردها کوشش دارند که عمل‌پذیری متقابل و تبادل داده بین سیستم‌های مختلف اطلاعات مکانی را تسهیل نمایند. لازم به ذکر است که استانداردهای ISO19100 بیشتر موضوع "داده" را مورد خطاب قرار داده و جنبه مفهومی دارند، بنابراین ممکن است که برای پیاده‌سازی آنها نیاز به فعالیت‌های مکمل باشد. این استانداردها بصورت توصیه‌ای منتشر می‌شوند و سیستم استانداردسازی ملی هر کشور نسبت به تصمیم‌گیری در خصوص نحوه پذیرش و بسط آن اقدام می‌نماید.

۳-۴ - دستورالعمل‌های فنی (OGC) Open Geospatial Consortium

کنسرسیوم OGC مجموعه‌ای است از شرکت‌ها، موسسات و دانشگاه‌ها که مشترکاً کوشش می‌کنند تا امکان ارتباط بین فن‌آوری‌های مختلف اطلاعات مکانی را بوجود آورند. بدین منظور نسبت به تدوین دستورالعمل‌های فنی در این زمینه اقدام می‌نمایند. این دستورالعمل‌ها با استانداردهای ISO19100 هماهنگ بوده و به جزئیات اجرایی مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم می‌پردازند. این دستورالعمل‌ها، بیشتر مشخصات سیستم را مورد خطاب قرار می‌دهند.

۴-۴ - استانداردها و دستورالعمل‌های ملی و داخلی

غالباً استانداردهای ملی و داخلی، علاوه بر مطالب ذکر شده در خصوص استانداردهای بین‌المللی، به موضوعاتی که جنبه خاص برای آن کشور دارد نیز می‌پردازند. به عنوان مثال: فهرست و تعریف عوارض، مدل مفهومی، پارامترهای کیفیت، سیستم مختصات، نحوه جمع‌آوری، پردازش و ارائه داده.

معمولاً بخشی از مجموعه‌های ملی و داخلی، به محتوا و نحوه شکل‌گیری مدل در حوزه مورد نظر می‌پردازد. با توجه به دامنه وسیع کاربران سیستم‌های اطلاعات مکانی، لازم است که محصول نهائی به روشنی تعریف گردد و استانداردها و دستورالعمل‌هایی که به عنوان پایه بکار گرفته می‌شوند پاسخ‌گوی نیازهای کاربر و الزامات فنی در آن حوزه باشد.

۵- مراحل ایجاد سیستم اطلاعات مکانی

به علت گستردگی و پیچیدگی‌های ایجاد سیستم اطلاعات مکانی، امکان شکل‌گیری کل سیستم در یک حرکت به ندرت وجود دارد. علاوه بر آن یکی از ویژگی‌های این نوع پروژه‌ها، تثبیت تدریجی نیازهای کاربران در طول پروژه است. بنابراین، تعدادی از مراحل زیر بسته به نوع متدولوژی انتخاب شده باید بصورت تکرار انجام شوند تا در نهایت به نتیجه مطلوب برسند.

۵-۱- انتخاب متدولوژی مناسب برای پروژه

ایجاد نظام‌مند هر سیستمی مستلزم داشتن متدولوژی است که مراحل و فعالیت‌های مختلف پروژه و همچنین ترتیب آنها را به گونه‌ای مناسب مشخص نماید. متدولوژی‌های مختلفی وجود دارند که هر کدام دارای مزایا و کاربرد خاصی می‌باشند. مدیر پروژه باید با توجه به اهداف و ویژگی‌های پروژه، نسبت به انتخاب متدولوژی مورد نظر خود اقدام نماید. از جمله متدولوژی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- روش حلزونی
- روش تکرار
- فرآیند یکپارچه (Unified Process)
-

۵-۲- امکان‌سنجی

در مرحله امکان‌سنجی از اطلاعات فنی و مالی برای برآورد پتانسیل و میزان عملی بودن ساخت سیستم استفاده می‌شود. امکان‌سنجی به ارزیابی سیستم مورد نظر یا مقایسه آن با سیستم‌های مشابه می‌پردازد. هدف از این کار مشخص کردن نقاط قوت و ضعف پروژه و شناسایی عواملی است که می‌تواند باعث شکست آن شود. همچنین، امکان‌پذیر بودن پروژه با توجه به بودجه موجود و نیازهای اعلام شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و بهترین راه حل انتخاب می‌شود. قبل از امکان‌سنجی، لازم است که شناخت کلی از اهداف سیستم و نیازهای کاربر بدست آمده باشد. مسائلی که باید در مطالعات امکان‌سنجی به آن توجه شود عبارتند از:

- شرح سیستم
- پیش‌فرض‌ها
- زمان‌بندی پروژه
- منابع موجود (مالی، انسانی، تجهیزات، ...)
- سود و زیان
- روش‌های تولید نقشه و اطلاعات مکانی مورد نیاز
- محدودیت‌ها

- عوامل خطرزا
- گزینه‌های ثانویه
- توصیه‌ها
- ...

۵-۳- نیازسنجی

در این مرحله، سازمانی که سیستم برای آن اجرا می‌شود، مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد. هدف این بررسی عبارتست از شناسایی دقیق اهداف سیستم، فرایندهای سازمانی و نیازهای اطلاعاتی کاربر. در این مرحله باید همواره درخواست‌های کارفرما مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و توصیه‌های کارشناسی لازم ارائه شود تا فهرست بهینه‌ای از نیازها حاصل گردد.

۵-۳-۱- شناسایی اهداف سیستم

در ابتدای پروژه لازم است که اهداف ایجاد سیستم اطلاعات مکانی تعیین شود. در انجام این مرحله باید به نکات زیر توجه شود:

- اهداف واضح و واقع‌گرایانه باشند
- شرایط و امکانات موجود در نظر گرفته شده باشد
- در صورت امکان، هنگام تعیین اهداف به برنامه‌های آتی نیز توجه شود

۵-۳-۲- شناخت سازمان و فرآیندهای کاری ذیربط

سیستم اطلاعات مکانی باید متناسب با فرآیندهای سازمانی عمل نماید، بنابراین لازم است که این فرآیندها شناسایی شوند. برای شناسایی این فرآیندها باید روشی که متناسب با شرایط باشد، یا ترکیبی از آنها، بکار گرفته شود. نمونه‌ای از این روش‌ها عبارتند از:

- مصاحبه با مسئولین سازمانی
- برنامه مصاحبه باید با توجه به مسئولیت‌های افراد در سازمان تنظیم گردد
- پرسش‌نامه
- برای شناسایی سطحی واحدها و فرایندهای سازمانی با صرف هزینه و زمان کم
- مطالب پرسشنامه باید طوری تنظیم شده باشند که ساده و روشن بوده و سطح جزئیات درخواست شده متناسب با مسئولیت پاسخ‌دهنده و جزئیات مورد نیاز باشد.

- استفاده از مستندات سازمانی
- اگر سازمان مربوطه دارای مستنداتی مانند چارت تشکیلاتی یا روش‌های اجرایی مدون باشد، از این مستندات می‌توان برای استخراج اطلاعات مختلف در خصوص وضع موجود استفاده کرد.

۵-۳-۳- شناسایی نیازهای اطلاعات مکانی و توصیفی

- ارقام اطلاعاتی
 - به منظور طراحی پایگاه داده مورد نیاز سیستم، باید ارقام اطلاعاتی شناسایی شوند. این شناسایی باید منجر به فهرستی از عوارض، اطلاعات توصیفی و ارتباطات بین آنها گردد.
 - مشخصات فنی داده‌های ورودی
 - مشخصات فنی داده‌های مکانی و اطلاعات توصیفی مورد نیاز برای ایجاد سیستم باید تعیین گردد. به لحاظ ماهیت تخصصی این کار، امکان تعیین مستقیم مشخصات توسط کاربر وجود ندارد، بنابراین لازم است که با جویا شدن مطالبی مانند:
 - هدف نهائی کاربر از پردازش داده‌ها
 - نوع خروجی‌های مورد درخواست
 -
- اطلاعات لازم توسط تحلیل‌گر جمع‌آوری گردد تا تصمیم‌گیری در مراحل بعدی صورت گیرد.

۵-۳-۴- شناسایی کاربران سیستم

کاربران سیستم و نوع ارتباط آنها با سیستم باید مشخص باشد. این ارتباطات مشخص کننده نوع توابع و امکاناتی است که در دسترس کاربر قرار خواهد گرفت.

۵-۳-۵- تعیین نوع تحلیل‌های مورد نیاز سیستم و پارامترهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

با تعیین تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز سیستم، نسبت به تعیین توابع مکانی و غیرمکانی تشکیل دهنده فرآیندهای مورد نیاز، اقدام می‌گردد. بدین منظور کاربری‌های خاص به اجزای ساده شکسته شده و تغییرات اعمالی به هر جز به عنوان یک تابع در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به روش انجام فرآیندهای مورد نیاز، همچنین حجم ورودی و خروجی‌های توابع، نسبت به انتخاب پردازنده، سیستم عامل بکار گیرنده پردازنده و روش بکارگیری توابع و منابع تصمیم‌گیری می‌شود. با مشخص شدن این انتظارات نرم‌افزارهای حمایت کننده این سیاست‌ها مشخص می‌شود.

۵-۳-۶- مدل خارجی (External Model)

به منظور ساماندهی اقلام اطلاعاتی شناسائی شده و ارتباطات بین آنها، لازم است که مدل خارجی تهیه شود. مدل خارجی انعکاس دهنده مفاهیم مربوط به محتوا و عملکرد سیستم از دیدگاه کاربر می باشد، بنابراین از تجزیه و تحلیل نیازهای کاربر بوجود می آید.

۵-۴- طراحی مدل مفهومی (Conceptual Model)

برای طراحی مدل مفهومی، باید تحلیلگر سیستم اطلاعات مکانی واقعیت موجود را (شامل عوارض و اشیا دنیای واقعی یا سازمانی) همراه فرآیندهای ارتباط دهنده آنها، در قالب entityها و روابط مکانی و غیر مکانی در آورد. بعضی موارد که در این فرآیند تبدیل حائز اهمیت هستند در زیر آمده است:

- انتخاب توصیفات لازم entityها خصوصاً entityهای مکانی و نیز جلوگیری از افزونگی
- اجتناب از ایجاد توصیفات ترکیبی
- بیان دقیق cardinality و ordinality روابط
- جلوگیری از ایجاد روابط چندگانه
- استفاده درست، بجا و دقیق از روابط مکانی و اجتناب از ایجاد آن دسته از روابطی که توانائی ایجاد آنها در زمان پردازش وجود دارد
- کنترل مدل به کمک شبیه سازی و اطمینان از عدم وجود ناهمخوانی منطقی در مدل

۵-۵- بررسی داده های موجود

بر اساس نتایج نیازسنجی انجام شده و همچنین با توجه به طراحی مفهومی، باید مطالعات لازم جهت شناسائی داده های مناسب برای سیستم صورت گیرد. با توجه به هزینه بالای داده های مکانی و زمان بر بودن تولید آنها، لازم است که قبل از اقدام به سفارش تولید داده های جدید، نسبت به شناسائی داده های موجود اقدام گردد. از منابعی که می توانند تامین کننده داده های مورد نظر باشند می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- وزارتخانه ها و سازمان های دولتی
- شرکت های مهندسان مشاور نقشه برداری
- سایت های اینترنت

در انتخاب داده های موجود نکات زیر مد نظر قرار داده شوند:

- در صورت وجود، فراداده (metadata) و گزارش فنی داده ها، مورد بررسی قرار گیرند. عوامل مهم در این بررسی عبارتند از:

- تاریخ تهیه داده
- کیفیت داده
- محتوا و مفهوم داده از قبیل نوع عوارض، تعاریف عوارض و فرمت فایل
- ساختار داده

در صورتی که داده‌های مورد نیاز موجود نبوده یا مشخصات فنی آنها پاسخگوی نیاز نباشد، آنگاه باید نسبت به تولید یا سفارش تولید اقدام نمود.

۵-۶- ارزیابی و انتخاب نرم‌افزار و سخت‌افزار

انتخاب نرم‌افزار و سخت‌افزار باید به گونه ای باشد که پاسخ گوی عوامل زیر باشد:

- دارای توابع مورد نیاز باشد
- عملکرد آن متناسب با نوع کاربری باشد
- خدمات مناسب پس از فروش داشته باشد
- امکان customize کردن و توسعه داشته باشد
- هزینه‌های خرید و نگهداری متناسب با ابعاد پروژه و بودجه باشد

مهمترین قسمت سخت‌افزاری سیستمهای اطلاعات مکانی، قسمت پردازنده می‌باشد. پردازش اطلاعات مکانی سنگین، زمانبر و حساس است. از این رو سخت‌افزار پردازش داده‌های مکانی نیز تا حدی متفاوت با سایر سیستمهای پردازش اطلاعات است. معمولاً باید پردازشگرهایی مورد استفاده قرار گیرند که از لحاظ سرعت، عملکرد مناسبی داشته باشند.

نرم‌افزارها در یک سیستم GIS، بخش اصلی وظایف اجرایی سیستم را بر عهده دارند. این قسمت می‌تواند شامل یک نرم‌افزار یا چندین نرم‌افزار باشد.

اجزای مختلف نرم‌افزاری سیستم را می‌توان در سه گروه اصلی قرار داد:

- مجموعه نرم‌افزارهای مدیریت و ساختاردهی
- مجموعه نرم‌افزارها و توابع پردازش
- مجموعه نرم‌افزارها و توابع نمایش دهنده

۵-۶-۱- مجموعه نرم‌افزارهای مدیریت و ساختاردهی

در زمینه مدیریت داده، بخش عمده ای از توابع مورد نیاز جهت اخذ، ذخیره سازی و بازیابی در نرم‌افزارهای مدیریت پایگاه داده تامین می‌شود. این نرم‌افزارها به دو دسته پایگاه داده تک کاربره و چند کاربره تقسیم می‌شوند. در سیستم‌هایی که از یک پایگاه داده چند کاربره استفاده می‌کنند، امکان دسترسی و تحلیل چندین کاربر همزمان روی داده‌های مکانی و غیر مکانی وجود دارد.

۵-۶-۲ - مجموعه نرم افزارها و توابع پردازش

۵-۶-۲-۱ - نرم افزارهای آماده سازی داده های مکانی

گروهی از نرم افزارها وظیفه آماده سازی داده های مکانی برای ورود به پایگاه های داده را بر عهده دارند. این نرم افزارها معمولا در دو دسته نرم افزارهای رستری و برداری تخصصی شده اند. نرم افزارهای رستری داده های رستری از قبیل تصاویر ماهواره ای را آماده ورود و پردازش در سیستم می کنند، حال آنکه نرم افزارهای برداری روی Clean کردن و ایجاد ساختار در داده های برداری کار می کنند. این بدان معنی است داده ها را به شکل قابل استفاده برای سیستم تبدیل می کنند.

۵-۶-۲-۲ - نرم افزارهای پردازش مکانی

بطور کلی هدف اساسی یک سیستم GIS، در دستیابی به اهداف خاص از طریق اعمال توابع مکانی می باشد. بدین وسیله امکان انجام انواع تحلیل های مکانی فراهم می شود. در حال حاضر هر نرم افزار متناسب با توانمندیهای خود دارای تعدادی از این تحلیل ها می باشد. ولی نکته قابل توجه این است که هیچ یک از این نرم افزارها طیف کاملی از توابع مورد نیاز را پوشش نمی دهند. بنا بر این وجود یک محیط قابل گسترش و توسعه در این نرم افزارها الزامی می باشد.

۵-۶-۳ - مجموعه نرم افزارهای نمایش دهنده

نمایش دهنده ها در سیستم های GIS بر حسب نوع نرم افزار توانایی نمایش به صورت دو یا سه بعدی یا هر دو حالت را دارند. در نمایش دو بعدی داده های مکانی، نرم افزارها ناگزیر به رعایت اصول کارتوگرافی بوده ولی روش برنامه نویسی در آن، وابسته به زبان و برنامه نرم افزاری دارد. در نمایش سه بعدی، برنامه نویسان معمولا از راه حل های نرم افزاری خاصی استفاده می کنند.

۵-۷-۷ - طراحی مدل منطقی و فیزیکی

۵-۷-۱ - مدل منطقی (Logical Model)

طراحی مدل منطقی پس از انتخاب نرم افزار صورت می گیرد زیرا وابسته به ساختار نرم افزاری است که مورد استفاده قرار خواهد گرفت. مدل منطقی باید امکان پیاده سازی مدل مفهومی را در ساختار نرم افزاری سیستم مدیریت پایگاه داده فراهم نماید.

۵-۷-۲- مدل داخلی/فیزیکی (Internal/Physical Model)

پس از پایان طراحی ساختار و ذخیره‌سازی باید نسبت به پیاده‌سازی ساختار مذکور در محیط نرم‌افزاری سیستم مدیریت پایگاه داده اقدام شود. به منظور تسریع این مرحله، و نیز جلوگیری از برخی اشتباهات، توصیه می‌شود که این مرحله بصورت نرم‌افزاری صورت گیرد. در صورت استفاده از روش مذکور باید از همخوانی محیط‌های نرم‌افزاری اطمینان حاصل گردد. با توجه به سنگین بودن فرآیند نگهداری پایگاه داده و نیز امکانات نرم‌افزاری موجود در پایگاه داده، پس از اتمام ساختار آن باید نسبت به ایجاد روال‌های نرم‌افزاری لازم از قبیل تعریف قواعد انسجام (Integrity Rules) و قواعد توپولوژیکی اقدام گردد. همچنین در این مرحله باید نسبت به تعریف کاربران و سطوح دسترسی آنان جهت حفظ امنیت سیستم اقدام شود.

۵-۸- یکپارچه‌سازی سیستم

مرحله یکپارچه‌سازی به ترکیب نتایج مراحل قبلی با هدف ایجاد سیستم مورد نظر می‌پردازد. در پایان این مرحله، سیستم بر اساس طراحی با استفاده از نرم‌افزار و سخت‌افزار انتخاب شده شکل می‌گیرد. اجزای این مرحله عبارتند از:

- سفارش یا جمع‌آوری داده‌های مکانی و توصیفی و ایجاد فایل‌های رقومی
- حجم داده بکار رفته در این مرحله فقط در حد مورد نیاز برای اجرای پروژه راهنما می‌باشد تا در صورت وجود ایرادات، اتلاف هزینه کاهش یابد.
- در صورت موجود بودن داده‌های تعیین شده در مرحله امکان‌سنجی، نسبت به تهیه آنها اقدام می‌گردد.
- در صورت عدم وجود داده‌های تعیین شده در مرحله امکان‌سنجی، باید این داده‌ها تولید و وارد سیستم شوند. (در صورتی که امکان تولید این داده‌ها در حد محدود وجود نداشته باشد، آنگاه باید از داده‌های مشابه استفاده نمود)
- داده‌ها باید از مشخصات قید شده در مرحله طراحی طبیعت نمایند.

• تشکیل سیستم اطلاعات مکانی

در این مرحله باید سیستم بر اساس طراحی انجام شده و مطابق مستندات پیاده‌سازی شود. مواردی که بطور مشخص در مرحله پیاده‌سازی و اجرای سیستم انجام خواهد شد عبارتند از:

- پیاده‌سازی پایگاه داده
- استقرار نرم‌افزار و مناسب‌سازی آن برای کاربران پروژه
- آماده‌سازی سخت‌افزارهای مورد نیاز
- ورود داده به سیستم در حد مورد نیاز برای اجرای پروژه راهنما

۵-۹- انجام پروژه راهنما (Pilot) و تست و ارزیابی سیستم (Bench Marking)

هدف از اجرای پروژه راهنما، آزمایش کردن سیستم ایجاد شده در منطقه‌ای محدود و با داده‌های نمونه می‌باشد. در هنگام اجرای پروژه راهنما باید کوشش شود که ایرادات احتمالی و نقاط ضعف شناسائی شوند و همچنین برآوردهای انجام شده کنترل و تصحیح گردند. اهداف پروژه راهنما عبارتند از:

- ارزیابی طراحی سیستم
- ارزیابی عملکرد نرم افزار و سخت افزار
- ارزیابی کیفیت داده‌ها و بهبود برآوردهای زمانی و مالی جمع‌آوری داده (در صورت موجود نبودن داده از قبل)
- آزمایش گردش کار و روش‌های اجرایی

بسته به نتایج پروژه راهنما می‌توان نسبت به پیاده‌سازی کامل سیستم و ورود داده‌های کل منطقه اقدام نمود، یا آنکه به اصلاح نواقص مراحل قبل پرداخت.

۵-۱۰- پیاده‌سازی نهایی سیستم

هنگامی که نتیجه تست و ارزیابی سیستم در پروژه راهنما مثبت باشد، آنگاه می‌توان نسبت به ادامه جمع‌آوری داده‌های مکانی و توصیفی لازم برای کل منطقه پروژه و آماده‌سازی و ورود آنها به سیستم اقدام نمود. در پایان این مرحله سیستم عملاً راه‌اندازی شده و تحویل کارفرما می‌گردد.

۵-۱۱- نگهداری و پشتیبانی سیستم

به علت ماهیت پویای سیستم اطلاعات مکانی و همچنین تاثیر تغییرات گوناگون، لازم است که متناسب با میزان تاثیر این تغییرات، نسبت به انجام اقدامات نگهداری و پشتیبانی اقدام نمود. با توجه به ماهیت کار، ممکن است که وظائف نگهداری بر عهده متخصصین داخل و خارج سازمانی گذاشته شود.

نگهداری سیستم داری سه جنبه می‌باشد:

- تهیه نسخه‌های پشتیبانی
- داده‌های سیستم با ارزشترین بخش سیستم می‌باشد، بنابراین تهیه کپی پشتیبانی از داده‌ها و حفظ آن در مکانی مطمئن اهمیت زیادی دارد. این نسخه پشتیبانی بخصوص در زمانی که سیستم به عللی مانند نقص سخت‌افزاری، ویروس کامپیوتری یا بی‌دقتی‌ها دچار خرابی یا مشکل می‌شود مفید می‌باشد.
- برنامه زمان‌بندی و استراتژی تهیه نسخه پشتیبان به میزان کارکرد سیستم و روند تغییر داده‌ها بستگی خواهد داشت.

- بهنگام‌سازی‌های معمول

احتمال دارد که در طول عمر سیستم، نیاز به بهنگام‌سازی داده‌های موجود یا ورود داده‌های جدید وجود داشته باشد. این داده‌ها ممکن است جنبه نقشه‌ای، اطلاعات توصیفی یا فراداده داشته باشند. برای انجام این امور لازم است که ملاحظات در نظر گرفته شده برای نحوه ورود داده و کنترل کیفیت آن مد نظر قرار داده شوند.

- بهبود سیستم

به منظور بهبود عملکرد سیستم، احتمال دارد که نوآوری یا ارتقا بعضی از اجزای سیستم لازم باشد. بسته به ماهیت، نوع و حجم این تغییرات باید تصمیم‌گیری نمود که آیا این تغییرات جزو نگهداری سیستم تلقی شود یا خدماتی مستقل از آن. نمونه‌هایی از بهبود سیستم عبارتند از:

- ارتقای سخت‌افزار
- نصب نگارش جدید نرم‌افزار
- بهبود بخشیدن به برنامه‌های کاربری موجود سیستم
- اضافه نمودن برنامه‌های کاربری جدید

۵-۱۲ - مستندسازی

به منظور ثبت وضعیت یا سوابق پروژه و همچنین حفظ مشخصات فنی سیستم اطلاعات مکانی برای فعالیت‌ها و توسعه‌های آتی، لازم است که در مراحل مشخصی از پروژه و همچنین در پایان کار مستندات آن تهیه و تحویل داده شوند. این مستندات به افراد ذیربط کمک خواهد کرد تا همگی دیدگاهی یکپارچه نسبت به وضعیت سیستم داشته باشند. از جمله موارد ضروری در مستند کردن سیستم می‌توان موارد زیر را نام برد:

- اهداف سیستم
- نیازهای کاربر
- طراحی انجام شده و مدل‌های داده
- راهنمای بکارگیری سیستم
- گزارشات مختلف امکان‌سنجی، پروژه راهنما، گزارشات مرحله‌ای، ...
- ...

۵-۱۳ - آموزش

راه‌اندازی سیستم اطلاعات مکانی ممکن است همراه با بعضی تغییرات در روش‌های کاری کارفرما باشد. بنابراین، در صورت نیاز، باید مسائل مربوط به آموزش پرسنل در رده‌های مختلف به منظور حصول اطمینان از فعال شدن سیستم جدید پیش‌بینی شود. این آموزش‌ها باید مکمل "راهنمای بکارگیری سیستم" باشد که در بخش مستندسازی به آن اشاره گردید. اصولاً برای سازمانی‌هایی که قصد بکارگیری فن‌آوری‌های نوین، مانند GIS را دارند، اجرای دوره‌هایی برای ارتقای دانش و مهارت کارکنان آن ضروری می‌باشد.