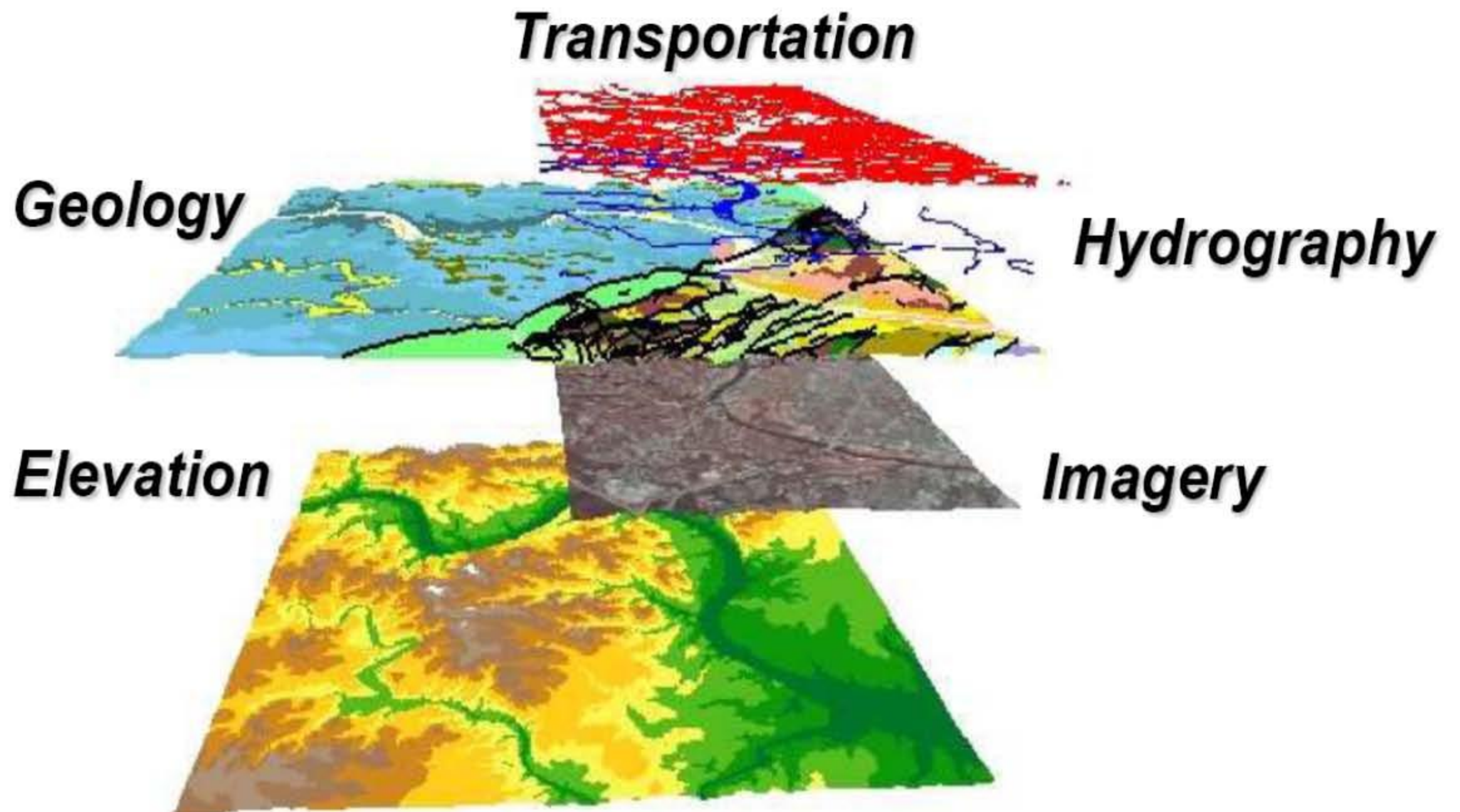




# مبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)



# فصل اول

## مقدمه

### ۱-۱- مقدمه

انسان در جریان زندگی با اطلاعات متعددی سرکار دارد که برای تصمیم‌گیری و انجام کارهای روزانه خود از تجزیه و تحلیل و تلفیق این اطلاعات کمک می‌گیرد. گفته می‌شود که ۸۰ درصد اطلاعاتی که بشر با آنها سرکار دارد مکان مرجع می‌باشند یعنی منسوب به مکان می‌باشند پس هر ابزاری که به انسان در تولید و بکارگیری این نوع اطلاعات کمک کند از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود. لذا سیستم اطلاعات مکانی (GIS) بعنوان ابزاری که می‌تواند در تجزیه و تحلیل و تلفیق اطلاعات مکانی و حتی غیرمکانی به انسان کمک کند می‌تواند در تصمیمات بشری بسیار راهگشا باشد که در ادامه بیشتر با آن آشنا خواهید شد.

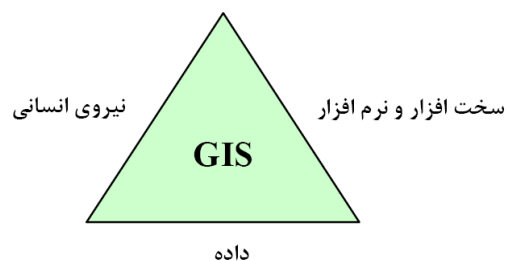
### ۱-۲- تعاریف

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

### ۱-۳- اجزاء GIS

یک GIS دارای سه جز اصلی است:



الف) نیروی متخصص:

ب) کامپیوتر

ج) داده مکان مرجع

سیستمهای اطلاعات عادی (غیر مکانی) تنها قادر به مدیریت و تکمیل آن دسته از داده هایی هستند که در مورد توصیفات یک شیء می باشد، اما سیستمهای اطلاعات مکانی قادرند که داده هایی را به کار ببرند که علاوه بر توصیفات، جنبه های مکانی مانند موقعیت، هندسه و ارتباطات مکانی اشیاء و عوارض را نیز در بر می گیرد.

#### ۴-۱- توابع GIS

GIS برای اینکه بتواند کارهای خود را انجام دهد باید یکسری توابع داشته باشد که در ادامه به آنها اشاره شده است:

##### ۴-۱-۱- جمع آوری داده Capturing

ابزاری که بطور گسترده برای جمع آوری اطلاعات و داده های مکانی مورد استفاده قرار می گیرند و به سه دسته تقسیم می شوند:

- اتوماتیک (Automatic)

- نیم اتوماتیک (Semi-Automatic)

- دستی (Manual)

که خروجی آنها به دو صورت رستری یا برداری می باشد.

##### ۴-۱-۲- ساختار دهی Structuring

این تابع به معنای ساختاردهی است. یکی از مباحث بسیار مهم در GIS است چیزی که سیستم GIS را از سیستم های Digital Mapping مثل CAD جدا می کند. سیستم های Digital Mapping ساختاردهی داده ندارند ولی داده ها در GIS ساختاردهی شده هستند. ساختاردهی اطلاعات برای اطلاعات مکانی و توصیفی انجام می شود مثلاً برای اطلاعات مکانی عوارض به سه شکل زیر نمایش داده می شوند:

Point : برای نمایش عوارض نقطه ای

Line : برای نمایش عوارض خطی

Polygon : برای نمایش عوارض سطحی

منظور از ساختاردهی اطلاعات این است که اطلاعات با شکل مناسب و با یک ساختار مناسب در GIS ذخیره شود. یک مرحله مهم در ایجاد پایگاه داده مکانی بحث ساختاردهی است زیرا ساختاردهی اطلاعات مشخص کننده نوع و مقدار آنالیزهایی است که در محیط GIS قابل اجراست.

##### ۴-۱-۳- ذخیره سازی (Storage)

به معنی ذخیره سازی و ساماندهی داده های مکانی و توصیفی در پایگاه داده می باشد. داده های جمع آوری و ساختاردهی شده باید ذخیره سازی شوند.

#### ۱-۴-۴- باز یابی (Retrieval)

به معنای بازیافت اطلاعات توسط کاربر جهت تجزیه و تحلیل و همچنین بهنگام سازی اطلاعات در پایگاه داده می باشد.

#### ۱-۴-۵- تغییر و تحول (Manipulation)

به معنی تغییر و تحول داده ها می باشد مثلاً اگر نقشه ۱:۲۵۰۰۰ داشته باشیم و بخواهیم نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه کنیم از این تابع استفاده می شود که خود دو تابع مهم دارد:

- Transformation که برای تبدیل سیستم های مختصات به هم مورد استفاده قرار می گیرد.

- Generalization که برای خلاصه سازی اطلاعات بکار برده می شود.

#### ۱-۴-۶- پرسش و آنالیز (Query and Analysis)

به معنی پرسش و پاسخ و آنالیز و تجزیه و تحلیل اطلاعات است. این توابع هسته اصلی سیستم GIS است هرچه سیستم از این توابع بیشتر داشته باشد قدرتمندتر است. Query به معنای پرسش است و ممکن است پرسش مکانی یا پرسش توصیفی باشد.

#### ۱-۴-۷- نمایش (Presentation)

این بخش علاوه بر نمایش دادن اطلاعات بخش خروجی اطلاعات را هم برعهده دارد مثلاً برای یک نقشه سیستم می تواند این نقشه را روی مانیتور نمایش دهد و یا روی کاغذ چاپ کند. خروجی ها ممکن است به شکل نقشه، گزارش، چارت و ... باشد.

#### ۱-۵- چرا GIS استفاده می شود؟

- با استفاده از GIS نگهداری و بازیابی حجم بزرگی از داده ها به صورت موثرتر و سریعتر ممکن میگردد.
- با استفاده از GIS داده ها به فرمی درمی آیند که از نظر فیزیکی فشرده تر از نقشه های کاغذی میباشد.
- با استفاده از GIS برای هر آنالیز، داده های مکانی گوناگون و اطلاعات توصیفی مربوط به هر یک از آنها خیلی سریع با هم تلفیق می شوند.
- اطلاعات جدید تولید می شود .
- با استفاده از GIS پیش بینی ها و بررسی حالات مختلف با انجام پالایش بر روی تحلیلها امکانپذیر است که این عمل فقط با بکارگیری کامپیوتر ممکن می گردد.
- با استفاده از GIS داده های مکانی و غیرمکانی در یک سیستم تلفیق می شود که این در سیستمهای مشابه CAD و یا به روشهای دستی قابل انجام نیست.
- روشهای مختلف می توانند ترکیب و تلفیق شوند و یا به صورت اتوماتیک دریابند که ممکن است برخی از آنها به تنهایی امکانات آنالیز بسیار کمی داشته باشند.

## ۱-۶- کاربرد GIS

امروزه این سیستمها دارای کاربردهای بسیار وسیعی در زمینه های 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 منطقه ای و..... می باشند و بدین منظور طراحی می گردند. نمونه هایی از این کاربردها عبارتند از:

- مدیریت و برنامه ریزی کاربری زمین
- آنالیز فرسایش خاک
- پراکندگی آب زیر زمینی
- مدیریت بلالایای طبیعی
- خاکشناسی
- آنالیز زلزله ، آنالیز ریسک آتش سوزی، آنالیز و پهنه بندی مناطق سیل خیز
- کاربردهای شهری
- مکان یابی
- تعیین بهترین مسیر از مرکز امداد رسانی به محل حادثه
- برآورد هزینه جهت اجرای یک مسیر
- وضعیت ترافیک بعد از طرح

## ۱-۷- انواع سیستمهای GIS

### • Land Information System (LIS)

همان کاداستر است در حقیقت یک نوع GIS است که تاکید آن برروی قطعات ملکی و املاک است که در آن دقت اطلاعات مکانی بسیار بالاست مقیاسهای متداول نقشه های آن ۱:۱۰۰ و ۱:۲۰۰ و ۱:۵۰۰ می باشد.

### • Automatic Mapping/ Facility Management (AM/FM)

باز هم یک نوع GIS است که برای یک کاربرد خاص همراه با توابع محدود و مشخص طراحی و بکاربرده می شود. از آن برای مدیریت استفاده می شود مثلاً در شهر برای مدیریت خدمات شهری مانند آب و فاضلاب، برق شهری و... مورد استفاده قرار می گیرد.

### • Natural Resource Management Information System

نوعی GIS است که برای مدیریت منابع طبیعی مانند جنگلها، معادن و... بکار می رود مثلاً Spans یک GIS است که برای کاربردهای زمین شناسی توسعه داده شده است.

### • Integrated GIS (IGIS)

سیستمهایی که با هر دو فرمت برداری و رستری کار می کند.

### • 3D GIS

توپولوژی سه بعدی وجود ندارد بلکه ارتفاعات بصورت DEM یا DSM در سیستم وجود دارد که به آن 2.5D GIS می گویند.

## فصل دوم

### داده

#### ۲-۱- تعریف داده

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

#### ۲-۲- تعریف داده های مکانی

داده مکانی، دادهای است که به موقعیتی منتسب شده باشد. داده مکانی دارای دو مولفه می باشد:

- داده های موقعیتی یا گرافیکی که ارائه دهنده موقعیت عارضه می باشد.
- داده های توصیفی که مبین توصیفات داده است.

داده های توصیفی را از نظر ماهیت می توان به چهار دسته تقسیم نمود.

- اسم (Nomhnal): در این نوع داده فقط می توان 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
- فاصله ای (Interval): این مقادیر دارای ترتیب بوده و تفاضل بین آنها معنی دار می باشد ولی فاقد صفر مطلق هستند، مانند درجه حرارت بر حسب درجه فارنهایت
- نسبی (Ratio): این مقادیر علاوه برداشتن ترتیب و معنی دار بودن تفاضل دارای صفر مطلق نیز میباشند، مانند طول

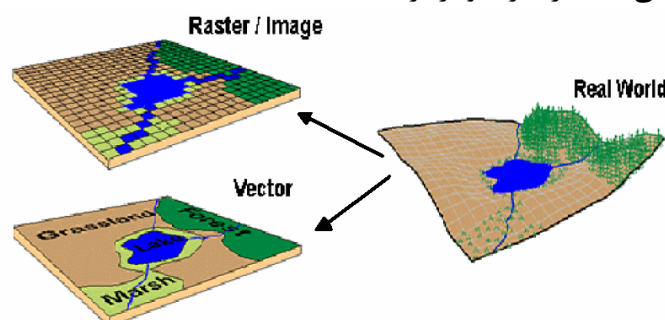
#### ۲-۳- مدل داده

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 می شود. لذا معمولا جهان واقعی به صورت المانهایی مجزا ذخیره و نمایش داده می شوند که این کار مدلسازی داده نامیده می شود. در فرایند مدلسازی، اطلاعات موقعیتی به یکی از اشکال زیر می توانند 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: سطح برای نمایش اشیایی که دارای یک گستره خطی بوده و بین دو نقطه امتداد دارند بکار میرود 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 میرود 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 می گیرد 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 میرود 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.

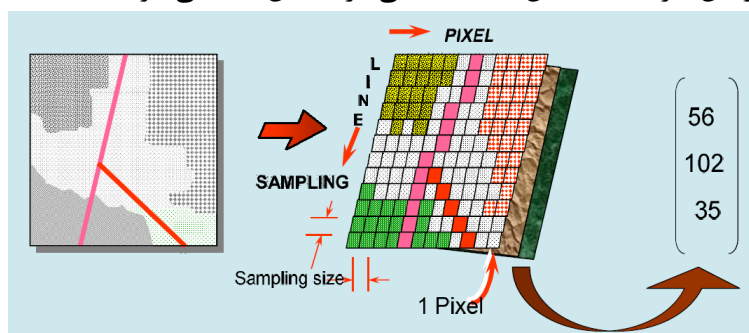


## ۲-۳-۱- مدل داده رستری

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 پیکسلهاست. هریک از این پیکسل ها 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 پیکسل ها به صورت یک زوج مرتب که نشان دهنده سطر و ستون آنهاست مشخص میگردد. 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 هریک از این سلولها یک مقدار عددی که نشان دهنده طبیعت آن مکان در جهان واقعی است ذخیره میگردد که به آن Digital Number (DN) گفته می شود. به این ترتیب با پیوستگی یا جدایی پیکسلهای

هم مقدار یا پیکسل های با مقدار مشابه، عوارض نمایش داده می شوند. همان طور که گفته شد کل منطقه مورد نظر در رستر موزایک 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. داده های برداری را می توان به صورت فهرستی از مقادیر، شامل شماره شناسایی نقاط و مختصات آن ها در نظر گرفت.

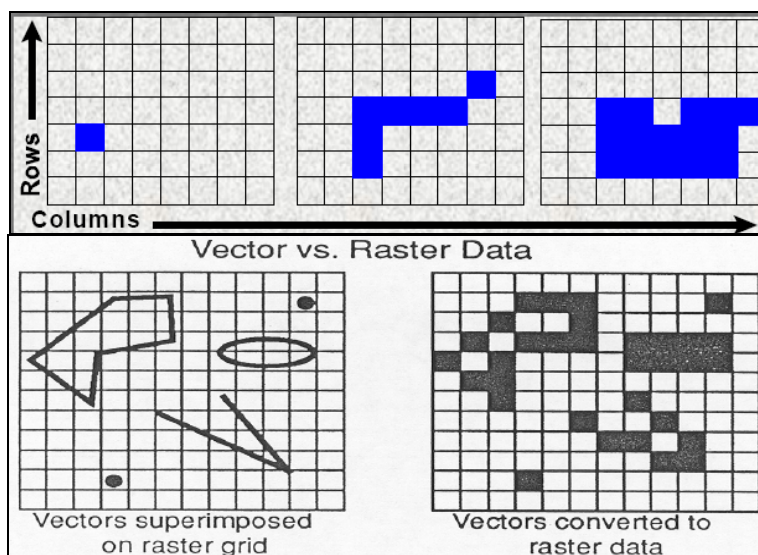
مدل داده بردادی به شیوه اسپاگتی و توپولوژیکی داده ها را ذخیره می نماید. در داده های اسپاگتی ارتباط عوارض با هم تعریف نشده است و استخراج ارتباط عوارض در این نوع داده ها مشکل و یا ناممکن می نماید. اما در داده های توپولوژیکی ارتباط بین عوارض به همراه موقعیت مکانی آنها ثبت می گردد. به این ترتیب ارتباط بین عوارض مختلف، مانند تقاطع، شمول و همسایگی به راحتی قابل استخراج می باشد. وجود ارتباط بین عوارض در داده های مکانی یک امر حیاتی برای برخی از آنالیزهای سیستم GIS می باشد. برای مثال یافتن کوتاهترین 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

هریک از داده رستری و برداری در جایگاه خود مفید و کارا 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.

| عملیات             | رستر (raster)     | بردار (vector)               |
|--------------------|-------------------|------------------------------|
| عوارض              | ضمنی              | صریح (براساس شیء)            |
| مختصات             | ضمنی (سطر و ستون) | صریح                         |
| حجم ذخیره سازی     | زیاد              | کم                           |
| نمایش عوارض        | عدد-رنگ           | خط، نقطه، پلی گون، نماد، رنگ |
| ورودی داده ها      | سریع              | کند                          |
| دقت هندسی          | پایین             | بالا                         |
| ساختار داده ها     | ساده              | پیچیده                       |
| اندازه گیری فاصله  | ضعیف              | خوب                          |
| نمایش تغییرات زمین | خوب               | ضعیف                         |
| سرعت نمایش داده ها | کند               | سریع                         |

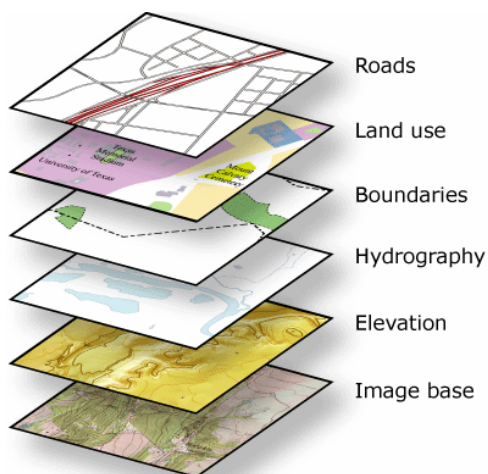
|                              |        |      |
|------------------------------|--------|------|
| کیفیت نمایش عوارض            | ضعیف   | خوب  |
| توپولوژی                     | سخت    | آسان |
| آنالیز همپوشانی              | آسان   | سخت  |
| آنالیز شبکه                  | سخت    | آسان |
| ذخیره سازی اطلاعات<br>توصیفی | ناممکن | ممکن |



مقایسه گرافیکی بین نمایش رستری و برداری

## ۲-۴- تعریف لایه (Layer)

صرفنظر از نوع داده، داده ها در GIS در قالب یک سری لایه ارائه می شوند. لذا نمایش یک ناحیه توسط تعدادی لایه انجام می شود. برای فراهم ساختن امکان تحلیل روی لایه های یک منطقه باید تمام لایه ها دارای سیستم مرجع مکانی مشترک (سیستم مختصات و سیستم تصویر) باشند.



## ۲-۵- خطا و کیفیت داده

داده ها قسمت اصلی یک سیستم اطلاعات مکانی را تشکیل می دهند و درستی و دقت نتیجه ارایه شده توسط سیستم، وابسته به درستی و دقت هریک از اجزای سیستم، خصوصاً داده می باشد. به بیانی دیگر هرگونه خطا در داده ها، مستقیماً روی نتایج خروجی سیستم تاثیر گذارده و آنها را مطمئن می سازد. از این رو پیش از به کارگیری داده ها، باید به نحوه مناسب کیفیت داده ها را مورد ارزیابی قرارداد. ارزیابی کیفیت، باید از جنبه های مختلف صورت گیرد که برخی از مهمترین مولفه های آن ذیلاً ذکر گردیده است.

### ۲-۵-۱- تعریف درستی و دقت

- درستی (Accuracy) عبارت است از میزان نزدیکی نتایج محاسبات و یا پیش بینی ها به مقدار واقعی کمیت مورد نظر، یا میزان توافق بین یک آزمون و مقدار مرجع مورد قبول.
- دقت (Precision) عبارت است از میزان نزدیکی کمیت های مورد اندازه گیری نسبت به میانگین کمیت مورد نظر. (نکته: لزوماً دقت بالا به مفهوم درستی بالا نمی باشد.)

### ۲-۵-۲- مولفه های تعیین کیفیت داده های مکانی

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

### ۲-۵-۱-۲- درستی موقعیت

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

### ۲-۵-۱-۱- 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 بکاربردن روش های دقیقتر نقشه برداری مانند GPS.
- محاسبه میانگین تعدادی از ایرادات از قبیل از هم ردشدگی ها، بهم نرسیدگی ها و یا Gap ها در سطح داده.
- محاسبه دقت از روی خطاهای ایجاد شده در مراحل مختلف

### ۲-۵-۲-۲- درستی داده های 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 داده های توصیفی از نوع پیوسته از روش ذکر شده برای ارزیابی درستی موقعیت استفاده می شود ولی برای ارزیابی درستی داده های توصیفی از نوع گسسته، از ماتریس طبقه بندی و یا همان Cross-Tabulation استفاده می شود

## ۲-۵-۲-۱- 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 جا افتادگی به مفهوم داده غایب از کلاس واقعی خود و افزونگی به مفهوم داده اضافی در یک کلاس در مجموعه داده، نسبت به کلاس واقعی خود است.

## ۲-۵-۲-۳- سازگاری

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، 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 داده های 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 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، می توان 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 نمی آورد.
- عدم وجود ناسازگاری ضرورتاً به معنی درستی داده نمی باشد.

## ۲-۵-۴- 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.

## ۲-۵-۵- پیشینه داده ها

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

- اطلاعات منبع که باید منشأ 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 مجموع داده انجام شده است.

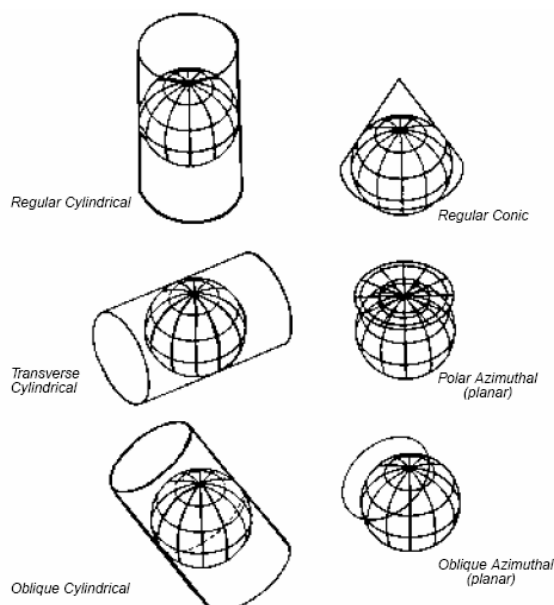
## ۲-۵-۶- قدرت تفکیک

عبارتست از میزان جزئیات قابل تشخیص در مجموعه داده

- قدرت تفکیک مکانی (Spatial): کوچکترین واحد قابل تشخیص در مجموعه داده که برحسب ابعاد پیکسل در داده های رستری یا کوچکترین المان ارائه شده در داده های برداری ذکر می شود.
- 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): عبارتست از میزان تفکیک بین طبقات مختلف در طبقه بندی

## ۲-۶- مرجع دهی مکانی

### ۲-۶-۱- سیستم مختصات و سیستم تصویر



انتخاب سیستمهای مختصات، سطوح مبنا و سیستم های تصویر برای سیستم اطلاعاتی باید بر اساس عوامل زیر صورت گیرد:

- وسعت منطقه
- موقعیت منطقه
- مقیاس و دقت لازم
- نوع تحلیل های مدنظر
- نحوه ارائه داده های مکانی
- حفظ بعضی ویژگیهای هندسی در هنگام تصویر شدن داده ها
- نیاز به مرجع دهی جهانی یا محلی
- .....

در مواردی ممکن است که داده های ورودی به GIS در سیستم های مختصات متفاوتی قرار داشته باشند. در این حالت لازم است که تبدیل مختصات صورت گیرد تا یکپارچگی بوجود بیاید و در این تبدیلات باید ملاحظات لازم صورت گیرد تا دقت داده ها 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

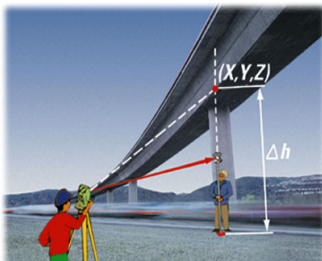
### ۲-۶-۳- مرجع دهی با استفاده از شناسه مکانی

از روش های دیگر ارائه موقعیت، بکارگیری شناسه های مکانی، مانند کد پستی یا ادرس خیابانها می باشد که برای انطباق آنها با سیستم مختصات جغرافیایی باید از عملیات ژئوکدینگ (Geocoding) استفاده شود. منظور از

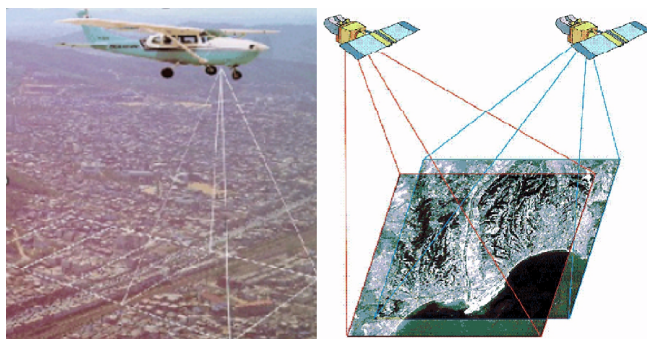
ژئوکدینگ، فرآیند منتسب کردن مختصات ط،غ به ،آدرس های پستی است بطوریکه بتوان آنها را به صورت عوارض نقطه ای روی نقشه نمایش داد.در GIS ژئوکد کردن با استفاده از آدرس نیاز به یک مجموعه داده مرجع دارد که حاوی آدر های منطقه مورد نظر باشد.

## ۷-۲- روش های جمع آوری داده های مکانی

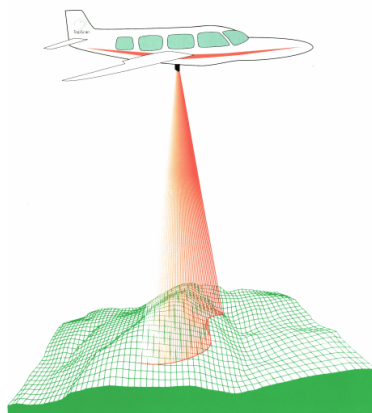
- نقشه برداری زمینی (تئودولیت، GPS و...)



- فتوگرامتری و سنجش از دور (Photogrammetry & Remote Sensing)



- نقشه برداری با سیستم های Laser Scanner



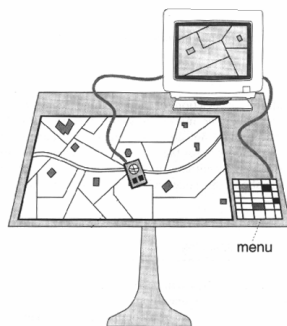
- رقومی نمودن نقشه های موجود
- .....

## ۸-۲- 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



## 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 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، این نقاط باید به سادگی 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 نقطه‌ای 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 نقطه‌ای معمولاً دقت بالاتر است چون ثبت نقطه وقتی انجام میشود که دست اپراتور حرکت نداشته و ثابت باشد ولی در حالت Stream چنین نیست.
- حالت نقطه‌ای برای عوارض نقطه‌ای، خطی و یا سطحی که در آنها شکستگی زیاد نیست مناسب می-باشد، مانند جاده ها یا بلوکهای ساختمانی، ولی برای عوارضی چون منحنی میزانها یا خطوط ساحلی، حالت Stream مورد استفاده قرار گیرد.
- حالت Stream می تواند منجر به 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 نقطه ای که معمولاً به صورت نماد می-باشند، کدام قسمت از نماد باید به عنوان مبدأ 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 مرز های 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. نماد ها میز 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 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 افزار های متداول به شرح زیر می باشند:
- صفحه کلید: برای ورود اطلاعات توصیفی یا انواع خاصی از داده های مکانی مختصات نقاط
  - ماوس: برای کار در محیط های گرافیکی رایانه ای
  - دستگاه رقومی گر (Digitizer) این ابزار برای تبدیل داده های مکانی که به فرمت نقشه هستند، به داده های رقومی کردن نقشه های کم تراکم توصیه می شود و معمولاً دقت در آنها بهتر از ۰,۱mm است
  - دستگاه اسکنر (Scanner) برای تبدیل تصاویری که بر روی کاغذ کشیده شده اند (نقشه های کاغذی موجود) یا فیلم های آنالوگ به فایل های رقومی تصویری بکار برده می شوند.

## ۲-۱۰-۱- عوامل مؤثر در انتخاب دستگاه رقومی گر (Digitizer)

- ابعاد: ابعاد دیجیتایزر 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) اندازه‌گیری فاصله در تلهانس خاصی از میزان واقعی قرار گیرد. معمولاً در حد ۷۶ میکرون مناسب است.
- قدرت تفکیک (Resolution): کوچکترین واحد اندازه‌گیری است که توسط دیجیتالایزر قابل ثبت می‌باشد. معمولاً در حد ۲۵ میکرون مناسب می‌باشد.
- کجی (Skew): میزان مستطیلی بودن نتایج روی میز دیجیتالایزر است که چهار گوشه دیجیتالایزر یک مستطیل را ارائه می‌دهد یا خیر. این عدد سطحی از میز دیجیتالایزر را مشخص می‌کند که می‌تواند برای رقومی کردن مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲-۱۰-۲- انواع رقومی‌گر:

- رقومی‌گر مکانیکی
- رقومی‌گر مکانیکی با ردیاب مغناطیسی
- رقومی‌گر صفحه‌ای الکترونیکی
- رقومی‌گر اتوماتیک دنبال کننده خط

## ۲-۱۰-۱- رقومی‌گر مکانیکی

رقومی‌گر های مکانیکی شامل قسمت های مختلفی هستند:

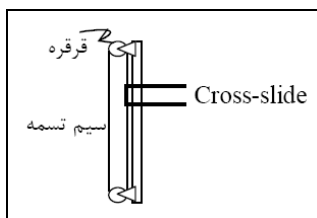
صفحه رقومی‌گر (که نقشه کاغذی بر روی آن قرار می‌گیرد)، خط کش های مکانیکی (Encoder) (که عمل اندازه‌گیری مختصات نقاط را به عهده دارد)، نشانگر یا مکان نمای متحرک و کدنگار (که عمل نشانه روی بر روی عوارض و کدگذاری آنها را به عهده دارند).

در این دستگاه ها عوارض مسطحاتی نقشه به صورت نقطه به نقطه در یک سیستم مختصات متعامد دو بعدی پس از تعیین در صفحه نمایش خود نشان داده می شوند.

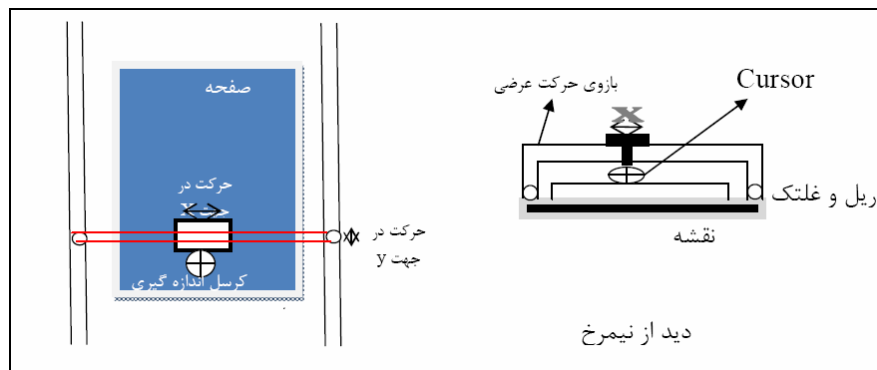
در این نوع رقومی‌گر عامل نشانگر را روی نقاط قرار داده و موقعیت نقاط را به وسیله خط کش ها تعیین می‌کند؛ سپس به وسیله کدنگار توصیف آن ثبت می‌گردد (معمولاً این ثبت روی نوار کاغذی یا نوار مغناطیسی صورت می‌گیرد).

به طور کلی سه نوع رقومی‌گر مکانیکی وجود دارد که عبارتند از:

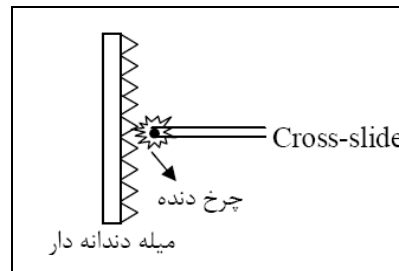
الف) رقومی‌گر نوار تسمه ای:



ب) رقومی‌گر ریلی:

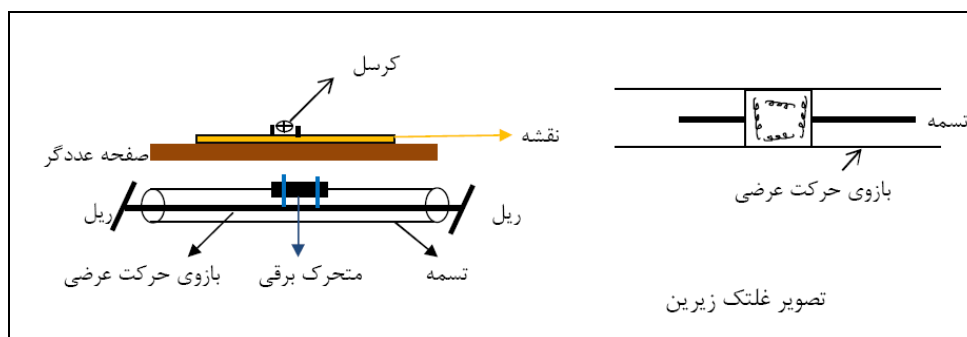


ج) رقومی گر چرخ دنده ای:



## ۲-۱۰-۲-۲- رقومی گر مکانیکی با ردیاب مغناطیسی

در این نوع رقومی گر تمام قسمت ها به غیر از نشان گر در زیر صفحه نقشه قرار داد در نتیجه مزیت دستگاه این است که هیچ وسیله اضافه و یا مانع دید بر روی نقشه قرار ندارد. نحوه اندازه گیری مختصات برای رقومی کردن نقشه به همین صورت است که مکان نما را که حاوی یک سیم پیچ می باشد. روی هر نقطه قرار می دهیم و از طریق ارتباط مغناطیسی با یک وسیله متحرک در زیر نقشه محل و موقعیت نقشه معلوم می شود. در نتیجه می توان نقطه به نقطه نقشه را رقومی کرد.



## ۲-۱۰-۳- رقومی گر صفحه الکترونیکی

در این نوع رقومی گر شبکه ای از سیم پیچهای عمود بر هم که محورهای  $x$  و  $y$  را تشکیل می دهند در زیر نقشه قرار گرفته اند. روی آن یک صفحه پلاستیکی از جنس فایبرگلاس قرار داشته و برای اندازه گیری مختصات با قراردادن مکان نما روی هر نقطه علائم الکتریکی بین مکان نما و سیم پیچ رد و بدل شده و مختصات تعیین می شود.

ویژگی این رقومی گر این است که داده های ریزپردازنده یا میکروپروسرور (*microprocessor*) است که می توان به آن برنامه کامپیوتری معرفی نمود تا به صورت اتوماتیک خطوط را دنبال کند و یک کد خاص را به آن اختصاص دهد.

#### ۲-۱۰-۴- رقومی کردن غیر آشکار

گاهی اوقات می توان تمام اطلاعات را در یک کارت حافظه یا بر روی دیسکت ضبط نمود، این عمل نیاز به تایپ کردن در کامپیوتر ندارد. در نتیجه این اطلاعات قابل رؤیت نبوده و به نمایش در نمی آیند. این نوع رقومی کردن، غیر آشکار است.

#### ۲-۱۰-۴- رقومی گره های اتوماتیک دنبال کننده خط (لامپ تصویری)

مبنای این رقومی گره ها، استفاده از سنجنده هایی است که با دنبال کردن خط قسمت کوچکی از تصویر را اسکن می کند. سنجنده روی دو میله خط کش متعامد قرار دارد، با حرکت دو خط کش مقدار آن ها توسط *Encoder* ها مشخص می شود. برای معرفی صحیح مسیر خط به دستگاه از یک سیستم مدار بسته تلویزیونی و مشاهده نقشه در مانیتور کمک گرفته می شود. در نتیجه اپراتور دائماً باید برای معرفی خطوط حضور داشته باشد که از معایب این دستگاه به شمار می رود.

در واقع این نوع رقومی گر، عوارض نقشه روی یک صفحه تلویزیونی آورده شده و توسط عامل انسانی مختصات هر نقطه ثبت می شود.

#### ۲-۱۰-۳- دقت مختصات حاصل از دستگاه های دیجیتایزر:

- دقت رقومی گره های صفحه ای حدود ۵۰-۱۰۰ میکرون می باشد. اما دقت واقعی مختصات کمتر از این بوده و باید به این ارقام خطاهای حاصل از تغییر بعد نقشه ها و خطای نشانه روی عامل نیز اضافه گردد.
- دقت عددی نمودن نقاط و خطوط نقشه ای به مقیاس ۱/۱۲۵۰ معادل ۰.۳ تا ۰.۱ متر و برای نقشه ای به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ معادل ۲,۵ - ۱ متر می باشد.

#### ۲-۱۰-۴- انواع اسکنر

##### ۲-۱۰-۴-۱- اسکنر تخت رومیزی

سیستم های متداول از این نوع معمولاً دقت و تفکیک پایینی دارند. از این رو برای رقومی سازی دقیق داده های مکانی توصیه نمی شوند. از طرف دیگر با توجه به محدودیت در اندازه های صفحه اصلی این دستگاه ها، نمی توان آنها را برای رقومی سازی قطعات بزرگ نقشه بکار گرفت.

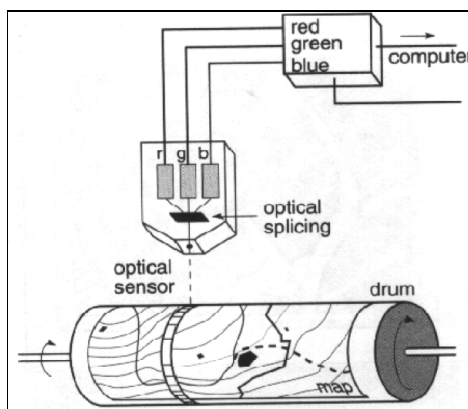


## ۲-۱۰-۳- اسکنر غلطکی

این اسکنر ها در مقایسه با اسکنرهای تخت از دقت هندسی کمتری برخوردار هستند، اما بسته به اندازه غلطک، می توانند 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 آن می باشد. زیرا در صورت جرم گرفتن این سطح، نقشه روی آن لیز خورده و در نتیجه فایل خروجی دچار اعوجاج خواهد شد.

## ۲-۱۰-۳- اسکنر استوانه‌ای

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



## ۲-۱۰-۵- مشخصه های دسته بندی اسکنرها:

- قدرت تفکیک (Resolution): بیانگر میزان جزئیاتی است که اسکن می شود. حداقل قدرت تفکیک برای اسکن نمودن نقشه حدود ۱۵۰ dpi تا ۲۵۰ dpi توصیه می شود ولی برای عکس های هوایی غیر رقومی با توجه به مقیاس عکس و نقشه تبدیل شده، بین ۸۵۰ dpi تا ۲۸۰۰ dpi می باشد.
- 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 می شود و معمولاً اندازه-هایی در حد ۲۰ میکرون توصیه می شود.
- نوع اسکنر: تخت، غلطکی، استوانه‌ای
- قابلیت رنگی: عبارت است از قابلیت اسکن تصاویر سیاه و سفید و یا رنگی

## ۲-۱۱- انواع نرم افزارهای GIS از نظر ذخیره سازی اطلاعات مکانی

نرم افزارهای GIS از نقطه نظر ذخیره سازی اطلاعات مکانی به سه دسته تقسیم می شوند:

- اگر مبنای ذخیره سازی اطلاعات مکانی در سیستم GIS داده های برداری باشد به آن Vector GIS می-گویند.

- اگر مبنای ذخیره‌سازی اطلاعات مکانی در سیستم GIS داده‌های رستری باشد به آن Raster GIS می‌گویند.

- اگر مبنای ذخیره‌سازی اطلاعات مکانی در سیستم GIS داده‌های برداری و رستری باشد به آن Integrated GIS یا IGIS می‌گویند. سطوح استفاده از دو فرمت در نرم افزارهای مختلف فرق دارد مثلاً

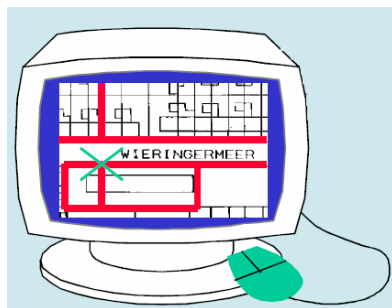
- مبنا برداری و تنها نمایش رستر

- مبنا برداری و نمایش و پردازش رستر

- نمایش و پردازش تلفیقی

- نمایش و پردازش تلفیقی و ذخیره سازی توام دو فرمت

با توجه به مطالب بالا گاهی نیاز است که فرمت رستری به برداری تبدیل شود و یا برعکس. یکی از راههای تبدیل فرمت از رستر به برداری دیجیتایز کردن به روش on-screen است که به آن Head Up Digitizer هم می‌گویند. در این روش بجای میز دیجیتایزر از محیط نرم‌افزاری استفاده می‌شود به اینصورت که ابتدا نقشه کاغذی اسکن می‌شود سپس با نمایش نقشه رستری در محیط نرم افزاری مناسب و حرکت دادن مووس بر روی خطوط نقشه دیجیتایز می‌شود. این روند را میتوان بصورت دستی، اتوماتیک و نیم اتوماتیک قابل انجام است.



برای دیجیتایز کردن دو مد وجود دارد:

الف) نقطه‌ای: در این حالت خود کاربر روی عوارض حرکت می‌کند و نقطه انتخاب می‌کند این روش برای اشکال دارای هندسه مشخص مناسب می‌باشد.

ب) Stream: در این روش کامپیوتر در فاصله مکانی (Distance Interval) یا زمانی (Time Interval) مشخص بطور اتوماتیک نقطه می‌گیرد.

مد زمان بهتر از فاصله است چون در جاهای پیچیده کاربر با سرعت کمتری حرکت می‌کند و در جاهایی که بصورت خط صاف است با سرعت بیشتر حرکت می‌کند پس دقت بهتر است. در روش on-screen مد Stream نداریم چون مووس دقت کافی ندارد.

در حالت on-screen نیمه اتوماتیک مراحل مانند قبل است با این تفاوت در این حالت تصویر بصورت باینری می‌باشد و نرم افزار آن را به دو صورت لایه به لایه یا همه با هم به برداری تبدیل می‌کند و اپراتور مراحل را می‌بیند و در صورت خطا آن را اصلاح می‌کند.

در حالت اتوماتیک مانند نیمه اتوماتیک است با این تفاوت که امکان دخالت اپراتور وجود نداشته و بعد از اتمام باید Edit را انجام شود.

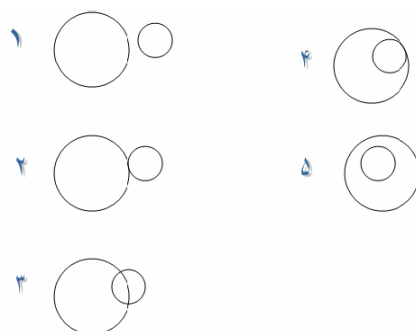
مزایای روش دیجیتایز کردن بروش on-screen نسبت به روش دیجیتایز کردن با میز دیجیتایزر:

- یکبار ترانسفورماسیون نیاز است حالا هر چند بار هم که پروژه باز یا بسته شود.

- Moving map نداریم.
- نقشه برداری روی نقشه رستری منطبق (overlay) است پس امکان کنترل وجود دارد.
- استفاده از مووس کامپیوتر راحتتر از مووس ۱۶ کلیده میز دیجیتایزر است.
- سادگی و اینکه اپراتور خسته نمی شود سرش بالاست و منوهای دارد که میتواند از آنها استفاده کند.
- هزینه خرید میز ندارد
- قابلیت Zooming دارد.

## ۱-۱۲- توپولوژی

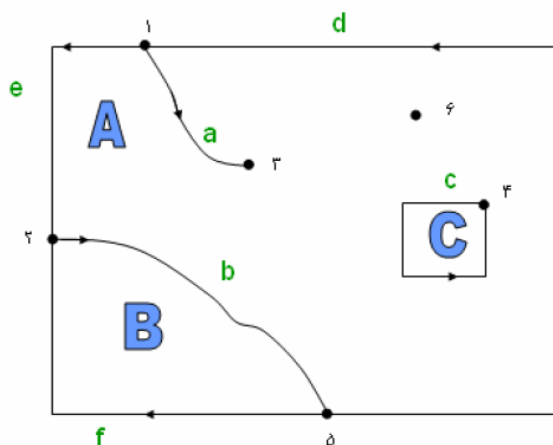
توپولوژی به آن دسته از خواص اشکال گفته می شود، که با اعمال تبدیلات هندسی (عملیاتی چون تغییر شکل، پیچش، گشیدگی، به غیر از پارگی) دچار دگرگونی نمی شوند. از اصول توپولوژی برای بیان ارتباطات مکانی بین عوارض گوناگون استفاده می گردد که نسبت به مختصات، روش مناسب تر و کاراتری برای این منظور می باشد. مجاورت (Adjacency) یا همبندی (Connectivity) از جمله روابط توپولوژیک می باشند. عوارض در فضاهای ۱ بعدی، ۲ بعدی، ۳ بعدی و ...  $n$  بعدی دارای روابط توپولوژیک خاصی می باشند. برای مثال در فضای دو بعدی، دو عارضه مشخص، دارای روابط گوناگونی نسبت به هم می باشند. شکل زیر حالت های مختلف ممکن را نمایش می دهد.



حالت هایی نظیر حالت های بالا برای عوارض خطی و پلیگونی، خطی و خطی، خطی و نقطه ای، نقطه ای و پلیگونی وجود دارند. این حالت ها روابط توپولوژیک موجود بین عوارض در دنیای واقعی را نمایش می دهند. به بیانی دیگر عوارض نسبت به هم، در دنیای واقعی ممکن است یکی از حالت های بالا را داشته باشند. بسیاری از تحلیل ها در فضای یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی یا بیشتر، بر پایه روابط توپولوژیک انجام می شوند. توپولوژی را می توان در زمینه کنترل صحت داده ها نیز به کار گرفت. به هر صورت توپولوژی به هر منظوری که استفاده شود به دو صورت کلی توسط نرم افزار ها به کار گرفته می شود. ممکن است توپولوژی مورد نظر، در قالب یکسری فایل جانبی ذخیره شود و بعد مورد پردازش قرار گیرد یا ممکن است در زمان استفاده، توپولوژی مورد نظر محاسبه و به دست آید. هریک از این دو روش در استفاده از توپولوژی دارای نقصان ها و برتری های خاصی است که بسته به نوع کاربرد خاص، باعث انتخاب یکی از روش ها می شود. 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 نقطه ای، خطی و پلیگونی وجود دارد.

یک عارضه نقطه ای از یک گره (node) تشکیل شده و یک عارضه خطی از دو node در ابتدا و انتهای آن تشکیل می-شود. 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 Table Arc، Node 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 , f |
| 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    | ۸۴۵۵۲,۲۸۵ | ۲۵۴۸۹,۳۶ |
| ۵  | ۵    | ۲۵۹,۲۴۵   | ۱۲۵۹,۵۳۷ |
| ۶  | ۶    | ۱۲۵۸,۲۵   | ۴۵۹,۲۵۸  |

اضافه کردن عدد صفر در بین Arc بدین معنی است که Arc بعدی یعنی c، به سایر Arc ها در پلیگون 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 کاربردهای 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.

## ۲-۱۳- 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 خطا های ظاهری در فایل رقومی و برقراری پیوستگی عوارض می باشد.

### ۲-۱۳-۱- پاکسازی (clean کردن) داده

تعریف: به کلیه عملیاتی که روی عوارض فایل رقومی صورت می گیرد تا امکان انجام 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 به شرح زیر هستند:

### ۲-۱۳-۱-۱- 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.

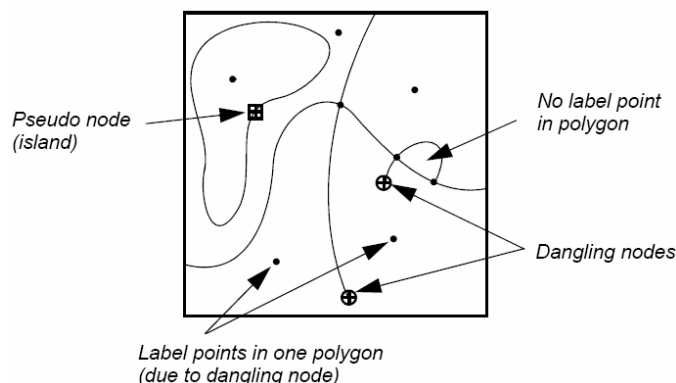
### ۲-۱۳-۱-۲- اصلاح رد شدگی و نرسیدگی (Over/Under shoot)

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 (مثلاً، تبدیل فتوگرامتری یا دیجیتایز کردن) از ابزارهای مناسب، مانند Snap استفاده گردد یا در مرحله ویرایش و آماده سازی با تیرانس مناسب به طور اتوماتیک یا با یافتن محل ایراد و رفع آن بصورت نیمه اتوماتیک و غیر اتوماتیک اقدام شود.



## ۲-۱۳-۱-۳- رفع Pseudo Nodes (یا Unsplit کردن قطعه خطوط بهم متصل)

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



## ۲-۱۳-۱-۴- اصلاح خطوط خود متقاطعات (Self Intersections)

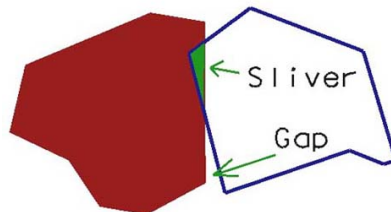
بنابر تعریف، یک خط نباید با خودش تقاطع داشته باشد. در صورتی که یک خط در فایل گرافیکی خودش را قطع نموده باشد، این خطا باید کشف و رفع گردد.

## ۲-۱۳-۱-۵- حذف خطوط کوچک اضافی

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

## ۲-۱۳-۱-۶- 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 داده است که باید نسبت به یافتن محل وقوع این ایرادات و برطرف نمودن آنها اقدام شود.



## ۲-۱۳-۱-۷- 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.

## ۲-۱۳-۱-۸- رفع خطوط تکراری (Duplicate) یا همپوشان (Overlapping)

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

## ۲-۱۳-۱-۹- 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 می شود.

## ۲-۱۳-۱-۱۰- تشکیل پلیگونیهای جزیره ای (Island Polygons)

درموردی 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.

## ۲-۱۳-۱-۱۱- حذف هم پوشانی در سطح یک لایه (Self Overlap)

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

## ۲-۱۳-۱-۱۲- حذف همپوشانی (Overlap) در سطح چند لایه

پلیگونیهای موجود در یک لایه نباید با پلیگونیهای موجود در یک لایه دیگر همپوشانی داشته باشد.

## ۲-۱۳-۱-۱۳- 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.

## ۲-۱۳-۱-۱۴- 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.

## ۲-۱۴- فرا داده (Metadata)

تبادل و مدیریت داده های رقومی ایجاب می کند که داده ها همراه با مشخصات و توصیفات مربوطه باشند تا این اطلاعات برای تشخیص میزان کاربرد داده ها مورد استفاده قرار گیرد. پس فرا داده در حکم شناسنامه داده ها می باشد. فرا داده به اطلاعاتی مانند محتوا، کیفیت، سیستم مختصات، تولید کننده و سایر ویژگی های داده ها می پردازد.

فهرست و مشخصات فرا داده لازم برای داده های مکانی در جلد های مربوط به هر مقیاس از مجموعه دستورالعمل های حاضر آورده شده است.

## فصل سوم

### توابع و آنالیزهای GIS

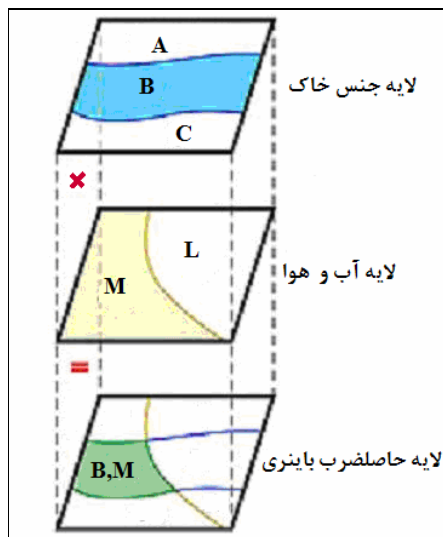
یکی از نقاط قوت GIS داشتن توابعی جهت آنالیز اطلاعات می باشد که با اعمال این توابع بر روی اطلاعات می توان اطلاعات جدید جهت تصمیمات بهینه تولید کرد. در ادامه به برخی از توابع اشاره شده است.

#### ۳-۱- آنالیز Overlay

مهمترین تابع GIS است اگر این تابع را از GIS گرفته شود دیگر GIS نیست. این تابع بیشتر روی عوارض سطحی بکار می رود البته Overlay خط به خط و نقطه به نقطه هم داریم. آنالیز overlay از ترکیب چند لایه اطلاعاتی و اعمال عملگرهای منطقی، محدوده هایی با شرایط خاصی که مد نظر کاربر است را استخراج می کند همچنین می توان برای لایه های مختلف با توجه به میزان اهمیت آنها وزنه های مختلف در نظر گرفت تا نتیجه قابل قبول تری بدست آید که به آن overlay وزن دار می گویند.

نکته مهم در Overlay یکسان بودن سیستم تصویر و سیستم مختصات تمام لایه هایی است که باید روی هم قرار گیرند. البته در مورد اطلاعات رستری علاوه بر سیستم مختصات و سیستم تصویر، باید اندازه پیکسلها نیز یکسان باشد.

اگر اطلاعات برداری باشد برای انجام overlay دو پلی گون، با توجه به اطلاعات مکانی و توصیفی آنها Linkها و Node های مشترکشان را پیدا کرد و با آنها پلی گون جدید را ساخته می شود. در مد رستری کار ساده تر است و با کار روی پیکسلها انجام می شود. مثلاً اگر در شکل زیر منطقه ای با جنس خاک B و آب و هوای M مورد نظر باشد برای بدست آوردن جواب از اپراتور ریاضی به نام ضرب باینری استفاده می شود به اینصورت که در لایه جنس خاک پیکسلهای منطقه جنس B را برابر ۱ و مابقی را صفر در نظر گرفته می شود و به اینصورت یک لایه جدید از جنس خاک بدست خواهد آمد بطور مشابه همین کار را برای مناطقی که آب و هوای M دارند انجام می شود. سپس دو لایه جدید بدست آمد در هم ضرب باینری می شوند و در لایه حاصل ضرب آنها پیکسلهایی که مقدار ۱ دارند مناطق مورد نظر می باشد که هم جنس خاک B دارد و هم آب و هوای M دارد.



آنالیز Overlay

ضرب باینری در حقیقت اپراتور And است برای اپراتور Or می توان از جمع باینری استفاده کرد

| AND              | OR          |
|------------------|-------------|
| ضرب باینری       | جمع باینری  |
| $1 \times 1 = 1$ | $1 + 1 = 2$ |
| $1 \times 0 = 0$ | $1 + 0 = 1$ |
| $0 \times 1 = 0$ | $0 + 1 = 1$ |
| $0 \times 0 = 0$ | $0 + 0 = 0$ |

همانطور که گفته شد overlay وزن دار هم داریم که در مد برداری نمی توان آن را پیاده سازی کرد همچنین یکی از دلایلی که 3D GIS برداری نداریم این است که پیاده سازی overlay سه بعدی در مد برداری امکانپذیر نیست زیرا الگوریتم آن خیلی پیچیده است و این یکی از عیبهای آن است.

### ۳-۲- آنالیز شبکه (Network)

آنالیز شبکه بر روی داده های توپولوژیکی خطی قابل اجراست مانند شبکه راهها برای یافتن کوتاهترین مسیر یا بهترین مسیر و... با در نظر گرفتن فاکتورهای خاص کاربرد دارد.

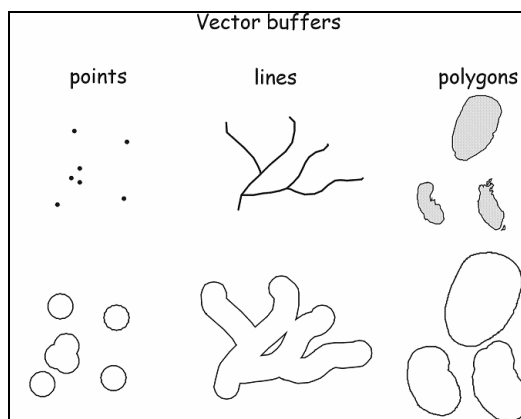


آنالیز شبکه

### ۳-۳- آنالیز Buffer

آنالیز Buffer برای تعیین یک ناحیه با فاصله خاص حول یک عارضه بکار می‌رود. در شکل زیر برای عوارض نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی دیده می‌شود. این آنالیز در مد برداری و رستری قابل اجرا می‌باشد. مثلاً اگر بخواهیم شعاع ۵۰ متر حول یک چاه، یا شعاع ۱۰۰ متری حول یک کابل فشار قوی یا حول یک منطقه ممنوعه را مشخص کنیم از بافر استفاده می‌شود.

بافر در فضای دوبعدی خروجی آن یک پلی‌گن است و اگر در فضای سه بعدی باشد خروجی آن یک حجم است مثلاً برای یک عارضه نقطه‌ای در حالت سه بعدی خروجی یک کره و برای عارضه خطی یک استوانه است.



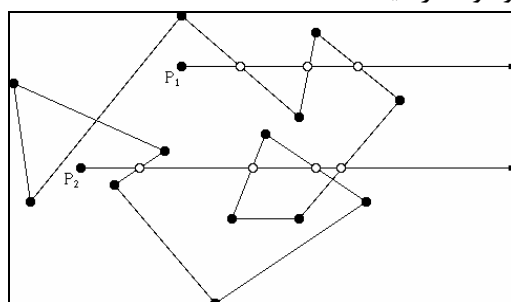
آنالیز Buffer

### ۳-۴- آنالیز آماری

آنالیز آماری تجزیه و تحلیل داده‌های آماری است و روی داده‌های توصیفی بکار می‌رود. مثلاً تراکم جمعیتی هر ناحیه یا نسبت جمعیت کودکان به جمعیت کل در هر ناحیه از شهر و... را محاسبه می‌کند.

### ۳-۵- آنالیز point in polygon

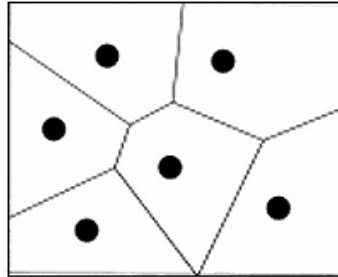
آنالیز point in polygon روی داده نقطه‌ای اجرا می‌شود و تعیین می‌کند که نقطه درون پلی‌گون است یا نه برای این کار از نقطه مورد نظر یک خط به موازات محور xها یا yها رسم می‌شود اگر پلی‌گون را در تعداد نقاط فرد قطع کند نقطه داخل پلی‌گون است ولی اگر تعداد تقاطعهای خط با پلی‌گون زوج باشد یعنی نقطه بیرون از پلی‌گون است. فرضاً در پلی‌گون ناحیه آسیب‌دیده می‌توان تعیین کرد که مکان امن، بیمارستان‌ها، مراکز آتش-نشانی، پلیس و مراکز امداد و ... وجود دارد یا نه



آنالیز Point in polygon

### ۳-۶- آنالیز Tiessen polygon

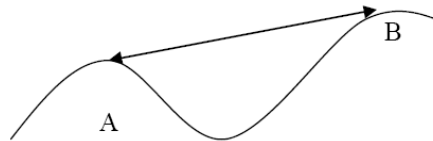
آنالیز Tiessen polygon نیز اغلب روی داده‌های نقطه‌ای اجرا می‌شود و محدوده‌ای که شامل نقاط مورد نظر است با پلی‌گون موزائیک می‌کند بطوریکه هریک از نقاط در مرکز هندسی پلی‌گون خود قرار می‌گیرد. مثلاً این آنالیز کمک می‌کند که در زمان بحران نزدیکترین مرکز امدادی واقع در منطقه برای امدادسانی سریع تعیین گردد.



آنالیز Tiessen polygon

### ۳-۷- Terrian Analysis

این آنالیز روی <sup>1</sup>DTM کار می‌کند و در موارد زیر بکار می‌رود:  
Line of sight: برقراری خط دید مستقیم را بین دو نقطه مانند A و B بررسی می‌کند برای این منظور از DTM استفاده می‌کند.



Intervisibility: قابلیت دید را بررسی می‌کند مثلاً از نقطه A کجاها دیده می‌شود.  
Hill shading: سایه زدن ارتفاعات و تپه‌ها روی نقشه، رنگ کردن ارتفاعات در عکس جهت تابش نور خورشید.  
Slope and aspect map production: برای تهیه نقشه شیب و جهت شیب منطقه بکار برده می‌شود.  
هر چهار مورد ذکر شده بیشتر جهت مقاصد نظامی بکار می‌رود.

## فصل چهارم

### پایگاه داده و انواع آن

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

#### ۴-۱- پایگاه داده

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

#### • مزایای پایگاه داده

- کنترل متمرکز داده
- به اشتراک گذاری داده
- انتقال داده از برنامه های 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 نارسایها با تعریف قواعد و استاندارد
- امنیت داده
- امکان ایجاد تغییر در داده بدون ایجاد تأثیر روی مؤلفه های سیستم

#### • معایب پایگاه داده

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

#### ۴-۲- رکورد، فیلد و کلید

- رکورد: رکورد گروه کوچکی از اقلام داده بهم مرتبط است که در کنار یکدیگر ذخیره می شوند 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 هریک شامل یک قلم از دادههاست.
- 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.

فیلد های کلیدی، فیلد های توصیفی (Attribute Field) نیز نامیده می شوند. 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.

The diagram shows a table with 7 columns and 4 rows. The first column is labeled 'ID' and is highlighted with a blue border. An arrow labeled 'کلید' (Key) points to this column. The first row is highlighted with a red border and labeled 'Record' with an arrow. The third row, third column cell containing 'محمد ...' is highlighted with a blue border and labeled 'Field' with an arrow.

| ID | پلاک | مالک     | مساحت | محیط | .... | .... |
|----|------|----------|-------|------|------|------|
| ۱  | ۱۰۱  | علی ...  | ۱۰۰   |      |      |      |
| ۲  | ۱۰۲  | حسن ...  | ۱۵۰   |      |      |      |
| ۳  | ۱۰۳  | محمد ... | ۲۲۰   |      |      |      |

#### ۴-۳- انواع مدل داده در پایگاه داده

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

- فایل تخت (Flat File)
- سلسله مراتبی یا درختی (Hierarchical)
- شبکه ای (Network)
- رابطه ای (Relational)
- شی گرا (Object Oriented)
- رابطه ای\_شی گرا (Object Relational)
- استنتاجی (Deductive)

از مدل های بالا سه تایی اول قدیمی هستند و جایی از آنها استفاده نمی شود. مدل رابطه ای مرسوم است و اکثر نرم افزارها از این مدل استفاده می کنند. مدل شی گرا جدید است و در نسل جدید نرم افزارهای بکار می رود و اما مدل آخری در مرحله تحقیق است و جای از آن استفاده نشده است.

#### ۴-۴- مدل داده فایل تخت (Flat File)

ساختار بسیار ساده برای ذخیره سازی اطلاعات توصیفی است. ابتدایی و ساده ترین ساختار ذخیره سازی است که شامل چندین نوع است:

الف- Simple List : فرم بسیار ساده می باشد که در آن یک محیط صفحه گسترده مثل Word را باز کرده و اطلاعات را در آن تایپ شده و ذخیره می شود بدون اینکه از هیچ قانون خاصی تبعیت کند پشت سرهم اطلاعات تایپ می شود در این حالت بازیابی اطلاعات مشکل است.

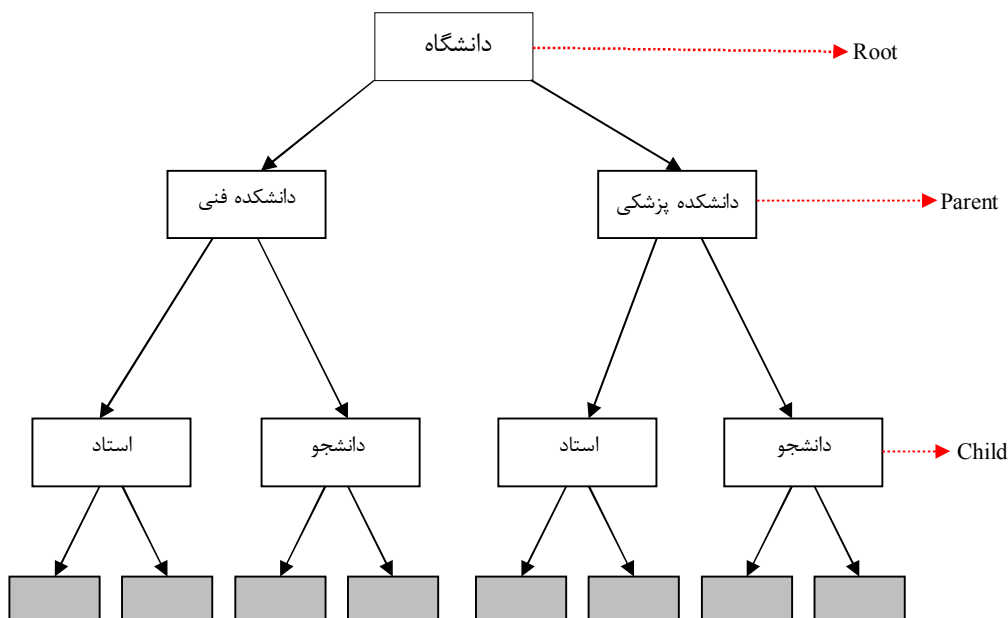
ب- Ordered Sequential File : یک مرحله پیشرفته تر است و در آن اطلاعات را با یک مبنای خاصی مرتب می کنند مثلاً اطلاعات براساس حروف الفبا مرتب مرتب می شوند.

ج- Indexed File : در این مدل اطلاعات را اندکس گذاری می شوند که باعث می شود دستیابی به اطلاعات ساده تر شود.

د- Fixed and Variable length Record : در این مدل برای هر نوع اطلاعات که قرار است ذخیره شود علاوه بر اندکس گذاری برای هر کدام به اندازه ای که جا لازم دارد جا در نظر گرفته می شود و طول اطلاعات ثابت فرض نمی شود. در این حالت حجم پایگاه داده هم مناسب تر خواهد شد ولی اگر حالت Fixed باشد اینگونه نخواهد بود.

#### ۴-۵- مدل داده سلسله مراتبی یا درختی (Hierarchical)

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 (one-to-one) یا یک به چند (one-to-many) است و اطلاعات بوسیله پیمایش ساختار درختی بازیابی میشوند. در این ساختار از رابطه پدر و فرزندی استفاده می شود به این صورت که هر فرزند یک والد بیشتر نمی تواند داشته باشد اما یک والد می تواند چند فرزند داشته باشد. مثلاً اطلاعات مربوط به یک دانشگاه بصورت زیر خواهد بود:



## • مزایا

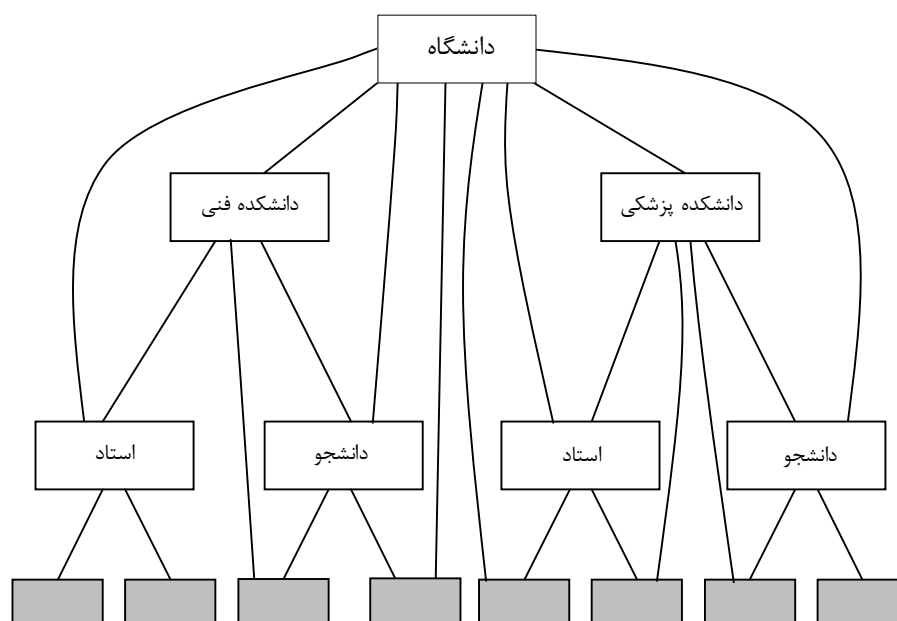
- سرعت دستیابی بالا به حجم عظیم داده
- ساده بودن ساختار
- برای پرسشهایی که از قبل بر مبنای آنها طراحی شده است بسیار خوب و کارا پاسخ می‌دهد.

## • معایب

- عدم امکان جستجو در فیلدهای غیر توصیفی که در صورت نیاز باید پایگاه داده بازسازی شود.
- دامنه تمام پرسها از قبل باید معلوم باشد زیرا برای پرسشهای جدید که بر مبنای آن طراحی نشده کارایی کم و یا اصلاً پاسخ نمی‌دهد.
- مشکل بودن اصلاح ارتباط داده‌ها.
- کارایی کم، بازیابی به علت نیاز به پیمایش سلسله مراتب برای دستیابی به داده‌های واقع در سطوح پایین درخت.
- سطوح مختلف اطلاعات مستقیماً با هم در ارتباط نیستند مثلاً فرزندان با ریشه مستقیماً ارتباط ندارند و ارتباط آنها از طریق والد خود می‌باشد.
- غیر قابل انعطاف بودن.
- عدم امکان وجود چند والد.
- عدم توفیق در کاربردهای GIS.
- افزونگی داده

## ۴-۶- مدل داده شبکه ای (Network)

در این ساختار رابطه اطلاعات چند به چند است یعنی هر فرزند می‌تواند چند پدر داشته باشد و یک پدر هم می‌تواند چند فرزند داشته باشد در این ساختار سطوح مختلف اطلاعات مستقیماً با هم در ارتباط هستند. طراحی این ارتباطات معمولاً از طریق یکسری اشاره‌گرها (Pointers) انجام می‌شود که طراحی و پیاده‌سازی آن بسیار مشکل است و اگر جایی اشتباه شود کل پایگاه داده غلط از آب در می‌آید.



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

• مزایا

- سرعت جستجوی و بازیابی بالاتر به علت اینکه دسترسی به رکوردها بدون نیاز به پیمایش تمامی سلسله مراتب بالای رکورد امکان پذیر است.
- 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
- افزودگی 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 برای بازسازی اطلاعات در صورت ایجاد تغییر
- عدم توفیق در کاربرد GIS به علت انعطاف پذیری بالاتر مدل رابطه ای برای کاربردهای GIS

#### ۴-۷- مدل داده رابطه ای (Relation)

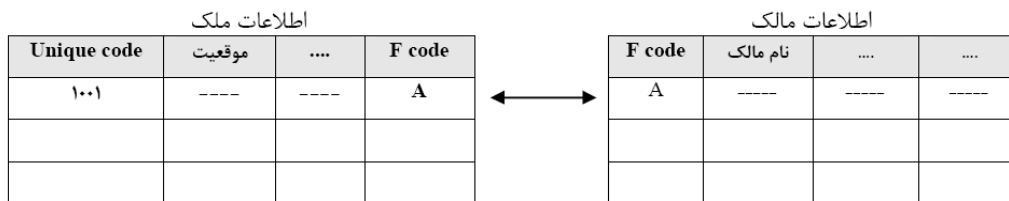
مرسوم ترین ساختار پایگاه داده می باشد و مبنای ذخیره سازی آن جداول می باشد به اینصورت که داده ها در مجموعه ای از جداول دو بعدی ذخیره میشوند که توسط فیلدهای کلیدی (فیلدهای مشترک) بهم وصل (Logical Join) شده اند. در واقع یک کلاس عارضه توسط یک جدول با فیلدهای مشترک ارائه می شود. جدول به نامهای رابطه (Relation) یا چند تایی (Tuple) نیز نامیده میشود.

| ID | پلاک | مالک     | مساحت | محیط | .... | .... |
|----|------|----------|-------|------|------|------|
| ۱  | ۱۰۱  | علی ...  | ۱۰۰   |      |      |      |
| ۲  | ۱۰۲  | حسن ...  | ۱۵۰   |      |      |      |
| ۳  | ۱۰۳  | محمد ... | ۲۲۰   |      |      |      |

معمولاً برای عوارض مختلف جداول مختلف می سازند و اطلاعات را در آن ذخیره سازی می کنند در این جداول هر رکورد نشان دهنده یک Entity خاص می شود entity یعنی "هستنده" هستند یعنی چیزی که وجود دارد حتی ارتباط عوارض باهم می تواند یک هستنده باشد مانند جاده متقاطع یعنی تقاطع جاده باید تعریف شود یعنی وجود دارد.

اگر تمام اطلاعات در یک جدول ذخیره شود جدول خیلی بزرگ خواهد شد لذا جستجوی و بازیابی اطلاعات از آن زمانبر خواهد بود برای رفع این مشکل جدول را می شکنند و تبدیل به چند جدول می کنند که در هر کدام

بخشی از اطلاعات ذخیره می‌شود و با هم متصل (Link) هستند. مثلاً در یک جدول اطلاعات مکانی یک ملک و در جدول دیگر اطلاعات مالک آن ثبت می‌شود. از طرفی هر ملک یک رکورد در جداول مختلف دارد که این رکوردها از طریق یک کد منحصر بفرد (Unique code) به یکدیگر متصل می‌شوند. عمل شکستن جدول را نرمالسازی جدولها یا normalization می‌گویند.



#### • 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

### ۴-۸- مدل داده شی گراء (Object-oriented)

ساختار بعدی شی گراء (Object-oriented) می‌باشد. هر چیزی که در دنیا وجود دارد یک شی (Object) است مانند خیابان، درخت و... این شی ها هم اطلاعات مکانی هستند و هم اطلاعات توصیفی و در صورت لزوم اطلاعات زمانی نیز در آنها ریخته می‌شود. در این ساختار اطلاعات مکانی و توصیفی از هم جدا نیستند و در کنار هم در شیء هستند.

$$\text{Object} = \text{State} + \text{Behavior}$$

State : یعنی خصوصیات یا ویژگیهای شیء که همه رابطه های مکانی را شامل می‌شود.

Behavior: یعنی رفتار شیء که شامل رفتار شیء نسبت به سایر عوارض می‌باشد. مثلاً آب در سراسیمه به سمت پایین حرکت می‌کند.

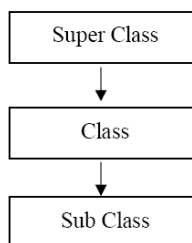
در این مدل شیء همراه رفتارهای آن مدل‌سازی می‌شود که باعث می‌شود مدل‌سازی به دنیای واقعی نزدیک‌تر باشد.

مولفه‌های یک شیء:

- مولفه مکانی که شامل اطلاعاتی راجع به شکل و موقعیت شیء می‌شود.
- مولفه توصیفی که شامل خصوصیات و ویژگیهای شیء می‌شود.
- مولفه زمانی، وقتی مطرح می‌شود که سیستم پویا باشد و اطلاعات با زمان تغییر کند مانند سیستم‌های ردیابی.

در ساختارهای شیء‌گرا زبان برنامه‌نویسی هم شیء‌گرا می‌باشد و در آنها تابع را متد (Method) می‌گویند به عکس‌العمل شیء در مقابل method را behavior می‌گویند.

در پایگاه داده‌های شیء‌گرا یک مفهوم به نام کلاس تعریف می‌شود که عبارتست از تمام اشیایی که دارای خصوصیات و رفتارهای مشابه هستند.



به کلاس بالایی یک کلاس Super Class و به کلاس پایینی آن Sub Class می‌گویند. در تعریف کلاس یک مفهوم به نام توارث (inherited) وجود دارد یعنی هر چیزی که برای کلاس بالایی تعریف شود کلاسهای پایینی هم ارث می‌برند پس اگر متدی برای کلاس بالایی تعریف شود برای تمام زیرکلاسها نیز اجرا می‌شود. مفهوم دیگر بحث شناسه منحصر‌بفرد است این شناسه برای یک عارضه منحصر‌بفرد است و هیچگاه تغییر نمی‌کند.

#### • مزایا:

- این مدل‌سازی به دنیایی واقعی نزدیکتر است.
- امکان مدیریت پایگاه داده‌های بزرگ را دار می‌باشد.
- داده‌های اضافی بعثت تعریف مفهوم کلاس کاهش می‌یابد.
- امنیت در این سیستمها بالاتر است. امنیت داده از دو دیدگاه قابل بررسی است:
  - اولاً دسترسی به اطلاعات که از طریق Password حاصل می‌شود و در همه سیستمها وجود دارد.
  - ثانیاً حفظ اطلاعات، اطلاعات نباید دست برود یا خراب شود مثلاً با قطع شدن برق خراب نشود برای اینکار باید همیشه یک کپی از اطلاعات برداشته شود که در این ساختارها معمولاً این کار از طریق یک بحثی به نام مدیریت نگارش (Version Management) انجام می‌شود.

#### • معایب:

- دارای SQL قابل مقایسه با ساختار رابطه‌ای نیست (SQL زبان پرسش و پاسخ است)

#### ۴-۸- رابطه ای\_شی گرا (Object Relational)

برای حل مشکل SQL در ساختار شی گراء دو سیستم شی گراء و رابطه ای را با تلفیق کرده اند و سیستمی بنام Object-Relational ساخته اند که در آن مفاهیم همان شی است ولی پایگاه داده آن رابطه ای است. در حقیقت به ساختار رابطه ای مفاهیم شیء داده شده است. کارآیی سیستم به علت داشتن دو پایگاه داده پایین می آید.

#### ۴-۹- توانایی های مورد نیاز در پایگاه داده مکانی

یک پایگاه داده مکانی برای دارا بودن عملکرد مناسب باید دارای ویژگی هایی باشد که مهمترین آنها در زیر قید شده اند.

- امکان تعریف انواع قواعد پیچیده انسجام مکانی (Integrity Rules) برای حفظ صحت و تمامیت داده ها.
- 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 داده ها در سیستم های چند کاربره جهت جلوگیری از ایجاد داده های ناهماهنگ.
- امکان تعیین محدود های قفل کردن (Locking) داده ها
- 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.

## فصل پنجم

### استانداردها

#### ۵-۱- کلیات

در طراحی، پیاده سازی و توسعه سیستم های اطلاعات مکانی باید همواره استانداردها و دستورالعملهای موجود مدنظر قرار داده شوند. رعایت استاندارد سبب کاهش ریسک و امکان توسعه آسان تر سیستمها در زمان طول عمر آنها می گردد.

طراح و مجری سیستم اطلاعات مکانی باید متناسب با اهداف و ویژگی های پروژه و همچنین نوع محصول، نسبت به شناسائی و بررسی استاندارد های مورد نیاز اقدام نماید. این استانداردها ممکن است که برای داخل کشور ماهیت "الزامی" یا "توصیه ای" داشته باشند. ابتدا باید الزامات مورد توجه قرار گرفته و سپس در صورت عدم وجود استاندارد الزامی برای سایر بخش های باقی مانده، استاندارد ها و دستور العمل های توصیه ای متعلق به مراجع معتبر مورد بررسی قرار گیرند.

در نهایت، انتخاب استاندارد یا تعیین نحوه گرایش دادن سیستم بطرف استاندارد خاصی بستگی به عوامل مختلفی دارد که باید مورد بررسی قرار گیرند. از جمله این عوامل می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اهمیت و گستردگی سیستم
  - اهداف سیستم
  - محیطی که سیستم در آن فعالیت خواهد کرد و ارتباط آن با سایر سیستم های موجود
  - طول عمر سیستم و برنامه ریزی های انجام شده در خصوص نسل های بعدی آن
- سه فعالیت استاندارد سازی در سطح بین المللی و ملی در جریان هستند که طراحان و مجریان باید در جریان آنها قرار داشته باشند. در زیر به این موارد اشاره شده است:

#### ۵-۲- استاندارد های سری ISO9100 در خصوص اطلاعات مکانی

هدف این فعالیت که توسط کمیته فنی TC211 موسسه بین المللی استاندارد (ISO) صورت می پذیرد، عبارتست از استاندارد سازی در زمینه اطلاعاتی که به طور مستقیم (مانند مختصات) یا غیر مستقیم (مانند کد پستی) به موقعیت روی زمین مرتبط باشند. این استانداردها کوشش دارند که عمل پذیری متقابل و تبادل داده بین سیستمهای مختلف مکانی را تسهیل نمایند. لازم به ذکر است که استانداردهای ISO9100 بیشتر موضوع "داده" را مورد خطاب قرار داده و جنبه مفهومی دارند، بنابراین ممکن است که برای پیاده سازی آنها نیاز به فعالیت های مکمل باشد.

این استانداردها بصورت توصیه ای منتشر می شوند و سیستم استاندارد سازی ملی هر کشور نسبت به تصمیم گیری در خصوص نحوه پذیرش و بسط آن اقدام می نماید.

### ۵-۳- دستور العمل های فنی (OGC) Open Geospatial Consortium

کنسرسیوم OGC مجموعه ای است از شرکت ها، موسسات و دانشگاه ها که مشترکاً کوشش می کند تا امکان ارتباط بین فن آوری های مختلف اطلاعات مکانی را بوجود آورند. بدین منظور نسبت به تدوین دستور العمل های فنی در این زمینه اقدام می نمایند. این دستور العمل ها با استانداردهای ISO 9100 هماهنگ بوده و به جزئیات اجرایی مورد نیاز برای پیاده سازی سیستم می پردازند. این دستور العمل ها، بیشتر مشخصات سیستم را مورد خطاب قرار می دهند.

### ۵-۴- استانداردهای و دستور العمل های ملی و داخلی

غالباً استانداردهای ملی و داخلی، علاوه بر مطالب ذکر شده در خصوص استانداردهای بین المللی، به موضوعاتی که جنبه خاص برای آن کشور دارد نیز می پردازند. به عنوان مثال: فهرست و تعریف عوارض، مدل مفهومی، پارامترهای کیفیت، سیستم مختصات نحوه جمع آوری، پردازش و ارائه داده. معمولاً بخشی از مجموعه های ملی و داخلی، به محتوا و نحوه شکل گیری مدل در حوزه مورد نظر می پردازد. با توجه به دامنه وسیع کاربران سیستم های اطلاعات مکانی، لازم است که محصول نهائی به روشنی تعریف گردد و استانداردها و دستور العمل هایی که به عنوان پایه بکار گرفته می شوند پاسخگوی نیازهای کاربر و الزامات فنی در آن حوزه باشد.

## فصل ششم

### مراحل ایجاد سیستم اطلاعات مکانی

به علت گستردگی و پیچیدگی های ایجاد سیستم اطلاعات مکانی، امکان شکل گیری کل سیستم در یک حرکت به ندرت وجود دارد. علاوه بر آن یکی از ویژگیهای این نوع پروژه ها، 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.

#### ۶-۱- انتخاب متدولوژی مناسب برای پروژه

ایجاد نظام مند هر سیستمی مستلزم داشتن متدولوژی است که مراحل و فعالیت های مختلف پروژه و همچنین ترتیب آنها را به گونه ای مناسب مشخص نماید. متدولوژی های مختلفی وجود دارند که هر کدام دارای مزایا و کاربرد خاصی می باشند. مدیر پروژه باید با توجه به اهداف پروژه، نسبت به انتخاب متدولوژی مورد نظر خود اقدام نماید. از جمله متدولوژی ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

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

#### ۶-۲- امکان سنجی

در مرحله امکان سنجی از اطلاعات فنی و مالی برای برآورد پتانسیل و میزان عملی بودن ساخت سیستم استفاده می شود. امکان سنجی به ارزیابی سیستم مورد نظر یا مقایسه آن با سیستم های مشابه می پردازد. هدف از این کار مشخص کردن نقاط قوت و ضعف پروژه و شناسایی عواملی است که می تواند باعث شکست آن شد. همچنین، امکان پذیر بودن پروژه با توجه به بودجه موجود و نیاز های اعلام شده مورد بررسی قرار می گیرد و بهترین راه حل انتخاب می شود. قبل از امکان سنجی، لازم است که شناخت کلی از اهداف سیستم و نیاز های کاربر بدست آمده باشد. مسائلی که باید در مطالعات امکان سنجی به آن توجه شود عبارتند از:

- شرح سیستم
- پیش فرض ها
- زمان بندی پروژه
- مانع موجود (مالی، انسانی، تجهیزات،.....)
- سود و زیان
- روشهای تولید نقشه و اطلاعات مکانی مورد نیاز
- محدودیت ها

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

### ۶-۳- نیازسنجی

در این مرحله، سازمانی که سیستم برای آن اجرا می شود، مورد بررسی دقیق قرار می گیرد. هدف این بررسی عبارتست از شناسایی دقیق اهداف سیستم، فرآیندهای سازمانی و نیازهای اطلاعاتی کاربر. در این مرحله باید همواره درخواست های کارفرما مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و توصیه های کارشناسی لازم ارائه شود تا فهرست بهینه ای از نیاز ها حاصل گردد.

### ۶-۳-۱- شناسی اهداف سیستم

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

- اهداف واضح و واقع گرایانه باشند
- شرایط و امکانات موجود در نظر گرفته شده باشد
- در صورت امکان، هنگام تعیین اهداف به برنامه های آتی نیز توجه شود

### ۶-۳-۲- شناخت سازمان و فرآیندهای کاری ذیربط

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

- مصاحبه با مسئولین سازمانی
- برنامه مصاحبه باید با توجه به مسئولیتهای افراد در سازمان تنظیم گردد
- پرسش نامه
- برای شناسایی سطحی واحدها و فرآیندهای 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 پاسخ دهنده و جزئیات مورد نیاز باشد.
- استفاده از مستندات سازمانی
- اگر سازمان مربوطه دارای مستنداتی مانند چارت تشکیلاتی یا روش های اجرایی مدون باشد، از این مستندات می توان برای استخراج اطلاعات مختلف در خصوص وضع موجود استفاده کرد.

### ۶-۳-۳- شناسائی نیازهای اطلاعات مکانی و توصیفی

#### • اقلام اطلاعاتی

- به منظور طراحی پایگاه داده مورد نیاز سیستم، باید اقلام اطلاعاتی شناسائی شوند. این شناسائی باید منجر به فهرستی از عوارض، اطلاعات توصیفی و ارتباطات بین آنها گردد.

#### • مشخصات فنی داده های ورودی

- مشخصات فنی داده های 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 داده ها
- نوع خروجی های مورد درخواست
- .....

اطلاعات لازم توسط تحلیل گر جمع آوری گردد تا تصمیم گیری در مراحل بعدی صورت گیرد.

### ۶-۳-۴- شناسائی 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.

### ۶-۳-۵- تعیین نوع تحلیلهای مورد نیاز سیستم و پارامترهای نرم افزاری و سخت افزاری

با تعیین تجزیه و تحلیل های مورد نیاز سیستم، نسبت به تعیین توابع مکانی و غیر مکانی تشکیل دهنده فرآیندهای مورد نیاز، اقدام می گردد. بدین منظور کاربری های خاص به اجزای ساده شکسته شده و تغییرات اعمالی به هر جز به عنوان یک تابع در نظر گرفته می شود.

با توجه به روش انجام فرآیندهای مورد نیاز، همچنین حجم ورودی و خروجی های توابع، نسبت به انتخاب پردازنده، سیستم عامل بکارگیرنده پردازنده و روش بکارگیری توابع و منابع تصمیم گیری می شود. با مشخص شدن این انتظارات نرم افزارهای حمایت کننده این سیاست ها مشخص می شود.

### ۶-۳-۶- 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.

## ۶-۴- طراحی مدل مفهومی (Conceptual Model)

برای طراحی مدل مفهومی، باید تحلیل گر سیستم اطلاعات مکانی واقعیت موجود را (شامل عوارض و اشیا دنیا 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 entityها 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

## ۶-۵- 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 سازمانهای دولتی
- شرکتهای 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 داده های مورد نیاز موجود نبوده یا مشخصات فنی آنها پاسخگوی نیاز نباشد، آنگاه باید نسبت به تولید یا سفارش تولید اقدام نمود.

## ۶-۶- ارزیابی و انتخاب نرم افزار وسخت افزار

انتخاب نرم افزار و سخت افزار باید به گونه ای باشد که پاسخگوی 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
- هزینه های خرید و نگهداری متناسب با ابعاد پروژه و بودجه باشد

مهمترین قسمت سخت افزاری سیستمهای اطلاعات مکانی، قسمت پردازنده می باشد. پردازش اطلاعات مکانی سنگین، زمانبر و حساس است. از این رو سخت افزار پردازش داده های 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.

نرم افزارها در یک سیستم GIS، بخش اصلی وظایف اجرایی سیستم را بر عهده دارند. این قسمت می تواند شامل یک نرم افزار یا چندین نرم افزار باشد.

اجزای مختلف نرم افزاری سیستم را می توان در سه گروه اصلی قرار داد:

- مجموعه نرم افزارهای مدیریت و ساختاردهی
- مجموعه نرم افزارها و توابع پردازش
- مجموعه نرم افزارها و توابع نمایش دهنده

#### ۶-۶-۱- مجموعه نرم افزارهای مدیریت و ساختاردهی

در زمینه مدیریت داده، بخش عمده ای از توابع مورد نیاز جهت اخذ، ذخیره سازی و بازیابی در نرم افزارهای مدیریت پایگاه داده تامین می شود. این نرم افزارها به دو دسته پایگاه داده تک کاربره تقسیم می شوند. در سیستمهایی که از یک پایگاه داده چند کاربره استفاده می کنند، امکان دسترسی و تحلیل چندین کاربر همزمان روی داده های مکانی و غیر مکانی وجود دارد.

#### ۶-۶-۲- 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 معمولاً 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 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.

### ۶-۳-۳- 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 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 معمولاً از راه حل های نرم افزاری خاصی استفاده می کنند.

### ۶-۷- طراحی مدل منطقی و فیزیکی

#### ۶-۷-۱- 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.

#### ۶-۷-۲- مدل داخلی/فیزیکی (Internal/Physical Model)

پس از پایان طراحی ساختار و ذخیره سازی باید نسبت به پیاده سازی ساختار مذکور در محیط نرم افزاری سیستم مدیریت پایگاه داده اقدام شود. به منظور تسریع این مرحله، و نیز جلوگیری از برخی اشتباهات، توصیه میشود که این مرحله بصورت نرم افزاری صورت گیرد. در صورت استفاده از روش مذکور باید از همخوانی محیط های نرم افزاری اطمینان حاصل گردد.

با توجه به سنگین بودن فرآیند نگهداری پایگاه داده و نیز امکانات نرم افزاری موجود در پایگاه داده، پس از اتمام ساختار آن باید نسب به ایجاد روالهای نرم افزاری 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.

### ۶-۸- یکپارچه سازی سیستم

مرحله یکپارچه سازی به ترکیب نتایج مراحل قبلی با هدف ایجاد سیستم مورد نظر می پردازد. در پایان این مرحله، سیستم بر اساس طراحی با استفاده از نرم افزار و سخت افزار انتخاب شده شکل می گیرد. اجزای این مرحله عبارتند از:

- سفارش یا جمع آوری داده های مکانی و توصیفی و ایجاد فایل های رقومی
- حجم داده بکار رفته در این مرحله فقط در حد مورد نیاز برای اجرای پروژه راهنما می باشد تا در صورت وجود ایرادات، اتلاف هزینه کاهش یابد.
- در صورت موجود بودن داده های تعیین شده در مرحله امکان سنجی، نسبت به تهیه آنها اقدام می گردد.

- در صورت عدم وجود داده های تعیین شده در مرحله امکان سنجی، باید این داده ها تولید و وارد سیستم شوند. (در صورتی که امکان تولید این داده ها در حد محدود وجود نداشته باشد، آنگاه باید از داده های مشابه استفاده نمود)
- داده ها باید از مشخصات قید شده در مرحله طراحی طبیعت نمایند.
- تشکیل سیستم اطلاعات مکانی
- در این مرحله باید سیستم براساس طراحی انجام شده و مطابق مستندات پیاده سازی شود. مواردی که بطور مشخص در مرحله پیاده سازی و اجرای سیستم انجام خواهد شد عبارتند از:
  - پیاده سازی پایگاه داده
  - استقرار نرم افزار و مناسب سازی آن برای کاربران پروژه
  - آماده سازی سخت افزارهای مورد نیاز
  - ورود داده به سیستم در حد مورد نیاز برای اجرای پروژه راهنما

#### ۶-۹- انجام پروژه راهنما (Pilot) و تست و ارزیابی سیستم (Bench Marking)

- هدف از اجرای پروژه راهنما، آزمایش کردن سیستم ایجاد شده در منطقه ای محدود و با داده های نمونه می-باشد. 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 داده ها و بهبود برآورد زمانی و مالی جمع آوری (در صورت موجود نبودن داده از قبل)
  - آزمایش گردش کار و روش های اجرایی

بسته به نتایج پروژه راهنما می توان نسبت به پیاده سازی کامل سیستم و ورود داده های کل منطقه اقدام نمود، یا آنکه به اصلاح نواقص مراحل قبل پرداخت.

#### ۶-۱۰- پیاده سازی نهایی سیستم

هنگامی که نتیجه تست و ارزیابی سیستم در پروژه راهنما مثبت باشد، آنگاه می توان نسبت به ادامه جمع آوری داده های مکانی توصیفی لازم برای کل منطقه پروژه و آماده سازی و ورود آنها به سیستم اقدام نمود. در پایان این مرحله سیستم عملاً راه اندازی شده و تحویل کارفرما می گردد.

#### ۶-۱۱- 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 می باشد:

- تهیه نسخه های پشتیبانی

داده های سیستم با ارزشترین بخش سیستم می باشد، بنابراین تهیه کپی پشتیبانی از داده ها و حفظ آن در مکانی مطمئن اهمیت زیادی دارد. این نسخه پشتیبانی بخصوص در زمانی که سیستم به عللی مانند نقص سخت افزاری، ویروس کامپیوتری یا بی دقتی دچار خرابی یا مشکل می شود مفید می باشد. برنامه زمان بندی و استراتژی تهیه نسخه پشتیبان به میزان کارکرد سیستم و روند تغییر داده ها بستگی خواهد داشت.

- بهنگام سازی های معمول

احتمال دارد که در طول عمر سیستم، نیز به بهنگام سازی داده های جدید وجود داشته باشد. این داده ها ممکن است جنبه نقشه ای، 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 تصمیم گیری نمود که آیا این تغییرات جز نگهداری سیستم تلقی شود یا خدماتی مستقل از آن.

نمونه های از بهبود سیستم عبارتند از:

- ارتقای سخت افزار
- نصب نگارش جدید نرم افزار
- بهبود بخشیدن به برنامه های کاربری موجود سیستم
- اضافه نمودن برنامه های کاربری جدید

## ۶-۱۲- مستند سازی

به منظور ثبت وضعیت یا سوابق پروژه و همچنین حفظ مشخصات فنی سیستم اطلاعات مکانی برای فعالیت ها و توسعه های 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 می توان موارد زیر را نام برد:

- اهداف سیستم
- نیازهای کاربر
- طراحی انجام شده و مدل های داده
- راهنمای بکارگیری سیستم
- گزارشات مختلف امکان سنجی، پروژه راهنما، گزارشات مرحله ای، .....
- .....

## ۶-۱۳- آموزش

راه اندازی سیستم اطلاعات مکانی ممکن است همراه با بعضی تغییرات در روش های کاری کارفرما باشد. بنابراین، در صورت نیاز، باید مسائل مربوط به آموزش پرسنل در رده های مختلف به منظور حصول اطمینان از فعال شدن سیستم جدید پیش بینی شود. این آموزش ها باید مکمل "راهنمای بکارگیری سیستم" اشد که در بخش مستند سازی به آن اشاره گردید.

اصولاً برای سازمانهایی که قصد بکارگیری فن آوری های نوین، مانند GIS را دارند، اجرای دورههایی برای ارتقای دانش و مهارت کارکنان آن ضروری می باشد.

### منابع:

- دستورالعملهای سازمان نقشه برداری
- جزوه کلاسی دکتر منصوریان (دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)
- جزوه کلاسی مهندس فاطمی
- جزوه کارتوگرافی اتوماتیک مهندس رستمی (دانشگاه تفت)
- جزوه کلاسی دکتر دلاور (دانشگاه تهران)