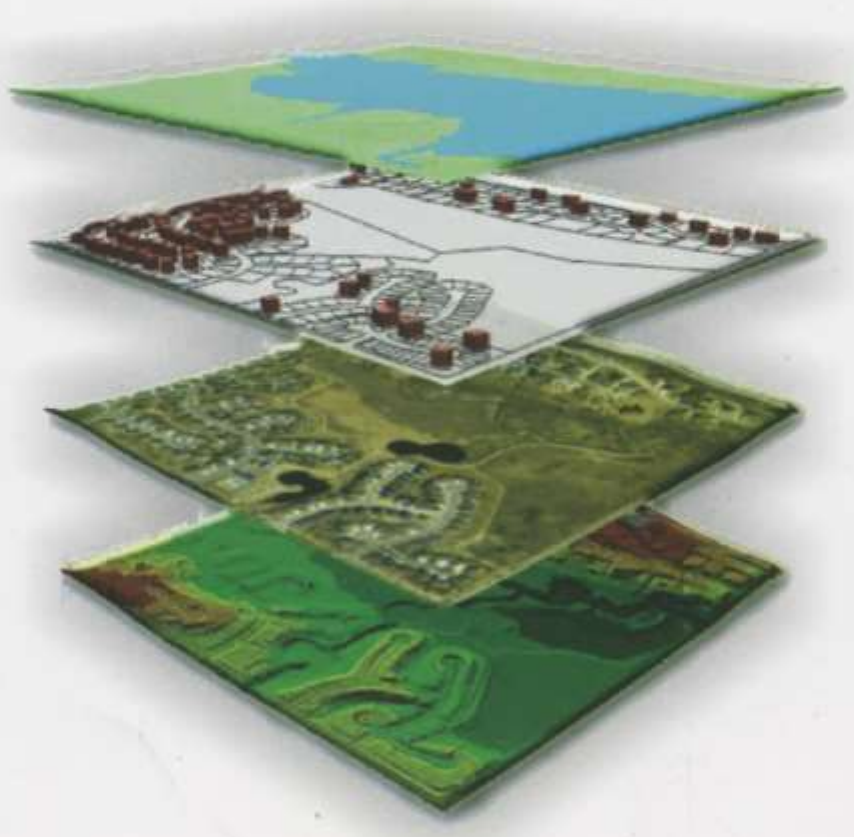
مبانی سیستم‌های
اطلاعات جغرافیایی



دکتر منوچهر فرج زاده
عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس

مبانی سیستم های اطلاعات جغرافیایی

تالیف:

دکتر منوچهر فرج زاده

عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس

سرشناسه : فرج زاده، منوچهر، ۱۳۴۴
عنوان و نام پدیدآورنده : مبانی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی / تالیف منوچهر فرج‌زاده.
مشخصات نشر : تهران : انتخاب، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری : ۲۲۴ ص.
شابک : 978-964-2779-39-0
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۲۱- ۲۲۴.
یادداشت : نظام‌های اطلاعاتی جغرافیایی
موضوع : نظام‌های اطلاعاتی جغرافیایی - داده‌پردازی
رده‌بندی کنگره : ۱۳۸۹ ۲ م ۴ ف / ۲۱۲ / G۷۰
رده‌بندی دیویی : ۹۱۰/۲۸۵
شماره کتابخانه ملی : ۲۰۷۲۲۸۵

نشر انتخاب
ناشر دانشگاهی و عمومی
خیابان ۱۲ فروردین، خیابان شهدای ژاندارمری، شماره ۱۲۶، طبقه چهارم

مبانی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
منوچهر فرج‌زاده

صفحه‌آرایی شهرام فرجی
لیتوگرافی هنر گرافیک
چاپخانه جمالی
صحافی شکیب
چاپ اول ۱۳۸۹
شمارگان ۱۵۰۰ جلد

پیشگفتار

سیستم های اطلاعات جغرافیایی از جمله علوم و فناوری هایی است که در طی ده های اخیر از رشد بسیار چشمگیری برخوردار شده است و شاید امروزه به جرات بتوان گفت که کمتر علومی مرتبط با زمین باشد که از امکانات و توانایی های آن در پردازش داده های مکانی استفاده ننماید. با توجه به همین نیاز گسترده بوده است که سیستم های اطلاعات جغرافیایی توسعه روزافزونی پیدا کرده و خود را به امکانات پردازش داده های مکانی موردنیاز کاربران مجهز کرده است. با توجه به این موضوع رشته های علمی خاص در زمینه بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی به موازات این فناوری توسعه زیادی یافته است. رویکردهای جدیدی که در حال حاضر مشاهده می شود رویکرد استفاده از این فناوری توسط عموم مردم برای رفع نیازهای اطلاعاتی آنها در زمینه های گوناگون از جمله گردشگری، هواشناسی جاده ای، تعیین مسیر حرکت در جاده های شهری و بین شهری، خرید و اجاره املا ک موردنیاز و هزاران کاربرد دیگر مصداق این نگرش جدید می باشد.

نظر به نیاز جامعه علمی و دانشگاهی به منابع علمی برای آشنایی مخاطبین مختلف با اصول و مبانی این رشته علمی، کتابهای متعددی در سطح جهانی به رشته تحریر درآمده است که هریک از آنها با زوایای مختلف کارکردهای آن را تبیین نموده اند که خوشبختانه بخشی از این کتابها به فارسی نیز ترجمه شده و در اختیار کاربران مختلف قرار گرفته است، ولی نبود کتاب جامع به زبان فارسی که بتواند تمامی زوایای آن را به کاربران مختلف انتقال دهد انگیزه اصلی تدوین کتاب حاضر بوده است. در تالیف این کتاب سعی گردیده از کلیه منابع فارسی و انگلیسی در اختیار از جمله کتب، مقالات و وب سایت های اینترنتی استفاده شود که فهرست همه آنها در انتهای کتاب برای مطالعه بیشتر خوانندگان ارائه گردیده است.

این کتاب در نه فصل تدوین گردیده است که فصل اول آن به بیان مفاهیم پایه این رشته علمی پرداخته و در فصل دوم ویژگی های پایگاه اطلاعات جغرافیایی از ابعاد مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم سیستم های مختصات و سیستم های تصویر مورد بررسی قرار گرفته و فصول چهارم و پنجم به تشریح انواع روش های تحلیلی داده های مکانی در محیط برداری و رستری پرداخته است. تهیه و پردازش مدلهای رقومی زمین و تحلیل شبکه به عنوان مهمترین اجزاء عملیاتی سیستم اطلاعات جغرافیایی به ترتیب در فصول شش و هفت مورد بحث قرار گرفته است. فصل نهم از این کتاب به بررسی مفهوم و چگونگی ساخت مدل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته و در فصل آخر نیز به تشریح ویژگی های سیستم اطلاعات جغرافیایی همراه به عنوان یکی از رویکردهای جدید این رشته پرداخته شده است.

در تدوین این کتاب از همیاری و کمک همکاران و دانشجویان خود برخوردار بوده ام که از همه آنها صمیمانه سپاسگذاری می نمایم و از خداوند منان آرزوی توفیق آنها را خواستارم. در خاتمه از خوانندگان عزیز درخواست دارد نقطه نظرات خود را جهت ارائه هرچه بهتر اثر به آدرس دانشگاه تربیت مدرس ارسال نمایند تا مورد استفاده قرار گیرد.

منوچهر فرج زاده

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: تعاریف و مفاهیم پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی

۱-۱- مقدمه

۱-۲-تعریف و مفهوم سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج)

۱-۳- ساج و سایر علوم مربوطه

۱-٤- تاریخچه و تحول ساج

۱-٤-۱- سالهای ابتدایی در بین دهه های ۱۹٦۰ و ۱۹۷۰

۱-٤-۲-سالهای بلوغ تکنولوژی از اوایل دهه ۱۹۸۰ تا اواسط دهه ۱۹۹۰

۱-٤-۳- عصر آغاز زیر ساخت اطلاعات جغرافیایی در اواسط دهه ۱۹۹۰

۱-۵- اجزاء ساج

۱-۵-۱- جزء داده ساج

۱-۵-۲- جزء تکنولوژی (فن آوری) ساج

۱-۵-۳- جزء کاربرد ساج

۱-۵-٤- جزء مردم ساج

۱-٦- رویکردهای مختلف مطالعه ساج

فصل دوم: پایگاه داده جغرافیایی

۲-۱- مقدمه

۲-۲- مدل سازی دنیای واقعی

۲-۳- ملاحظات نمایش رقومی داده های جغرافیائی

۲-٤-پایگاه داده و سیستم های مدیریت پایگاه داده

۲-۵- مدل داده برداری

۲-۵-۱- مدل توپولوژی

۲-۵-۲- فشرده سازی داده‌های برداری

۲-۵-۳- ذخیره داده‌های برداری

٦-٢- مدل داده‌های رستری
٧-٢- تبدیل داده‌های رستری و برداری به یکدیگر
٨-٢- مقایسه مدل‌های برداری و رستری

فصل سوم: سیستم های زمین مرجع سازی

١-٣- مقدمه
٢-٣- سطح مبنا
١-٢-٣- سطح مبنای بیضوی مرجع
٢-٢-٣- سطح مبنای ژئوئید
٣-٣- سیستم تصویر
١-٣-٣- اصول سیستم های تصویر
٢-٣-٣- ویژگی های سیستم های تصویر
١-٢-٣-٣- مساحت
٢-٢-٣-٣-شکل
٣-٢-٣-٣- فاصله
٤-٢-٣-٣-جهت
٣-٣-٣- طبقه بندی سیستم های تصویر
١-٣-٣-٣- سیستم تصویر استوانه ای
٢-٣-٣-٣-سیستم تصویر مخروطی
٣-٣-٣-٣-سیستم تصویر آزیموتی یا مستوی
٤-٣- سیستم های مختصات
١-٤-٣- سیستم مختصات جغرافیایی زمین
٢-٤-٣- سیستم های مختصات قطبی صفحه ای و تبدیل ها
١-٢-٤-٣- سیستم مختصات راست گوشه صفحه ای
٢-٢-٤-٣- سیستم مختصات قطبی کره ای
٣-٤-٣- سیستم مختصات UTM

فصل چهارم:پردازش مکانی داده های رستری

۱-٤- مقدمه

۲-٤- ماتریس تکنیک های تحلیل ساج در محیط رستری

۳-٤- پرسشگری مکانی

٤-٤- تحلیل همپوشانی

٥-٤- باز طبقه بندی

٦-٤- تعیین حریم یا فاصله

۷-٤- محاسبات آماری

۸-٤- عملیات کانونی

۹-٤- عملیات ناحیه ای یا منطقه ای

فصل پنجم:پردازش مکانی داده های برداری

۱-٥- مقدمه

۲-٥-چارچوب کلی پردازش داده های برداری

۳-٥- پرسشگری مکانی داده های برداری

٤-٥- تحلیل همپوشانی

٥-٥- بازطبقه بندی

٦-٥- تعیین حریم

۷-٥- مثلث بندی

۸-٥- عملیات محوریابی

۹-٥- عملیات تهیه شبکه تیسن

۱۰-٥- عملیات مرکزیابی

۱۱-٥- عملیات اتصال

۱۲-٥-محاسبه آماری و تهیه نقشه موضوعی

فصل ششم: مدل رقومی زمین

۱-٦- مقدمه

۲-٦- تعریف و مفهوم مدل سازی رقومی زمین
۳-٦- رویکردهای نمونه برداری داده و تشکیل مدل رقومی زمین
۱-۳-٦- ویژگی های یک مدل رقومی ارتفاع
۲-۳-٦- ویژگی های یک مدل شبکه نامنظم مثلثی
٤-٦- شیو های اخذ داده های مدل رقومی زمین
۱-٤-٦- روش نقشه برداری زمینی
۲-٤-٦- اخذ داده زمین رقومی بوسیله سیستم موقعیت یاب جهانی
۳-٤-٦- جمع آوری داده رقومی زمین توسط فتوگرامتری
٤-٤-٦- جمع آوری داده زمین توسط رقومی کردن نقشه های موجود
٥-٤-٦- روش راداری و لیزری
٥-٦- کیفیت و استانداردهای داده رقومی زمین
٦-٦- پردازش وساخت مدل رقومی سطح زمین
۷-٦- فنون واسطه یابی برای مدل سازی سطح زمین
۱-۷-٦- روش تحلیل روند
۲-۷-٦- روش وزن دهی معکوس فاصله
۳-۷-٦- روش کریجینگ
۸-٦- استخراج ویژگی های توپوگرافیک از مدل های مدل رقومی زمین
۹-٦- نمایان سازی رقومی زمین
۱-۹-٦- مشاهده دو بعدی زمین
۲-۹-٦- نمایان سازی دوبعد و نیمی زمین
۳-۹-٦- نمایان سازی سه بعدی زمین
٤-۹-٦- تهیه نقشه بافت برای تولید چشم انداز مرئی
٥-۹-٦- نمایان سازی تصویر متحرک (انیمشنی)
۱۰-٦- کاربردهای مدل های رقومی زمین
۱-۱۰-٦- طراحی بزرگراه و مسیرهای راه آهن
۲-۱۰-٦- طراحی مخازن آب
۳-۱۰-٦- تولید تصویر ارتو(orthoimage)

٤-١٠-٦- نظیر سازی پرواز
٥-١٠-٦- نظیر سازی سیلاب
٦-١٠-٦- کاربردهای کارتوگرافی
٧-١٠-٦- کاربرد در علوم زمین
٨-١٠-٦- کاربردهای مدیریت منابع طبیعی
٩-١٠-٦- کاربردهای نظامی

فصل هفتم: تحلیل شبکه

١-٧- مقدمه
٢-٧- ساختار داده های یک شبکه
٣-٧- مشخصه های عناصر شبکه
١-٣-٧- مقاومت به حرکت (impendence)
٢-٣-٧- تقاضا برای منابع
٣-٣-٧- ظرفیت
٤-٣-٧- خطوط و مشخصه های آنها
٥-٣-٧- ایستگاهها و مشخصه های آنها
٦-٣-٧- مراکز و مشخصه های آنها
٧-٣-٧- موانع
٤-٧- انواع تحلیل های شبکه
١-٤-٧- مسیر یابی
٢-٤-٧- یافتن نزدیکترین خدمات
٣-٤-٧- تخصیص منابع
٤-٤-٧- انطباق آدرسها یا ژئوکد کردن آدرس
٥-٧- نمونه هائی از کاربرد های شبکه

فصل هشتم:مدل سازی در ساج

١-٨-مقدمه

۲-۸- مفهوم مدل و مدل سازی
۳-۸- انواع مدل ها
۱-۳-۸- مدل های مفهومی
۲-۳-۸- مدل های ریاضی
۳-۳-۸- مدل های آنالوگ
٤-۳-۸- مدل های فیزیکی
٥-۳-۸- مدل های رقومی
٤-۸- مراحل مدل سازی در ساج
٥-۸- انواع مرسوم مدل سازی در ساج
۱-٥-۸- مدل های توصیفی
۲-٥-۸- مدل های تجویزی
۳-٥-۸- مدل های پیش بینی
٤-٥-۸- مدل های آماری
٥-٥-۸- مدل های کارتوگرافیک
٦-۸- انواع روش های تلفیق داده ها در ساج به منظور مدل سازی
۱-٦-۸- مدل های باینری
۲-٦-۸- مد ل های همپوشانی شاخص
۳-٦-۸- مدل های پردازشی
۷-۸- مثالهایی از مدل سازی درساج
۱-۷-۸- مدل سازی ساج و مدیریت کشاورزی بدون ایجاد آلودگی
۲-۷-۸- تعیین بهترین مکانها برای مدیریت زیستگاه حیوانات
۳-۷-۸- مسیر بهینه حمل و نقل مواد خطرناک
٤-۷-۸- تعیین بهترین مکان فروشگاه

فصل نهم: سیستم اطلاعات جغرافیایی همراه

۱-۹- مقدمه
۲-۹- ساختار سیستم اطلاعات جغرافیایی همراه

۳-۹- کاربرد ساج همراه در مدیریت مناطق شهری

۱-۳- ۹ - حوزه‌های عمده کاربرد ساج همراه

۲-۳-۹- نقش تکنولوژی‌های اطلاعاتی در مدیریت شهری

۳-۳- ۹- کاربردهای ساج همراه در مدیریت مناطق شهری

منابع

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- نمای کلی از مراحل کار در ساج
شکل ۲-۱- تغییر شکل داده به اطلاعات با استفاده از سیستم اطلاعات
شکل ۳-۱- کاربران ساج و روابط آنها
شکل ٤-۱- توابع عملیاتی سیستم های ساج
شکل ۱-۲- سطوح انتزاع و مدل داده ها. شامل مدل های ادراکی، منطقی و فیزیکی
شکل ۲-۲- سازماندهی یک پایگاه داده با استفاده از مدل داده سلسله مراتبی
شکل ۳-۲- سازماندهی یک پایگاه داده با استفاده از مدل داده شبکه
شکل ٤-۲- مدل زمین رابطه ای
شکل ٥-۲- مدل شیءگرا
شکل ٦-۲- مدل داده برداری.
شکل ۷-۲- جدول‌های ایجاد توپولوژی در ساج
شکل ۸-۲- استفاده از رقومی ساز برای تولید داده های برداری
شکل ۹-۲- مشخصات داده رستری
شکل ۱۰-۲- نحوه شکل گیری ارزشهای پیکسلی در لایه رستری
شکل ۱۱-۲- استفاده از ابزار اسکنر برای تولید داده رستری
شکل ۱۲-۲- تبدیل داده‌های رستری و برداری به یکدیگر
شکل ۱-۳- ژئوئید و بیضوی
شکل ۲-۳- بیضوی های مرجع متفاوت کره زمین
شکل ۳-۳- انواع سیستم های تصویر. الف) استوانه ای، ب) مخروطی، ج) مستوی
شکل ٤-۳- انواع سیستم های تصویر استوانه ای
شکل٥-۳- ارتباط بین سطح مبنا، سیستم تصویر و سیستم های مختصات
شکل ٦-۳- سطوح مرجع برای تعیین موقعیت در کره زمین
شکل ۷-۳-سیستم مختصات کارتزین راست گوشه صفحه ای
شکل ۸-۳- سیستم مختصات قطبی صفحه ای
شکل۹-۳-رابطه بین سیستم مختصات راست گوشه صفحه ای و قطبی صفحه ای
شکل ۱۰-۳- نحوه شبکه بندی در سیستم تصویر UTM

شکل ۱۱-۳- زونهای شبکه UTM قرار گرفته در ایران
شکل۱۲-۳- سیستم مختصاتUTM
شکل ۱-٤ ترکیب لایه های اطلاعاتی براساس منطق بولین
شکل ۲-٤- فرامین اصلی برای پردازش داده های رستری در محیط نرم افزاری
شکل ۳-٤ نحوه پرشگری مکانی داده های رستری برمبنای کلیدهای and، xor ، or و not
شکل ٤-٤- عملیات همپوشانی منطقی
شکل ٥-٤- مثالهایی از عملیات همپوشانی حسابی
شکل ٦-٤- پنجره انجام عملیات محاسبات نقشه ای در نرم افزار
شکل ۸-٤- پنجره اصلی انجام عملیات باز طبقه بندی در نرم افزار ArcGIS
شکل ۹-٤- عملیات تعیین فاصله در نرم افزار ArcGIS
شکل ۱۰-٤- مفهوم استفاده از پنجره متحرک برای استخراج ارزش سلولها از یک تصویر رستری
شکل ۱۱-٤- روش های تجمیع فضایی با استفاده از پنجره۳×۳
شکل ۱۲-٤ عملیات فیلتر گذاری بالاگذر و پایین گذر
شکل ۱۳-٤- عملیات ناحیه ای به منظور استخراج ویژگی های آماری در درون مناطق
شکل ۱-٥-طبقه بندی روش های پردازش داده برداری
شکل ۲-٥- فرامین اصلی برای پردازش داده های برداری در محیط نرم افزاری ArcGIS
شکل ۳-٥- عملیات همپوشانی نقطه در چند ضلعی
شکل ٤-٥- عملیات همپوشانی خط در چند ضلعی
شکل ٥ -٥- فرآیند همپوشانی توپولوژیکی چندضلعی در چند ضلعی
شکل ٦-٥- مثالی از عملیات همپوشانی چند ضلعی در چند ضلعی
شکل۷-٥- انواع عملیات همپوشانی توپولوژیکی چندضلعی در چندضلعی
شکل ۸-٥- فرآیند بازطبقه بندی
شکل ۹-٥-تعیین حریم برای نقطه، خط و چند ضلعی
شکل ۱۰-٥- عملیات مثلث بندی
شکل ۱۱-٥- عملیات محوریابی
شکل ۱۲-٥- عملیات تهیه شبکه تیسن
شکل ۱۳-٥- عملیات مرکزیابی

شکل ١٤-٥- عملیات اتصال
شکل١-٦ فرامین اصلی برای تولید و پردازش مدل رقومی زمین در نرم افزار ArcGIS
شکل٢-٦- رویکرد های نمونه برداری داده ارتفاعی‌زمین
شکل ٣-٦- نقطه ارتفاعی، نیمرخ و بلوک برای توصیف وسعت فیزیکی یک مدل رقومی ارتفاع
شکل ٤-٦- اثر روشهای مختلف مثلث بندی روی تولید یک مدل شبکه نامنظم مثلثی
شکل٥-٦- ساختار داده شبکه نامنظم مثلثی
شکل ٦-٦- اصول کلی سیستم سیستم موقعیت یاب جهانی و بخش های سه گانه آن
شکل٧-٦- روابط بین نقشه های منحنی میزان، مدل رقومی ارتفاع، مدل شبکه نامنظم مثلثی و مدل سازی رقومی زمین
شکل٨-٦- واسطه یابی در مدل رقومی ارتفاع و مدل شبکه نامنظم مثلثی.
شکل ٩-٦- واسطه یابی میانگین متحرک با استفاده از وزن دهی معکوس فاصله
شکل ١٠-٦- نمونه ای از واریوگرام ساده
شکل ١-٧- ویژگی های یک لایه شبکه
شکل ٢-٧- اجزائ یک شبکه
شکل ٣-٧- تعیین کوتاهترین مسیر بین A تا B
شکل ٤-٧- بهترین مسیر بین A تا B شناسایی شده با تحلیل شبکه
شکل ٥-٧- نمونه ای از تحلیل یافتن بهترین مسیر حرکت در محیط نرم افزار Arcview
شکل ٦-٧- محل رخداد آتش سوزی در یک نقط از شهر و موقیت ایستگاههای آتش نشانی مجاور برای امداد رسانی
شکل ٧-٧- نمونه ای از یافتن یهتریم نقطه برای امدادرسانی به نقطه حادثه دیده در نرم افزار
شکل ٨-٧- نمودار تخصیص منابع در شبکه منبع
شکل ٩-٧- نمونه ای از عملیات تخصیص در محیط نرم افزار Arcview
شکل ١-٨- مراحل مدل سازی در ساج
شکل ٢-٨- مدل توصیفی در ساج به منظور تشریح الگوی زیستگاه قورباغه
شکل ٣-٨- نمونه های از مدل های پیش بینی برای پیش بینی ریسک فرسایش خاک
شکل ٣-٨ نمونه های از مدل‌های واسطه‌یابی برای تولید مدل رقومی ارتفاع
شکل ٥-٨- مدل‌سازی کارتوگرافیک به منظور مکان‌یابی مراکز جدید محل‌های نگهداری کودک

شکل ٦-٨- نمونه ای از همپوشانی لایه های اطلاعاتی
شکل ٧-٨- مکان‌یابی خانه جدید بر اساس ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف با وزن‌های گوناگون
شکل ٨-٨- مراحل ترکیب لایه ها با استفاده از تخصیص وزن‌ها
شکل ٩-٨- نمودار مدل سازی ساج جهت مکان گزینی بهترین مکان یک فروشگاه جدید
شکل ١-٩- مراحل توسعه ساج همراه متمرکز به گسترده
شکل ٢-٩- معماری ساج موبایل
شکل ٣-٩- نمونه‌ای از دستگاه ساج همراه و سیستم موقعیت یاب جهانی نصب شده بر روی آن
شکل ٤-٩- نمونه‌ای از فهرست برداری از املاک و دارائیهای شهر از طریق ساج همراه

فهرست جداول

جدول ۱-۲- قابلیت ها و محدودیت های نسبی داده های برداری و رستری
جدول ۱-٦- روشهای اخذ داده رقومی زمین
جدول ۲-٦- معادلات چند جمله ای عمومی برای واسطه یابی
جدول ۱-۷- مدت زمان راه پیمایی برآوردشده در هر یک از قطعات شکل ۳-۷
جدول ۲-۷- جدول گره های پردازش شده برای هر یک از گره های شکل ۳-۷
جدول ۳-۷- مدت زمان راه پیمایی بدست آمده از تحلیل شبکه در هر یک از مسیرهای شکل ۳-۷
جدول ٤-۷- مدت زمان محاسبه شده برای رسیدن ایستگاههای آتش نشانی در شکل ۵-۷

فصل اول

تعاریف و مفاهیم پایه سیستم های اطلاعات جغرافیایی

۱-۱- مقدمه

جامعه امروزی بیش از پیش به کامپیوتر و اطلاعات کامپیوتری وابسته شده است. در طی چند دهه گذشته سیستم های بسیار پیچیده ای برای پردازش داده هایی که فقط از طریق کامپیوترها قابل نمایش می باشند ایجاد شده اند. امروزه کامپیوتری شدن، امکانات جدید و وسیعی را ایجاد نموده است که از طریق آن انسانها می توانند با محیط اطراف ارتباط برقرار کرده، آن را تحلیل نموده و تصمیم های مقتضی را بگیرند. داده های نمایش دهنده جهان واقعی می توانند ذخیره شده و پردازش شوند و بدین ترتیب فرصت تصمیم گیری بهتر را در اختیار انسان قرار دهند.

تصمیم گیری در خصوص برنامه ریزی برای استفاده از منابع موجود در سطح زمین، نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات از محیط مورد توجه می باشد که به آنها اصطلاحاً اطلاعات جغرافیایی اطلاق می شود. بطور مسلم هر قدر اطلاعات جمع آوری شده از دقت و جزئیات بیشتری متناسب با هدف مورد مطالعه برخوردار باشند تصمیم گیری ها و برنامه ریزی ها نیز از دقت بیشتری برخوردار خواهد شد. از اینرو اطلاعات جغرافیایی مبنای اصلی برای تصمیم گیری در جهت استفاده از منابع موجود در سطح زمین را تشکیل می دهند، چرا که این نوع اطلاعات می توانند برای تبیین تفاوتهای یک مکان از مکان دیگر و تصمیم گیری در مکان مشخص کمک نمایند. در واقع اطلاعات جغرافیایی به ما این امکان را می دهد که ویژگی ها، مشخصات و شرایط ویژه هر موقعیت را بکار گرفته، اتفاقات رخ داده در هر مکان را پی گیری نموده و چگونگی تفاوتهای یک مکان از مکان دیگر را درک نمائیم. با توجه به این موضوع اطلاعات جغرافیایی برای برنامه ریزی و تصمیم گیری موثر، لازم و ضروری می باشند.

با توجه به این موضوع سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] عبارت از سیستمی است که توانایی مدیریت، پردازش و تحلیل اطلاعات جغرافیایی به منظور اخذ تصمیمات مقتضی را دارد.
در فصل حاضر مفاهیم پایه این سیستم مطرح شده و چارچوب های اولیه برای آشنایی با این سیستم تبیین می گردد.

۲-۱- تعریف و مفهوم سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج)

واژه سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اولین بار در اوایل سال ۱۹۶۰ در امریکای شمالی مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا این مفهوم برای استفاده از اطلاعات جغرافیایی با بکارگیری تکنولوژی کامپیوتری ابداع و ارائه گردید. بدین ترتیب این تکنولوژی یک دانش نسبتاً جدید است که در طی پنج دهه گذشته آهنگ رشد بسیار سریعی را در جنبه های تئوریکی، تکنولوژیکی و سازمانی داشته است. امروزه محدودهٔ فعالیت این سیستم با توجه به داده های جغرافیایی مورد استفاده، طیف وسیعی از علوم را در برمی گیرد که عمده ترین آنها در زمینه های جغرافیا، علوم کشاورزی، گیاه شناسی، اقتصاد، برنامه ریزی، فتوگرامتری، نقشه برداری و ....می باشد.
گستردگی اطلاعات و تنوع کاربردها موجب شده است که تعریف ساج همواره با مشکل روبرو شود. این امر ناشی از وجود روشهای بسیار مختلف تعریف و طبقه بندی موضوعات نیز می شود. امروزه طبقه بندی بر اساس کاربرد یا عملکرد مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی شهری و یا سیستم اطلاعات زمین بطور ویژه ای توسعه یافته است ولی در عین حال تعریف آن براساس پارامترهای دیگر نیز صورت گرفته است.
در مجموع ساج به عنوان جزئی از سیستم های اطلاعات محسوب می شود. بطور مشخص این اطلاعات از تفسیر داده های خاص بیانگر ویژگی های جغرافیایی نواحی بدست می آیند. ارزش این داده ها به عوامل مختلفی همچون زمان جمع آوری، حجم اطلاعات، ذخیره و پردازش آنها وابسته است.
برای تعریف ساج رویکردهای مختلفی مطرح گردیده است که از میان آنها دو رویکرد اساسی مبتنی بر رویکرد فناوری یا تکنولوژی و رویکرد مبتنی بر الگوی حل مسئله بیشتر عنوان شده است (مالچسفکی، ۱۳۸۵). در رویکرد مبتنی بر فناوری، ساج به عنوان مجموعه ای از ابزارها تعریف می شود که برای ورود، ذخیره سازی، بازیابی، پردازش و تحلیل داده های فضایی و در نهایت خروجی

[1] Geographic Information Systems (GIS)

گرفتن از این داده ها به کار گرفته می شود. در رویکرد دوم بیشتر از آنکه یک نگاه ابزاری به ساج شود از کارکرد آن برای تصمیم گیری و تصمیم سازی یاد می شود که برای حل یک مسئله خاص فضایی مورد استفاده قرار می گیرد (فرج زاده،۱۳۸٤).

در عین حال ذکر چند تعریف ساج از نظر متخصصین مربوطه به تبیین ابعاد موضوع کمک خواهد نمود:

ـ هر مجموعه روش دستی یا کامپیوتری است که برای ذخیره و تحلیل داده های جغرافیایی زمین مرجع مورد استفاده قرار می گیرد (آرنوف، ۱۳۷۵).

– یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستم اطلاعاتی است که برای کار با داده هایی که وابستگی مکانی و جغرافیایی دارند طراحی شده است. به عبارت دیگر، یک ساج، متشکل از سیستم بانک اطلاعاتی داده های فضایی و همچنین مجموعه عملیاتی است که برای کار با این داده ها قابل طرح می باشد(استار و استس،۱۳۷٦).

ـ نوعی تکنولوژی اطلاعاتی است که داده های فضایی و غیر فضایی را ذخیره ، تحلیل و نمایش می دهد (Parker, 1988).

ـ مجموعه قوی از ابزارها است که برای جمع آوری، ذخیره، بازیابی در آینده، تغیر شکل و نمایش داده های فضایی از جهان واقعی مورد استفاده قرار می گیرد (بارو، ۱۳۷٦).

ـ سیستمی از سخت افزار، نرم افزار و روشهای طراحی شده برای تهیه، اخذ، مدیریت، دستکاری، تحلیل، مدلسازی و نمایش داده زمین مرجع فضایی برای حل مسائل پیچیده برنامه ریزی و مدیریت می باشد (Rhinol, 1989).

ـ مانند هرسیستم اطلاعات، یک ساج تجمیع سازمان یافته داده و روشها است که کمک می کند مردم در باره کارهایی که می خواهند با اشیاه یا موضوعات انجام دهند تصمیم بگیرند (Harmon and Anderson, 2003).

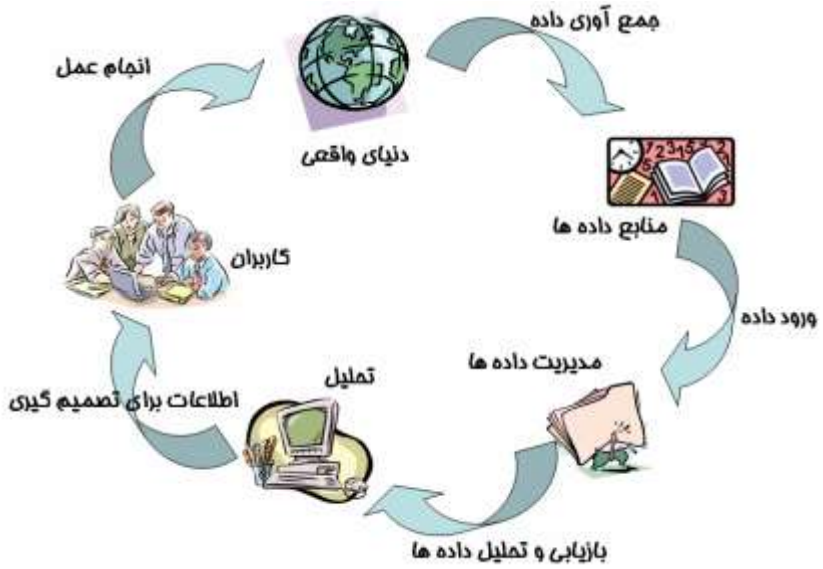
ـ یک سیستم کامپیوتری است که قادر به جمع کردن، ذخیره، دستکاری و نمایش اطلاعات مرجع دار جغرافیایی مانند معرفی داده ها بر اساس موقعیت آنها می باشد (Lo & Yeung, 2005).

ـ ساج به صورت یک سیستم رایانه ای است که مراحل ورود داده، تحلیل داده و نمایش داده را مخصوصا" زمانیکه داده زمین مرجع مورد توجه قرار می گیرد تسهیل می کند(By, 2000) .

همانطور که ملاحظه می شود هر یک از تعاریف فوق الذکر به جنبه های مختلفی از کارکردهای یک سیستم ساج اشاره نموده اند که وجه مشترک آنها توانایی سیستم در تحلیل و پردازش داده های

جغرافیایی به منظور حل مسایل فضایی مختلف مـی باشـد. از اینـرو سیسـتم اطلاعـات جغرافیـایی را می توان مجموعه ای متشکل از نرم افزار، سخت افزار، اطلاعات جغرافیایی و نیروی انسانی یا کاربری دانست که به منظوز تحلیل و پردازش داده های جغرافیایی تشکیل شده از داده های فضایی (نقشه هـا) و داده های غیر فضایی (داده های توصیفی یا داده های جدولی) مورد استفاده قرار می گیرد.

شکل ۱-۱ نشان دهنده نمای عمومی از مراحل بکارگیری ساج مـی باشـد. مرحلـه اول پیـداش یـک مسئله فضایی در دنیای واقعی است که حل مسئله مذکور نیازمند جمع آوری اطلاعات مورد نیـاز مـی باشد، با جمع آوری اطلاعات و وارد ساختن آنها به پایگاه اطلاعاتی مربوطه، بازیابی و مدیریت داده ها و سپس پردازش آنها صورت می گیرد که بدین ترتیب اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم گیری استخراج و در اختیار کاربران قرار می گیرد و در نهایت طرح ارائه شده به مورد اجراء گذاشته می شود. پـس از اجراء، موضوع پایش و نظارت بر طرحهای مذکور به همراه توجه به مسائل جدیـد مـورد توجـه قـرار گرفته و بدین شکل چرخه ساج شکل می گیرد.



شکل ۱-۱- نمای کلی از مراحل کار در ساج

کارکردهای ساج از زمان پیدایش دچار تغییرات زیادی شده و به مرور زمان بـه توانـایی هـا و قابلیـت های آن اضافه گردیده است. همانطور که برناردسون اشاره می نماید در اواسط دهه ۱۹۷۰ سیستم های کامپیوتری ویژه ای به منظور پردازش اطلاعات جغرافیایی توسعه پیدا نمودنـد کـه شـامل مـوارد زیـر می‌شد (Bernardsen, 2001):

- تکنیک های وارد کردن اطلاعات جغرافیایی و تبدیل اطلاعات به شکل رقومی،

- تکنیک های ذخیره این اطلاعات در قالب فشرده روی دیسک های کامپیوتری، لوح های فشرده و سایر ابزار ذخیره رقومی،
- روش هایی برای تحلیل خودکار داده های جغرافیایی به منظور جستجوی الگوها، ترکیب انوع مختلف داده، انجام دادن اندازه گیری ها، پیدا کردن مکانها یا مسیرهای بهینه و وظایف مهم دیگر،
- روش های ارزیابی خروجی سناریوهای مختلف مانند اثر تغییرات اقلیمی روی پوشش گیاهی،
- تکنیک هایی برای نمایش داده ها به شکل نقشه ها، تصاویر و سایر انواع خروجی ها
- توانایی هایی برای اخذ خروجی از نتایج به شکل اعداد و جداول

با توجه به ویژگی های فوق الذکر، واژه ساج به سیستمی گفته می شود که از همه توانایی ها و قابلیت های مذکور برخوردار است. بنابراین واژه ساج برای عملیات رایانه ای به منظور مدیریت داده های جغرافیایی استفاده می شود. ازاینرو یک ساج نه تنها شامل سخت افزار و نرم افزار مربوطه می شود بلکه ابزارهای خاصی را که برای وارد کردن نقشه ها استفاده می گردد را شامل می شود. توابع سخت افزاری و نرم افزاری ساج، قابلیت های مختلفی را در خصوص اخذ، تحلیل و اخذ خروجی از اطلاعات جغرافیایی در خود دارند. این قابلیت ها شامل اخذ، تغییر و یا اصلاح، گردآوری، ذخیره، بهنگام سازی و تغییر، مدیریت، بازیابی و نمایش ، تحلیل و ترکیب می شوند.

همه داده هایی که در ساج مورد استفاده و تحلیل قرار می گیرند دارای مرجع مکانی هستند یعنی به موقعیت های خاصی روی سطح زمین از طریق یک سیستم مختصات مربوط می شوند. اطلاعات جغرافیایی به طیف وسیعی از کیفیت ها و ویژگی های موقعیت های جغرافیایی وصل می شوند. این کیفیت ها ممکن است پارامترهای فیزیکی از قبیل ارتفاع زمین، میزان رطوبت خاک یا دمای اتمسفر باشند. معمولاً از واژه صفت یا خصیصه، برای ارجاع دادن ویژگی های توصیفی به مکان ها به عنوان یکی از دو پایه اصلی اطلاعات جغرافیایی در رابطه با موقعیت ها استفاده می شود.

همانطور که گفته شد یک ساج می تواند داده های زمین مرجع را پردازش نموده و پاسخهایی را برای سوالات مطرح تهیه کند. از جمله سوالاتی که سیستم قادر به پاسخگویی به آنها است می توان به بررسی ویژگی های چیستی در موقعیت مشخص، توزیع پدیده های انتخاب شده، تغییرات اتفاق افتاده از زمان تحلیل های پیشین، اثر رخداد پدیده ویژه روی روابط و الگوهای سیستماتیک ناحیه می باشد.

همچنین این سیستم می تواند تحلیل های داده های زمین مرجع را برای تعیین سریعترین مسیر حرکت

بین دو نقطه را مشخص نماید و به حل پیچیده گی های برنامه ریزی برای محاسبه قابلیت اراضی برای استفاده های ویژه کمک نماید.

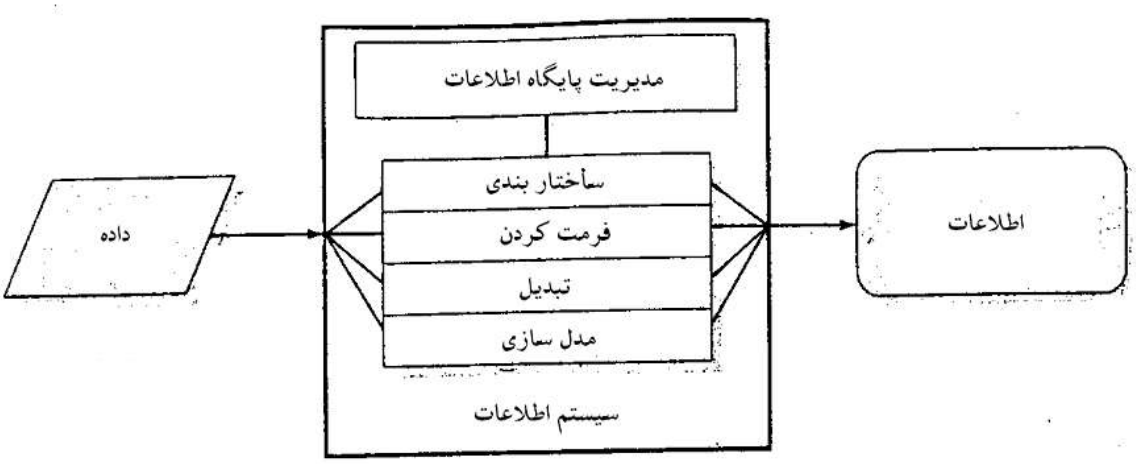
با توجه به ماهیت اطلاعات جغرافیایی که در برگیرنده اطلاعات فضایی شامل نقشه های جغرافیایی با مختصات معلوم و اطلاعات غیر فضایی شامل جدولهای توصیفی می باشند، ساج توانایی و قابلیت کار با هر دو نوع این اطلاعات را دارد. تحلیل های توأمی که بدین ترتیب روی داده های فضایی و غیر فضایی صورت می گیرد از ویژگی های منحصر به فرد سیستم های ساج محسوب می شود. بنابراین از نظر تکنیکی، یک ساج داده های جغرافیایی رقومی ذخیره شده در یک پایگاه اطلاعاتی را سازماندهی و مورد استفاده قرار می دهد. پایگاه های اطلاعاتی فقط می توانند جهان واقعی را تقریب نمایند چرا که ظرفیت ذخیره پایگاه اطلاعاتی در مقایسه با پیچیدگی های جهان واقعی بسیار کوچک است.

۳-۱- ساج و سایر علوم مربوطه

توسعه علوم مختلف رایانه ای برای پردازش داده های مختلف موجب توسعه واژگان تخصصی در طی زمان گردیده است. از جمله تعابیر ویژه ای که از یک ساج می گردد تلقی آن به عنوان یک سیستم اطلاعات است که کار تبدیل داده را به اطلاعات، همانطور که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است انجام می دهد .برای تبدیل داده به اطلاعات لازم است فرآیندهای مختلفی روی داده ها صورت گیرد که تغییر ساختار و فرمت و مدلسازی روی داده ها در جهت مورد استفاده از مهمترین آنها می باشد. پس از انجام این تحلیل، اطلاعات مورد نیاز در اختیار کاربر قرار می گیرد.

مهمترین ویژگی ساج در میان علوم سیستم های اطلاعات، فضایی بودن آن است در حالیکه برخی از سیستم های اطلاعات فضایی مانند سیستم های طراحی به کمک کامپیوتر[1] هرچند که اطلاعات فضایی را استفاده می کنند اما آنها از نظر هدف و الزامات پردازش داده با ساج تفاوت دارند. بنابراین سیستم های اطلاعات فضایی برای پردازش و تحلیل داده های جغرافیایی یا داده مرجع دار جغرافیایی می تواند تحت عنوان ساج تلقی شود.

[1] computer assisted drafting (CAD)



شکل ۲-۱- تغییر شکل داده به اطلاعات با استفاده از سیستم اطلاعات (Lo & Yeung, 2005).

با توجه به این موضوع داده های جغرافیایی نوع خاصی از داده های فضایی هستند که با دو ویژگی منحصر بفرد زیر مشخص می شوند :

۱ ـ ارجاع به فضای جغرافیایی، بدین معنی که داده ها به یک سیستم مختصات جغرافیایی قابل قبول تعلق دارند،

۲ ـ نمایش در مقیاس جغرافیایی مشخص می باشد، بدین معنی که داده ها به طور طبیعی در یک مقیاس نسبتاً کوچک ثبت شده و در نتیجه باید تعمیم یافته و با سمبل نشان داده شوند.

در سطح کاربردی، ساج اغلب بوسیله نامهای مختلف نامیده می شود. برای مثال سیستم اطلاعات زمین[1] ، سیستم اطلاعات جغرافیایی شهری[2] ، سیستم اطلاعات خاک[3] . یعنی تخصیص هر یک از نامها به لحاظ حوضه های تخصصی کاربرد تعریف می شود. بدین ترتیب سیستم اطلاعات خاک صرفاً به جمع آوری و تحلیل اطلاعات فضایی و غیر فضایی مربوط به خاک های یک منطقه پرداخته و سعی دارد شرایط خاک های مختلف را از نظر کاربرد در مسایل کشاورزی تحلیل نماید. در عین حال باید تاکید کرد که علی رغم تفاوت در نامهای سیستم، همه این سیستم ها در مفاهیم کلی ساج با یکدیگر مشترک بوده و توابع تحلیلی مورد استفاده در آنها از مشابهت های زیادی برخوردار می باشد.

[1] Land Information Systems
[2] Urban geographic Information System
[3] Soil information system

سیستم های ساج با سایر علوم کامپیوتری مانند سیستم های مدیریت پایگاه اطلاعات، سیستم های سنجش از دور ، سیستم های طراحی به کمک کامپیوتر و سیستم های کارتوگرافی کامپیوتری سیستم های تحلیل آماری، قرابت های زیادی را نشان می دهد، ولی با توجه به مفاهیم ساج، این سیستم به عنوان سیستم مستقل و جداگانه ای محسوب می شود. سیستم های طراحی بوسیله کامپیوتر، جزو سیستم های گرافیکی محسوب می شود که با استفاده از نشانه ها یا سمبل ها، ویژگی های جغرافیایی مختلف را نمایش می دهد. سیستم مزبور قادر است روابط ساده توپولوژیکی را ارائه نماید. سیستم های کارتوگرافی کامپیوتری بطور عمده برای بازیابی، طبقه بندی و ساخت نشانه یا سمبل ها تمرکز پیدا می کند و بیشتر به نمایش، بازیابی و تحلیل های ساده اکتفا می کند. این سیستم ها دارای توانایی های زیادی برای طراحی نقشه ها و تولید انواع مختلف خروجی های کامپیوتری هستند. سیستم مدیریت بانک های اطلاعاتی، سیستم های نرم افزاری پیشرفته ای هستند که برای ذخیره، بازیابی داده های غیر گرافیکی یعنی جدول های اطلاعاتی مورد استفاده قرار می گیرند. به همین جهت قابلیت گرافیکی بسیار محدودی را دارا هستند و فاقد عملکردهای لازم برای تحلیل های فضایی هستند.
سیستم های سنجش از دور نیز که برای جمع آوری، ذخیره، مدیریت و نمایش داده های سلولی یا رستری بکار می روند، که داده های خود را از طریق سنجنده های تعبیه شده بر روی ماهواره ها بدست می آورند. اکثر سیستم های سنجش از دور دارای کارآیی محدودی برای کار با داده های برداری هستند و ارتباط ضعیفی را با سیستم مدیریت بانک های اطلاعاتی برقرار می کنند. در رابطه با سیستم های تحلیل آماری نیز این سیستم ها امکان ارزیابی خصیصه ها و اطلاعات موقعیتی پدیده ها را ممکن نمی سازد.
همه سیستم های ذکر شده دارای سابقه بسیار بیشتری از ساج هستند، ولی بین سیستم های مذکور و سیستم ساج نقاط مشترک زیادی وجود دارد. سیستم های ساج از ویژگی خاصی برخوردارند که سیستم های دیگر فاقد آن هستند. ویژگی اصلی ساج این است که این سیستم بر روی کارکردهای تحلیلی، کارآیی بسیار زیادی دارد. همانطور که قبلا گفته شد قابلیت ساج برای تحلیل توام داده های فضایی و غیر فضایی، به عنوان یک عامل راهنما در تعریف آن محسوب می شود و به همین جهت به عنوان یک ویژگی منحصر به فرد که ساج را از سایر سیستم های درگیر در امر تولید نقشه و یا تحلیل فضایی داده های توصیفی متمایز می سازد قلمداد می کنند و از اینرو ساج بطور کلی به عنوان یک زیر مجموعه از سیستم های فوق و نه به عنوان یک سیستم بزرگ می باشد.

امروزه چندین واژه از قبیل ژئوماتیکس[1] و مهندسی ژئوماتیک[2] برای و ژئوانفورماتیکس[3] برای فعالیت های مرتبط با اطلاعات جغرافیایی استفاده می شوند. این واژه ها عمدتا" برای بیان رویکرد عمومی که اطلاعات جغرافیایی جمع آوری، مدیریت و بکارگرفته می شوند مورد استفاده قرارمی گیرند. همانند علوم نقشه برداری، فتوگرامتری، سنجش از دور و کارتوگرافی، ساج یک جزء مهم ژئوماتیک محسوب می شوند.

به هنگامی که ساج شاخه ای از تکنولوژی اطلاعات[4] قلمداد می شود، رشته های مختلف علمی پیرامون آن بتدریج به صورت حوزه ویژه ای از مطالعه علمی شده که تشکیل علم اطلاعات جغرافیایی[5] را می دهد .

به هرحال تمرکز اصلی در تعریف ساج به ابزاری با توانایی تحلیل اطلاعات جغرافیایی به منظور حل مسایل فضایی قلمداد می شود و همین مفهوم در سراسر این کتاب مورد توجه بوده و شیوه تنظیم سر فصل ها نیز بر همین مبنا بوده است.

٤-١- تاریخچه و تحول ساج

ساج، شاخه نسبتاً جدید از فن آوری اطلاعات محسوب می شود. واژه ساج تا اوایل دهه ١٩٦٠هنگامی که سیستم اطلاعات جغرافیایی کانادا توسعه یافت ناشناخته بود. در طی دوره های اخیر مفهوم و توابع ساج دچار تغییرات و دگرگونی های شدیدی شده است .این تحولات در سه دوره زیر قابل بررسی است (Lo & Yeung, 2002):

١-٤-١- سالهای ابتدایی در بین دهه های ١٩٦٠ و ١٩٧٠

عمده ترین تحول اتفاق افتاده در این دوره استفاده از ساج برای تهیه نقشه با بکارگیری رایانه بوده است. بدین معنی که کارهایی که بیشتر با عملیات دستی برای تولید نقشه صورت می گرفت با استفاده از توابع کارتوگرافیکی ساج بهبود یافت. بدین ترتیب پردازش حجم وسیع اطلاعات جغرافیایی و نمایش پراکندگی موضوعات مختلف که از محورهای اصلی مطالعات جغرافیایی محسوب می گردد توسعه یافت و جغرافیدانان توانایی تحلیل های بهتری را یافتند. سازمانهای درگیر در این دوره عمدتاً

---

[1] geomatics
[2] geomatic engineering
[3] geo-informatics
[4] information technology
[5] geographic information

دولت ها، دانشگاه ها و ارگانهای نظامی بودند که هریک حسب وظایفی که بر عهده داشتند سعی در توسعه ابزارهای ساج و جمع آوری داده های مورد نیاز برای تشکیل پایگاه اطلاعاتی را انجام می دادند. علاوه بر استفاده از ساج برای تولید نقشه، در این دوره تحلیل و مدیریت زمین به منظور مکانیابی اراضی مناسب برای توسعه و اهداف خاص توسعه یافت و به مرور زمان بهبود یافت.

۲-٤-۱- سالهای بلوغ تکنولوژی از اوایل دهه ۱۹۸۰ تا اواسط دهه ۱۹۹۰

توسعه و نشر مفهوم توپولوژی به صورتیکه برای داده فضایی بکار گرفته شده بود یک عامل اصلی در توسعه ساج و تکنیک آن ایجاد نمود. در چارچوب ساختار داده جغرافیایی، توپولوژی به روابط فضایی مجاورت[۱] ، اتصال[۲] و مشمول بودن[۳] در میان ویژگی های توپوگرافی ارجاع داده می شود. با استفاده از مفهوم توپولوژی، داده جغرافیایی می تواند به صورت ساختار ساده یعنی با توانایی نمایش خصیصه های آنها؛ یعنی آنها چه چیزی هستند، موقعیت ها؛ یعنی آنها در کجا هستند، روابط آنها؛ یعنی آنها چگونه به صورت فضایی به یکدیگر وصل می شوند ذخیره شود.

این موضوع به طور معنی دار، پیچیده گی بکارگیری داده جغرافیایی را برای تحلیل های فضایی کاهش داده و از اینرو ایجاد ساج برای اجراء و استفاده آسانتر می شود .

در سال ۱۹۸۲ موسسه پژوهشی سیستم های محیطی[٤]، نرم افزار Arc Infoرا روی رایانه ها ارائه کرد. این نرم افزار ساج، یکی از اولین ساج ها بر پایه برداری برای استفاده از مدل داده زمین رابطه ای[٥] بود که یک رویکرد دوگانه را برای پردازش داده جغرافیایی ارائه می کرد. در این رویکرد، داده جغرافیایی با استفاده از ساختار داده توپولوژیکی ذخیره می شود. در حالیکه داده خصیصه ای با استفاده از ساختار داده جدولی ذخیره می شود. در این دوره رویکرد داده گرا[٦] توسعه ساج، راه توسعه ساج را تغییر می دهد. این رویکرد به یکپارچه سازی داده جغرافیایی سلولی و برداری به صورت یکپارچه سازی داده جغرافیایی با سایر انواع داده های تجاری منجر می شود.

توسعه ساج به طور وسیعی با رشد فزاینده تکنولوژی رایانه ای در دهه ۱۹۹۰ همراه می شود. با پیشرفت در توسعه سیستم های عامل، گرافیک رایانه ای، سیستم های مدیریت پایگاه اطلاعاتی، روابط

---

[1] adjacency
[2] connectivity
[3] containment
[4] Environmental Systems Research Institute (ESRI)
[5] georelational
[6] data-oriented

متقابل انسان ـ رایانه و طرح عامل ارتباط گرافیکی کاربر[1]، ساج دارای کاربردهای چند جانبه می شود. در همان زمان، تکنیک های کمی و تحلیلی در علوم اجتماعی و فیزیکی توسعه پیدا کـرده و داده هـای بیشتری برای جنبه های مختلف فعالیت های انسانی و محیطی جمع آوری می شود که نیاز برای یافتن ابزارهای مناسب برای گرفتن مزایای تکنیک هـای جدیـد بیشـتر از گذشـته مـی گـردد. در ایـن دوره کاربردهای ساج که به حیطه های سنتی مدیریت اراضی و منابع محدود شده بود، به آرامـی بـه حیطـه های جدید که شامل مدیریت تسهیلات، ناوبری وسـایل نقلیـه و سیسـتم تصـمیم گیـری در مـدیریت تجارت توسعه می یابد.

در حالیکه کاربردهای ساج به صورت متنوعی افزایش پیدا می کند، پیچیده گی کار نیز بیشتر می شود. سیستم پشتیبانی تصمیم گیری فضایی به صورت تـدریجی بـا مـدیریت داده بـه عنـوان کـاربرد اولیـه عملکرد ساج مطرح بود جایگزین می شود. در این دوره است که فعالیت های ساج جنبه اقتصـادی بـه خود می گیرد.

در کل در اواسط دهه ۱۹۹۰ ساج یک موضوع نسبتاً توسعه یافته بر حسب تکنولوژی و کاربردهـای آن می شود. توسعه نرم افزارهای گرافیکی و پردازش تصویر در این دوره بسیار چشـمگیر بـوده و انتشـار کتاب ها و نشریات، کنفرانس و شرکت تخصصی مربوط به ساج توسعه زیادی پیدا می کند.

۳-٤-۱- عصر آغاز زیر ساخت اطلاعات جغرافیایی در اواسط دهه ۱۹۹۰

از اواسط دهه ۱۹۹۰، توسعه ساج وارد عصر جدیدی تحت عنوان زیـر سـاخت اطلاعـات جغرافیـایی می گردد. مفهوم زیرساخت اطلاعات در اوایل دهه ۱۹۹۰ به هنگـامی کـه دولـت ایـالات متحـده زیـر ساخت اطلاعات ملی را پیشنهاد کرد آغاز شد. هدف این طرح تهیه زمینـه دسترسـی همـه شـهروندان ایالات متحده به اطلاعاتی بود که در زندگی آنها تأثیر گذار بود. از آنجائیکه اطلاعات جغرافیـایی روی نیمی از سرویس های عمومی و فعالیت های اقتصادی جامعه تأثیر گذار بود از اینرو این نـوع ویـژه از اطلاعات یک جزء ویژه زیر ساخت اطلاعات ملی گردید. بدین معنی که اطلاعات جغرافیایی می بایـد به همان صورتی که سایر زیر ساخت های سیاسی و اقتصادی جامعه مانند بزرگراهها و پل هـا، شـبکه انرژی و ارتباطات و سیستم های آموزش مورد توجه قرار می گیرد بایـد در دسـتور کـار قـرار گیـرد. مفهوم زیر ساخت اطلاعات جغرافیایی می تواند به صورت جهـانی نیـز در زمینـه هـای مهمـی ماننـد

[1] graphical user interface(GUI)

راهبری بین المللی، حمل و نقل هوائی و دریایی، پیش بینی هوا، مخاطرات طبیعی و تغییر جهانی بکار گرفته شود.

می توان گفت که مفهوم زیرساخت اطلاعات جغرافیایی یک انقلاب منطقی فلسفی و تکنولوژیکی را در توسعه ساج باعث گردیده است. بدین ترتیب که استفاده ساده از مجموعه ابزارهای نرم افزاری برای پردازش و تحلیل داده های جغرافیایی به صورت محلی، امروزه ساج را به عنوان دروازه ای برای دسترسی و یکپارچه سازی داده های جغرافیایی از منابع مختلف درآورده است. اکنون برای مردم عادی، استفاده از ساج برای اطلاع از شرایط هوا و ترافیک قبل از عزیمت آنها از محل زندگی خود و یا نزدیکترین دستگاه خودپرداز به هنگامی که آنها به پول نیاز دارند و یا یافتن اطلاعات در مورد کشور یا شهری که آنها می خواهند دیدن کنند به صورت امری عادی در آمده است. بازرگانان از ساج برای شناسایی محل هایی که آنها می توانند فروشگاه های جدید خود را تأسیس کنند و برای یافتن بهترین مسیر برای حمل کالاها و خدمات استفاده می کنند مورد توجه قرار گرفته است. همچنین ساج یک ابزار مفید برای ادارات دولتی است که از آن برای مدیریت اراضی و منابع طبیعی، پایش محیط زیست، ارزیابی استراتژیهای توسعه اقتصادی و اجتماعی، اجرای قوانین و دستورات و ارائه سرویس های اجتماعی استفاده کنند.

۵-۱- اجزاء ساج

معمولاً ساختار و ارکان ساج توسط ارکان ورودی، پردازش وتحلیل و خروجی تشریح می گردد. در قسمت سیستم اطلاعات، ساج دارای ٤ رکن تحت عنوان داده، فن آوری، کاربرد و جمعیت است که در قسمت های زیر توضیح داده می شود.

۱-۵-۱ جزء داده ساج

داده های جغرافیایی، موقعیت ها و ویژگی های پدیده های طبیعی یا فعالیت های انسانی را که روی سطح زمین مشاهده می شوند را ثبت می کنند. این فرم ثبت به صورت نقشه نمود پیدا می کند. شاید بتوان گفت که نقشه شناخته ترین شکل نمایش داده های جغرافیایی است. یک نقشه دربرگیرنده گروهی از نقاط، خطوط و نواحی است که نسبت به یک سیستم مختصات مشترک زمین مرجع شده اند.

اطلاعات جغرافیایی دارای چهار جزء اصلی به شرح زیر هستند(آرنوف،۱۳۷۵):

- موقعیت جغرافیایی

داده های فضایی به شکل داده های فضایی هستند که در آن هر عارضه دارای موقعیتی خاص است. موقعیت ها بوسیله سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی، UTM و یا سایر سیستم های مختصات محلی ساده ثبت می گردند(به فصل مربوطه مراجعه شود). برای بکارگیری لایه های اطلاعاتی در محیط ساج لازم است کلیه داده ها از مختصات مشترکی برخوردار باشند تا امکان انطباق آنها با یکدیگر وجود داشته باشد. از نظر دقت نیز ممکن است داده های موقعیتی از موقعیت ها ی مختلفی برخوردار باشند.

- توصیفات

دومین مشخصه از داده های جغرافیایی توصیفات آنهاست که در آن کلیه خصوصیات مربوط به اشیاء و پدیده ها جمع آوری و ذخیره می شود. بطور مثال عرصه منطقه جنگلی دارای توصیفاتی مانند ترکیب گونه ای، ارتفاع متوسط درختان و آخرین تاریخ قطع درختان می باشد که این توصیفات را اصطلاحا" توصیفات غیر فضایی می نامند.

- ارتباط فضایی[1]

سومین مشخص داده های جغرافیایی ارتباط های فضایی بین عوارض جغرافیایی است. این ارتباطات زیاد و پیچیده می باشند. برای مثال دانستن تنها موقعیت ایستگاههای آتش نشانی کافی نیست بلکه میزان نزدیکی شیرهای آتش نشانی به محل آتش نیز اهمیت دارد. شخص به هنگام مشاهده عینی نقشه یا منطقه قادر به درک این ارتباطات می باشد اما برای رایانه این ارتباطات می‌باید به حالت قابل استفاده در رایانه درآید. این ارتباطات در قالب مباحث توپولوژی مطرح می‌گردد که در فصل بعدی مورد بحث قرار می گیرد.

- زمان

[1] spatial relationships

اطلاعات جغرافیایی نسبت به یک نقطه در زمان یا یک دوره زمانی سنجیده می شوند. دانستن زمان جمع آوری داده های جغرافیایی می تواند برای استفاده بجای آن داده ها بسیار مهم باشد. برای مثال ناحیه ای می تواند در یک سال پوشیده از درخت باشد و در سال بعد تمام درختان آن قطع شده باشد. نمایش زمان در ساج سطح پیچیده گی را افزایش می دهد و برای برخی موضوعات که حالت دینامیک دارد در نظر گرفتن آن ضرورت دارد.

در رابطه با ماهیت و کاربرد، داده های جغرافیایی می توانند به سه گروه متمایز تحت عنوان، شبکه کنترل ژئودتیک[1] ، پایه توپوگرافی[2] و همپوشانی گرافیکی[3] تقسیم می شود.

شبکه کنترل ژئودتیک پایه و اساس همه داده های جغرافیایی محسوب می شود. این شبکه چهارچوبی را ایجاد می کند که مجموعه های مختلف داده های جغرافیایی می توانند به صورت فضایی با یکدیگر هم مرجع[4] شوند. شبکه مزبور با استفاده از روش های نقشه برداری بصورت دقیق در سطوح مختلف تهیه شود که در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است.

معمولاً داده های جغرافیایی به صورت لایه های جداگانه در داخل پایگاه جغرافیایی براساس ساختار داده های نرم افزارهای انحصاری سازماندهی می شوند. هر نرم افزار دارای فرمت خاصی برای ذخیره داده ها است که در عین حال امکاناتی برای تبدیل داده ها در آنها تعبیه شده است. داده های جغرافیایی عموماً از فرمت برداری یا سلولی برخوردار هستند (به فصل دوم رجوع شود) که متناسب با هریک از این فرمت سیستم های پردازش متفاوتی در نرم افزارهای ساج وجود دارد.

ورود و بهنگام سازی داده ها غالبا "پرهزینه ترین و زمان برترین قسمت از هر پروژه ساج است و تقزیبا "در حدود ۸۰ درصد از زمان اکثر پروژه های ساج بزرگ مقیاس به ورود و مدیریت داده ها اختصاص دارد(هایوود و همکاران، ۱۳۸۱).

مسایل اصلی که امروز در این داده ساج مطرح می باشد عبارت است از :تبادل داده ها، کیفیت و استانداردها که بیشتر از مسایل ایجاد داده، ساختار و نوع مورد توجه می باشد.

۲-۵-۱- جزء تکنولوژی یا فنآوری ساج

---

[1] geodetic
[2] topographic base
[3] graphical overlays
[4] cross-referenced

جزء تکنولوژی ساج، سخت افزارها و نرم افزارهای مورد استفاده را تشریح می کند. سخت افزار ساج پیکربندی[1] و تجهیزات جانبی اخذ، ذخیره، تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی را تشریح می کند.
قلب معماری سخت افزار ساج، واحد پردازش مرکزی رایانه است که کلیه اعمال رایانه را از نظر ورودی، خروجی و پردازش تحت کنترل دارد و دارای قدرت های متفاوتی است که ساج در همه قدرتهای مختلف آن با کارایی های گوناگون قابل راه اندازی است.
معمولاً بکار گیری ساج در ایستگاههای کاری ثابت[2] صورت می گیرد. ولی امروزه برخی از ساج ها در محیط شبکه با استفاده از مدل خادم /سرور[3] کار می کنند. در این شبکه، سرور کامپیوتری است که داده و نرم افزار در آن ذخیره شده است و خادم رایانه ای است که در آن کاربر به سرور دسترسی دارد. هر یک از برنامه های کاربردی می تواند در سرور و مخدوم یا رایانه مخدوم اجراء شود. در محیط خادم /مشتری، یک مشتری می تواند به چندین سرور دسترسی داشته باشد و بطور مشابه یک سرور می تواند به مقداری از مشتری‌ها در همان زمان سرویس ارائه کند.
ساج برای ارتباط بین داده های گرافیکی و نرم افزار مدیریت پایگاه اطلاعاتی[4] از نرم افزار حد وسط استفاده می کند که این شکل از پیکربندی نرم افزار به مدل داده زمین رابطه ای[5] معروف است. در حال حاضر این رویکرد در حال تبدیل شدن به رویکرد شیء رابطه ای[6] است .در این مدل جدید، هر دو داده های گرافیکی و داده های تشریحی یا توصیفی در یک پایگاه اطلاعاتی واحد ذخیره می شوند. این ساختار به کاربر اجازه می دهد حقایق را درباره دنیای واقعی معرفی کرده و آنها را به صورت موضوعات جغرافیایی که برای پردازش و تحلیل داده های جغرافیایی مفید است معرفی کند(به فصل دوم رجوع شود).
همچنین در ساج امروزی، رویکرد جعبه ابزار[7] مد نظر قرار گرفته که در آن نرم افزار به ابزارهای پردازش استانداردی مجهز می شود و کاربر می تواند بر اساس نیاز خود این جعبه ابزار را برای نوشتن برنامه های مختلف توسعه دهد. به همین جهت ساج در حال حرکت به یک ساج باز[8] است که در این رویکرد، کاربر بر حسب نیاز خود می تواند برنامه های کاربردی را در محیط و بستر ساج برنامه

---

[1] configuration
[2] stand-alone
[3] client/server
[4] Data Base Management System (DBMS)
[5] geo-relational
[6] object – relational
[7] toolbox approach
[8] open GIS

نویسی نماید. اکنون ایجاد نرم افزار کاربر با زبانهای برنامه نویسی مانند Visual Basic, Visual CTFامکان پذیر گشته است.

۳-۵-۱- جزء کاربرد ساج

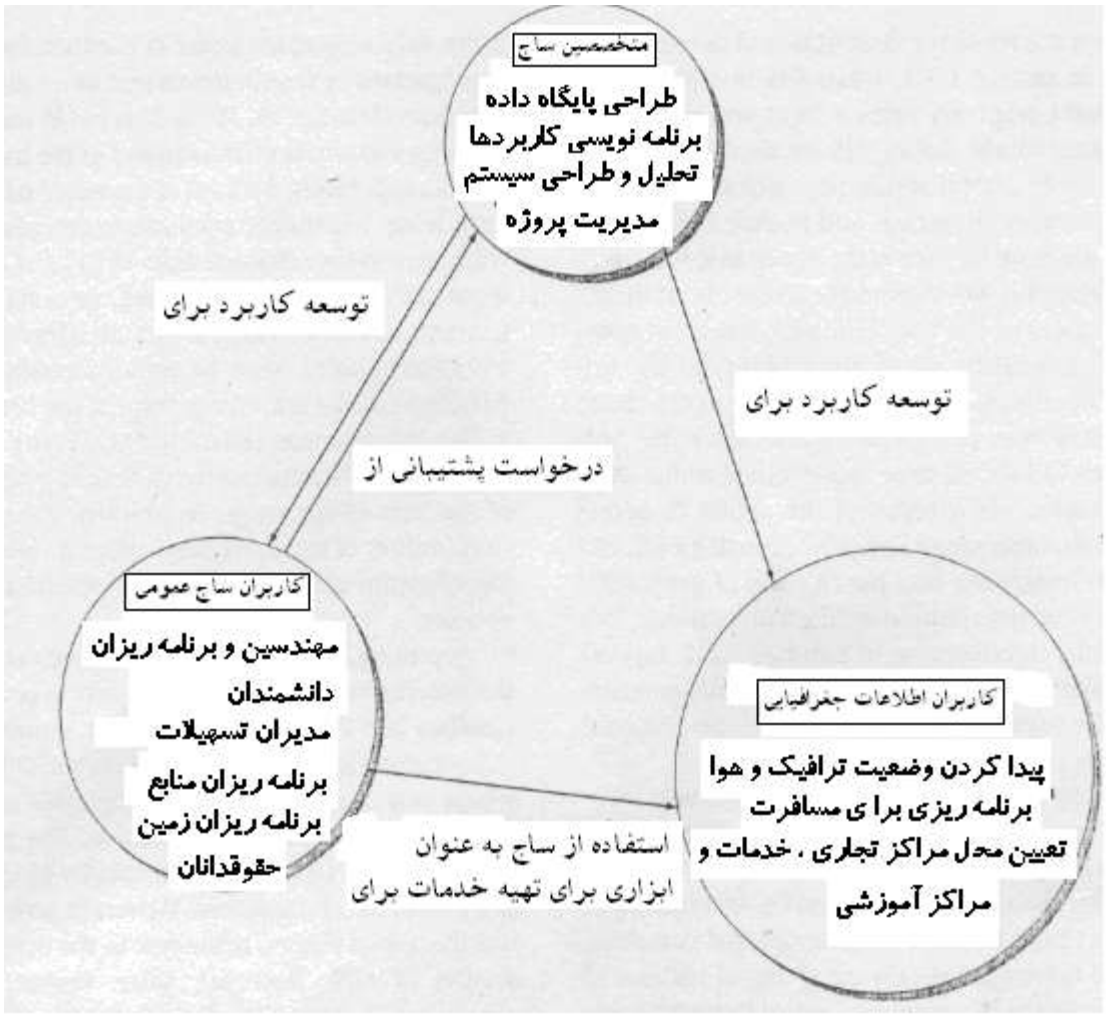
جزء کاربرد می تواند از سه نقطه نظر محدوده کاربرد، ماهیت کاربرد و رویکردهای اجزاء مورد بررسی قرار گیرد. همانطورکه قبلاً گفته شد در زمان اولیه توسعه ساج روی مسائل مدیریت منابع طبیعی و کاربری اراضی متمرکز گردید که این حیطه به مرور زمان دچار تغییر شد. در حال حاضر ساج در حیطه های مختلف علمی، تجارت، دولتی، صنعت و نظامی دارای کاربردهای فراوانی گردیده است.

٤-۵-۱- جزء مردم ساج

در گذشته بندرت کاربران به عنوان جزئی از یک ساج محسوب می شدند چرا که مشخصات جامعه استفاده کننده در روزهای اولیه ساج بشدت ساده بود. کاربران زیادی کاربردهای ساج را با کمک یک یا چند متخصص برنامه نویسی کامپیوتر برای استفاده شخصی توسعه دادند. برخی نیز از سیستم های آماده که توسط نرم افزارها قابل استفاده بود، استفاده کردند. استفاده از کاربرد ساج ویژه معمولاً به مقدار اندکی از مردم محدود می شد.

در سالهای اخیر توجه به عامل انسانی یا کاربر در ساج بسیار بیشتر شده است. برپایه نیازهای اطلاعاتی کاربران، آنها می‌توانند به سه گروه متخصصین، کاربران عمومی و استفاده کنندگان عام یا ناظرین[1] طبقه بندی می‌شوند(شکل۳-۱).

[1] viewers



شکل ۳-۱- کاربران ساج و روابط آنها (Lo & Yeung, 2005)

متخصصین ساج مردمی هستند که واقعاً کار ساج را انجام می دهند. آنها شامل مدیران ساج، طراحان پایگاه اطلاعاتی، متخصصین کاربرد، تحلیل گر سیستم و برنامه نویسان هستند. آنها عهده دار حفظ پایگاه اطلاعات جغرافیایی هستند و حمایت تکنیکی دو گروه دیگر از کاربران را انجام می دهند. همچنین آنها کاربردهای سیستم را برای تحلیل ها و مدلسازی داده فضایی پیشرفته انجام می دهند و محصولات اطلاعات را بر حسب ویژگی های سایر کاربران تولید می کنند. هرچند متخصصین ساج معمولاً از نظر تعداد خیلی کم هستند، نقش بسیار مستقیمی را در موفقیت اجرای ساج در یک سازمان دارند.

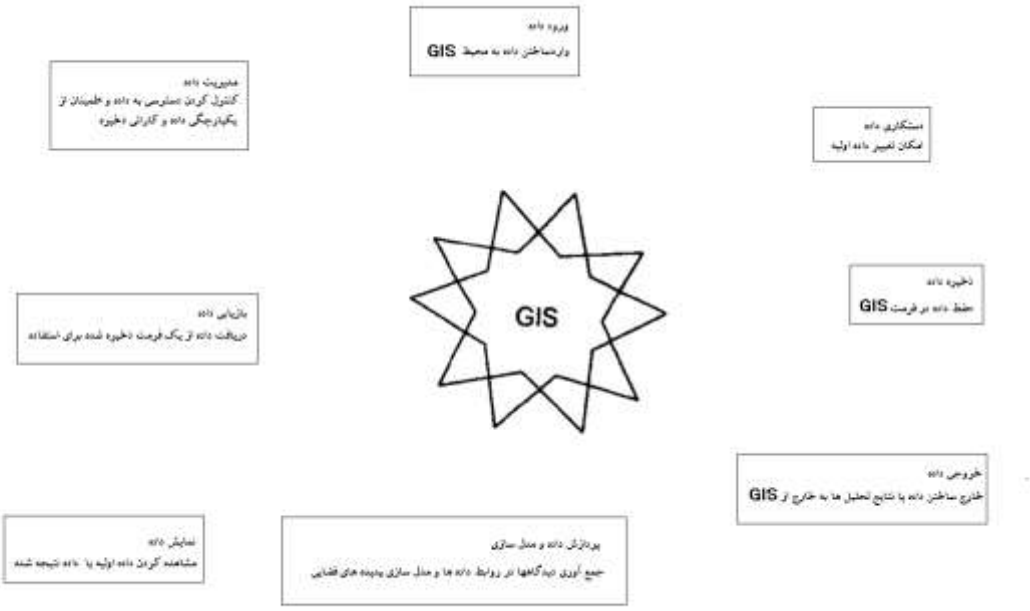
کاربران عمومی مردمی هستند که از ساج برای انجام امور تجارت، انجام خدمات حرفه ای و تصمیم گیری ها استفاده می کنند. این گروه از کاربران شامل مدیران ارائه تسهیلات، طراحان منابع، دانشمندان،

مهندسین، حقوقدانان و سیاستمداران می شود. تنوع عضویت کاربران عمومی بدین معنی است که ممکن است نیازهای آنها در میان یکدیگر قابل توجه باشد که از سوالات فضایی نسبتاً ساده تا مدلسازی های بسیار پیچیده زمانی ـ مکانی تغییر کند. برخلاف ناظرین، کاربران عمومی کاربران فعالی محسوب می شوند.

استفاده کنندگان تعداد زیادی از عموم مردم هستند که فقط به پایگاه اطلاعات جغرافیایی برای تکمیل اطلاعات خود نیاز دارند. ناظرین در کل کاربران مجهولی هستند که نقش فعالی را در طراحی و کارکرد ساج بازی نمی کنند. با وجود این چون ناظرین احتمالاً شامل بیشترین گروه کاربران ساج می شوند پذیرش یا رد تکنولوژی توسط آنها می تواند اثرات بسیار معنی داری روی توسعه ساج در کل داشته باشند.

با توجه به اجزا ء مذکور هر سیستم ساج نیازمند توابع ویژه ای برای پردازش داده های مکانی است. این توابع عملیاتی که در شکل ٤-١ نشان داده شده است عبارتند از :

- توابع ورود داده ها به منظور وارد ساختن اطلاعات فضایی، توصیفی و ...به پایگاه داده ها،
- توابع ویژه دستکاری در داده ها که امکان تغییرات در داده های اولیه ورودی را میسر می سازد،
- توابع ذخیره داده ها که به منظور حفظ داده ها در فرمت ساج استفاده می شود،
- توابع خروجی گرفتن از داده های موجود پایگاه داده و پردازش های صورت گرفته،
- توابع پردازش و مدلسازی که به منظور انجام پردازش های لازم و تحلیل های مکانی مورد استفاده قرار می گیرد،
- توابع نمایش داده ها که به منظور نمایش بصری آنها در نمایشگر رایانه استفاده می شود،
- توابع بازیابی داده که به منظور استخراج و بازیابی داده ها به شکل های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد
- توابع مدیریت دادهها که به منظور کنترل شیوه های دسترسی به داده ها توسط کاربران مختلف و اطمینان از کارایی و دقت داده های ذخیره شده در پایگاه داده مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ٤-١- توابع عملیاتی سیستم های ساج(Delaney, 1999)

٦-١- رویکردهای مختلف مطالعه ساج

اکنون ساج با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد. دانشجویان زیادی ساج را به طور ساده به عنوان یک رشته حرفه ای مطالعه می کنند، سایرین ساج را برای تهیه کار به عنوان یک متخصص تعلیم می بینند. افراد حرفه ای زیادی در محدوده های متنوعی ساج را به منظور یادگیری یک مجموعه جدید از ابزارهای نرم افزاری که بطور فزاینده ای در محیط های کاری استفاده می شود آموزش می بینند.

از ابتدای شکل گیری ساج بیشتر رویکرد علمی برای ساج مطرح بود. همزمان با وقوع انقلاب کمی در جغرافیا در دهه ١٩٦٠، ساج نیز در گروه های جغرافیا از توسعه زیادی برخوردار گردید و امروزه تقریباً هیچ گروه جغرافیایی را نمی توان یافت که در آن درس ساج ارائه نشود. تا اواخر دهه ١٩٦٠ ساج بیشتر در دوره های کارشناسی امریکا ارائه می شد در حالیکه اکنون در دوره های تحصیلات تکمیلی جایگاه مهمی را بخود اختصاص داده است و هدف اصلی از برگزاری ساج در دوره های تحصیلات تکمیلی تربیت متخصصین ساج با شرحی که در بخش های پیشین به آن اشاره شد است. علاوه بر گروه های جغرافیا، درس ساج در گروههای علوم محیطی و علوم زمین نیز تدریس می شود و تقریباً مطالعاتی که در حوضه های مذکور صورت می گیرد با توسل به توانایی های ساج می باشد.

رویکرد دیگر برای مطالعه ساج مطالعه آن به عنوان شـاخه ای از فـن آوری اطلاعـات اسـت. در ایـن رویکرد مهارتهای تکنیکی از قبیل برنامه نویسی برنامه های کاربردی، طراحی و ایجاد پایگاه اطلاعاتی، پیاده سازی سیستم ها و پشتیبانی کاربر مدنظر می باشد. به عبارت دیگر با توجـه بـه تقاضـای جامعـه برای آشنایی و بکارگیری ساج، رویکرد فن آوری اطلاعات به آموزش عموم برای ایجاد یک سیستم و اطمینان از کار آن می باشد.

فصل دوم

پایگاه داده جغرافیایی

۱-۲- مقدمه

در فصل پیشین ذکر گردید که هر نوع پایگاه اطلاعات جغرافیایی در برگیرنده دو گروه اصلی از داده‌ها شامل داده‌های فضایی یا نقشه‌ای و داده‌های غیر فضایی یا توصیفی می‌باشد که مزیت اصلی یک سیستم ساج امکان برقراری ارتباط بین این دو جزء اصلی از داده‌ها می‌باشد. این مزیت بسیار مهم، توان و قابلیت با ارزشی را که به عنوان یک ویژگی منحصر به فرد برای سیستم ساج محسوب می‌شود در اختیار کاربران قرار می‌دهد که بتوانند تحلیل‌های توام این دو نوع اطلاعات را به صورت یکپارچه انجام دهند و متناسب با تحلیل صورت گرفته خروجی‌های دلخواه خود را اخذ نمایند.

برای شکل‌گیری این دو نوع اطلاعات در رایانه و نهایتا" تشکیل پایگاه داده جغرافیایی لازم است ماهیت و ساختار متفاوت هر یک از داده‌های نقشه‌ای یا فضایی (متشکل از دو مدل رستری[1] و برداری[2] مورد بررسی قرار گیرد و نحوه برقراری ارتباط بین داده های فضایی و توصیفی تشریح شود. فصل حاضر به مهمترین مفاهیم مدل داده‌ها پرداخته و سعی نموده با ارایه مثال‌های عملی نحوه شکل‌گیری این ساختارها را در رایانه‌ها تبیین نماید.

---

[1] raster
[2] vector

۲-۲- مدل سازی دنیای واقعی

داده های رقومی جغرافیائی نمایش عددی از ویژگی ها و پدیده های دنیای واقعی می باشند که با استفاده از ابزار ویژه به صورت کد درآمده اند. به منظور انجام مدل سازی لازم است در ابتدا داده های جغرافیائی به شکل رقومی کدگذاری شده و به شکل یک پایگاه اطلاعات جغرافیائی درآیند. این پایگاه داده تا حدود زیادی همانند نقشه های رایج کاغذی به شکل گیری درک ما از جهان واقعی منجر می شود.

تفاوت اساسی بین دو روش نمایش کاغذی و رقومی وجود دارد. نقشه های کاغذی فقط نمایش لحظه ای چند منظوره ای از دنیای واقعی را در یک زمان معین ارائه می دهند، در حالیکه در پایگاه اطلاعات جغرافیائی زنجیره ای از عملیات ذخیره سازی، پردازش، تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیائی می تواند صورت گیرد. به عبارت دیگر پایگاه اطلاعات جغرافیائی، دیدگاهی پویا به جنبه های ویژه جغرافیائی می بخشد. در اصطلاح پایگاه داده ها، به روش های نمایش داده ها، مدل های داده ای می گویند.

جستجوی روشی منطقی برای نمایش جهان واقعی از مسایل مهمی است که در مطالعات جغرافیائی مورد توجه قرار می گیرد. برای ارائه یک نمایش واقعی لازم است ویژگی های جغرافیائی مناطق یعنی مکانها و صفات آنها در افق های زمانی مختلف در پایگاه اطلاعات ذخیره و پردازش شود. هنگامیکه ویژگی های جغرافیائی مطابق چرخه زمانی آنها جمع آوری شود، چارچوب مفهومی را به منظور تشخیص تغییراتی را که در مکانهای معین رخ می دهد بوجود می آورد. موضوعات دنیای واقعی به دو صورت اشیاء[1] و پدیده[2] قابل تصور است. ساختمانها، بزرگراهها و شهرها و .... نمونه ای از اشیاء در دنیای واقعی محسوب می شوند، در حالیکه پدیده ها موضوعاتی هستند که بطور پیوسته در منطقه وسیعی توزیع شده و پراکنده اند. برای مثال می توان عوارض سطح زمین، دما، بارندگی، سطوح صدا را نام برد. داده های جغرافیائی را با این دو روش نمایش می دهند که منجر به دو دیدگاه کاملاً مجزا از نمایش دنیای واقعی در پایگاه داده جغرافیائی تحت عنوان مدل شیء و مدل فیلدی[3] می شود. تلقی مدل شیء از فضای جغرافیائی، فضایی است که توسط اشیاء معین و قابل تشخیص پر شده باشد. در این توصیف، شیء خصیصه ای فضایی است که دارای شروط زیر است(Lo & Yeung, 2005):

- دارای مرزهای قابل تشخیص یا حد فضایی است؛
- برای کاربرد از پیش تعیین شده ای مناسب است؛

---

[1] objects
[2] phenomena
[3] field

- می توان آن را توسط یک یا چند ویژگی که در اصطلاح به آن مشخصه یا صفت[1] می گویند توصیف نمود.

در این مدل، اشیاء فضایی به دو دسته اشیاء دقیق شامل اشیاء انسان ساز مانند ساختمانها و قطعات زمین و اشیاء نادقیق برای موضوعاتی که مرز بین اشیاء فضایی قابل تشخیص به روشنی مشخص نیستند مانند انواع خاک، زیستگاههای حیات وحش و جنگل‌ها تقسیم بندی می شوند. معمولاً اشیاء فضایی به صورت عناصر گرافیکی نقاط، خطوط و چندضلعی نمایش داده می شوند. این نوع پایگاه داده فضایی به عنوان مدل داده های برداری محسوب می شوند.

در مقایسه، مدل فیلدی، فضای جغرافیائی را فضایی می داند که توسط یک یا چند پدیده فضایی پرشده باشد. پدیده های فضایی، ویژگی هایی از جهان واقعی هستند که بطور پیوسته و بدون هیچ حد روشن و خاصی در بعد مکان متغیرند. این گروه از داده ها را می توان بصورت مستقیم مانند روش های سنجش از دور، پیمایش های زمینی و هم بصورت غیرمستقیم مانند بکارگرفتن توابع ریاضی به صورت روشهای واسطه یابی بدست آورد. پدیده های فضایی به صورت سطوح نمایش داده می شوند و مجموعه هایی از واحدهای موزائیک شکل که غالباً به شکل مربع هستند و تحت عنوان پیکسل[2] خوانده می شوند در کنار یکدیگر قرار می گیرند. این مدل پایگاه داده فیلدی را اصطلاحاً مدل رستری می نامند.

این دو گروه از مدلها در برخی مواقع تحت عنوان مدل گسسته[3] برای داده های برداری و مدل پیوسته[4] برای مدل داده های رستری می نامند(Mitchell(a), 1999).

از موضوعات بسیار مهم در مدل سازی دنیای واقعی توجه به روابط فضایی و زمانی اشیاء و پدیده ها در سطح زمین است. روابط فضایی به پیوندها و ارتباطات بین ویژگی های مختلف جهان واقعی گفته می شود. چنانچه ویژگی های مجاور مرز مشترکی داشته باشند، این روابط، روابط هندسی خواهد بود. همچنین هنگامیکه یکی از ویژگی ها به ویژگی دیگری نزدیک باشد به این روابط فضایی اصطلاحاً روابط همجواری[5] می‌گویند. روابط فضایی در پردازش و تحلیل داده های جغرافیائی با ذخیره و نمایش آنها می تواند صورت گیرد. ذخیره روابط فضایی نیازمند وجود فضای ذخیره سازی عظیمی در رایانه است.

---

[1] attribution
[2] pixel
[3] discrete
[4] continuous
[5] proximal

با توجه به اینکه زمان به عنوان یکی از مولفه های ذاتی و اصلی فضای جغرافیائی شناخته می شود، روابط زمانی بین پدیده ها برای پردازش موضوعات جغرافیائی از اهمیت زیادی برخوردار است. پایگاه داده در هر نقطه از زمان فقط تصویر همان لحظه از زمان را نشان می دهد و به هیچ وجه بیانگر روابط زمانی که بیان کننده یک زنجیره متحرک است را نشان نمی دهد از اینرو نمایش زمان در داده های جغرافیائی را می توان در قالب روابط بین زمان و مکان و توصیف زمانی فرآیندهای جغرافیائی مطرح نمود.

اشیاء فضایی ممکن است با گذشت زمان از حیث فضا و محتوی دستخوش تغییر قرار گیرند. تغییرات فضایی به تغییرات هندسی اشیاء برمی گردد که ممکن است تغییر در مکان، اندازه، جهت و شکل پدیده باشد. در نتیجه این تغییرات، روابط فضایی بین اشیاء مختلف نیز ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در نمایش اشیاء فضایی شود. شیئی که با استفاده از شکل نقطه در یک مقیاس معین در لحظه خاصی از زمان نمایش داده شده است ممکن است در زمان دیگری به شکل هندسی دیگر تغییر شکل یابد.

بطور کلی صفات زمانی فرآیندهای جغرافیائی به چهار عامل زمان ایجاد پدیده، زمان استمرار، اهمیت زمانی یعنی رخداد یک حالت خاص و مقیاس زمانی یعنی نسبت زمان واقعی نقشه تقسیم می شود که در تشکیل پایگاه داده ها از دنیای واقعی باید مورد توجه قرار گرفته و داده های توصیفی مورد نیاز برای پردازش های زمانی لازم جمع آوری و وارد پایگاه داده شود.

۳-۲- ملاحظات نمایش رقومی داده های جغرافیائی

قبل از استفاده از داده ها در رایانه باید آنها کدگذاری و سازماندهی مناسبی پیدا کنند. داده های رقومی جغرافیائی غالباً به صورت داده های قیاسی (براساس یک مقیاس اسمی) گردآوری و ذخیره می شوند یعنی اینکه آنها به عنوان اعضای یک طبقه از اشیاء فضایی نمایش داده می شوند. برای مثال قرار دادن واحدهای کاربری اراضی در هشت طبقه اصلی مثالی از انجام طبقه بندی می باشد که در عین حال هریک از طبقات اصلی می تواند به چندین طبقه فرعی و هر یک از طبقات فرعی نیز می تواند به چندین طبقه فرعی تر تقسیم شود. این طبقه بندی می تواند در قالب یک نمودار ارائه شود که اسامی توصیفی هر یک از طبقات و تعاریف آن ها اجزاء اصلی نمودار محسوب می شود. اسامی توصیفی می تواند براساس شکل و یا عملکرد اشیاء فضایی مشاهده شده تنظیم شود.

پس از انجام طبقه بندی لازم است به هر یک از طبقات اصلی و فرعی مشخص شده کدهای مناسبی داده شود. در اصطلاح مخصوص پایگاه داده، هر یک از اشیاء فضایی شناسایی و ثبت شده را یک نهاده[1] می گویند. نهاده، شیئی فضایی است که دارای ویژگی های خاص است که آن را از لحاظ طبقه بندی از نهاده های دیگر مجزا و متمایز می سازد. این ویژگی ها را مشخصه یا صفات می نامند. نهاده هایی که دارای ویژگی مشترکی هستند بطور دسته جمعی طبقه ویژه می نامند. به عنوان مثال یک بزرگراه بین استانی، نهاده ای از یک سیستم حمل و نقل است و همه بزرگراههای بین استانی موجود در این سیستم بطور جمعی یک طبقه نهاد را شکل داده اند که صفات یا خصیصه های مشترکی مانند شماره بزرگراه، تعداد خطوط مسیر، نقطه آغاز(مبداء) و نقطه پایان، سال ساخت و آخرین تاریخ تعمیر و نگهداری را به اشتراک می گذارد. در پایگاه داده های جغرافیائی، نهاده ها و صفات آنها را به شکل کدهای ویژگی[2] نمایش می دهند.

داده‌های توصیفی ممکن است به چندین دلیل بر حسب عوامل زیر کدبندی شوند:

۱. ایجاد یک کد ID بین هندسه و صفت‌ها
۲. حفظ حافظه رایانه
۳. راحتی کار ورود
٤. راحتی و تایید داده ورودی
۵. ساده‌سازی جستجوهای متوالی برای داده‌ها در پایگاه اطلاعات.

کدگذاری داده‌های جغرافیایی پدیده جدیدی نیست. سیستم های زیادی برای کدگذاری لوله‌ها، چاله‌های انسانی[3] ، خیابان‌ها، خصایص، ساختمان‌ها، نام شهرها و مانند آن ایجاد شده‌اند.

کدهای اداری که به صورت وسیع برای آدرس، نام شهرها، بزرگراه‌ها و مانند آنها استفاده می شود. غالباً داده‌های توصیفی به صورت جدول‌ها سازمان‌دهی می‌شوند که در قسمت بالای جدول نام فیلدها را با ذکر نوع آن ذکر می‌کنند. فیلدها انواع مختلفی همچون الفبایی، عدد صحیح، اعداد با اعشار و تاریخ را دارند. داده‌های توصیفی یا توسط صفحه کلید و یا از طریق وارد ساختن آنها از فایل‌های آماده به سیستم‌های ساج وارد می‌شوند.

در ساده ترین شکل، کد ویژگی، از دو جزء ساخته شده است، یکی کد بزرگ که نوع نهاده ای را که یک نهاده خاص فضایی به آن تعلق دارد را شناسایی می کند و یک کد کوچک که صفات نهاده را

[1] entity
[2] feature codes
[3] manholes

شناسایی می کند. به همین دلیل کدهای ویژگی را کدهای صفت نیز می خوانند. کدهای ویژگی ممکن است به صورت الفبائی، عددی یا الفباعددی باشند. با استفاده از کدهای بزرگ، کوچک و کدهای ویژگی های در طبقه های اصلی و فرعی مرتب می شوند. به عنوان مثال کد ویژگی«RLD» را می توان برای شناسایی طبقه ای از سازه های مسکونی (R برای مسکونی؛LD برای کم تراکم) بکار برد و از کد ویژگی«RLDO102PD» برای شناسایی یک طبقه فرعی از سازه کم تراکم که از نوع سطح یک (01)، دارای دو پارکینگ(02) و راه ماشین رو آسفالت به خارج از سازه(PD) بکار برد.

کاربرد اصلی کدهای ویژگی فراهم کردن ابزاری است که برای نمایش نهاده های فضایی و صفات آنها باروش معین در پایگاه داده های جغرافیائی مورد استفاده قرار گیرد.

پس از مشخص شدن چگونگی کدگذاری داده، سازمان دهی آنها مطرح می شود. اصلی ترین جزء سازندۀ سازمان دهی داده ها در رایانه، واحد داده است. در تعریف، واحد داده، رخداد یا موردی از یک ویژگی خاص متعلق به یک شیء یا نهاده است که می تواند یک شخص، چیز، رخداد و یا پدیده باشد. در مفاهیم رایج پایگاه داده ها، واحد داده را صفت یا فیلد ذخیره شده[1] می نامند. مقدار صفت را می توان به شکل یک عدد، رشته کاراکتری، یک تاریخ یا یک عبارت منطقی مانند T برای صحیح و F برای غلط تخصیص داد.

داده‌های توصیفی معمولاً به صورت جدولی ذخیره می شوند. هر خط در یک جدول نشان‌دهنده یک موضوع بوده و هر ستون یک صفت را نشان می‌دهد. داده‌های توصیفی از این رو به عنوان داده جدولی خوانده می‌شوند و به صورت طبیعی در پایگاه اطلاعاتی رابطه‌ای ذخیره می‌شوند. داده با انواع مختلف موضوعات معمولاً در جداول مختلف ذخیره شده و هر یک از آنها به نوع موضوع خاصی صدق می‌کند. در هر جدول تعداد ستون‌ها یا فیلدها ممکن است به وسیله ترکیب چندین جدول توسعه یابد که هر یک از آنها با یک کلید دسترسی[2] یا با وارد کردن صفت‌های جدید به صورت دستی به یکدیگر ارتباط یابند.

هنگامیکه واحدهای داده مرتبط با هم در یک گروه قرار می گیرند یک رکورد شکل می‌گیرد. واحدهای داده مرتبط یعنی واحدهای داده، رخدادهایی از ویژگی های مختلف هستند که به شیء یکسان تعلق دارند.

---

[1] stored field
[2] access key

سطح بعدی سازمان دهی داده ها، فایل داده است که توسط قرار دادن رکوردهای مرتبط در یک گروه واحد شکل می گیرد. رکوردهای رابطه ای یعنی اینکه رکوردها نمایانگر رخدادهای مختلفی از یک نوع یکسان از طبقه نهاده ها(اشیاء) می باشند. فایل داده هایی که از یک نوع رکورد منفرد با واحد دادهٔ تک مقداره ساخته شده است را فایل مسطح[۱] می گویند. فایل داده ای که از یک نوع رکورد منفرد با گروههای تکرارشونده تودرتو از واحدهای داده کد یک سازه چندین طبقه را شکل داده است فایل سلسله مراتبی[۲] نامیده میشود. در رایانه، هر فایل داده توسط یک نام منحصر به فرد شناسایی می شود. فایلی که شامل رکوردهای شکل گرفته از رشته های کاراکتری می شود را متن[۳] یا فایل اسکی[٤] می نامند، درحالیکه به فایلی که شامل رکوردهای حاصل از مقادیر عددی دوتایی است فایل دوتایی[٥] می گویند.

هدف از ایجاد پایگاه داده ها، برآورد کردن نیازهای اطلاعاتی یک سازمان است و در معنای واقعی کلمه، به اشتراک گذاشتن داده ها، کلید مفهوم پایگاه داده است.

مفهوم استفاده از واحدهای داده، رکوردها، فایل های داده و پایگاه داده برای سازمان دهی داده های توصیفی رقومی در مورد داده های گرافیکی نیز صدق می کند. در این مورد، مقادیر مختصات، معادل واحدهای داده ای هستند که ابتدایی ترین واحد سازمان داده محسوب می شوند. مختصات هایی که سه عنصر اصلی گرافیکی یعنی نقطه ها، خطوط و سطوح را شکل می دهند، رکوردهای مجزا را ایجاد می کنند. فایل های داده های گرافیکی مجموعه هایی از عناصر گرافیکی مرتبط می باشند. این فایل ها را عموماً لایه ، تم[٦] یا پوشش[۷]می نامند. مجموعه ای از لایه ها که با کاربری های خاص همراه شده است، پایگاه داده های فضایی را تشکیل می دهد. فایل داده توصیفی و لایه های گرافیکی همراه آنها که یک فضای مشخص را پوشش می دهند، پایگاه داده جغرافیایی را تشکیل می دهند.

٤-۲-پایگاه داده و سیستم های مدیریت پایگاه داده

---

[1] flat file
[2] hierarchical
[3] text
[4] ASCII
[5] binary file
[6] themes
[7] coverages

رویکردهای پایگاه داده، روش خوبی برای سازمان دهی داده ها و پردازش آنها در کامپیوتر را فراهم می سازد. با این وجود نیازمند انجام کار و دسترسی به منابع بیشتری است. از اینرو طراحی و ساخت پایگاههای داده جغرافیائی بنا به ضرورت فرآیندی مفصل و پیچیده است. این فرآیند با مشاهدات نسبتاً کلی دنیای واقعی آغاز شده، با سازمان دهی انتزاعی داده ها که توسط کاربر هدایت می شود ادامه یافته، تا به ساختار روشن و صریح ذخیره سازی داده ها در رایانه که وابسته به سیستم است ختم شود(Rigaux et al., 2002).

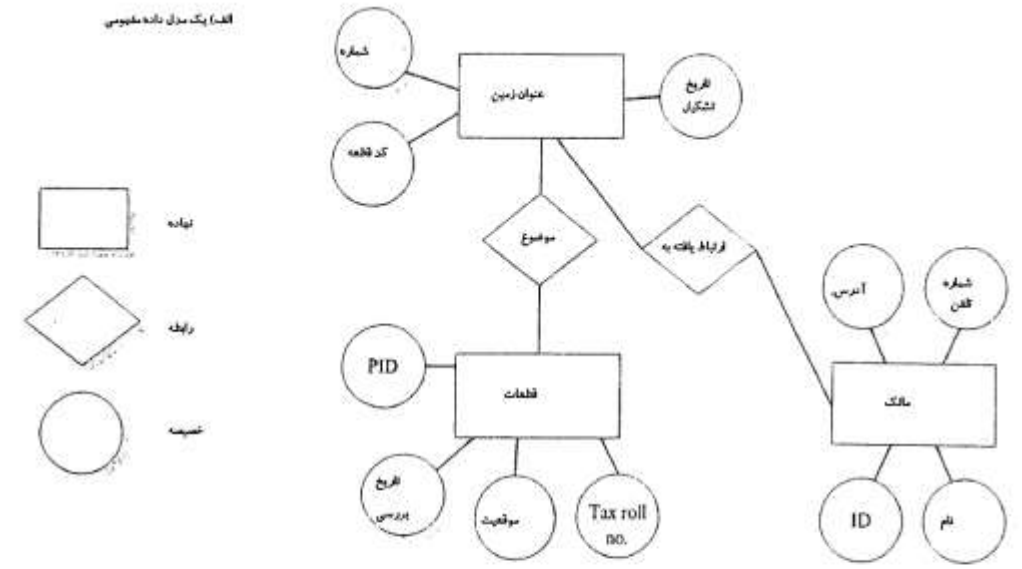
بطور کلی مراحل انتزاع داده ها به سه سطح مدل سازی نسبتاً مجزا تحت عناوین، مدل سازی مفهومی(ادراکی)، مدل سازی منطقی و مدلسازی فیزیکی(عینی) صورت می گیرد که در مطالب زیر تشریح می شود.

در یک تعریف ساده، مدل داده، توصیف یا نگرشی از دنیای واقعی است و مدل سازی داده فرآیندی است که این توصیف با نگرش را در سطوح مختلف انتزاع داده ها قالب ریزی می کند. از آنجا که دنیای واقعی از اشیاء و پدیده های فضایی پیچیده ای تشکیل شده است عملاً یک مدل داده نمی تواند نمایانگر همه چیزهای موجود باشد. از اینرو مدل داده همیشه در رابطه با یک کاربرد خاص می باشد و باعث ایجاد سه نوع از مدل های زیر می شود:

۱- مدل های مفهومی

با توجه به اینکه کاربران مختلف هنگامیکه در یک مکان مشابه به گردآوری داده ها می پردازند، ممکن است مدل های داده مختلفی داشته باشند. برای مثال یک مهندس شهری، یک مهندس عمران و یک جغرافیدان شهری همه به دنبال بدست آوردن داده ها از محیط های شهری هستند. در همین زمینه، مهندس به دنبال بررسی شرایط فیزیکی جاده ها و ساختمانها است، مهندس عمران به جستجوی مکانهایی که امکان ساخت و ساز یا نوسازی دارند، می پردازد. درحالیکه جغرافیدان شهری بیشتر علاقمند به الگوی فضایی کاربری اراضی است. در اصطلاح خاص مدلسازی داده ها، نگرش های مختلفی از یک ناحیه شهری یکسان که توسط مهندس شهری، مهندس عمران و جغرافیدان بدست آمده اند به نام مدل های مفهومی(ادراکی) نامیده می شوند. مدل های مفهومی درک فرد از جهان واقعی را به نمایش می گذارند و از اینرو بیشتر به نوع نگرش کاربر به دنیای واقعی وابسته است. وظیفه اصلی مدل های داده ادراکی تهیه زمان لازم برای توصیف چگونگی تجسم سازمان دهی داده هاست. از جمله معروفترین مدل های مفهومی می توان مدل داده شیء رابطه ای را نام برد که این مدل از مفاهیم نهاده

ها یا اشیاء، صفات و روابط آنها برای نمایش ویژگی های دنیای واقعی، خصوصیات آنها و روابط بین انها از نهاده ها استفاده می کند. شکل ۱-۲ الف نمونه ای از این مدل را نشان می دهد. در این شکل مشخص شده است که چگونه سه نهاده مالکیت زمین، قطعه و مالک با هم ارتباط می یابند. در این مرحله هیچ گونه بررسی ای در مورد نیازهای نرم افزاری و سخت افزاری و اجرای مدل صورت نمی گیرد. تنها هدف نمودار مذکور نمایش تجسم ما از نهاده ها، صفات و روابط بین آنهاست.



ب) یک مدل داده منطقی

جدول قطعات

PID	تاریخ بررسی	موقعیت	Tax Roll Num
0101000	1998 12 01	123 John St. Whitby	1345-0103-002
0023451	1997 09 23	111 St George, Oshawa	02231-99879
0901231			
1201234			
8765431			
1225561			
2314561			

عنوان زمین

Num	PID
0001	0101
0002	0234
0003	0901
0004	1201
0007	8765
0008	1225
0010	2314561

جدول مالک

ID	نام	آدرس	شماره تلفن
0101000	J Doe	123 John St. Whitby	668-0103
0023451	K Jones	111 St George, Oshawa	679-02231
0901231	K Smith	23 Green Ave., Toronto	413-9222
1201234	L Law	45 Dupont St. Whitby	678-9988
8765431	P Pope	334 Kingsway, Whitby	668-0104
1225561	W Bush	88 High St., Kingston	780-6600
2314561	C Clayton	331 Leeside St., Whitby	668-2347

ج) یک مدل داده فیزیکی

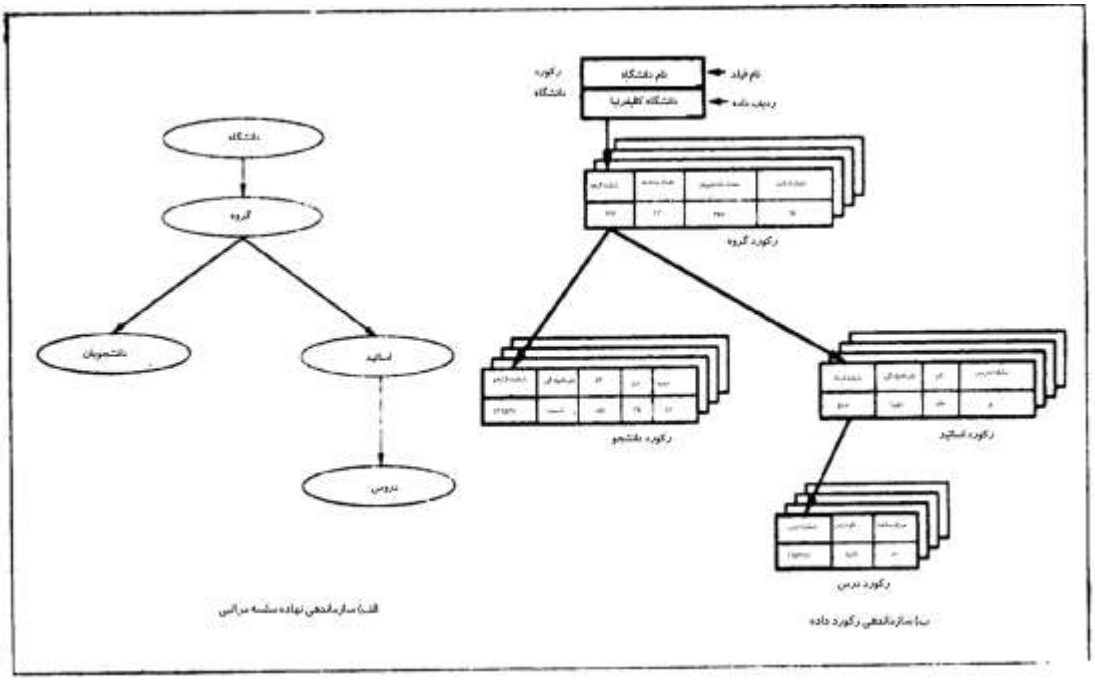
STORE_LANDTITLE	LENGTH=20
PREFIX	TYPE=BYTE(6),OFFSET=0
OWNER ID #	TYPE=BYTE(6),OFFSET=6, INDEX=HBTX
DISTCODE	TYPE=BYTE(4),OFFSET=12
AREA	TYPE=FULLWORD, OFFSET=16

شکل ۱-۲- سطوح انتزاع و مدل داده ها. شامل مدل های ادراکی، منطقی و فیزیکی. الف) مدل ادراکی داده ها به درک ما از اشیاء جهان خارج و روابط بین آنها اطلاق می شود که مستقل از ملاحظات سخت افزاری و نرم افزاری است، ب) مدل منطقی داده ها که به سازمان دهی داده ها در چارچوب یک پایگاه داده گفته می شود، ج) مدل فیزیکی داده که به ذخیره عینی داده ها در کامپیوتر گفته می شود و از اینرو به هردوی نرم افزار و سخت افزار وابسته است(Lo & Yeung, 2005).

مرحله بعدی در انتزاع داده، مدل سازی منطقی داده ها نامیده می شود. مدل منطقی داده ها معرف نگرش اجراء گرایانه پایگاه داده است. به معنای دقیق کلمه، مدل منطقی داده ها دنیای واقعی را در قالب نمودارها، لیست ها و جدول هایی نمایش می دهد که به منظور انعکاس مثبت داده ها در قالب برخی زبانهای رسمی طراحی شده اند. چهار مدل اساسی منطقی داده وجود دارند که عبارتند از:

- مدل داده سلسله مراتبی

در ساختار فایل سلسه مراتبی بیش از یک نوع رکورد در پایگاه اطلاعاتی وجود دارد. یک نوع رکورد به عنوان رکورد اصلی یا مادر انتخاب انتخاب می شود و سپس آن را با هر تعداد رکورد دیگر که رکوردهای جزء نامیده می شود از طریق اشاره گرهای[1] درونی سیستم مرتبط نمود(شکل ۲-۲). این رکوردهای جزء، خود می توانند به رکوردهای جزئی تر دیگر با استفاده از اشاره گرهای درونی دیگر ارتباط یابند. بدین معنی که در این ساختار هر یک از رکوردها با یک رکورد بالاتر از خود مرتبط است. برتری این نوع ساختار این است که می توان مجموعه های متعدد از اطلاعات توصیفی مشابه را با هر رکوردی مرتبط نمود بدون آنکه نیازی به ذخیره سازی اطلاعات تکراری در یک فایل باشد(هاکسهولد،۱۳۷۵). به عبارت دیگر در این نوع ساختار ارتباط "چند به یکی " وجود دارد.

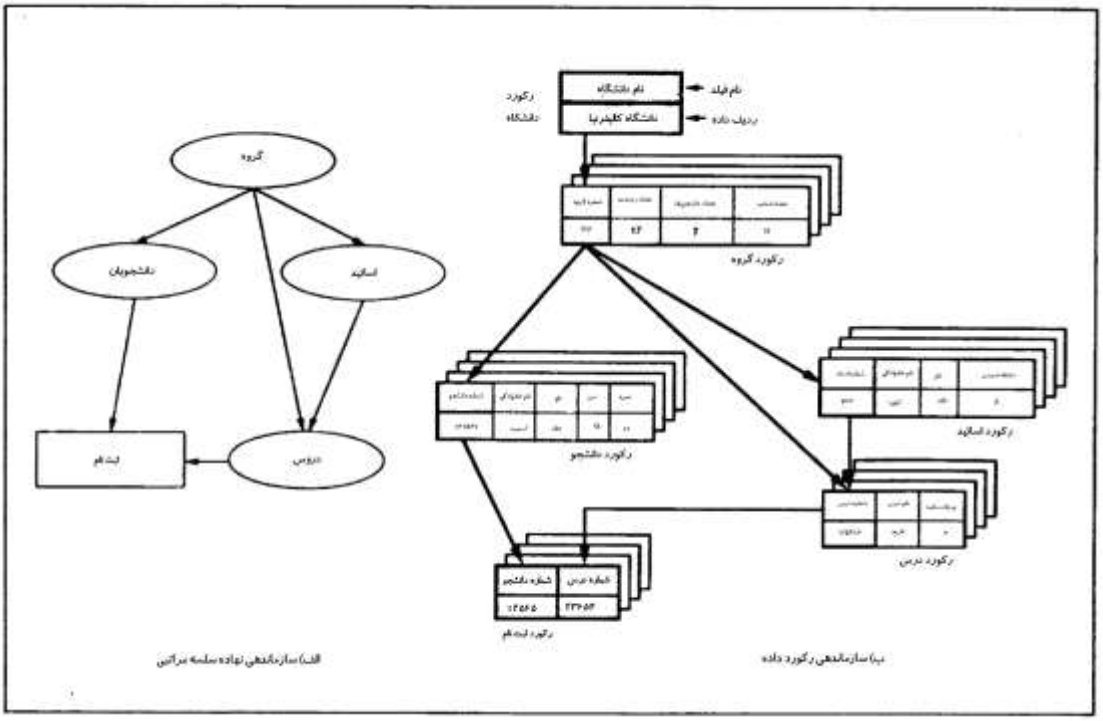


شکل ۲-۲- سازماندهی یک پایگاه داده با استفاده از مدل داده سلسله مراتبی(آرنوف،۱۳۷۵)

[1] pointers

- مدل داده شبکه ای

زمانی که بتوان رکوردهای جزء را با بیش از یک رکورد اصلی مرتبط نمود ساختار شبکه ای ایجاد می شود. شبکه با بکار گیری اشاره گرهایی که رکوردهای فایل های مرتبط را به هم متصل می کند ایجاد می شود(شکل ۳-۲). این رابطه "چند به چند" امکان ایجاد ارتباط بین یک رکورد در یک فایل با چند رکورد در فایل دیگر را فراهم می کند. برای مثال یک پایگاه اطلاعات املاک شامل رکوردهای مربوط به اطلاعات قطعات زمین می شود و برخی از قطعات زمین ممکن است به بیش از یک نفر تعلق داشته باشد. البته هر فردی نیز می تواند بیش از یک ملک داشته باشد. قابلیت این ساختار بیش از ساختار سلسه مراتبی می باشد(هاکسهولد،۱۳۷۵).



شکل ۳-۲- سازماندهی یک پایگاه داده با استفاده از مدل داده شبکه(آرنوف،۱۳۷۵)

- مدل داده رابطه ای

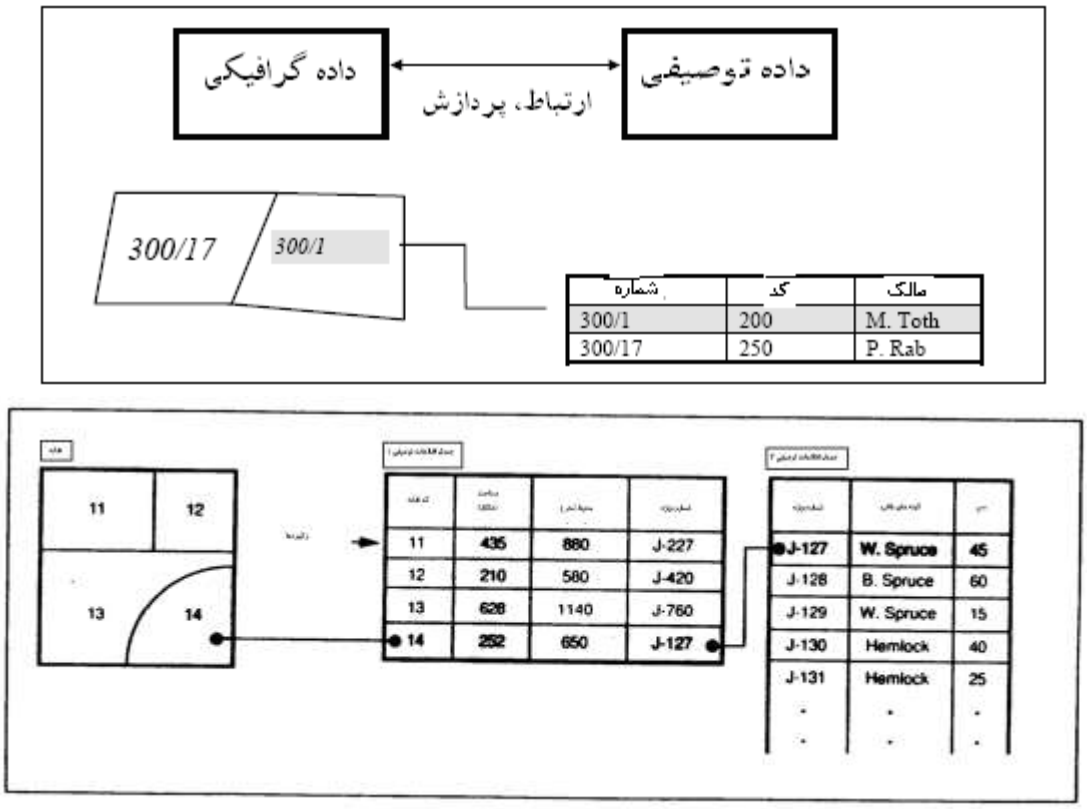
پایگاه اطلاعات رابطه ای امکان ارتباط بین رکوردهای فایل های مختلف را با یکدیگر بدون استفاده از اشاره گر یا کلید فراهم می کند. این موضوع باعث می شود که از پیچیده گی شبکه توسط اتصالات منطقی ارقام اطلاعاتی در فیلدهای مشترک بین فایل ها کم شود. بنابراین پایگاه اطلاعاتی رابطه ای شامل مجموعه ای از فایل هایی می شود که به عنوان روابط یا جداول شناخته می شوند. دو یا چند جدول می توانند توسط یک فیلد مشترک با هم مرتبط شوند که بدین ترتیب می توان آنها را به هم

متصل نمود به نحوی یک جدول کاملا" جدید شکل بگیرد. برتری اصلی این نوع پایگاه اطلاعات این است که انعطاف پذیری نامحدودی را برای ایجاد ارتباط بین اقلام اطلاعات در یک پایگاه اطلاعاتی فراهم می سازد(هاکسهولد،۱۳۷۵).

نوع ویژه ای تحت عنوان مدل زمین رابطه ای وجود دارد که در ساج برداری مورد استفاده قرار می گیرد. در این مدل ترکیبی از داده توپولوژیکی که نشان دهنده داده های فضایی می باشد و پایگاه اطلاعات رابطه ای که داده های توصیفی را به نمایش می گذارد مورد استفاده قرار می گیرد. مدل زمین رابطه ای جزو مدل های منطقی به شمار می رود.

در مدل زمین رابطه ای، داده های جغرافیایی به یک سری از لایه های اطلاعاتی که مستقلا" تعریف شده اند تجزیه می شوند. هر کدام از این لایه ها نمایانگر مجموعه منتخبی از اشیاء فضایی مربوطه و همراه مانند جاده ها، رودها و انواع پوشش زمین می باشد. بدین معنی که اشیاء در یک فضای جغرافیایی خاص، بر اساس شکل های اصلی گرافیکی که آنها را نمایش می دهند بطور مجزا طبقه بندی و ذخیره می شوند. اشیاء فضایی به شکل نقطه، جدا از اشیائی که توسط خطوط نمایش داده می شوند، ذخیره می گردند و به همین ترتیب اشیاء فضایی به شکل خط نیز، مجزا از اشیائی که توسط چندضلعی ارائه می شوند ذخیره می گردند. اشیاء فضائی که نوع یکسانی از عناصر گرافیکی اولیه و اصلی را مانند خطوط دارند، مجددا" براساس انواع نهاده های مربوطه طبقه بندی و ذخیره می شوند. برای مثال جاده ها و رودها که هر دو با خطوط نمایش داده می شوند در لایه های مجزا ذخیره خواهند شد چراکه به انواع مختلفی از نهاده ها تعلق دارند.

داده های توصیفی برای هریک از اشیاء فضایی در هر لایه، در جداول مجزا ذخیره می شوند. داده های توصیفی و داده های فضایی بطور منطقی توسط شناسه های دارای ویژگی منحصر به فرد به هم پیوند داده می شوند. با استفاده از داده های توصیفی مشترک در جداول رابطه ای مختلف از جمله شاخص یا کلیدها، داده های موجود در این جداول می توانند در مواقع ضروری بطور منطقی طی پردازش و تحلیل داده های جغرافیایی به یکدیگر پیوند داده شوند(شکل ٤-٢).



شکل ٤-٢- مدل زمین رابطه ای (Mitášová, no date)و (آرنوف،١٣٧٥)

- مدل داده شیء گرا

مدل شی گراء اولین بار در اوایل دهه ١٩٦٠ مطرح گردید. با وجود این تا اواخر دهه ١٩٨٠مقبولیت عام نیافت. از آن به بعد پژوهش های چشمگیری در مورد کاربرد آن در ساج انجام گرفت. امروزه روشهای شی گراء در کارکردهای ساج به کار گرفته شده اند و این مدل به دلیل نگه داری آسانتر داده ها رواج بیشتری در آینده خواهد یافت.

اشیاء، هسته مرکزی فن آوری شی گراء راتشکیل می دهد و یک شیء یکی از ویژگی های دنیای واقعی را نمایش می دهد. در واقع همانطور که شکل ٥-٢ نشان می دهد کلیه صفات خصیصه ای یک شیء و یا یک عارضه در تمامیت خود به صورت گروهی و در یک مجموعه متحد نگهداری و ذخیره می شود. به عنوان مثال ساختمان یک درخت خاص بر اساس شکل و شمایل خود به همراه ویژگی های ذاتی (سن، نوع و شرایط حاصلخیزی) به صورت یکجا و در یک واحد اطلاعاتی سازماندهی می شوند. اهداف اصلی این نوع پایگاه اطلاعاتی به صورت زیر است(رسولی، ١٣٨٤).

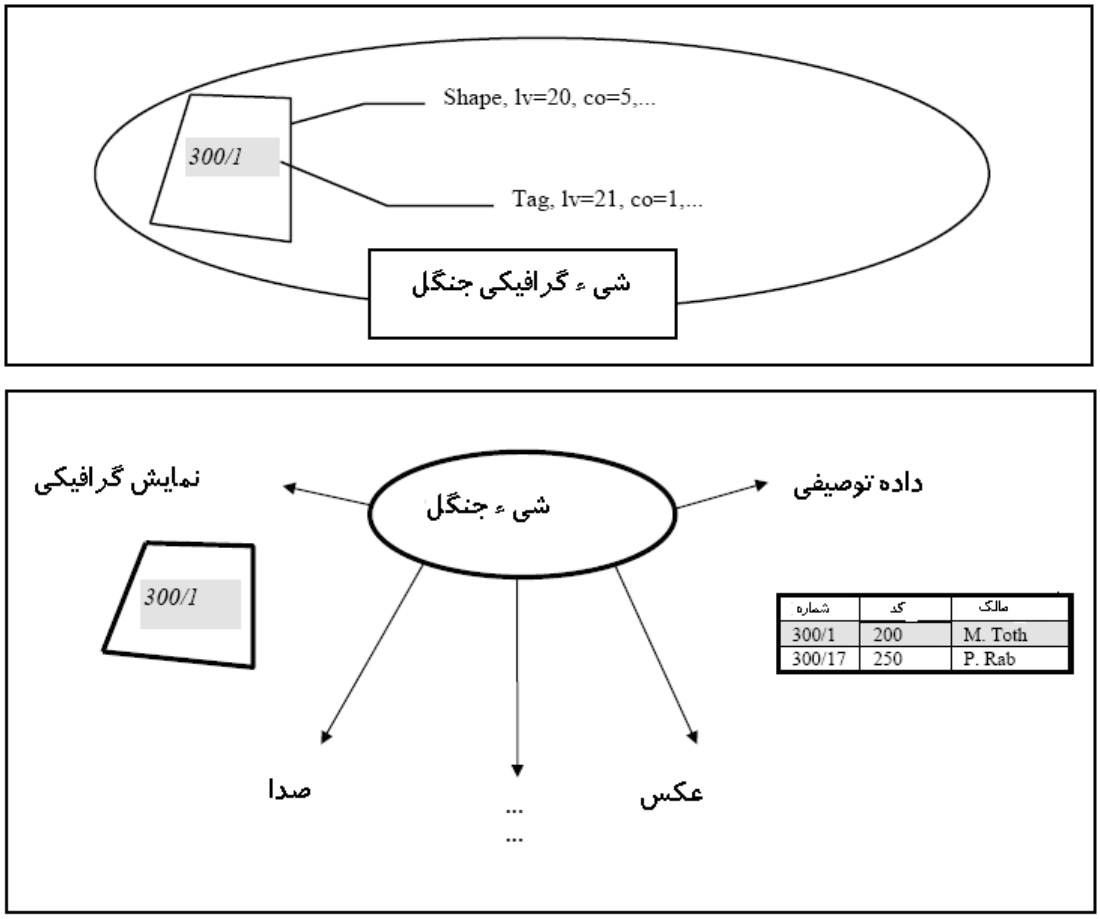
- تجمیع اطلاعات مربوط به یک شیء در کنار سایر اشیای زیرمجموعه ای،

- توجه به ارزش های منحصر به فرد عوارض با لحاظ روابط ذاتی موجود،
- دسترسی آسان به همه اطلاعات به طور همزمان و با لحاظ همبستگی های فی ما بین،
- تلفیق و ترکیب ارزش های کارتوگرافیک (هندسی) اشیاء با داده های غیر مکانی.

از نقطه نظر ارجاع به شیء، مدل شیءگرا شبیه مدل زمین رابطه ای است یعنی از نهاده مشترک برخوردار هستند. آنچه که یک شیء داده را از نهاده رابطه ای متمایز می سازد تعریف و رفتار آن می باشد. این دو خصیصه می توانند به آسانی به بخش های طبقه بندی، وراثت و عملیات تقسیم بندی شوند. منظور از طبقه بندی، قرارگیری مجموعه ایی از اشیاء داده با صفات مشابه است و یک ابر طبقه به مجموعه ای از طبقه ها اطلاق می شود و یک زیر طبقه به یک نمونه از یک طبقه تعلق می گیرد. منظور از وراثت نیز استفاده از ویژگی های توصیفی مشترک بین طبقات بالایی و پایینی می باشد. این داده ها می توانند توسط عملیات مشترک مورد پردازش قرار گیرند. برای مثال محاسبه مساحت و تراکم جمعیت از جمله عملیات مشترکی است که از طریق داده های پایگاه اطلاعاتی شکل می گیرد.

اولین گام برای بکارگیری روش شیء گرا برای کاربردهای ساج و ایجاد پایگاه اطلاعات، شناسایی اشیاء داده هاست. این کار در سه مرحله انجام می گیرد. مرحله اول شناسایی اشیاء و طبقه ها، دوم تعیین صفات و سوم تعریف عملیات.

با توجه به موارد مذکور مدل داده های شیء گرا بسیار شبیه مفاهیم مدل سازی داده های رابطه ای است، اگرچه اصطلاحات و رویه ها تا حدودی با روش مرسوم و قدیم متفاوت هستند، اما مدل سازی شیء گرا اهداف خاصی را پیروی می کند.دو مشکل اصلی برای استفاده از این مدل وجود دارد (lo & Yeung, 2005) :یکی از آنها کمبود مجموعه ای از ابزارهای مدل سازی استاندارد است. مثلا" هنوز امکان نمایش یک مدل شیء گرا با سطح یکسانی از مقبولیت جهانی از نظر نشان گذاری و نماد شناسی وجود ندارد. مشکل عمده دیگر استفاده از پایگاه داده شیء گرا برای کاربردهای مقیاس بزرگ است. با توجه به این موضوعات در حال حاضر دنیای پایگاه اطلاعات تحت سیطره سیستم های رابطه ای است.



شکل ۵-۲- مدل شیءگرا (Mitášová, no date)

۲- مدل های منطقی

مدل های منطقی داده را مدل های پایگاه داده یا مدل های اجراء نیز مـی گوینـد. شـکل ۲-۲ پ مـدل منطقی را نشان می دهد که از مدل مفهومی شکل الف ایجاد شده است. این مدل منطقی براساس اینکه پایگاه داده از نوع رابطه ای باشد ایجاد شده است. بدیهی است که اگـر پایگـاه داده از نـوع شـبکه یـا سلسله مراتبی باشد مدل منطقی مربوط به هر یک از آنها متفاوت خواهد بود.

۳- مدل های فیزیکی

مدل سازی فیزیکی داده ها که انعکاس دهنده نگرش پایگاه داده است سمت و سوی آن پیاده سازی سخت افزار می باشد و مرحله سوم از انتزاع داده را شکل می دهد. مدل فیزیکی داده، ذخیره سازی فیزیکی داده روی فرمت فایل در رایانه را با استفاده از فرمت های ثبت داده ها، ترتیب رکوردها و راههای دسترسی تشریح می کند. بنابراین این مدل وابسته به سخت افزار است و عمدتاً به جزئیات

اجرای یک پایگاه داده می پردازد. مدل های فیزیکی داده ها، عموماً به منظور استفاده برنامه نویسی سیستم و مجری پایگاه داده ارائه شده اند و برای کاربران عمومی مناسب نیستند. در عمل، مدل کامل فیزیکی، مدرکی بسیار طولانی و به لحاظ فنی پیچیده است. شکل۱-۲ پ قسمت کوچکی از مدل فیزیکی را نشان می دهد که می تواند از توسعه مدل منطقی مربوطه ایجاد شده باشد. این شکل نشان می دهد که چگونه عناصر داده های یک رکورد خاص در پایگاه داده به لحاظ فیزیکی در حافظه کامپیوتر ذخیره می شوند.

مدل های مفهومی، منطقی و فیزیکی داده ها، زنجیره ای از فرآیندهای مدل سازی داده ها را که در طراحی و ایجاد پایگاه داده کاربرد دارند را شکل می دهند. فرآیند طراحی پایگاه داده با مدل مفهومی داده ها آغاز می شود و به صورت نقشه در می آید تا به یک مدل منطقی داده ها تبدیل شود. هنگامی که مرحله اجرای واقعی پایگاه داده فرا می رسد، مدل منطقی داده ها تبدیل به نقشه شده به مدل فیزیکی داده ها تبدیل می شود.

اجرای مدل فیزیکی داده ها به شرحی که گذشت به ایجاد پایگاه داده می انجامد. پایگاه داده در رابطه با اهداف از پیش تعیین شده آن ممکن است اندازه های مختلف و پیچیدگی خاصی داشته باشد. پایگاه داده کامپیوتری توسط یک سیستم مدیریت پایگاه داده نگه داشته می شود. این سیستم وظیفه بهره برداری بهینه از پایگاه داده را برای کاربران برعهده دارد. پایگاه داده مشتمل بر فهرست سیستم که در آن چگونگی نصب داده ها ذخیره می شود و سیستم مدیریت پایگاه اطلاعات با هم سیستم پایگاه داده نامیده می شود.

استفاده از روش پایگاه داده برای پردازش داده ها دارای مزیت های زیادی است که مشتمل بر موراد زیر است(Deat, 1995):

- کاهش موارد زائد در داده های ذخیره شده توسط تقسیم آنها میان چندین کاربر
- به حداقل رساندن ناسازگاری داده ها توسط گردآوری تک تک داده ها و فرآیند وارد سازی داده ها
- قابلیت اجرای استانداردها در پردازش ترکیبی داده ها
- تدارک یک سطح مشترک برای افرادی که برنامه نویس نیستند
- استفاده از محدودیت های امنیتی از طریق جلوگیری از دسترسی غیر مجاز به داده ها
- حفظ یکپارچگی داده ها یعنی دقت، سازگاری، تمامیت، ثبات و به روز بودن
- ایجاد تعادل میان نیازهای متضاد کاربران مختلف.

با توجه به اینکه سیستم مدیریت پایگاه اطلاعات برای پردازش داده های الفبا- عددی ساخته شده بودند برای پردازش داده های جغرافیائی که نیازمند بکارگیری هر دوی داده های گرافیکی و توصیفی هستد مناسب نیستند و در حال حاضر فروشندگان مختلف نرم افزارهای ساج این مشکلات را به روشهای مختلفی مرتفع نموده اند.

با بهره گیری از فن آوری جدید شیء گرا، بسیاری از ابزارهای نرم افزاری و الگوهای طراحی هم اکنون بطور موفقیت آمیزی اجرا شده اند که امکان دستکاری نمودن هم صفات داده ها و هم داده های گرافیکی یک سیستم مدیریت پایگاه اطلاعات یکسان را دارند.

مدل رابطه ای پایگاه داده احتمالاً پرکاربردترین مدل در صنعت رایانه محسوب می شود. مفهوم این مدل ویژه، پایگاه داده را بصورت مجموعه ای از جداول و فایل های ساده نمایش می دهند. هر جدول در این پایگاه داده نوعی از نهاده ها را نشان می دهد که در فرآیند مدل سازی داده ها شناسایی شده اند. در یک جدول معین هر ستون نشانگر صفتی است که نوع نهاده(شیء) را توصیف می کند و هر سطر مجموعه ای از مقادیر داده ها را که به رخداد یک نهاد متعلقند نمایش می دهد.

برای پرسش و جستجو در مورد پایگاه داده رابطه ای از یک زبان پرس و جوی با عنوان زبان پرس و جوی ساختاری[1] استفاده می شود(Rigaux et al., 2002). این زبان شبیه زبان انگلیسی است که از مجموعه ای از دستورات قوی و انعطاف پذیر برای دستکاری داده ها در جداول رابطه ای تشکیل شده است. استعمال زبان پرس و جوی ساختاری به سیستم های پایگاه داده رابطه ای اجازه می دهد که بطور شفاف ذخیره فیزیکی(عینی) داده ها را از نمایش منطقی آنها تمیز دهند. با بهره گیری از توضیحات زبان پرس و جوی ساختاری، کاربر فقط لازم است که جداول، ستون ها و توصیف کننده های سطرها را مشخص کند تا هر واحد داده در سراسر پایگاه داده بازیابی شود. این سیستم مراحل و روشهای بازیابی داده ها و نمایش آنها در فرمت دلخواه گزارش را تامین نماید.

۵-۲- مدل داده برداری

مدل داده های برداری روشی شیءگرا برای نمایش جهان واقعی است و برای نمایش اشیاء گسسته و مجزا مناسب بوده و مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش اشیاء فضایی بطور مجزا و منفرد شناسایی شده و بطور ریاضی توسط مختصات نمایش داده می شود. مدل برداری از نظر ادراکی مدلی

[1] Structured Query Language (SQL)

نسبتا" پیچیده تر از مدل رستری است. تقریبا" همه مدل های برداری بر اساس دو مفهوم مشترک و وابسته به هم ساخته شده اند(lo & Yeung, 2005):

۱- تجزیه اشیاء فضایی به عناصر اولیه گرافیکی (یعنی نقاط، خطوط چندضلعی ها)،

۲- استفاده از توپولوژی (روابط فضایی) برای نمایش اشیاء فضایی بعلاوه استفاده از مختصات.

بدین ترتیب پایه اصلی مدل برداری چنین فرض می‌کند که جهان واقعی می‌تواند به عناصر کاملاً آشکاری تفکیک شود که هر یک از عناصر مشتمل بر یک موضوع با شکل هندسی نقطه، خط یا چند ضلعی می باشد قابل تعریف است. در اصل هر نقطه روی یک نقشه و هر نقطه در زمین با زوج مختصات تعریف می‌شود. در این شرایط همان‌طور که جدول زیرین شکل ٦-٢ نشان می‌دهد هر نقطه تنها با یک زوج مختصات، یک پاره خط حداقل با دو زوج مختصات که بیانگر نقطه شروع و نقطه انتهای آن می‌باشد و یک چند ضلعی با چندین نقطه که دارای زوج مختصات است قابل تعریف است. در واقع در سیستم برداری هر یک از موضوعات با رشته‌ای از زوج مختصات تعریف شده و از این طریق در سیستم رایانه قابل نمایش می‌شوند. هنگامی که عناصر گرافیکی که نمایانگر یک ویژگی دنیای واقعی که بطور مجزا قابل تشخیص است بطور منطقی با هم در یک گروه قرار گیرند یک نهاده گرافیکی شکل می گیرد.برای مثال پاره خط های نمایش دهنده یک بزرگراه به صورت عناصر گرافیکی، هنگامی که این پاره خط ها بطور منطقی به عنوان یک بزرگراه قابل تشخیص به هم وصل شوند یک نهاد گرافیکی را ایجاد می کنند.

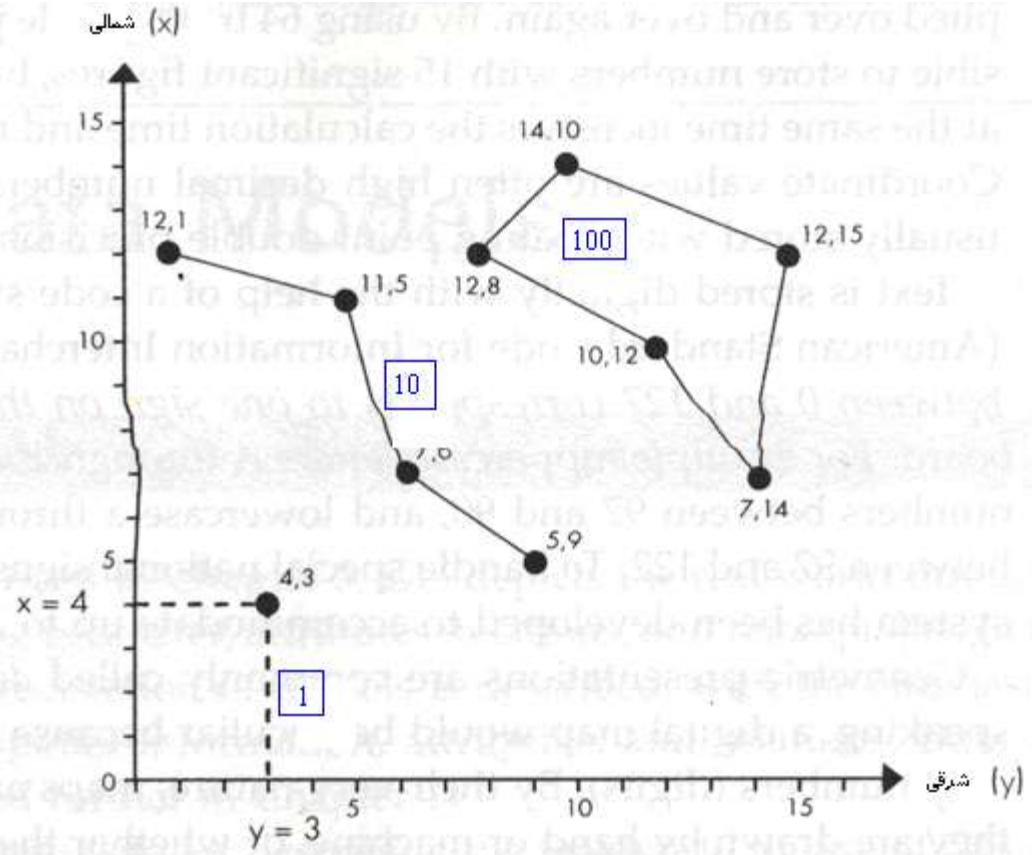
بطور ریاضی یک بردار خط مستقیم است و از اینرو یک خط مستقیم بین دو نقطه مختصاتی روی یک نقشه رقومی یک بردار است و به همین جهت مفهوم داده برداری در ساج و طراحی سیستم بر پایه بردار استفاده شده است (Bernhardsen,1999).

کدگذاری هر یک از موضوعات برداری چه از نوع نقطه‌ای، خطی و یا چند ضلعی مرحله‌ای از کار تولید مدل برداری داده‌ها است که در کل مبنای قراردادی داشته و تمامی عوارض بر اساس چهارچوب مشخص که برای کاربر نیز چهارچوب آن آشکار می‌باشد یک ID یا کد ویژه دریافت می‌کند که مبنای ایجاد توپولوژی یا برقراری ارتباطات فضایی بین عوارض می‌باشد.

بطور معمول تجهیزات رقومی کننده به صورت اتوماتیک به ترتیب برای عوارض رقومی شده کدگذاری را انجام می‌دهد که در نهایت در جدول اطلاعات توصیفی قابل مشاهده می‌باشد. در واقع کدهای ID برای برچسب گذاری و اتصال اطلاعات فضایی و داده‌های جدول توصیفی استفاده شده و غالباً از شکل عددی برخوردار هستند.

نوع خاصی از مدل داده‌های برداری تحت عنوان مدل اسپاگتی[1] خوانده می‌شود که به مجموعه‌ای از نقاط و خطوط بدون اتصال به یکدیگر اطلاق می‌شود. به همین دلیل در این نوع مدل، برقراری ارتباط فضایی بین اجزاء نقشه چه از ماهیت نقطه، خط و چند ضلعی امکان پذیر نمی‌باشد. با توجه به این موضوع غالباً این نوع داده‌ها تحت عنوان داده رقومی خام قلمداد می‌شوند و تنها از بعد نمایشی برای نمایش عوارض می‌تواند با ارزش تلقی شود و قابلیت انجام تحلیل‌های ساج را دارا نیستند. داده های ویژه سیستم های طراحی توسط رایانه در این مدل داده ذخیره می شوند.در واقع مدل داده اسپاگتی عناصر گرافیکی را که توسط رشته ای از مختصات تعریف می شوند، ذخیره می کنند اما نهاده های گرافیکی را ذخیره نمی کند.

[1] spaghetti



شکل هندسی	ID	ویژگی توصیفی	مختصات
نقطه	۱	A	4,3 (نقطه‌ای)
خط	۱۰	B	2,1 – 11,5 – ... 5,9 (رشته‌ای)
چندضلعی	۱۰۰	C	14,10 – 12,14 – ... 14,10 (چند ضلعی بسته)

شکل ٦-٢- مدل داده برداری.

نمایش داده های برداری توسط مقیاس دادهای ورودی تعیین می شود. برای مثال یک ساختمان می تواند در یک نقشه بزرگ مقیاس نمایش داده شود. در یک نقشه با مقیاس متوسط همین ساختمان با یک نقطه و در یک نقشه با مقیاس کوچک ممکن است اصلا" نمایش داده نشود.

موضوعات بوسیله نقاط، خطوط و چند ضلعی‌ها توصیف می‌شوند. هر یک از این موضوعات بوسیله یک زوج مختصات برای نقاط و رشته‌ای از مختصات برای خطوط و چند ضلعی ها تعریف می‌شوند.

هر یک از این عوارض دارای یک کد مخصوص یا ID هستند که از طریق آنها شناخته شده و ویژگی‌های توصیفی نیز برای آنها در جدول توصیفی لحاظ می‌شود(Bernhardsen,1999).

۱-۵-۲- مدل توپولوژی

توپولوژی شاخه‌ای از علم ریاضیات است که درباره ویژگی‌های هندسی اشکال در هنگام تبدیل‌هایی مانند کشیدگی و خم شدن بحث می‌نماید(Rigaux et al., 2002). اسم دیگر این مدل، روش "قوس-گره" می باشد که در آن روابط میان اطلاعات مکانی دقیقا" به صورت ریاضی تعریف می شود (همراه، ۱۳۸۲). به عبارت دیگر توپولوژی، مطالعه هندسه روی یک برگ لاستیکی است. این رشته شاخه ای از علم هندسه است که با روابط فضایی سر و کار دارد و نه مختصات های انعطاف پذیر. مدل توپولوژی در اتصالات و روابط بین موضوعات که فارغ از مختصات آنها توصیف می‌شود یکی بوده و توپولوژی آنها هنگامی که هندسه آن کشیده یا خم می‌شود ثابت می‌ماند. مدل توپولوژی بر اساس نظریه گراف[1] ریاضی است و گره‌ها[2] و رابط‌ها[3] را در بر می‌گیرد. یک گره نقطه‌ای است که در آن دو خط همدیگر را قطع می‌کنند و یا نقطه انتهایی یک خط و یا نقطه مشخصی در یک خط است. رابط، قسمتی از یک خط بین دو گره است. رابط‌ها به یکدیگر فقط در گره‌ها متصل می‌شوند. یک چندضلعی بسته شامل گره‌های متعددی است که تشکیل یک سطح را می‌دهند.

بکار گیری روابط توپولوژی برای نمایش اطلاعات جغرافیایی پدیده جدیدی نیست. شناخت و درک فضای جغرافیایی که معمولا" به آن نقشه های ذهنی می گویند بر اساس روابط ادراکی توپولوژیکی استوار است تا مختصات واقعی.

معمولاً توپولوژی را از طریق سه جدول زیر تشریح می‌نمایند(Bernhardsen,1998) (شکل ۷-۲):

۱) جدول توپولوژی چند ضلعی که رابط‌های در برگیرنده همه چند ضلعی‌ها را هر یک از آنها توسط یک شماره معرفی می‌شود فهرست می‌کند.

۲) جدول توپولوژی گره که رابط‌هایی را که در هر گره قطع می‌شود را فهرست می‌کند.

۳) جدول توپولوژی رابط که گره‌ها را در هر رابط که رابط راست و چپ چند ضلعی را توصیف می‌کند.

در شکل ۷-۲ این سه جدول نشان داده شده است.

---

[1] graph
[2] Nodes
[3] Links

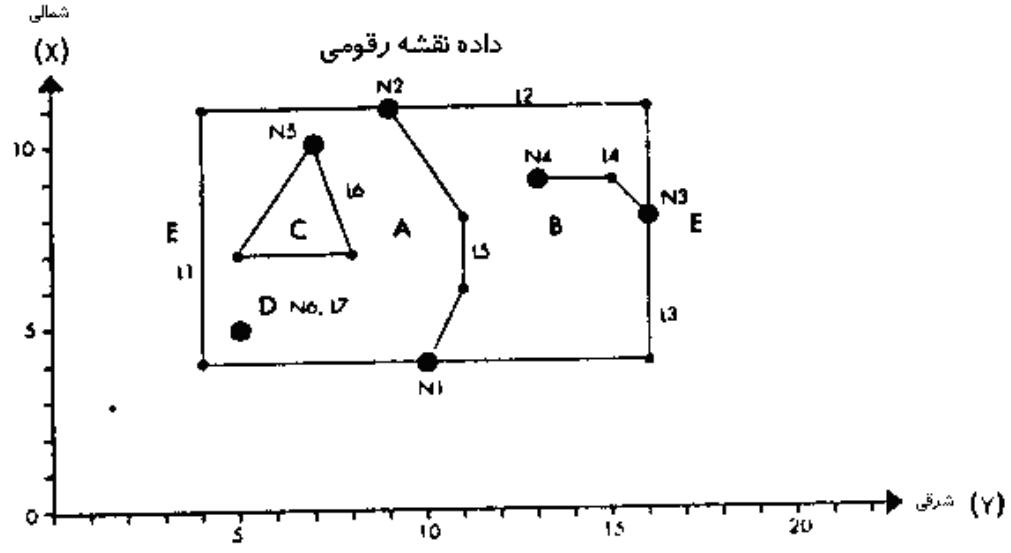
مفهوم روابط توپولوژیکی مشتمل بر سه عنصر اساسی است(lo & Yeung, 2005):

۱- مجاورت که به اطلاعات در باره مجاورت میان اشیاء فضایی اطلاق می شود،

۲- شمول که به اطلاعات پرامون شمول یک شیء فضایی در داخل شیء فضایی دیگر اطلاق می شود،

۳- اتصال به مفهوم اطلاعات پیرامون پیوند میان اشیاء فضایی.

الف



ب

توپولوژی چند ضلعی

Polygon	ارتباط
A	L1, L5
B	L2, L3, L5
C	L6
D	L7
E	L1, L2, L3

توپولوژی گره

گره	ارتباط
N1	L1, L3, L5
N2	L1, L2, L5
N3	L2, L3, L4
N4	L4
N5	L6
N6	L7

ج

د

توپولوژی ارتباط

ارتباط	گره آغازین	گره پایانی	چندضلعی چپ	چندضلعی راست
L1	N1	N2	E	A
L2	N2	N3	E	B
L3	N3	N1	E	B
L4	N3	N4	B	B
L5	N2	N1	B	A
L6	N5	N5	A	C
L7	N6	N6	A	A

(e)

مختصات ارتباط

ارتباط	مختصات			
L1	4,10	4,4	11,4	11,9
L2	11,9	11,16	8,16	
L3	8,16	4,16	4,10	
L4	8,16	9,15	9,13	
L5	11,9	8,11	6,11	4,10
L6	10,7	7,8	7,5	10,7
L7	5,5			

شکل ۷-۲- جدول‌های ایجاد توپولوژی در ساج (Bernhardsen,1998:62)

الف) نقشه پایه متشکل از گره‌ها و رابطها، ب) جدول چند ضلعی، ج) یک جدول توپولـوژی گره‌هـا، د) جدول توپولوژی رابطها، ه) جدول اضافی به منظور ارایه مختصات جغرافیای موضوعات.

برای انجام توپولوژی لازم است کلیه خطوط به یکدیگر متصل شده، همه چندضـلعی‌ها بسـته و همـه نقاط انتهایی رها شده یا آویزان تصحیح شوند. وجود فاصله‌ای حتی به میزان بسـیار کـم ماننـد ۰/۰۰۱ میلی‌متر باعث خواهد شد در ایجاد توپولوژی خطا ایجاد شـود. برخـی از نرم‌افزارهـای سـاج قابلیـت اتصال بخشی از این خطاها را به صورت خودکار دارند.

روابط توپولوژیکی در ساج از کاربردهای زیادی برخـوردار هسـتندکه اهـم آنهـا عبارتنـد از (Lo & Yeung, 2005):

- ورود و نمایش داده ها: با توجه به فرآیند وقت گیر و پرخطای ساخت توپولوژیکی به صورت دستی، ساخت روابط توپولوژیکی بر پایه استفاده از داده هـای اسـپاگتی مـی توانـد بـه رایانـه واگذار شود.
- جستجوی فضایی توسط روابط توپولوژیکی: استفاده از روابط توپولوژیکی، مکانیسـمی اسـت که توسط آن، ساج جستجوهای فضایی را بطور موثر و مفیدی انجام می دهـد. از جملـه آنهـا پیدا کردن داده های پیرامون یک موضوع خاص در نقشه می باشد.
- ساخت اشیاء فضایی پیچیده: اشیاء فضایی پیچیده در پایگاه داده جغرافیایی بـه صـورت چنـد ضلعی های پیچیده نشان داده می شوند. دو نوع چند ضلعی پیچیـده وجـود دارد: آنهـایی کـه شامل یک یا چند حفره می باشندکه به آنها جزیره نیز گفته می شود و آنهایی که از دو یا تعداد بیشتری چند ضلعی ساخته شده اند که بطور فیزیکی به هم وصل نیسـتند. چنـد ضـلعی هـای پیچیده هنگامی که روی صفحه نمایش داده می شوند به آسانی به تصویر در می آیند. بـا ایـن حال در رایانه این چند ضلعی ها باید توسط اطلاعات توپولوژیکی برای نـوع اول چندضـلعی های پیچیده و یا یک شناسه رایج برای نوع دوم چند ضلعی های پیچیده از داده های بـرداری ساخته شوند.
- بررسی صحت پایگاه داده ها: قبل از استفاده از داده های گرافیکی درساج لازم اسـت از نظـر وجود خطاهای احتمالی از نظر اتصالات بین خطوط بررسی شود و در صورت وجود هرگونه خطا، آنها راشناسایی و برطرف نمود. پس از رفع خطاهای مـذکور امکـان سـاخت توپولـوژی وجود خواهد داشت.

۲-۵-۲- فشرده سازی داده‌های برداری

با توجه به حجم زیاد حافظه مورد نیاز برای ذخیره داده‌های برداری لازم است راهکارهایی برای کاهش حجم این داده‌ها در نظر گرفته شود. این راهکار طوری اندیشیده می‌شود که ضمن حفظ ویژگی‌های اصلی و هندسی عوارض، بخشی از گره‌ها و ورتکس‌های اضافی که حذف آن‌ها خللی در شکل و ساخت توپولوژی داده‌های برداری ایجاد نمی‌کند از مدل مذکور حذف شده و تنها گره‌ها و ورتکس‌های اصلی وارد حافظه می‌شوند. الگوریتم‌های انجام این کار بسیار متعدد هستند که علاقمندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر به (Bernhardsen,1999) مراجعه نمایند.

۳-۵-۲- ذخیره داده‌های برداری

روشی که در آن داده‌های نقشه رقومی در یک رکورد ذخیره می‌شود توسط فرمت، مجموعه دستوراتی که نحوه آرایش داده‌ها در فیلدها را مشخص می‌کند، تعیین می‌شود. فرمت داده‌ها چگونگی خواندن توسط آن‌ها، رایانه را در قالب فیلدها تعیین می‌کند و در همین زمینه تعداد کل فیلدهای یک جدول، تعداد حروف‌های مجاز در هر فیلد، تعداد فضای مابین فیلدها و نوع فیلد از نظر نوع عددی یا الفبایی بودن آن بسیار مهم می‌باشد.

داده‌های ذخیره شده و شکل رکوردها و فیلدها یا ردیف و ستون‌های اطلاعاتی لازم است در طی زمان بهنگام شده و اطلاعات جدید به آنها اضافه شود. کار بازیابی و مدیریت این اطلاعات از طریق سیستم‌های مدیریت پایگاه اطلاعاتی صورت می‌گیرد که غالب نرم‌افزارهای ساج به این نوع قابلیت تجهیز شده‌اند ولی در عین حال پایگاه اطلاعاتی تشکیل شده در محیط ساج این قابلیت را داردکه توسط نرم‌افزارهای تخصصی همانند Access و Office مدیریت شوند.

شکستن داده‌های توپولوژیکی به لایه‌های موضوعی مختلف برای ساده ساختن ذخیره اطلاعات و اصلاح دسترسی به داده‌ها معمول است. برای مثال مرزهای خصیصه[1] در یک لایه ذخیره می‌شود در حالیکه جاده‌ها، ساختمان‌ها و مرزهای پوشش گیاهی در لایه دیگر ذخیره می‌شود.

فایل های داده برداری در فرمت های مختلف فایل ذخیره می شوند. نمونه های اصلی آنها عبارتند از:

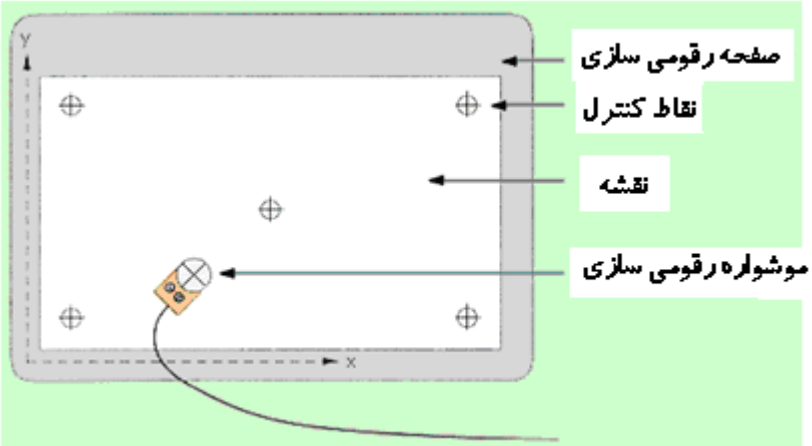
DXF: یکی از فرمت های نرم افزار AutoCAD که بطور گسترده ای در نرم افزارهای ساج به عنوان لایه های ورودی و خروجی مورد استفاده قرار می گیرد.

[1] property

SHP: این فرمت که اصطلاحا" (shaped files) خوانده می شود فرمت استانداردی برای لایه های برداری در محیط نرم افزارهای ARCVIEW و ArcGIS است. این فرمت دارای یک فایل اصلی، یک فایل شخصی و یک جدول پایگاه داده ها است که مورد استفاده قرار می گیرد.

CGM: این فرمت تحت عنوان فایل برتر گرافیک رایانه فایل استاندارد توسط سازمان بین المللی استانداردها[1] برای فرمت داده های برداری است که بطور گسترده در کاربردهای گرافیکی رایانه های شخصی مورد استفاده قرار می گیرد.

برای وارد کردن داده های برداری از دستگاهی به نام رقومی کننده یا رقومی ساز[2] استفاده می شود که نمای عمومی آن در شکل ۸-۲ نشان داده شده است. این دستگاه عبارت است از یک صفحه تخت همانند میزهای نقشه کشی است که در زیر آن سیم پیچی ها ظریفی در جهت افقی و عمودی تعبیه شده و به هنگام فشردن کلید مربوط به ابزاری موسوم به پد[3]که یک ابزار شبیه موس رایانه می باشد مختصات مربوط به همان نقطه به رایانه انتقال می یابد. مختصات وارد شده بر مبنای مختصات صفحه رقومی ساز است که معمولا" بر اساس اینچ ویا سانتیمتر قابل تنظیم است. این دستگاهها دارای حالت وارد کردن داده ها بصورت نقطه ای و یا بصورت جریانی برای عوارض خطی و چند ضلعی هستند.



شکل ۸-۲- استفاده از رقومی ساز برای تولید داده های برداری

۶-۲- مدل داده‌های رستری

[1] ISO
[2] digitizer
[3] pad

مدل رستری، دنیای واقعی را به صورت سطوح مشخص در قالب الگوهای منظم آرایش یافته نشان می‌دهد (شکل ۹-۲). بنابراین دنیای واقعی به صورت سلول‌های یکنواخت منظم که معمولاً به شکل مربع، مستطیل و در برخی موارد به صورت مثلث و شش ضلعی است، نمایش داده می‌شود. مدل رستری در بسیاری از روش‌ها یک مدل ریاضی است که به صورت الگوی سلولی منظم نمایش داده می‌شود. به دلیل اینکه مربعات یا مستطیل‌ها اغلب برای یک منظر تصویری[1] آن‌ها به صورت شبکه کلاسیکی از مربعات می‌باشد، در برخی موارد به عنوان یک مدل گرید[2] خوانده می‌شود. قدرت تفکیک مکانی یک مدل به اندازه سلول آن وابسته است. اندازه‌های معمول ۱۰×۱۰ متر، ۱۰۰×۱۰۰ متر، ۱×۱ کیلومتر و ۱۰×۱۰ کیلومتر می‌باشد. بسیاری از کشورها مدل رقومی ارتفاع ملی خود را بر اساس سلول‌های ۱۰۰×۱۰۰ متر تنظیم کرده‌اند (Bernhardsen,1998). در داخل هر یک از سلول، زمین به صورت یک سطح صاف با ارتفاع ثابت در نظر گرفته می‌شود.

سلول‌های مدل با توالی از سلول‌ها که بوسیله سلسله مراتبی از ردیف و ستون در یک ماتریس که شماره‌گذاری آن از گوشه فوقانی چپ آغاز می‌شود، صورت می‌گیرد (شکل ۱۱-۲). موقعیت هندسی یک سلول و موضوعات آن بر حسب شماره سطر و ستون نشان داده می‌شود. سلول‌ها غالباً به عنوان پیکسل یا همان عنصر تصویری خوانده می‌شود. یک پیکسل کوچک‌ترین عنصر یک تصویر است که می‌تواند به صورت جداگانه پردازش شده و نمایش داده شود.

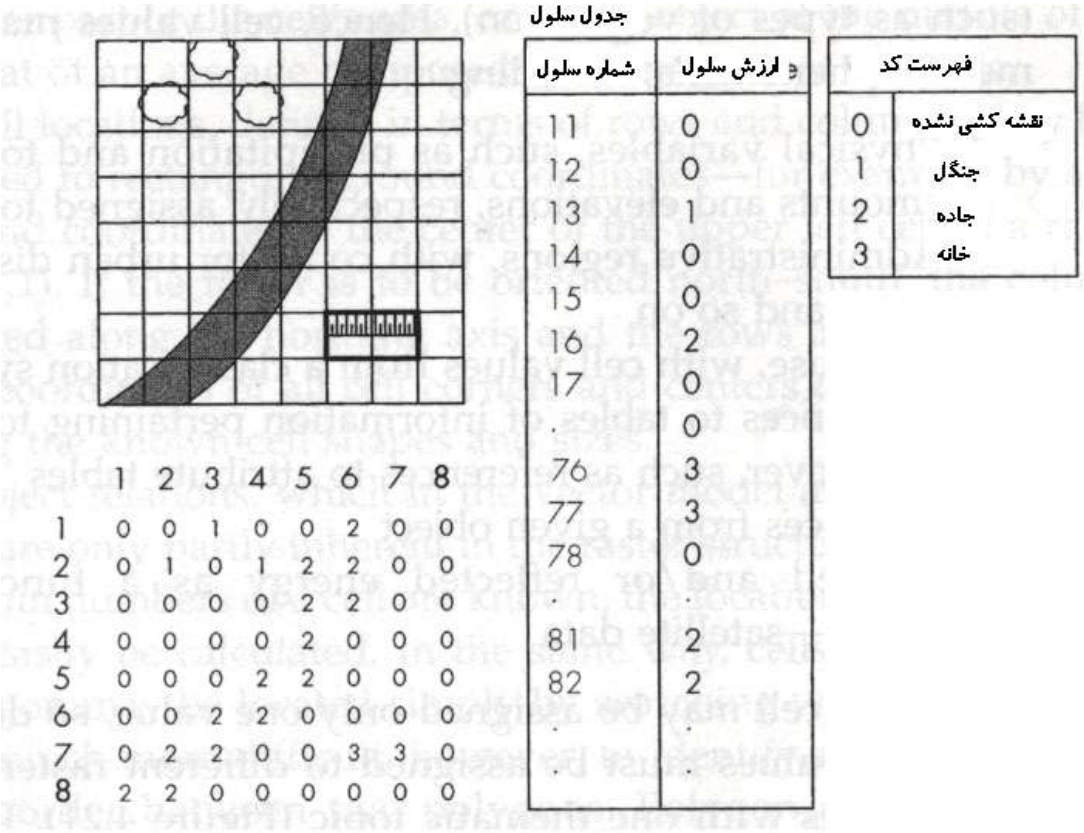
داده‌های رستری حداقل در چهار حالت مختلف بکار می‌رود (Bernhardsen,1988):

۱. مدل‌های توصیف کننده جهان واقعی
۲. اسکن تصویر رقومی نقشه‌های موجود
۳. داده‌های تصویر رقومی ماهواره‌ها
٤. ترسیم اتوماتیک اخذ شده توسط واحدهای خروجی رستری.

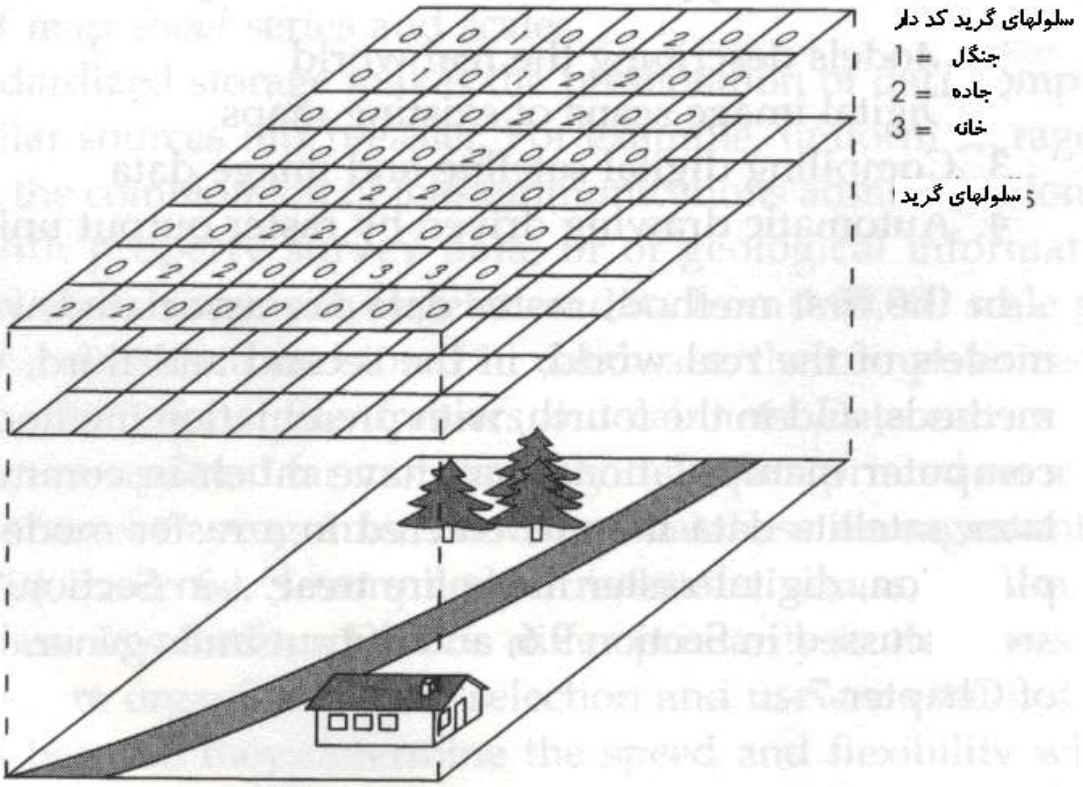
هر پیکسل دارای یک مقدار یا ارزش می باشد. این مقدار می تواند یک عدد صحیح، عدد با ممیز شناور یا یک حرف باشد. مقادیر پیکسل ها می توانند برای انجام محاسبات بکار روند. در واقع مدل‌های رستری بوسیله تخصیص ارزش‌های جهان واقعی به پیکسل‌ها ایجاد می‌شود. ارزش‌های تخصیص داده شده شامل صفت‌های موضوعات است که سلول‌ها نشان می‌دهند. معمولاً ارزش الفبایی و عددی به همه سلول‌ها در یک رستر تخصیص پیدا می‌کنند. برخی از سیستم‌های ساج قابلیت

[1] pictoria l
[2] grid model

مدیریت هر دو نوع ارزش‌های عددی و ارزش‌های متنی (مانند نوع پوشش گیاهی) را دارند. از این رو ارزش سلول ممکن است نمایش دهنده پدیده‌های متعددی شامل موارد زیر باشند (Bernhardsen,1988):



شکل ۹-۲- مشخصات داده های رستری. داده رستری به صورت شبکه‌ای قرار گرفته روی زمین مشاهده شود. هر سلول شبکه یک کدی است که در پایگاه اطلاعاتی ذخیره شده و توصیف کننده زمین در داخل سلول ویژه است.



شکل ۱۰-۲- نحوه شکل گیری ارزشهای پیکسلی در لایه رستری. یک شماره خط و شماره ستون به صورت موقعیت سلول در داده های رستری تعریف می‌شود. داده‌ها از این رو در یک جدول که ارایه دهنده تعداد و ارزش صفتی هر سلول است، ذخیره می‌شود.

- متغیرهای طبیعی مانند بارش و توپوگرافی که هر یک مقادیر یا ارتفاع به ترتیب برای هر سلول تخصیص پیدا می‌کند.
- نواحی اداری با کدهایی برای محدوده‌های شهری، واحدهای آماری و غیره.
- کاربری اراضی با ارزش‌های سلولی یک سیستم طبقه‌بندی
- مراجع به جداول اطلاعاتی بیانگر خصوصیات نواحی
- فاصله از یک موضوع مشخص
- انرژی منتشر شده یا منعکس شده به عنوان تابعی از طول موج (داده ماهواره‌ای).

یک سلول تنها، ممکن است فقط یک ارزش را در خود داشته باشد، بنابراین موضوعات غیر مشابه و ارزش‌های آنها می‌باید به یک لایه رستری دیگر اختصاص داشته باشد که هر یک از آنها با یک عنوان موضوعی مشخص می‌شوند. از این رو در مدل‌های رستری همانند مدل برداری، لایه‌های موضوعی

توپوگرافی، سیستم‌های تهیه آب، کاربری اراضی و نوع خاک وجود دارد. با این حال به دلیل تفاوت در اطلاعات خصیصه‌ای، مدل‌های رستری لایه‌های بیشتری از مدل‌های برداری دارند. در یک مدل برداری، صفت‌ها مستقیماً به موضوعات تخصیص داده می‌شود. برای مثال ارزش PH ممکن است مستقیماً به موضوع دریاچه اتصال یابد، در حالی که در مدل رستری، تخصیص به صورتی صورت می‌گیرد یک لایه موضوعی از PH در مدل رستری تولید می‌شود. بنابراین در مدل‌های رستری تعداد بسیار زیادی از لایه‌های موضوعی وجود دارد در حالی که در مدل برداری این نوع اطلاعات موضوعی در فیلدهای جدول اطلاعات خصیصه‌ای ذخیره شده و در صورت نیاز می‌توان از آن یک نقشه موضوعی را تهیه کرد.

در مدل‌های رستری، موقعیت پیکسل بر حسب سطر و ستون‌ها تعریف می‌شود که ممکن است به مختصات زمینی مستطیلی تبدیل شود. برای مثال با تخصیص مختصات زمینی به مرکز سلول چپ فوقانی یک رستر (یعنی سلول 0,0) می‌توان برای همه سلول‌ها مقادیر موقعیتی جدید را تخصیص داد. روابط بین موضوعات که در مدل‌های برداری با توپولوژی تعیین می‌شود به صورت پدیده ذاتی در ساختار رستری است. هنگامی که تعداد سطر و ستون یک سلول مشخص باشد، موقعیت سلول‌های مجاور می‌تواند به آسانی محاسبه شود. به همین روش سلول‌های در برگیرنده یک چند ضلعی مشخص می‌تواند به صورت ساده با جستجوی ارزش‌های متناظر تعیین شود. با وجود این تعیین همه سلول‌های مشخص شده در مرز بین دو چند ضلعی بسیار مشکل است.

چنین ساختاری تحلیل جداگانه را در محیط رستری می‌طلبد که در قسمت تحلیل‌های فضایی مورد بحث قرار می‌گیرد.

برای کدگذاری ارزش سلول‌ها به غیر از ارزش‌های عددی در برخی موارد می‌توان از کدهای متنی استفاده نمود. در این حالت ارزش‌های متنی از طریق فایل پردازش متن، پایگاه اطلاعاتی یا سایر منابع به سلول‌ها تخصیص پیدا کند.

داده‌های رستری می‌توانند از طریق منابع غیر مشابه قابل دسترس باشند که از داده تصویری و داده وارد شده به صورت دستی به داده رقومی وارد شوند. جمع‌آوری آنها نیازمند این است که سلول‌ها از منابع مختلف و لایه‌های موضوعی مطابق با یکدیگر جمع شوند. به عبارت دیگر سلول‌ها دارای اعداد سطر و ستون ممکن است به همان منطقه زمینی ربط پیدا کند.

داده های رستری در فرمت های فایل مختلفی ذخیره می شوند. تفاوت های موجود بین این فرمت های فایل عمدتا" به دلیل الگوریتم های مختلفی است که برای فشرده سازی آنها استفاده شده است.

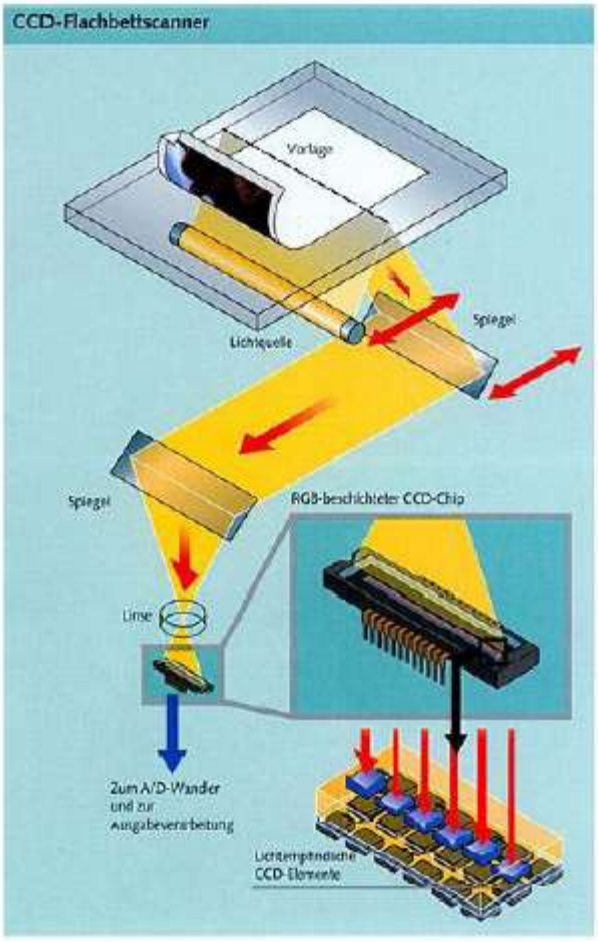
این داده ها به زمان استفاده از فرمت فشره خارج شده و مورد استفاده قرار مـی گیرنـد. امـروزه ده هـا فرمت مختلف برای فایل های رستری ارائه شـده اسـت کـه اهـم آنهـا عبارتنـد از (lo & Yeung, 2005):

- BMP: فرمتی است که توسط گرافیک بیتی در مایکروسافت ویندوز استفاده می شود.
- PCX: فرمت نقشه بیتی است که بسیاری از دستگاههای اسکنر از آن پشتیبانی می کنند.
- TIFF: یک فرمت مستقل که برای ذخیره سازی تصاویر اسکن شده و مبادله داده ها بین بسته های گرافیکی طراحی شده است.
- GeoTIFF: شاخه ای از فرمت TIFFاست که محتوی اطلاعات زمین مرجـع سـازی را در خود دارد. این فرمت در بین توسعه دهندگان ساج و فروشـندگان داده هـا تجـاری و کـاربران داده ها گسترش و نگه داری می شود تا استانداردی بـرای پشـتیبانی از داده هـای جغرافیـایی فراهم کنند که در دسترس عموم باشد و قابلیت همکاری با تمام بخش هـای پایگـاه را داشـته باشد.
- GIF: فرمت ویژه که برای انتقال تصاویر در شبکه جهانی اینترنت مورد استفاده قرار می گیرد.
- JPEG: فرمتی که اصولا" برای ذخیره سازی عکس ها ارائه شده و در شبکه جهانی اینترنـت نیز بطور گسترده های برای گرافیک کاربرد دارد.
- GRID: فرمتی رستری از نوع ویژه که توسط موسس تحقیقات محیطی امریکا در محصولات نرم افزاری مانند ARCVIEW و ArcGIS استفاده می شود.

با توجه به حجم زیاد اطلاعات در مدل‌های رستری، روش‌های خاصی برای فشرده سـازی آنهـا ارایـه شده است که در صورت کمبود حافظه رایانه برای ذخیره داده‌های رستری می‌توان از آنها استفاده کـرد که روش‌های run-length ، encoding ، quad-tree model از جمله آنها محسوب می‌شود کـه علاقمندان جهت کسب اطلات بیشتر می توانند به (بـارو،۱۳۸۰) و (Bernhardsen,1988) مراجعـه نمایند.

برای وارد کردن داده های رستری به رایانه از دستگاهی به نام اسکنر استفاده می شود که یک نمونـه از آن در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است. این دستگاهها ابزاری هستند شبیه دستگاه زیـراکس کـه بـرای کپی اوراق از آن استفاده می شود و دارای دو نوع تخت و نوع غلطکی می باشند. دستگاههای اسکنر با

اندازه های مختلف در بازار موجود بوده و دارای توانایی رقومی سازی با دقت های مختلف بر اساس نقطه در اینچ[1] هستند.



شکل ۱۱-۲- استفاده از ابزار اسکنر برای تولید داده رستری

۷-۲- تبدیل داده‌های رستری و برداری به یکدیگر

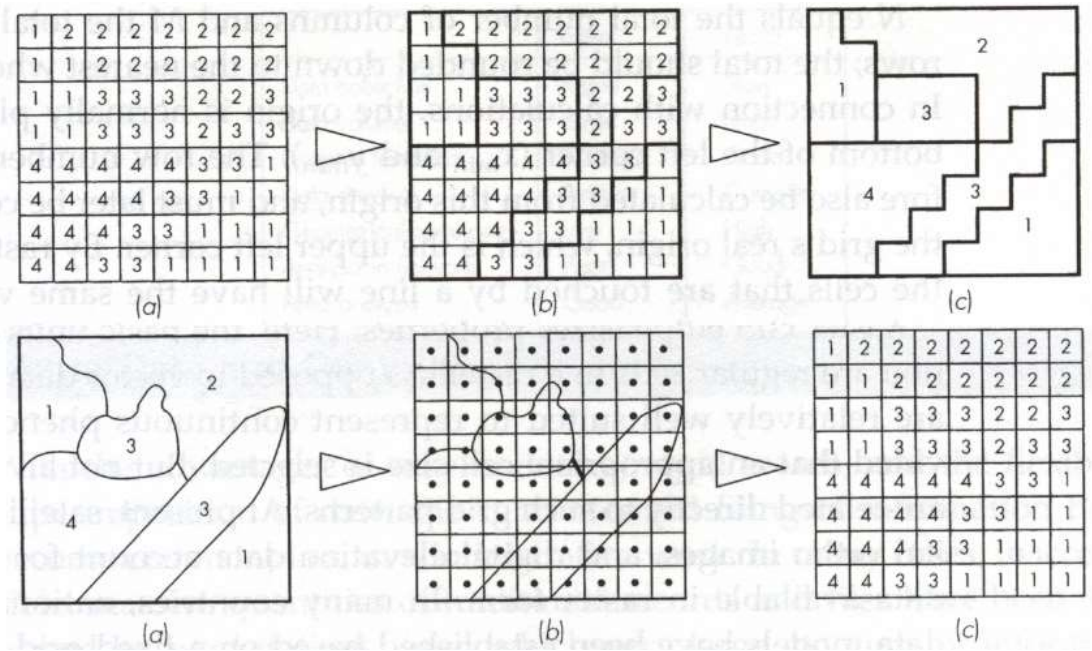
کاربردهای ساج در برخی مواقع نیازمند داده‌هایی در شکل متفاوتی از آنی که در اختیار می‌باشد، است. در نتیجه ساج‌های زیادی در حال حاضر دارای توانایی تبدیل خودکار داده‌های رستری و برداری به یکدیگر هستند. داده‌های رستری از طریق رقومی سازی[2] به داده‌های برداری تبدیل می‌شوند و فرآیند عکس آن به عنوان رستری سازی[3] خوانده می‌شود. در رقومی سازی، مناطق در برگیرنده ارزش‌های

[1] dot per inch
[2] vetorization
[3] rasterization

سلول‌های مشابه چند ضلعی با ارزش‌های صفتی معادل با ارزش سلولی پیش از تبدیل، تبدیل می‌شوند (شکل ۱۲-۲ الف).

در فرآیند متقابل تبدیل چندضلعی‌ها به سلول، هر سلول در داخل یک چند ضلعی به ارزش معادل در ارزش خصیصه‌ای چند ضلعی تبدیل می‌شود (شکل ۱۲-۲ ب).

روش‌های متعددی برای تبدیل داده‌های رستری و برداری به یکدیگر وجود دارد و هر یک از روش‌ها ممکن است نتایج متفاوتی را داشته باشند. بطور طبیعی بخشی از داده‌ها در هنگام تبدیل از دست می‌رود؛ در نتیجه، داده‌های تبدیل شده دقت کمتری را نسبت به داده‌های اولیه دارند.



شکل ۱۲-۲- تبدیل داده‌های رستری و برداری به یکدیگر. الف) تبدیل داده‌های رستری به برداری، ب) تبدیل داده‌های برداری به رستری.

۸-۲- مقایسه مدل‌های برداری و رستری

مدل های داده برداری و رستری برای داده های جغرافیایی، دو دیدگاه متمایز از دنیای واقعی را نشان می دهند. آنها همچنین روش متمایز برای پردازش و تحلیل داده ها ارائه می دهند. این دو مدل داده اصولا" برای انواع مختلف حل مسائل جغرافیایی طراحی شده اند. این بدان معنی است که نمایش داده های جغرافیایی اصولا" توسط کاربردهایی که داده ها را برای آنها فراهم می کنند تعیین می شود.

یکی از بحث‌های پایه در طراحی ساج، انتخاب بین مدل‌های برداری و رستری است. هر یک از این مدل‌ها دارای فواید و اشکالاتی هستند. در مدل برداری، واحدهای مشاهداتی بزرگی به نقاط، خطوط و چند ضلعی محدود می‌شوند، در حالی که در مدل رستری مناطق مشاهده در یک شبکه، ثابت فرض می‌شود. از این رو هر یک از مدل‌های برداری و رستری توانایی متفاوتی برای نمایش واقعیت دارند. در مجموع هر یک از مدل‌های برداری و رستری از جنبه‌های مختلف قابل بررسی بوده و در هر یک از این جنبه‌ها نقاط قوت و ضعف متفاوتی را دارند.

از نظر جمع‌آوری اطلاعات، معمولاً مدل‌های جمع‌آوری اطلاعات رستری به صورت سریع صورت می‌گیرد. بخشی از اطلاعات رستری که تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد ذاتاً دارای ماهیت رستری بوده و بنابراین به راحتی می‌تواند در مجموعه اطلاعات مورد تحلیل قرار گرفته و در پردازش‌های اطلاعات مربوطه مد نظر قرار گیرد، مدل‌های برداری با توجه به اینکه فرآیند رقومی سازی برای هر یک از موضوعات به صورت جداگانه صورت می‌گیرد وارد ساختن هر یک از این داده‌ها با استفاده از نیروی انسانی صورت گرفته و وارد ساختن و ویرایش این اطلاعات برای رفع خطاهای احتمالی کاری وقت‌گیر است.

از نقطه نظر حجم اطلاعات تولید شده با توجه به اینکه در مدل‌های رستری اطلاعات در قالب پیکسل‌های فراون ذخیره می‌شوند حجم زیادی از حافظه رایانه را به خود اختصاص می‌دهند ولی در مدل‌های برداری به علت اینکه عوارض به صورت انتخابی مشخص شده و وارد پایگاه اطلاعاتی می‌شوند بالطبع از حجم کمتری برخوردار هستند.

از نظر گرافیکی، مدل‌های برداری از کیفیت بهتری نسبت به مدل‌های رستری برخوردار هستند. در شرایطی که عوارض مورد نظر ماهیت خطی و چند ضلعی دارند، دقت مدل‌های برداری برای نمایش این نوع اطلاعات بیشتر می‌باشد، در حالی که در مدل‌های رستری به علت اینکه پیکسل‌ها برای نمایش موضوعات استفاده می‌شود، نمی‌تواند خطوط و نقاط ریز را با دقت بالا نشان دهد و فقط در قالب پیکسل‌ها آنها را نمایش می‌دهد که در نتیجه از نظر گرافیکی دقت کمتری را نشان می‌دهد.

در مدل‌های رستری ساختار داده‌ها بسیار ساده‌تر از مدل‌های برداری است. با توجه به اینکه هر موضوع در مدل رستری در قالب یک لایه تنها نشان داده می‌شود و همه آنها در قالب پیکسل‌ها نمایش داده می‌شود، ساختار ساده‌ای را ایجاد می‌کند، در حالی که در مدل‌های برداری ترکیب انواع نقاط، خطوط و چند ضلعی در قالب لایه‌های اطلاعاتی، ساختارهای پیچیده‌تری را نشان می‌دهد.

از نظر دقت هندسی مدل‌های رستری از دقت کمتری در مقایسه با مدل‌های برداری برخوردار هستند. در مدل‌های برداری برقراری روابط توپولوژیکی به صورت دقیقی صورت می‌گیرد و همان‌طور که قبلاً ذکر شد این اطلاعات در جداول توپولوژیکی مختلف به صورت جداگانه برای گره‌ها، خطوط و ... ذخیره می‌شود و در زمان تحلیل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از نظر تحلیل‌های شبکه، که یکی از تحلیل‌های اصلی ساج محسوب می‌شود، مدل‌های رستری با توجه به ساختار خود از توانایی کمتری برخوردار هستند، در مقابل در مدل‌های برداری، دقت گرافیکی و وجود روابط توپولوژیکی برای عوارض این امکان را ایجاد می‌کند که تحلیل‌های شبکه در امتداد خطوط به راحتی و با دقت صورت گیرد.

از نظر اندازه‌گیری مساحت، با توجه به اینکه در مدل‌های رستری این اندازه‌گیری در مقیاس پیکسل‌ها صورت می‌گیرد مساحت عوارض به صورت دقیق‌تر محاسبه می‌شود، در حالی که در مدل‌های برداری با توجه به وجود برخی پیچ و خمها در خطوط، دقت اندازه‌گیری مساحت متناسب با دقت خطوط بوده و هر قدر این پیچ و خمها کمتر باشد، دقت اندازه‌گیری مساحت افزایش خواهد یافت.

با توجه به موارد مذکور مشخص است که هریک از مدل های داده برداری و رستری دارای قابلیت و محدودیت های نسبی هستند که اهم آن در جدول ۱-۲ نشان داده شده است. برمبنای اطلاعات جدول مذکور مدل داده رستری برای کاربردهای ساج در خصوص تحلیل تغییرپذیری فضایی پدیده های جغرافیایی مناسب است. پیشرفت های حاصل در فنآوری گرافیک کامپیوتر در سالهای اخیر امکان نمایش تغییر پذیری پدیده های فضایی را در اشکال دو بعدی و سه بعدی فراهم نموده است. از جمله آنها ارائه نقشه های دما، بارندگی، توپوگرافی و شاخص های زیست محیطی می باشد. داده های رستری همچنین برای تحلیل روابط فضایی بین داده های متعلق به جنبه های مختلف زیست محیطی مفید هستند. از جمله آنها مطالعه اثرات زیست محیطی حیات وحش و مطالعه تنوع زیستی است.

بطور مسلم مدل داده برداری برای بررسی توزیع و مکان اشیاء فضایی مجزا بسیار مناسب است. از اینرو این مدل از داده ها برای کاربردهای اطلاعات مربوط به زمین، نقشه برداری رایانه ای، مدیریت و برنامه ریزی حمل ونقل و همچنین مدیریت داده های زیست محیطی و منابع طبیعی مناسب است.

جدول ۱-۲- قابلیت ها و محدودیت های نسبی داده های برداری و رستری

مدل رستری	مدل برداری
قابلیت ها	قابلیت ها
• مدل داده ساده • استفاده از فن آوری ارزان • سهولت جمع آوری داده ها • سهولت پردازش داده ها	• ساختار بیشتر داده های فشرده • امکان پردازش توپولوژیکی • کیفیت کارتوگرافیکی بالا • اداره سطح بالای داده های توصیفی
محدودیت ها	محدودیت ها
• عدم پردازش توپولوژیکی • اداره محدوده داده های صفتی • ساختار کمتر داده های فشرده • کیفیت پایین نتایج و خروجی های	• مدل داده پیچیده • پردازش همپوشانی پیچیده • نمایش پیچیده تغییر پذیری فضایی • هزینه زیاد برای جمع آوری داده ها • استفاده از فناوری گران قیمت تر

فصل سوم

سیستم های مرجع فضایی

۱-۳- مقدمه

همانطور که پیشتر ذکر گردید نقشه‌ها مهمترین رکن سیستم اطلاعات جغرافیایی هستند و از اینرو لازم است از نظر سیستم تصویر و مختصات، دارای دقت و صحت بالایی باشند و از فرمت استاندارد پیروی کنند. برای هر نقشه ای که در محیط ساج استفاده می گردد علاوه بر وجود مقیاس، راهنما و نشانگر جهت جغرافیایی، مشخصات فنی نیز مورد نیاز است. این مشخصات فنی عبارتند از: سطح مبنا، سیستم تصویر و سیستم مختصات که در این فصل مورد بحث قرار می گیرد.

سیستم‌های مبنا، سیستم های تصویر و مختصات در ساج برای انجام محاسبات ریاضی و هندسی بسیار مهم هستند. این سیستم‌ها، مبنای مرجع و دقیقی را برای ارائه و نمایش موقعیت پدیده‌ها و اشیاء روی زمین فراهم می‌آورند و بدین ترتیب موجب همپوشانی اطلاعات گوناگون ازمنابع مختلف به صورت یکسان و با دقت بالا می‌شود که این امر موجب بالارفتن کارائی ساج ها در تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی می گردد.

در علم کارتوگرافی، انتقال سطح کروی زمین به روی یک سطح صاف، اصطلاحاً تصویر کردن[1] نامیده می‌شود. در این انتقال باید اندازهٔ سطوح، زوایا و فواصل به طور کامل حفظ شوند. تغییر مقیاس ناشی از تصویر کردن از موضوعات بسیار مهمی است که باعث می‌شود ضریب مقیاس دچار تغییر گردد. شناخت این سیستم‌ها و ویژگی‌های آنها کمک می‌کند تا کاربران ساج درک درستی از واقعیت های

[1] projection

زمینی و نحوه بکارگیری آنها پیدا کنند. این فصل به بررسی چارچوب‌های پایه برای استفاده از اطلاعات مکانی در محیط ساج از جمله سطوح مبنا، سیستم‌های مرجع و تصویر می پردازد.

۲-۳-سطح مبنا[1]

استفاده از هر نوع اطلاعات فضایی مستلزم تعیین یک سیستم مرجع فضایی است که توسط آن موقعیت پدیده‌ها روی سطح زمین مشخص گردد. این عمل با مرجع دهی فضایی که در برخی مواقع تحت عنوان زمین مرجع سازی[2] نیز نامیده می‌شود، انجام می‌پذیرد. هدف از زمین مرجع سازی، تهیه چارچوبی است که با بهترین برآورد از موقعیت‌های واقعی پدیده‌ها، اندازه‌گیری‌های مختلف ثبت و تحلیل‌های گوناگون جغرافیایی انجام شوند (Chen and Lee, 2001) . زمین مرجع سازی، در واقع، مجموعه‌ای از مفاهیم و روش‌های مختلفی است که برای انتقال سطح انحناء دار زمین بر روی یک سطح مسطح استفاده می‌شود. برای انجام این کار، از یک سطح مبنا استفاده می‌شود که به سطح مبنا معروف است. سطح مبنا بر پایه یک شبه کره تعریف می‌شود که تقریباً شکل زمین و موقعیت کروی مربوط به مرکز زمین را شبیه‌سازی می‌کند.

همچنانکه می‌دانیم، زمین دارای شکل کروی کامل نیست و دارای شکلی است که اصطلاحاً آن را شلجمی می‌گویند. به عبارت دیگر، زمین در استوا برآمده و در قطبین دارای پهن شدگی است. براساس شبه کره‌هایی که سعی دارند شکل زمین را بازنمایی کنند، سطح مبناهای متعددی تعریف می‌شوند. هریک از کشورها برحسب شکل و گستردگی جغرافیایی خود، نوع خاصی از سطح مبنا را مورد استفاده قرار می‌دهند. این شبه کره‌ها به دو صورت ژئوئید[3] و بیضوی مرجع[4] تعریف می‌شوند.

مدل بیضوی – ژئوئید[5] عموماً برای نمایش سطوح به صورت ریاضی استفاده می‌شود که نمایش دهنده شکل زمین است. در علوم زمین مرجع سازی، ژئوئید و بیضوی دو سطح متمایز برای اهداف مختلف هستند: در کل بیضوی، سطح مرجعی برای موقعیت های افقی و ژئوئید، سطح مرجعی برای ارتفاعات است. رابطه بین این دو در شکل ۱-۳ نشان داده‌شده است.

از قرن هجدهم، ژئودزین‌ها سعی کرده‌اند به دلیل پهن‌شدگی قطبین زمین، بهترین بیضوی منطبق بر زمین را تعیین کنند. برای این منظور، آنها از دهها بیضوی استفاده کرده‌اند. به صورت عملی، همهٔ این

[1] datum
[2] geo-referencing
[3] geoid
[4] ellipsoid
[5] ellipsoid-Geoid

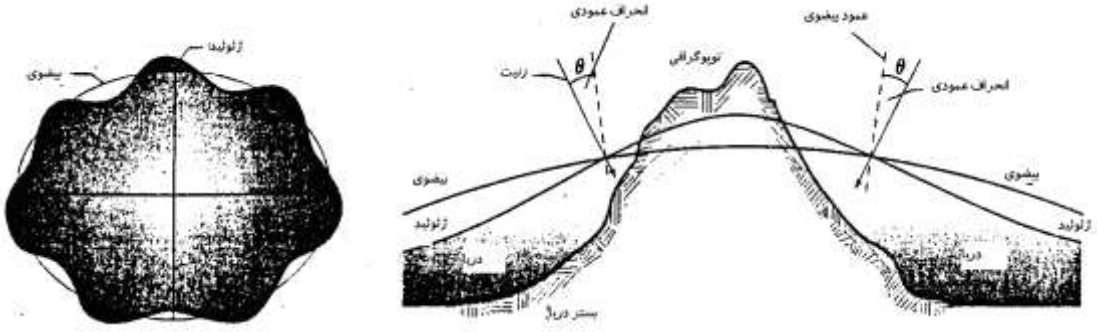
بیضوی‌ها با استفاده از ثوابتی برای یک منطقهٔ مشخص مانند یک کشور یا قاره تعریف می‌شوند. بیضوی‌های تعریف شده می‌توانند برای بخشی از زمین دارای انطباق خوبی باشند در حالیکه در سایر نقاط ممکن است نتایج مطلوبی نداشته باشند (شکل ۲-۳).

در رابطه با چگونگی انطباق بیضوی ها با زمین، بیضوی‌های متفاوتی توسط کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد که امروزه حدود ۳۰ بیضی مورد استفاده قرار می‌گیرد که Clarke 1866 و سیستم مرجع ژئودتیک ۱۹۸۰[1] از جمله آنها محسوب می‌شود.

با توجه به موارد فوق ژئوئید و بیضوی مرجع به ترتیب سطح مبنای موقعیت‌های عمودی و افقی در زمین مرجع سازی هستند که سطح مبنا نامیده می‌شوند. در تعریف سطح مبنا مدلی است که ارتباط موقعیت، جهت و مقیاس یک سطح مرجع را با موقعیت‌های روی سطح زمین برقرار می‌کند. دو سطح مبنا در زمین مرجع سازی وجود دارد: سطح مبنای ژئودتیک و سطح مبنای ارتفاعی . این دو سطح مبنا بصورت فضایی و مفهومی با یکدیگر مرتبط هستند.

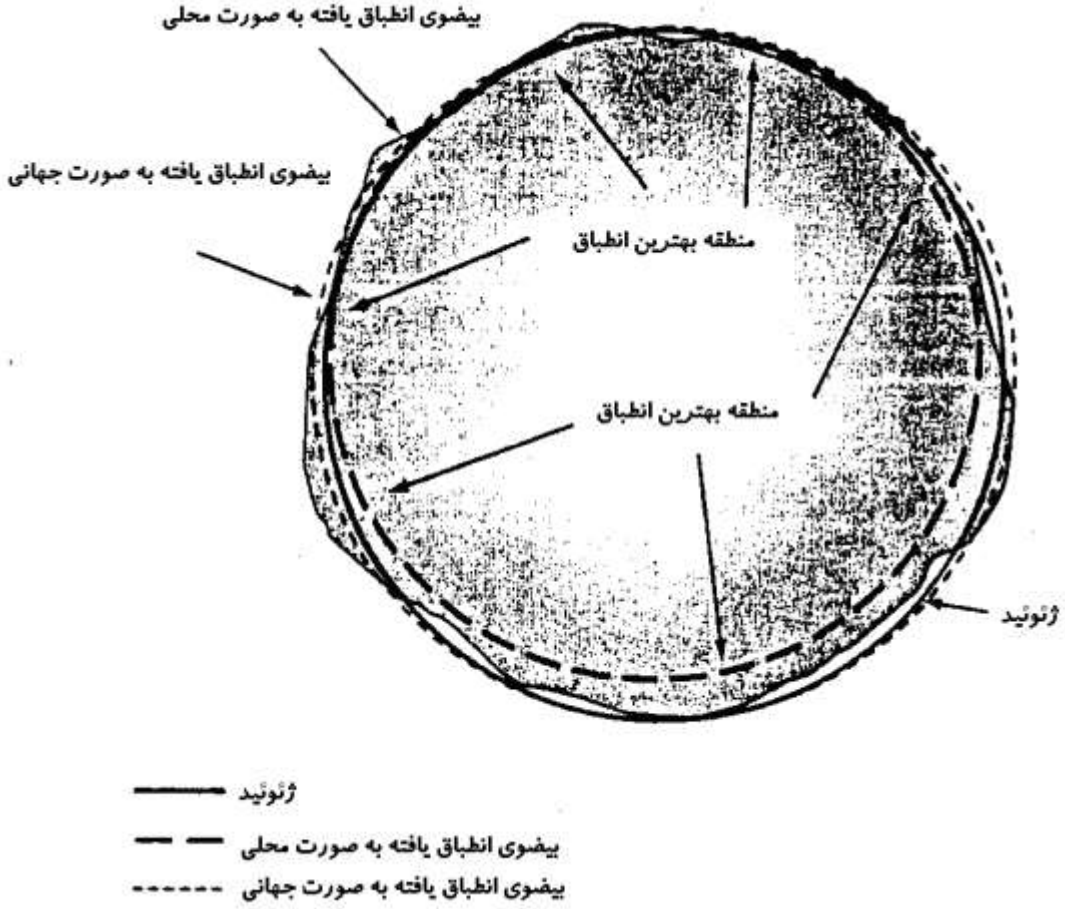
۱-۲-۳- سطح مبنای بیضوی مرجع

زمین دارای پهن شدگی جزئی در قطبین است و شکل فیزیکی واقعی آن تقریباً به سطح ریاضی یک بیضی دوران یافته[2] شبیه است که بیضوی نامیده می‌شود. از این بیضوی به عنوان سطح مرجع برای مختصات افقی (طول و عرض جغرافیائی) در شبکه‌های ژئودئیک استفاده می‌شود. مقدار پهن شدگی می‌تواند به وسیله رابطه زیر تعیین شود (Lo and Yeung, 2005):



شکل ۱-۳- ژئوئید و بیضوی(Lo & Yeung, 2005)

[1] GRS80, Geodetic Reference System of 1980
[2] rotational ellipsoid



شکل ۲-۳- بیضوی های مرجع متفاوت کره زمین(Lo & Yeung, 2005)

$$F= (8-b)/a$$

که در آن a وb طول هایی نیمه محور بزرگ و کوچک بیضی هستند که به ترتیب به شعاع استوایی و قطبی زمین مربوط می شوند. در مقابل، پارامتر خروج از مرکز[1] (e) به صورت زیر تعریف می شود:

$$e^2 = (a^2 \; b^2 \; / a^2$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

$$1-e^2= (1-f)^2$$

میزان پهن شدگی (f) بسیار نزدیک به ۱/۳۰۰ است. اختلاف طول مابین شعاع استوایی و قطبی تقریباً ۱۱/۵ کیلومتر است و محور قطبی حدود ۲۳ کیلومتر کوتاهتر از محور استوایی است(شکل ۲-۳).

[1] eccentricity

از دهه ۱۹۶۰ به این سو، مقادیر جدید شعاع‌های استوایی و قطبی زمین توسط مشاهدات ماهواره‌ای برآورد می‌شوند. همکاری بین‌المللی بیشتری در مطالعهٔ علمی شکل زمین از طریق سازمان‌های مختلف چون انجمن بین المللی ژئودزی و ژئوفیزیک صورت گرفته است. این کوشش‌ها امکان ارائه بیضوی‌های جدیدی را در مقیاس‌های جهانی فراهم کرده است.

بیضوی‌های مرجعی که بر مبنای چگالی زمین[1] بنا نهاده شده اند بیضوی‌های ژئوسنتریک[2] یا زمین مرکز[3] نامیده می‌شوند. بیضوی‌های جدید پیشنهاد شده قادر به نمایش شکل زمین به صورت دقیق هستند و به همین جهت بسیاری از کشورها سیستم‌های مرجع خود را بر این اساس بنا نهاده‌اند (Lo & Yeung, 2005).

سطح مبنای ژئودتیک برای تهیه نقشه توپوگرافی و پوششی از مناطق جغرافیایی وسیع مانند یک کشور، یک قاره یا کل دنیا و یا در کنترل موقعیت پروژه‌های نقشه‌برداری محلی استفاده می‌شود. یک سطح مبنای کلاسیک ژئودتیک به وسیله پنج عامل که شامل موقعیت مبداء (بر حسب طول، عرض جغرافیایی و یا در سایر سیستمهای متریک)، توجیه شبکه ژئودتیک (یعنی آزیموت آن نسبت به شمال)، پارامترهای بیضوی متناظر (یعنی نیمه محور اصلی و پهن شدگی) برای محاسبه انحراف تموج ژئوئید هستند تعریف می‌شود. نام تکنیکی عمومی شبکه حاصله نقاط کنترل مشخص سیستم مرجع ژئودتیک افقی است اما عموماً مبنا نامیده می شود. مانند مبنای امریکای شمالی[4]، مبنا ژئودتیک استرالیا[5]، ژئودتیک اروپائی[6] و مبنای توکیو[7].

با استفاده از بیضوی مرجع زمین مرکز، مبناهای ژئودتیک تطبیق بهتری با ژئوئید جهانی فراهم می کند و در نتیجه در سیستم های کنونی ناوبری ماهواره ای مانند سیستم موقعیت یاب جهانی[8] استفاده می شوند.

مبناهای ژئوسنتریک بوسیله مختصات های کارتزین سه بعدی (یعنی x، y و z)با منشاء تطبیق یافته با مرکز بیضی مرجع دهی می شوند. این موضوع اجازه می دهد موقعیت های نقاط کنترل ژئودتیک بر

---

[1] center of mass
[2] geocentric
[3] earth-centered
[4] North American Datum(NAD)
[5] Australian Geodetic Datum(AGD)
[6] European Geodetic Datum(EGD)
[7] Tokyo Datum (TD)
[8] Global Positioning System (GPS)

حسب مختصات ژئوسنتریک (یعنی x، y و z) بیشتر از مختصات بیضی وار متداول (یعنی عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، ارتفاع بیضی) بیان شود.

الگوریتم های زیادی برای تبدیل مختصات ژئوسنتریک به و از مختصات بیضی وار وجود دارند. در نتیجه موقعیت های افقی با استفاده از این دو سیستم مختصات می تواند اندازه گیری، محاسبه و مستند شود.

سطح مبنای ژئودتیک می‌تواند بر حسب پوشش منطقه جغرافیایی به دو مقیاس جهانی و محلی طبقه بندی شود. سطح مبنای ژئودتیک جهانی برای زمین مرجع ساختن بر مبنای مرکز زمین توسعه یافته‌اند. سیستم‌های ژئوسنتریک جهانی ۱۹۸٤[1]، از این نمونه سطوح مبناها هستند (Lo and Yeung, 2005).

۲-۲-۳- سطح مبنای **ژئوئید**

واژه ژئوئید از نظر لغوی به معنای «شبیه زمین» است و اصطلاحاً به سطح تراز متوسط دریاها گفته می‌شود. به عبارت دیگر ژئوئید را به صورت سطحی که منطبق بر آبها و در زیر خشکی‌ها هم ادامه یافته است، تعریف می‌کنند. ژئوئید سطح نامنظمی است که در هر نقطه از آن امتداد نیروی ثقل در آن نقطه بر سطح عمود است. ژئوئید را سطح تراز صفر در نظر گرفته می‌شود و ارتفاعاتِ نقاط مختلف سطح زمین نسبت به آن سنجیده می‌شود (شمسی، ۱۳٦٦).

ژئوئید به وسیله مدل سازی فیزیکی و ریاضی اندازه‌گیری‌های شدت جاذبه زمین (ثقل‌سنجی) در نقاط مختلف به صورت محلی برای یک کشور یا منطقه یا جهان برآورد می‌شود. از آنجائیکه چگالی سنگ های تشکیل دهنده زمین بسیار متفاوت است و تشکیلات سنگی به صورت بسیار نامنظم روی سطح زمین توزیع شده‌اند، اندازه‌گیری‌های نیروی جاذبه از یک محل نسبت به محل دیگر روی سطح زمین تغییر می‌کند. به علت اینکه نیروهای جاذبه روی قاره‌ها، بیشتر است، عموماً ژئوئید روی قاره ها افزایش یافته و روی اقیانوسها کاهش می‌یابد. به صورت محلی، ژئوئید دارای برآمدگی‌ها و فرورفتگی ها مختلفی است که از سطح متوسط زمین در برخی جاها به اندازه ٦۰ متر فاصله می‌گیرد. در کل، ژئوئید با میانگین سطح دریا[2] در اقیانوس‌های باز که سطح زمین را احاطه کرده‌اند تطابق دارد. بنابراین

[1] World Geodetic Systems(WGS 84)
[2] mean sea lavel (MSL)

همه ارتفاعات در نقشه‌برداری و تهیه نقشه نسبت به سطح ژئوئید به صورت میانگین سطح دریا محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، ژئوئید یک سطح مرجع برای مختصات ارتفاعی است.
همانطور که بیان شد، ژئوئید یک سطح فیزیکی است که با اندازه‌گیری‌های شدت جاذبه بدست می‌آید، در صورتیکه بیضوی مرجع یک سطح کاملاً ریاضی است. اختلاف بین این دو سطح در هر نقطه از زمین به تموج ژئوئید[1]، جدایی ژئوئید[2] یا ارتفاع ژئوئید[3] معروف است و زاویه بین امتداد قائم بر بیضوی مرجع و قائم بر ژئوئید (یعنی خط شاقولی) به عنوان انحراف عمودی (θ) [4]خوانده می‌شود.
یک سطح مبنای ارتفاعی، سطح صفری است که همه ارتفاعات نسبت به آن اندازه‌گیری می‌شود. متوسط سطح دریاها به عنوان مبنای ارتفاعی برای تهیه نقشه استفاده می‌شود، چرا که سطح دریا در همه جای دنیا قابل دسترس است. به منظور تعیین متوسط سطح دریاها برای استفاده به عنوان سطح مبنای ارتفاعی، اندازه‌گیری‌های پیوسته از تغییرات ارتفاعی سطح آبهای آزاد در ایستگاه‌های متعدد اندازه گیری جزر و مد و برای یک دوره ۱۰ تا ۱۲ ساله ضروری است. هدف از این کار میانگین‌گیری از حداکثر و حداقل های جزر و مدی است که در نتیجه تغییرات اثرات نیروی جاذبه ماه و خورشید ایجاد می‌شود. از اینرو متوسط سطح دریاها برآورد شده توسط یک کشور خاص یا ناحیه به عنوان مبنای ارتفاعی و سطح صفر واقعی برای اندازه گیری ارتفاع می‌باشد. به دلیل اینکه ژئوئید سطح فیزیکی برای اندازه‌گیری واقعی ارتفاعات بالا یا زیر آن نیست، برای اهداف کاربردی در زمین مرجع سازی، فرض می شود که ژئوئید و متوسط سطح دریاها در امتداد سواحل با یکدیگر تطابق دارند (Lo & Yeung, 2005). مبناهای ارتفاعی نیز ممکن است به دو صورت جهانی و محلی طبقه بندی شوند.

۳-۳- سیستم تصویر

۱-۳-۳- اصول سیستم های تصویر

به دلیل اینکه همواره نیاز است نقشه زمین روی سطح پهن تهیه شود، نیازمند استفاده از روشهای تبدیل شبکه مختصات جغرافیایی زمین از سطح سه بعدی به سطح دو بعدی می باشد. یک نقشه نمایش سیستماتیک همه یا قسمتی از سطح یک پیکره گرد، مخصوصاً زمین روی یک صفحه است که

[1] Geoid Undulation
[2] Geoid Separation
[3] Geoid Height
[4] vertical deflection

می تواند به صورت سه بعدی یا پرسپیکتیو یا غیر پرسپکتیو باشد. یک سیستم تصویر پرسپکتیو در ماهیت کاملاً ژئومتریک است که توسط استفاده از یک نقطه مبنا[1] و سطح سیستم تصویر مشخص می شود. نمونه خوب آن سیستم تصویر مرکاتور است.

۲-۳-۳- ویژگی های سیستم های تصویر

اگر پوست یک پرتقال روی سطح مسطح پهن شود لازم است پرتقال در جهت های مختلف شکافته شود و به همین جهت ویژگی های اصلی پرتقال از قبیل شکل آن تغییر خواهد یافت. در سیستم تصویر نقشه، زمین می تواند به صورت یک کره کامل در نظر گرفته شود. برای نمایش آن روی سطح پهن مانند یک پرتقال روی سطح پهن، برخی از ویژگی های کره ای زمین از بین خواهد رفت. چهار ویژگی در این زمینه مورد توجه است: ۱)مساحت ۲)شکل ۳)فاصله و ٤)جهت. در حالت شکل کره ای زمین، همه ٤ خصوصیات فوق الذکر صحیح هستند، ولی در هنگام تغییر شکل زمین به یک صفحه، فقط برخی از این خصوصیات می تواند حفظ شود. با توجه به این موضوع همه سیستم های تصویر نقشه مختلف برای تولید شبکه ای از نصف النهارات و مدارات طراحی شده اند که می توانند یک یا دو موضوع از ویژگی های نقشه نهایی را برای اهداف ویژه حفظ کنند.
مهمترین ویژگی هایی که در این رابطه مدنظر است عبارتند از:

۱-۲-۳-۳- مساحت

ممکن است یک سیستم تصویر نقشه برای اندازه گیری مساحت های مشابه روی سطح سه بعدی زمین و دو بعدی نقشه طراحی شود، بطوریکه هر مساحت اندازه گیری شده روی نقشه همانند مساحت اندازه گیری شده روی زمین باشد. این نوع سیستم تصویر بنام سیستم تصویر مساحت معادل[2] یا سیستم تصویر معادل[3] نامیده می شود. این ویژگی می تواند با کجی شکل شبکه همراه باشد. سیستم تصویر مساحت معادل، بهترین سیستم برای نمایش توزیع فضایی و اندازه نسبی ویژگی های فضایی مانند واحدهای سیاسی، جمعیت، کاربری اراضی و پوشش زمین، خاکها و سکونتگاههای حیات وحش است. ویژگی مساحت معادل اجازه می دهد که اندازه های ویژگی های جهان واقعی بصورت بصری

[1] viewpoint
[2] equal-area
[3] equivalent projection

در مقایسه با همان پایه های مساحتی مقایسه شـود. مثالهـای ایـن سیسـتم عبارتنـد از سیسـتم تصـویر مخروطی مساحت معادل سینوسویدال[1].

۲-۲-۳-۳-شکل

یک سیستم تصویر نقشه می تواند شکل صحیح ویژگی های فضایی نمایش داده شده را حفظ کند کـه این کار تنها با ایجاد مقیاس در امتداد نصف النهارات و مدارات همان دو جهت ممکن است. در نتیجـه زوایای محلی نسبی در حدود هر نقطه روی نقشه می تواند به صورت صحیح نمایش داده شود. نصف النهارات، مدارات را در زاویه قائم، درست مثل اینکه روی کره نشان داده می شود قطع می کننـد. ایـن نوع از سیستم های تصویر به کانفورمال[2] یا ارتومورفیک[3] (شکل مستقیم در یونانی) مشـهور هسـتند و برای تهیه نقشه و اهداف ناوبری بسیار مهم هستند. نیاز به حفظ شکل اولیه، نیازمند حفظ هر دو عامل مساحت و فاصله است. مثال خوب این نوع سیستم تصویر، مرکاتور است که در آن گرینلند بزرگتـر از امریکای جنوبی نشان داده می شود(در واقعیت گرینلند یک شکل بیشتر ندارد) انـواع مختلفـی از ایـن نوع سیستم تصویر وجود دارد.

۳-۲-۳-۳- فاصله

فاصله بین دو نقطه اندازه گیری شده روی نقشه با فاصله همان دو نقطه اندازه گیری شده روی سـطح زمین در مقیاس مشخص برابر است. بطور مسلم این ویژگـی در همـه نقـاط روی نقشـه امکـان پـذیر نیست. این موضوع می تواند تنها بوسیله انتخاب خطوط ویـژه در امتـداد مقیـاس صـحیح باشـد. ایـن خطوط می تواند در امتداد هر نصف النهار باشد. به سخن دیگر فاصله ها ممکن اسـت بطـور صـحیح تنها در یک جهت اندازه گیری شود. این خطوط مقیاس صحیح شامل نصـف النهـارات مرکـزی طبقـه استوانه ای سیستم تصویرها به صورت خطوط موازی استاندارد طبقه مخروط سیستم تصویر باشد. این نوع از سیستم تصویر هم فاصله[4] نامیده می شود. ویژگی این سیستم تصویر ایـن اسـت کـه بـه تغییـر مقیاس بسیار حساس است. مقایسه سیستم های تصویر کانفورمال و مساحت برابر[5] مفید است چرا کـه

---

[1] sinusoidal
[2] equidistant
[2] conformal
[3] orthomorphic
[3] equal- area

مقیاس مساحت یک سیستم تصویر هم فاصله بطـور خیلـی آهسـته تـر از سیسـتم تصـویر کانفورمـال افزایش می یابد. در نتیجه سیستم تصویر تا نقشه هم فاصله بیشتر از نقشـه هـای اطلـس مفیـد اسـت. مثالهای این سیستم تصویر هم فاصله آزیموتال[1] و سیستم تصویر مخروطی هم فاصله[2] است.

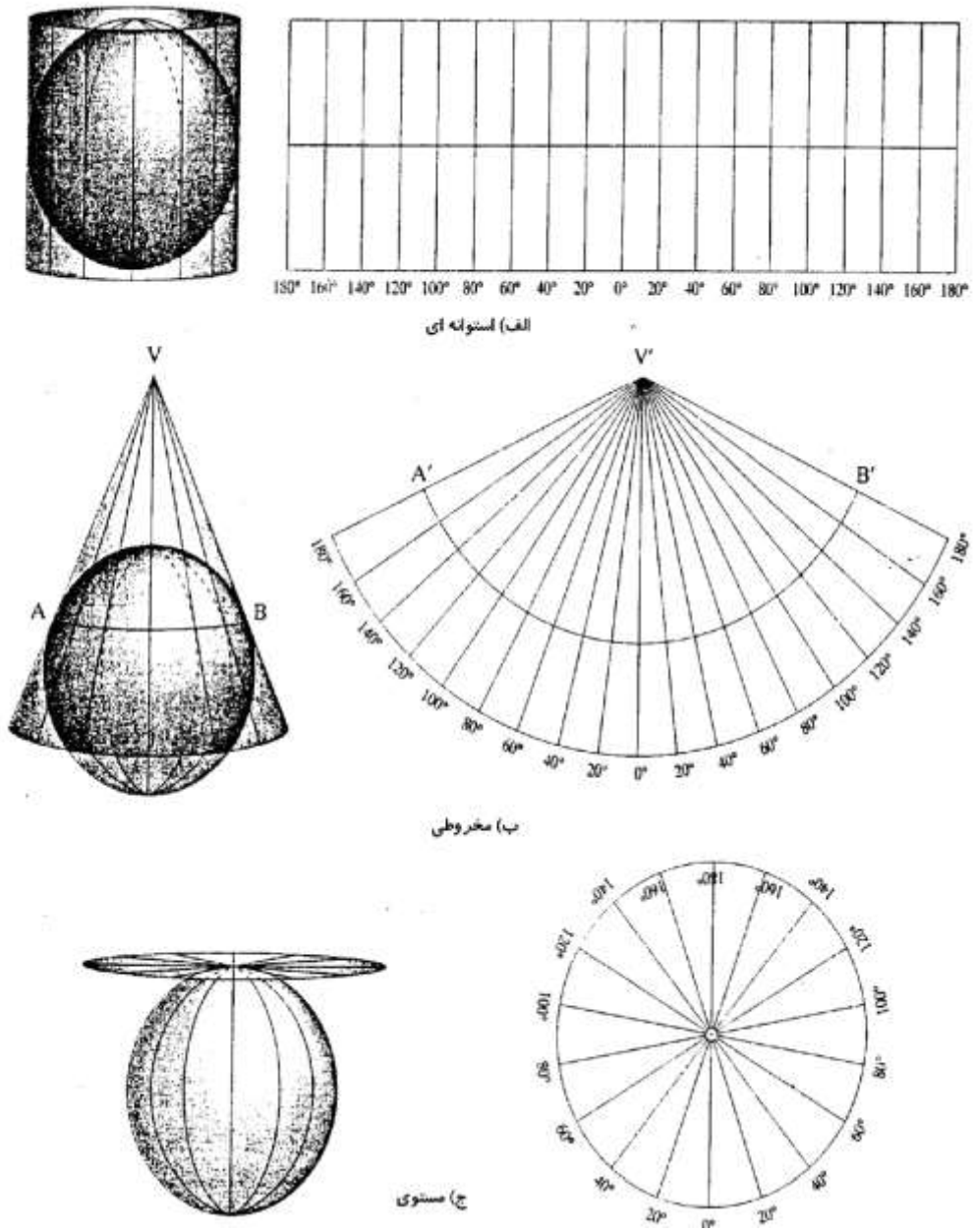
٤-٢-٣-٣-جهت

اندازه گیریهای جهت انجام گرفته روی نقشه، همانی است که روی زمین اسـت. ایـن ویژگـی سیسـتم تصویر نقشه جهتی است. جهت صحیح، ویژگی ذاتی طبقه آزیموتال سیستم تصویر نقشه است چرا که همه نصف النهارات از قطب رد می شوند. چون سیستم تصویرهای نقشه کانفورمال شکل هـا را تغییـر می دهند آنها بطور طبیعی جهت صحیح را حذف می کنند. با وجود این جهت صـحیح در بسـیاری از سیستم های تصویر نقشه واقعی نیست. سیستم تصویر مرکاتور از جمله این سیستم ها است که جهـت صحیح را در همه جهت ها و در همه قسمت های نقشه حفظ می کند. جهـت صـحیح، ویژگـی مفیـد برای چارت های ناوبری هوایی و دریایی است. مثالهای سیستم های تصویر نقشـه بـا جهـت صـحیح شامل نوع های مختلفی از سیستم های تصویر آزیموتی و مرکاتور است.

۳-۳-۳- طبقه بندی سیستم های تصویر

روشهای مختلفی برای طبقه بندی سیستم های تصویر نقشه وجود دارد. یک طـرح سـاده طبقـه بنـدی سیستم های تصویر، نقشه بر اساس نوع سطح قابـل توسـعه روی شـبکه نصـف النهـارات و مـدارات نمایش داده می دهد. یک سطح قابل توسعه، سطحی است که مـی توانـد روی سـطح بـدون اعوجـاج توسعه یابد. سه نوع از سطوح قابل توسعه وجود دارد: ۱)استوانه ای[3]۲) مخروطی[4]، ۳)صفحه ای[5] کـه در شکل۳-۳ نشان داده شده است(یمانی،۱۳۸۰).

[1] azimuthal
[2] equidistant
[3] cylindrical
[4] conical
[5] planer

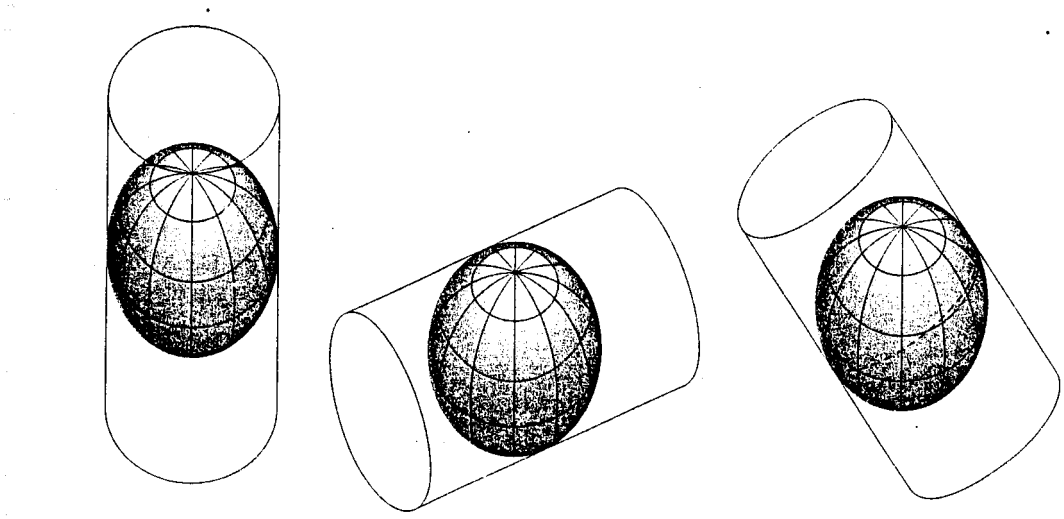


شکل ۳-۳- انواع سیستم های تصویر. الف) استوانه ای، ب) مخروطی، ج) مستوی

۱-۳-۳-۳- سیستم تصویر استوانه ای

با قرار دادن یک کره شفاف در داخل یک استوانه در شرایطی که محور استوانه و کره در راستای هم باشند ایجاد می شود، در این شرایط استوانه تنها در امتداد دایره عظیمه خط استوا با سطح کره مماس خواهد بود. چنانچه لامپی را در مرکز کره روشن کنیم سایه مختصات کره روی سیلندر نمایش داده می شود. با بریدن و باز کردن سیلندر، یک سیستم تصویر استوانه ای مستطیل شکل بدست می آید. در

این شکل، نصف النهارات طولی و مدارات خطوط مستقیم هستند که خط استوا را در زاویه قائم قطع کرده و آن را به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم می کنند و در آن مدارات به صورت خطوط مستقیم افقی مشاهده خواهند شد. انواع مختلفی از این نوع سیستم تصویر تحت عناوین استوانه ای ساده، استرتوگرافیک گال،سیستم استوانه ای معادل، سیستم تصویر مرکاتور، سیستم مرکاتور معکوس و سیستم تصویر UTM از مهمترین سیستم های تصویر استوانه ای محسوب می شوند(یمانی، ۱۳۸۰). در سیستم تصویر مرکاتور معکوس استوانه(شکل ٤-۳) به جای اینکه به صورت عمودی روی کره قرار گیرد به صورت افقی قرار گرفته و در این حالت قطبین زمین با استوانه مماس می شود. سیستم تصویر UTM که در ساج مورد استفاده قرار می گیرد بر مبنای سیستم تصویر معکوس بوده و در این سیستم، با چرخش کره در سیستم تصویر مرکاتور معکوس به ترتیب نصف النهارهای متعدد با سطح استوانه مماس شده و اگر هر بار یک قاچ ۱۵ درجه تهیه شود سیستم تصویر UTM حاصل خواهد شد.



شکل ٤-۳- انواع سیستم های تصویر استوانه ای(یمانی،۱۳۸۰).

۲-۳-۳-۳-سیستم تصویر مخروطی

در این سیستم، یک مخروط روی کره در حالتی قرار می گیرد که سر مخروط دقیقاً روی محور قطبی قرار گیرد. مخروط در امتداد یکی از مدارات بر سطح کره مماس می شود. این مدار، مدار استاندارد نامیده می شود. در امتداد این مدار استاندارد، مقیاس صحیح است و اعوجاج آن در حداقل است.

چنانچه لامپی در مرکز کره روشن نماییم، سایر شبکه مختصات بر سطح مخروط قابل ترسیم خواهد بود و هنگامیکه مخروط بریده می شود و پهن می گردد، یک نقشه پنجه ای شکل[1] ایجاد خواهد شد.
سیستم تصویر مخروطی ساده یا پرسپکتیو مرکزی، سیستم تصویر مخروطی مشابه لامبرت و سیستم تصویر چند مخروطی از مهمترین سیستم های تصویر مخروطی هستند که سیستم تصویر مشابه لامبرت از اهمیت بیشتری برخوردار است(یمانی،۱۳۸۰).

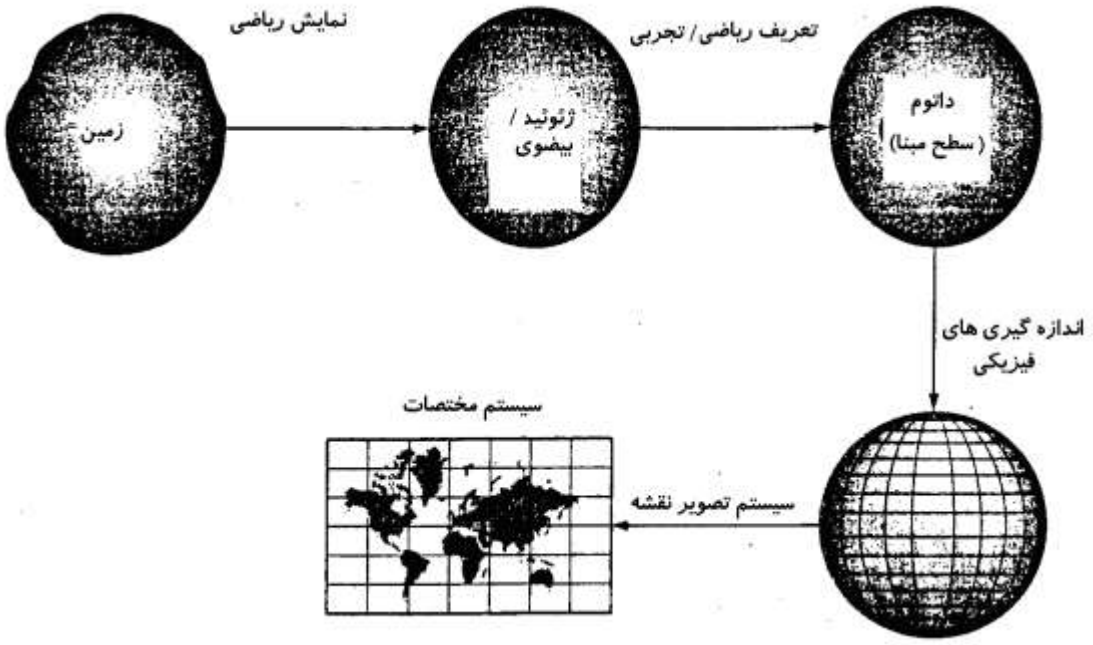
۳-۳-۳-۳-سیستم تصویر آزیموتی یا مستوی

اگر بطور فرضی از یک کرهٔ شفاف که مختصات طول و عرض جغرافیایی با رنگ سیاه روی آن ترسیم شده باشد و چنانچه لامپی در مرکز این کره روشن گردد، سایه مختصات در روی کاغذ یا پرده که یک سطح مستوی است قابل مشاهده خواهد بود. در این روش، عملاً می توان یک سطح کروی را در روی یک سطح مستوی تصویر کرد.
سیستم تصویر اورتوگرافیک، سیستم تصویر استرئوگرافیک، سیستم تصویر گنومونیک، سیستم تصویر مستوی هم فاصله و سیستم تصویر مستوی معادل از جمله سیستم های تصویر مستوی محسوب می شوند(یمانی،۱۳۸۰).

٤-۳- سیستم های مختصات

رابطه بین سیستم های مختصات و سیستم های تصویر گاهی با هم اشتباه می شود، چرا که سیستم مختصات، بر اساس سیستم های تصویر ساخته می شوند اما آنها سیستم های تصویر نقشه خود نیستند. ارتباط بین این دو سیستم در تصویر ۵-۳ نشان داده شده است. سیستم های تصویر و سیستم های مختصات مفاهیم متمایزی هستند که دو هدف اصلی را در زمین مرجع سازی دنبال می کنند. توابع سیستم های تصویر برای نحوه نمایش نقاط روی سطح انحنادار زمین روی سطح نقشه پهن استفاده می شود. از اینرو یک سیستم مختصات روی سطح قرار می گیرد تا شبکه مرجع را بوسیله نقاطی که اندازه گیری و محاسبه می شوند تهیه کند. برنامه های کامپیوتری زیادی وجود دارد که تبدیل سیستم مختصات راست گوشه را به و از مختصات جغرافیایی امکان پذیر می سازد. انواع اصلی از سیستم های مختصات اصلی وجود دارد که در مطالب ذیل بحث می شود:

[1] fan-shaped



شکل۵-۳- ارتباط بین سطح مبنا، سیستم تصویر و سیستم های مختصات(Lo & Yeung, 2005)

۱-٤-۳- سیستم مختصات جغرافیایی زمین

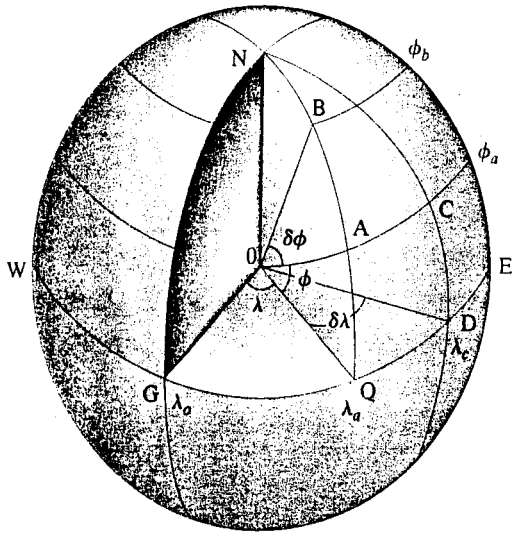
به منظور تعیین موقعیت مکانها روی زمین، یک سیستم مختصات مرجع سه بعدی مورد نیاز است. سیستم مختصات کره ای که در طی ۲۰۰۰ سال گذشته استفاده شده به سیستم مختصات جغرافیایی مشهور است که شبکه ای از طول و عرض جغرافیایی را برای پیدا کردن نقاط روی زمین استفاده می کند. مفهوم طول و عرض جغرافیایی به کار منسجم یونانی هیپتوکراس[1] در اواسط قرن دوم پیش از میلاد بر می گردد که توسط پتولمی کلادیوس[2] در ۳۰۰ سال بعد فرموله شده است(Berthan and Rabinson, 1991). دو نقطه مرجع اولیه روی زمین، قطبین شمال و جنوب جغرافیایی هستند. وسط این دو قطب توسط یک خط فرضی تحت عنوان استوا مشخص می شود که به عنوان مبداء این سیستم مختصات جغرافیایی نشان داده می شود. موقعیت نقطه روی سطح کره ای زمین بوسیله دو زاویه تعیین می شود: دو سطح راست گوشه که در مبداء یا در مرکز زمین قطع می شود. یکی از این سطوح، سطح استوایی است که به عنوان سطح مرجع برای اندازه گیری اولین زاویه (یک زاویه عمودی) که عرض جغرافیایی (Φ) نامیده می شود. سطح دیگر آن نصف النهار صفر

[1] Hipparchus
[2] Ptolemy claudius

طول جغرافیایی است که به عنوان نصف النهار مبداء خوانده می شود و به عنوان زاویه دوم، یک زاویه افقی در امتداد استوا یا نصف النهار دیگر در امتداد نقطه روی سطح زمین خوانده می شود. ایـن زاویـه به عنوان طول جغرافیایی (λ) خوانده می شود.

بنابراین عرض جغرافیایی یک نقطه، زاویه عمودی اندازه گیری شده بین مرکز زمین و صفحه اسـتوایی است که توسط واحدهای زاویه شمال یا جنوب استوا بین عـرض جغرافیـایی ۵ درجـه تـا عـرض ۹۰ درجه شمالی و ۹۰ درجه جنوبی اندازه گیری می شود. علامت مشخصه عرض شـمالی مثبـت(Φ+) و عرض جنوبی منفی است(Φ-). طول جغرافیایی هر نقطه زاویه افقی اندازه گیری شده در سطح اسـتوا بین صفحه نصف النهار نقطه مفروض و صفحه نصف النهار مبنـا اسـت. در سـال ۱۸۸٤، کمیتـه نقشـه کشی جهانی توافق کردند که همه کشورها از نصف النهار گرینویچ در لندن انگلستان به عنـوان نصـف النهار مبداء استفاده کنند(یعنی طول جغرافیایی صفر درجه).

بدین ترتیب طول جغرافیایی از صفحه نصف النهار مبداء شرق و غرب گرینویچ تا ۱۸۰ درجـه انـدازه گیری می شود. علامت مشخصه طول جغرافیایی شرقی مثبت(λ+) و طول جغرافیایی غربی منفی (λ-) است.شکل ٦-۳ نشاندهنده سطوح مرجع در کره زمین هستند.



شکل ٦-۳- سطوح مرجع برای تعیین موقعیت در کره زمین

۲-٤-۳- سیستم های مختصات قطبی صفحه ای[1] و تبدیل ها[2]

یک نقشه نشاندهنده موقعیت اشیاء در یک فضای جغرافیایی است. موقعیت پدیده ها می تواند به روشهای مختلف نمایش داده شود. معمولاً زوجی از مختصات طول و عرض جغرافیایی برای تعیین موقعیت روی سطح زمین استفاده می شود. کدهای پستی آدرس منازل روش دیگری برای نمایش موقعیت است. روشهای نمایش موقعیت اشیاء به مفهوم ریاضی مختصات مربوط می شود. مختصات مجموعه اعدادی است که موقعیت یک نقطه را در فضای با بعد ویژه مشخص می کند. در فضای دو بعدی (یعنی یک صفحه) یک نقطه می تواند توسط مجموعه ای متشکل از رقم نشان داده شود. استفاده از مختصات دارای مزیت سادگی و استاندارد نمودن روشهای محاسباتی و امکان استفاده از کامپیوترها برای انجام محاسبات را دارد.

دو نوع اصلی از سیستم های مرجع مختصات صفحه ای (فضای دو بعدی) وجود دارد:

۱)سیستم مختصات راست گوشه صفحه ای

۲) سیستم مختصات قطبی کروی.

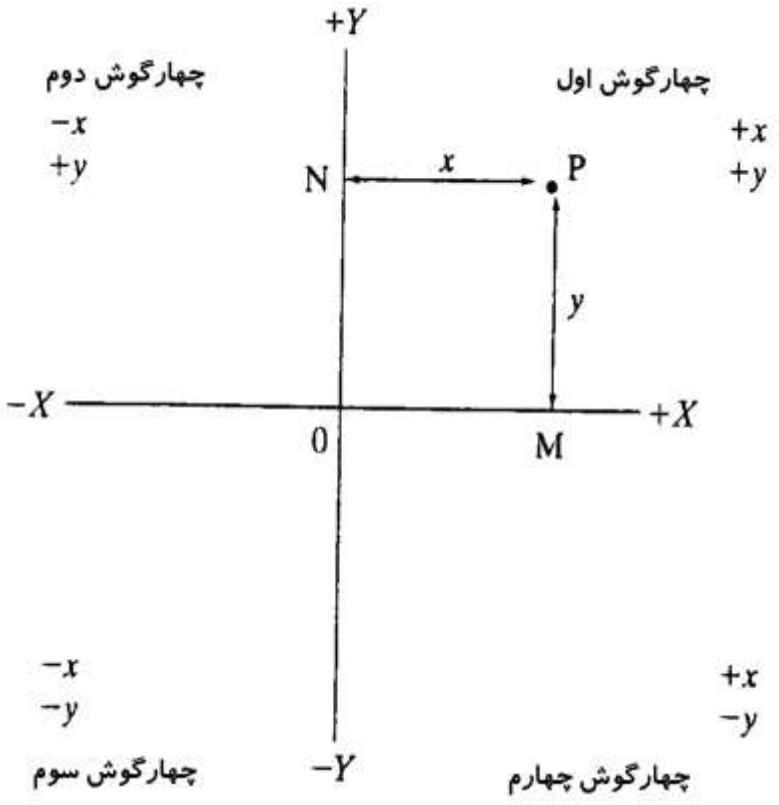
۱-۲-٤-۳- سیستم مختصات راست گوشه صفحه ای

سیستم مختصات راست گوشه یا سیستم مختصات کارتزین[3] ساده ترین سیستمی است که می توان برای تعیین موقعیت اشیاء در فضا استفاده نمود. در این سیستم دو خط راست که یکدیگر را با زاویه راست قطع می کنند برای تعریف فضای جغرافیایی استفاده می شوند(شکل ۲-۷). این دو خط، محورهای سیستم مختصات نامیده می شوند و جهت های دو خط کنار هم[4] را تعریف می کنند. جائیکه دو خط قطع می شود به عنوان مبداء[5] سیستم مختصات راست گوشه نامیده می شود. محور افقی تحت عنوان محور x و محور عمودی oy محور y نامیده می شود. موقعیت یک نقطه (P) در این سیستم مختصات راست گوشه بوسیله دو فاصله اندازه گیری شده به صورت عمودی از یک نقطه به محور -x و -y (یعنی PM و PN به ترتیب در شکل ۷-۳ ثبت می شود.

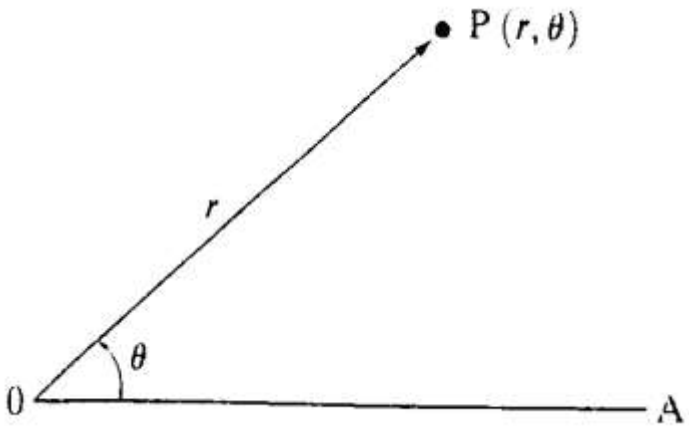
---

[1] plane
[2] transformations
[3] cartesian
[4] families
[5] origin

سیبستم مختصات راست گوشه، فضای جغرافیایی را به چهار قسمت تقسیم می کند. چهارگوشه هـا از ۱ تا ٤ در جهت عقربه های ساعت از چهـار گوشـه بـالا راسـت شـروع مـی شـود و شـماره گـذاری می گردند(شکل ۷-۳). بر مبنای قرارداد علامت از اشیاء با همان مختصات x و y اما در چهـار گـوش های مختلف اندازه گیری می شود. محور x بطرف راست مثبت و محور y بطرف بالای صفحه، منفـی است از این رو مطابق قرارداد برای هر چهارگوشه، مختصات x و y به صورتیکه در شکل ۷-۳ نشـان داده شده بدست می آید. بنابراین نقطه P واقع شده در اولـین چهارگوشـه دارای مختصـات x+ و y- می باشد.



شکل ۷-۳-سیستم مختصات کارتزین راست گوشه صفحه ای



شکل ۸-۳- سیستم مختصات قطبی صفحه ای

۲-۲-٤-۳- سیستم مختصات قطبی کره ای

سیستم مختصات قطبی کره ای، از اندازه گیری زاویه ای و اندازه گیری خطی برای ثابت کردن موقعیت یک نقطه انجام می شود. سیستم شامل یک خط تنهای رد شده از مبداء که قطب نامیده می شود می گردد. این خط محور قطبی[1] خواند می شود. در شکل ۸-۳ موقعیت نقطه P بوسیله فاصله OP و زاویه شکل گرفته در قطب با محور قطبی یعنی زاویه POA (θ) تعیین می شود.

مختصات قطبی به راحتی می تواند به مختصات راست گوشه و برعکس تبدیل شود. بر مبنای شکل ۹-۲ می توان دید که مختصات قطبی می تواند با استفاده از روابط زیر به مختصات راست گوشه تبدیل شود:

$X = r.\sin(\theta)$
$Y = r.\cos(\theta)$

برای تبدیل مختصات راست گوشه به قطبی روابط زیر استفاده می شود:

$\tan(\theta) = x/y$
$r = y.\sec(\theta)$
$r = c.\mathrm{cosec}(\theta)$
$r^2 = x^2 + y^2$

برای تبدیل آنها دو نوع تبدیل های مختلف ساده وجود دارد که در نقشه برداری، کارتوگرافی و فتوگرامتری استفاده می شود و آنها را تبدیل های مشابه[2] و تبدیل آفین[3] می نامند. (Chen and Lee, 2001)

[1] polar axis
[2] similarity
[3] affine

در نـوع مشـابه کـه اغلـب تحـت عنـوان کانفورمـال خطـی یـا تبـدیل هلمـرت[1] خوانـده می شود، یک سیستم مختصات کمکی با برازش[2] سیستم مختصات اصلی بوسیله تبدیل (شیفت افقی)، یک چرخش در بین زاویه و یک تغییر مقیاس توسط عامل انطباق می یابـد. روابـط زیـر بـرای تبـدیل مشابه برای بکارگیری از سیستم مختصات راست گوشه استفاده می شود:

$X= ax - by +c$
$Y= bx+ ay +d$

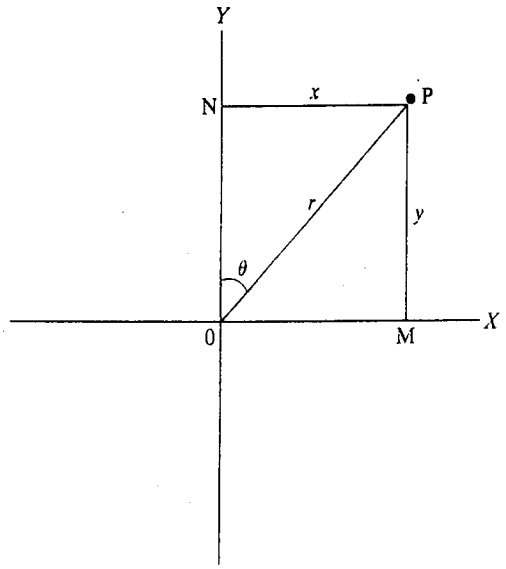
که در آنها x و y مختصاتی در سیستم کمکی و مختصات X و Y در سیستم اصلی هستند. به علـت اینکه در این تبدیل شکل بدون تغییر باقی می ماند اغلب تبدیل راست گوشه[3] نامیده می شود.
در تبدیل آفین در سیستم مختصات راست گوشه از روابط زیر استفاده می شود:

$X= ax + by +c$

$Y= dx+ ey +f$

که تعریف پارامتر ها مانند تبدیل مشابه است. به دلیل اینکه شش پارامتر نامشخص اسـت حـداقل سـه نقطه در هر دو سیستم برای حل معادله لازم است.
به علت استفاده از فضای جغرافیایی، تبدیل آفین اغلب بیشتر از تبدیل مشابه استفاده می شود چـرا کـه تبدیل فضای جغرافیایی به طور ثابت تغییر در شکل را ایجاب می کند.
کاربرد عمومی تبدیل آفین در ساج بدیل مختصات نقشه رقومی شده در واحدهای رقومی ساز (بیشـتر بر حسب اینچ) به مختصات جهان واقعی نقشه (مانند UTM) اندازه گیری شده بر حسب متـر اسـت. کاربرد دیگر تبدیل تصاویر رقومی از مختصات بر پایه تصویر به سیستم مختصات بر مبنـای زمینـی در سنجش از دور است، فرآیندی که تحت عنوان تصحیح هندسی[4] خوانده مـی شود.شـکل ۹-۳ بیـانگر نحوه تعیین موقعیت بر اساس این سیستم است.

[1] Helmert
[2] coincidence
[3] orthogonal
[4] rectification



شکل۹-۳-رابطه بین سیستم مختصات راست گوشه صفحه ای و قطبی صفحه ای

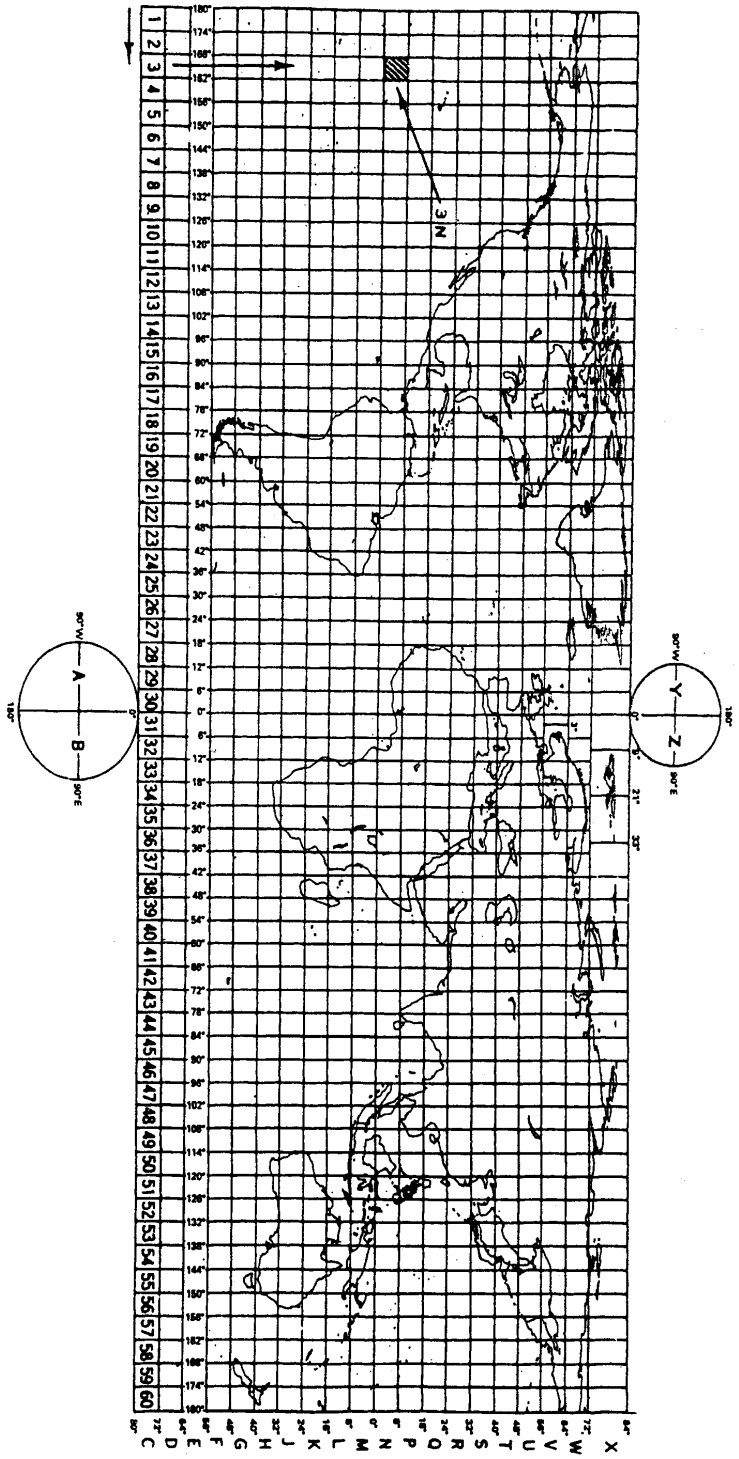
۳-٤-۳- سیستم مختصات UTM[1]

سیستم مختصات UTM یک سیستم مختصات بر اساس سیستم تصویر مرکاتور معکوس(به سیستم تصویرGauss-Kruger در اروپا مشهور است) که توسط جان هنریچ لامبرت[2] (۱۷۷۷-۱۷۲۸) ابداع شد. لامبرت سیستم تصویر مرکاتور را با تغییر حالت سیستم تصویر به معکوس، جایگزینی قطب های صحیح زمین برای قرار گیری روی استوای سیستم تصویر پایه اصلاح کرد. در این روش، کجی انحراف از قطب به قطب (برای یک باند شمال-جنوب) به حداقل رسانده می شود. فاصله ها فقط در امتداد نصف النهار مرکزی انتخاب شده واقعی است. همه فاصله،جهت ها،شکل ها و مساحت ها بطور قابل توجهی نزدیک به نصف النهار مرکزی دقیق هستند. به دلیل اینکه این یک سیستم تصویر

[1] The Universal Transverse Mercator (UTM)
[2] Johann Heinrich Lambert

کانفورمال است، شکل ها و زوایا در داخل منطقه کوچک ضرورتاً صحیح است. با وجود ایـن، نصـف النهارات و مدارات سیستم تصویر مرکاتور معکوس خطوط مستقیم طولانی تـر ماننـد سیسـتم تصـویر مرکاتور منظم نیستند. به منظور به حداقل رساندن انحرافاتی که در سیسـتم مرکـاتور معکـوس وجـود دارد بطوریکه می تواند برای زمین مرجع ساختن استفاده شود، اصلاح بیشتری روی آن صورت گرفتـه است. سیستم تصویر نتیجه شده سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی نامیده می شود. سیستم تصویر UTM از سیستم تصویر مرکاتور معکوس منظم در حالتهای زیر تفاوت دارد:

سیستم تصویر به صورت تکراری با استفاده از استوانه های چندگانه که در فواصل ٦ درجه ای بر کـره مماس است و در نتیجه ٦٠ منطقه هر یک با پهنای ٦ درجه طول جغرافیایی ایجاد می شود(شکل ١٠-٣).



شکل ۱۰-۳- نحوه شبکه بندی در سیستم تصویر UTM

برای پرهیز از خطا های زیادی که در مناطق قطبی اتفاق می افتد این سیستم تصویر به ۸٤ درجه شمالی و ۸۰ درجه جنوبی محدود می شود(شکل ۱۰-۳).

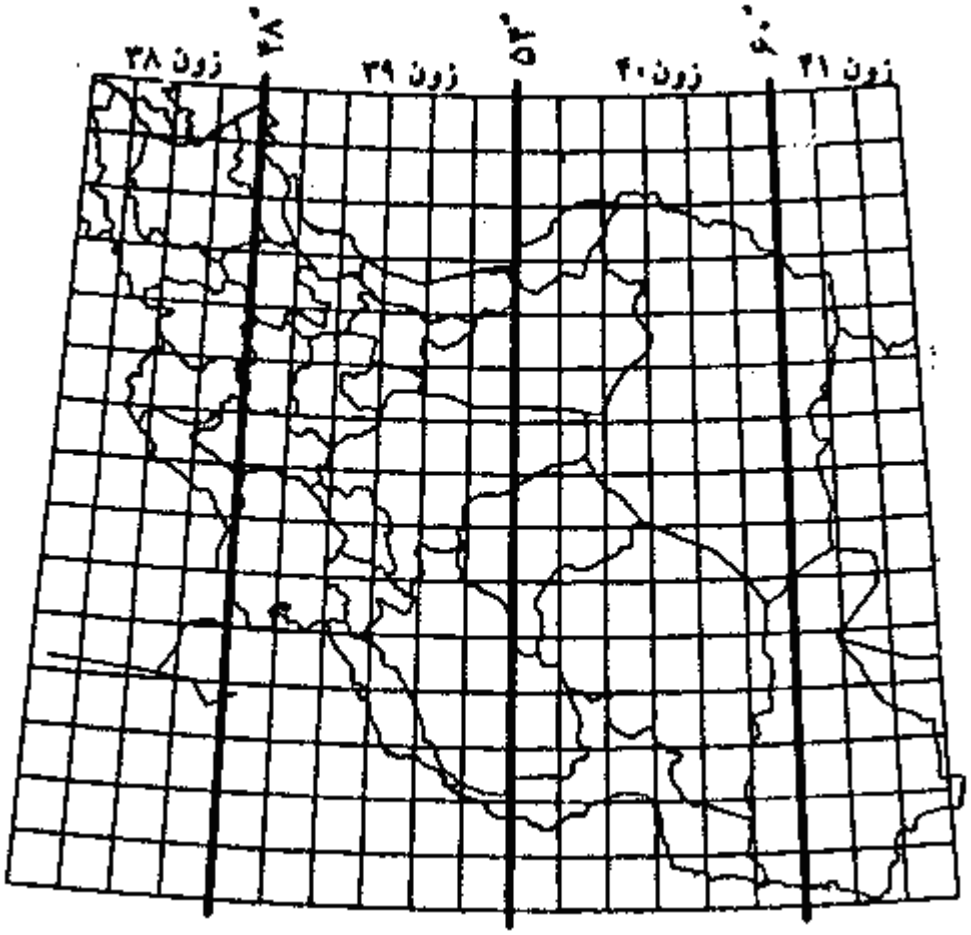
برای جبران خطاهای مقیاس در امتداد نصف النهار مرکزی، یک فاکتور مقیاس که بطور جزئی کمتر از واحد، در حدود ۰/۹۹۹٦ است برای همه فواصل اندازه گیری شده بکار می رود. بطور مشابه، یک فاکتور مقیاس که بطور جزئی بیشتر از واحد بر حسب ۱/۰۰٤ است تقریباً برای جبران انحرافات در همه اندازه گیریهای فواصل نزدیک مرزهای منطقه بکار گرفته می شود.

سیستم مختصات UTM بوسیله روی هم قرار دادن یک شبکه مربعی منظم روی هر منطقه سیستم تصویر UTM ٦ درجه پهنای طول جغرافیایی شکل می گیرد. یک شبکه هم ردیف می شود بطوریکه خطوط عمودی موازی با نصف النهار مرکزی هستند. مناطق UTM از ۱ تا ٦۰ شماره شده که در خط بین المللی زمان(اغلب به نصف النهار اصلی[1] $\lambda=180^\circ$ مشهور است) و بطرف شرق ادامه می یابد. بنابراین، منطقه ۱ از ۱۸۰ درجه غربی به ۱۷٤ درجه غربی با نصف النهار مرکزی در ۱۷۷ درجه غربی توسعه می یابد. شکل ۱۱-۳ چگونگی شماره گذاری زونهای UTM را در ایران نشان می دهد.

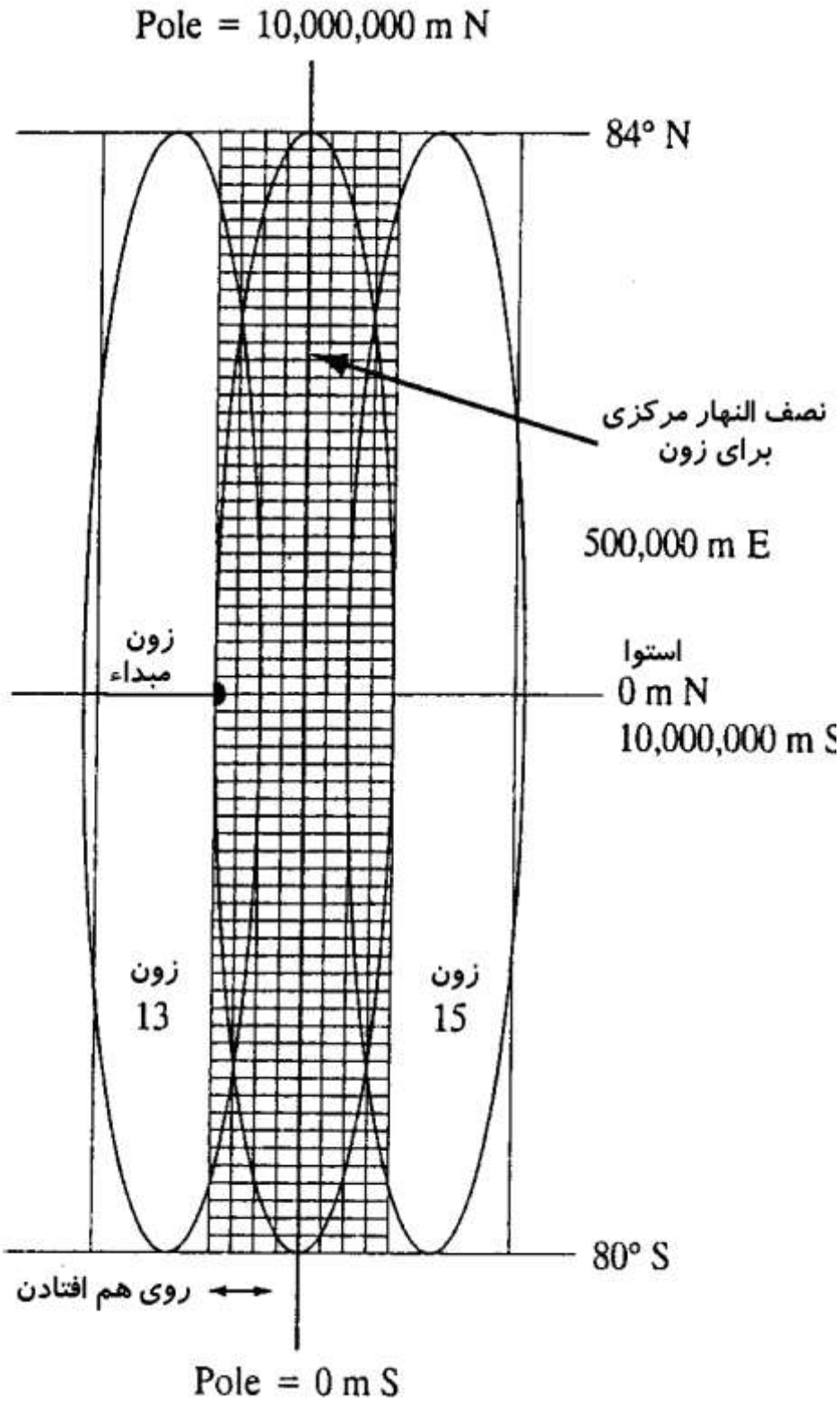
سیستم مختصات UTM به باندهای افقی ۸ درجه عرض جغرافیایی تقسیم می شود. این باندها بوسیله حروف الفبا از جنوب به شمال از ۸۰ درجه جنوبی با حرف c آغاز شده و با حرف x در ۸٤ درجه شمالی خاتمه پیدا می کند. حروف I و O به علت پرهیز از اشتباه با عددهای ۱ و صفر حذف می شود. باند x که شمالی ترین باند است ۱۲ درجه عرض جغرافیایی توسعه می یابد.

در سیستم های مختصات UTM فاصله ها بر حسب متر بیان می شود. UTM شرقی به نصف النهار مرکزی ارجاع داده می شود که دارای ارزش ۵۰۰۰۰۰ متر در نصف النهار مرکزی است. از اینرو به دلیل استفاده از ارزش های منفی برای نیمه غربی منطقه حذف می شود. مرجع UTM شمالی استوا است. برای تعیین موقعیت ها در نیمکره شمالی، استوا به ارزش شمالی(صفر) متر N شمالی تخصیص می یابد. برای پرهیز از شماره های منفی برای موقعیت های جنوب استوا، موقعیت در نیمکره جنوبی با استوا ارزش ۱۰۰۰۰۰۰۰ متر جنوبی تخصیص داده می شود(شکل ۱۲-۳).

[1] antimeridian



شکل ۱۱-۳- زونهای شبکه UTM قرار گرفته در ایران(مخدوم و همکاران،۱۳۸۰)



شکل۱۲-۳- سیستم مختصات Universal Transverse Mercator (UTM)

با ترکیب شماره مناطق، نیمکره (که نشان می دهد که آیا منطقه در شمال و جنوب استوا است) و ارزش های مختصات شرقی و شمالی هر نقطه در سطح زمین می تواند به صورت یکنواخت قرار گیرد.

سیستم UTM احتمالاً عمومی ترین سیستم مختصات استفاده شده در مقیاس متوسط در حال حاضر می باشد. بسیاری از کارخانجات تولید گیرنده های موقیت یاب جهانی در برگیرنده این سیستم مختصات هستند.

با توجه به موارد مذکور مشخص است که تعیین و تبیین مرجعیت مکانی برای نقشه های مورد استفاده در پایگاه سیستم اطلاعات جغرافیایی از ضرروتهایی است که برای پردازش داده ها دارای ضرورت است.

فصل چهارم

پردازش مکانی داده‌های رستری

٤-١- مقدمه

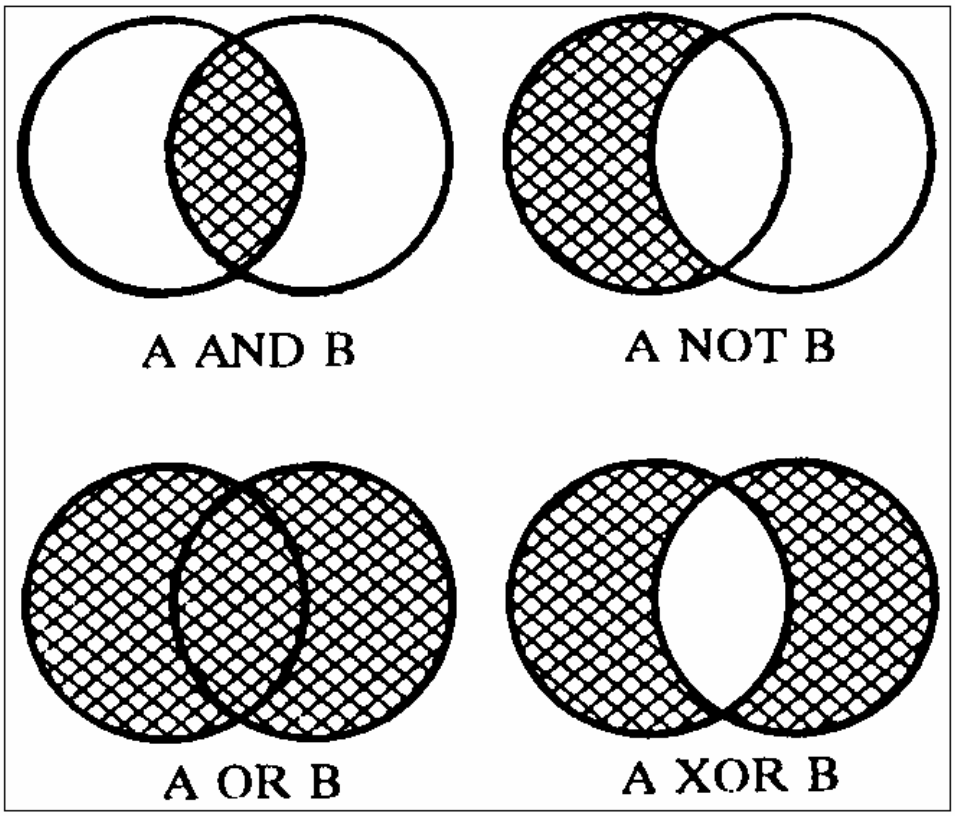
تحلیل داده های یک ساج بدون توجه به رستری یا برداری بودن آن انواع مختلفی از توابع پردازش داده را در بر می گیرد که به اخذ روابط فضایی، الگوها و روندهایی که در منابع داده ها وجود دارد کمک می کند. این توابع، داده های فضایی نمایش داده شده توسط مدل داده رستری و برداری را کسب نموده و نتایج را به صورت همان مدل داده ارائه می کند. نتایج تحلیل داده ممکن است بلادرنگ برای حل مسایل فضایی و تصمیم گیری استفاده شود و یا به عنوان ورودی برای انجام تحلیل های بیشتر و مدلسازی مورد توجه قرار گیرد.

در این فصل توابع اصلی مورد استفاده برای انجام تحلیل های فضایی روی داده های رستری مورد بحث قرار می گیرد و مثالهای عملی در خصوص هر یک از توابع تشریح می گردد.

٤-٢- آرایه تکنیک های تحلیل ساج در محیط رستری

تحلیل ساج در محیط رستری می تواند از دیدگاههای مختلف طبقه بندی شود .جیردانو و همکاران، شش طبقه از عملیات تحلیل داده جغرافیایی را به شرح زیر معرفی کرده اند (Giordano et al., 1994):

- عملیات منطقی[1] که عبارت از پردازش‌هایی است که عملگرهای منطقی مانند AND، OR، XORو NOTرا همانطور که در شکل ۱-٤ نشان داده شده است برای ایجاد لایه جدید از دو لایه ورودی استفاده می کنند. عملگر ANDوجوه اشتراک دو لایه ورودی را در نظر گرفته، در حالیکه عملگر ORبیانگر اجتماع و عملگر XORوجوه افتراق دو لایه مورد بررسی را نشان می دهد. از عملگر NOTنیز برای بررسی عدم وجود عوامل در یکی از لایه ها در شرایطی که در لایه دیگر وجود داشته باشد استفاده می شود. ممکن است ترکیبات دیگری با ادغام شرایط مذکور برای بازیابی اطلاعات از پایگاه اطلاعاتی استفاده شود.



شکل ۱-٤ ترکیب لایه های اطلاعاتی براساس منطق بولین (بارو، ۱۳۷٦)

[1] logical operation

- عملیات حسابی[1] پردازش هایی هستند که عملکردهای حسابی مانند جمع، تفریق، ضرب، تقسیم و تخصیص[2] را برای تولید لایه جدید از دو لایه ورودی یا بوسیله تبدیل ارزش های سلولی در یک لایه ورودی استفاده می کنند.
- عملیات همپوشانی[3]پردازش هایی هستند که ارزش های خصیصه ای یا صفتی دو لایه را با استفاده از عملگر های منطقی یا حسابی به هم ارتباط می دهند.
- عملیات خصیصه هندسی[4]پردازش هایی هستند که شاخص ها ی مورد نیاز را محاسبه می کنند که خصوصیات هندسی و ویژگی فضایی روی یک لایه از قبیل شکل، اندازه، زاویه و روابط توپولوژیکی را توصیف می کند.
- عملیات تبدیل هندسی[5]پردازش‌هایی هستند که ویژگی های فضایی موضوعات روی لایه را با بکارگیری تبدیل های خطی از قبیل تغییر و تبدیل مقیاس و تبدیل غیر خطی از قبیل کجی[6]در تصحیح تصویر را اصلاح می کنند.
- عملیات اشتقاق هندسی[7] پردازش هایی هستند که موضوعات جدید را از موضوعات موجود روی لایه با استفاده از تکنیک هایی مانند تعمیم[8]، مثلث بندی[9]، فیلتر گذاری[10] و واسطه یابی تولید می کنند.

در یک لایه رستری، کوچکترین واحد قابل تحلیل یک سلول یا پیکسل می باشد، هنگامیکه پیکسل های مجاور دارای همان ارزش باشند با یکدیگر هم گروه شده و یک ناحیه شکل می گیرد. در پردازش داده های رستری، برخی از پردازش‌ها فقط ارزش های سلولهای خاص را استفاده می کنند و سایر پردازش ها به روابط همسایگی یا اجتماعات ناحیه ای می پردازند. این شرایط، یک پایه منطقی را برای طبقه بندی عملیات پردازش داده رستری به چهار گروه زیر ایجاب می کند:(De Mers, 2002)

۱. عملیات محلی[1] پردازش هایی هستند که هر سلول در لایه خروجی، تابعی از همان سلول لایه ورودی است.

---

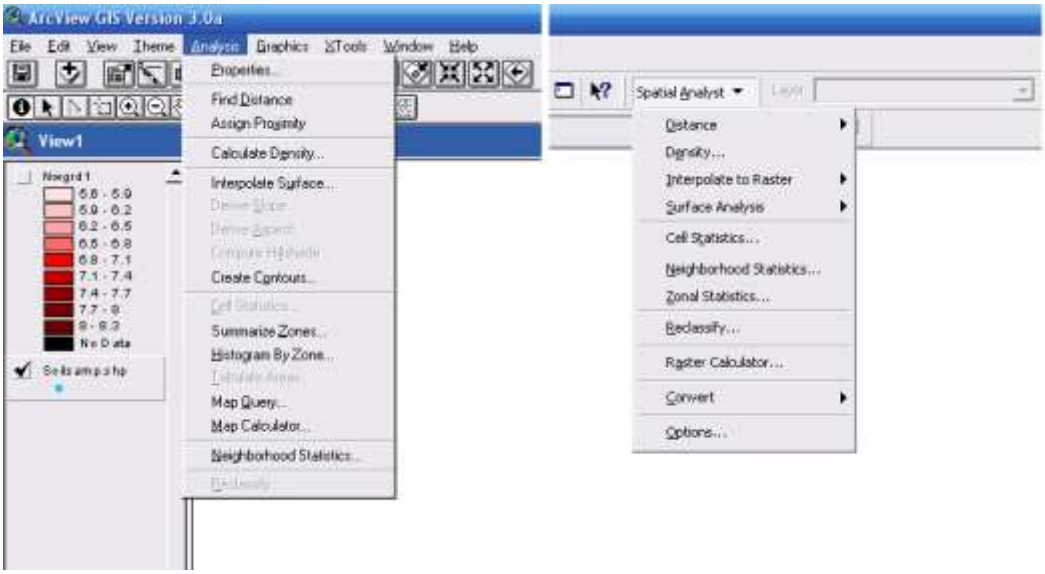
[1] arithmetic operation
[2] assignment
[3] overlay operation
[4] Geometric property operations
[5] Geometric transformation operations
[6] warping
[7] geometric derivation operations)
[8] generalization
[9] triangulation
[10] filtering

۲. عملیات کانونی[۲] یا همسایگی[۳]پردازش هایی هستند که که ارزش هر سلول در لایه خروجی بر مبنای ارزش سلولهای مجاور در لایه ورودی محاسبه می شود.
۳. عملیات ناحیه ای یا منطقه ای، پردازش هایی هستند که لایه خروجی بر مبنای سلولهایی قرار گرفته در داخل هر ناحیه لایه محاسبه می شود.
٤. عملیات همسایگی توسعه یافته یا کلی[٤] پردازش هایی هستند که یک لایه خروجی را تولید می کنند که در آن ارزش هر سلول تابعی از همسایگی و ماوراء آن سلول در همان موقعیت لایه ورودی است.

هریک از نرم افزارهای Arcview و ArcGIS دارای محیط نرم افزاری خاصی تحت عنوان تحلیل فضایی[٥] برای تحلیل داده های رستری هستند که فهرست اصلی فرامین آنها در نرم افزارهای فوق الذکر در شکل ۲-٤ نشان داده شده است.

---

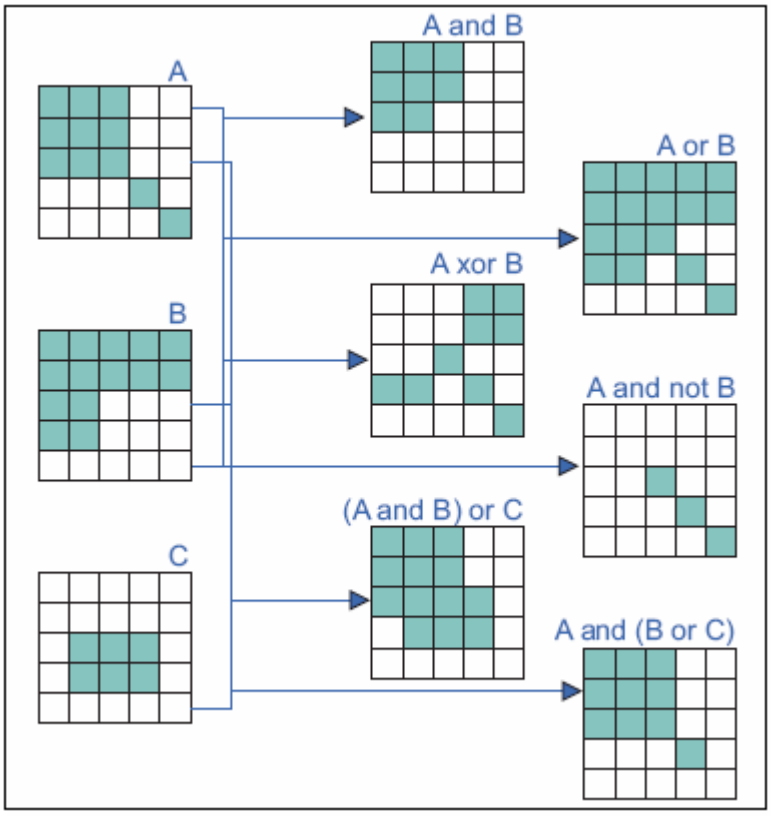
[1] local operation
[2] focal
[3] neighborhood operation
[4] global
[5] Spatial Analysis



شکل ۲-٤- فرامین اصلی برای پردازش داده های رستری در محیط نرم افزاری (Arcviewسمت چپ)و (ArcGISسمت راست)

۳-٤- پرسشگری مکانی

انجام پرسشگری مکانی از داده های رستری جزو اولین گام ها برای تحلیل آنها می باشد. این پرسشگری متناسب با اهداف تحقیق می تواند صرفا" به بازیابی داده های ذخیره شده مانند ارائه مشخصات هریک از پیکسل ها از نظر کاربری اراضی و یا بازیابی داده ها بر اساس شرایط ویژه مانند بازیابی داده های کمتر یا بیشتر از یک مقدار مشخص می باشد. استفاده از کلیدهای بازیابی شکل ۱-٤ منجر به بازیابی و مشاهده داده های مکانی مختلفی بر اساس ارزشهای پیکسلی لایه های ورودی می شود. نتیجه نهایی از این نوع پرسشگری ار داده های رستری لایه خروجی خواهد بود که تنها دارای دو ارش صفر و یک بوده که ارزش یک در آن بیانگر وجود شرایط مورد نظر کاربر در ارزشهای پیکسلی و ارزش صفر بیانگر عدم وجود آن در مکانها می باشد و همانطور که قبلا گفته شد به این نوع خروجی ها اصطلاحا" باینری یا دوگانه می گویند. شکل ۳-٤ نشان دهنده نمونه‌ای از عملیات پرسشگری مکانی داده‌های رستری و خروجی های حاصل از آن بر مبنای کلیدهای بازیابی شکل ۱- ٤ می باشد.



شکل ۳-٤ نحوه پرشگری مکانی داده های رستری برمبنای کلیدهای and، xor ، or و not

٤-٤- تحلیل همپوشانی

تحلیل همپوشانی به عنوان یکی از قدیمی ترین روش تحلیل نقشه ها بوده و کاربران نقشه دارای یک سابقه طولانی روی هم قرار دادن نقشه ها روی یکدیگر به منظور شناسایی مکانهای مشترک آنها هستند. روش دستی تحلیل همپوشانی وقت گیر و دارای خطا است و از نظر تعداد نقشه های مورد همپوشانی از محدودیت جدی برخوردار است. از اینرو عملیات همپوشانی خودکار لایه ها از اهداف اصلی توسعه ساج به شمار می رود.

در پردازش داده های رستری، تحلیل رستری از عملیات منطقی و حسابی استفاده می کند. روشهای همپوشانی منطقی، از عملگرهای AND، OR، XORرا برای تولید یک لایه از دو لایه ورودی استفاده می کند.

از نظر ریاضی، عملگر منطقی AND ارزش های سلولهای مرتبط در لایه ورودی را ضرب کرده و عملگرهای ORو XOR ارزش سلولهای مرتبط را در لایه های ورودی جمع می کند. اختلاف بین ORو XORبه نحوه تولید نتایج لایه باینری وابسته است.

در شکل ٤-٤ الف از کلید AND برای بازیابی سلولهایی که دارای حرف A و عدد ۷ بطور مشترک هستند استفاده شده است یعنی سلولهایی که دارای هردوی این پارامترها هستند شناسایی و در لایه خروجی با ارزش های صفر و یک نشان داده شده اند.

در شکل ٤-٤ ب از کلید ORبرای بازیابی سلولهایی که یا حرف A و یا عدد ۷ در آنها وجود دارد استفاده شده است یعنی سلولهایی که هریک از این پارامترها در آنها وجود داشته شناسایی و در لایه خروجی با ارزش های صفر و یک نشان داده شده اند.

در شکل ٤-٤ ج از کلید XOR برای بازیابی سلولهایی که حرف A نیستند و عدد ۷ در لایه دوم را نیز ندارند استفاده شده است یعنی سلولهایی که نه حرف A را داشته و نه ارزش ۷، شناسایی و در لایه خروجی با ارزش های صفر و یک پس از انجام طبقه بندی نشان داده شده اند.

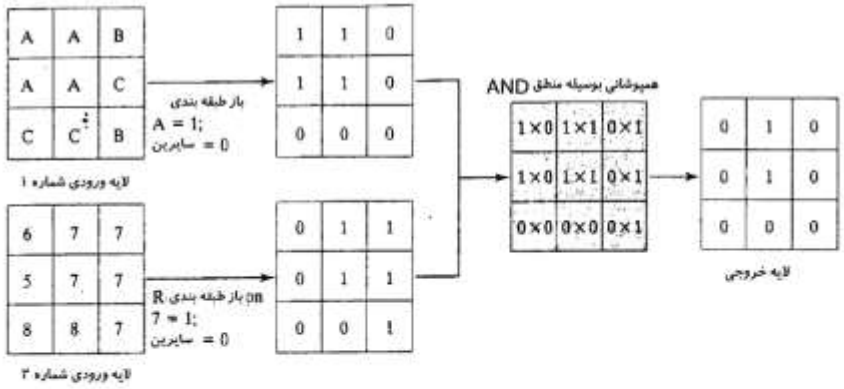
در روش های همپوشانی حسابی، عملیات جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، انتقال یا تخصیص Assignmentو عملگرهای حسابی دیگر را برای ترکیب دو یا چند لایه نقشه ای استفاده می شود(شکل ٥-٤ الف تا ج).

در شکل ٥-٤ الف برای بازیابی تغییرات کاربری اراضی در بین دو سال ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ از عملیات تفریق استفاده شده و بدین ترتیب در لایه خروجی انواع تغییرات کاربری مشخص شده و سلولهایی که بدون تغییرات بوده اند با صفر مشخص گردیده است.

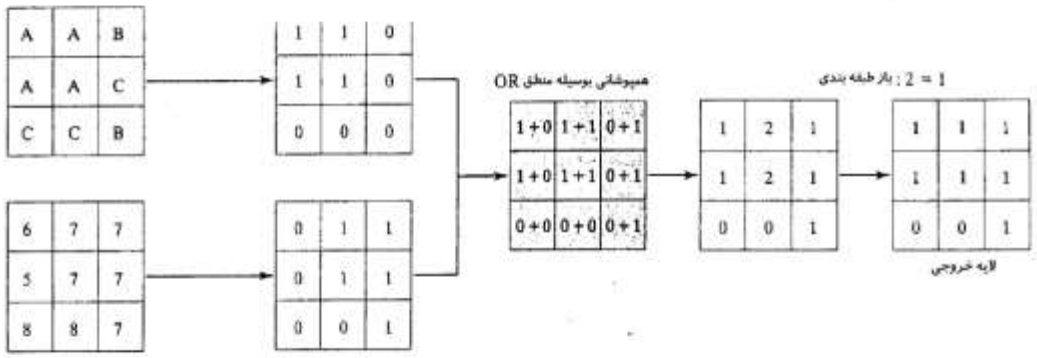
در شکل ٥-٤ ب از عملیات ضرب برای تبدیل ارزشهای ارتفاعی بر حسب پا در لایه ورودی به متر استفاده شده است. بدین ترتیب که همه ارزش های سلولی به عدد ۰,۳۰٤۸ ضرب شده اند.

در شکل ٥-٤ ج از عملیات تخصیص assignment به منظور یافتن مناطق مناسب یک کاربری مفروض استفاده شده است. همانطور که شکل مذکور نشان می دهد در مرحله اول، دو لایه ورودی شامل لایه پوشش زمین و لایه شیب توپوگرافی باز طبقه بندی شده و در لایه ورودی، مناطق مناسب با پوشش نوع Aیا B به عنوان مناطق مناسب و در لایه دوم سلولهای با شیب بیشتر از ٦ تفکیک شده و در مرحله آخر با همپوشانی دو لایه باز طبقه بندی شده لایه خروجی تناسب اراضی ارائه شده است.

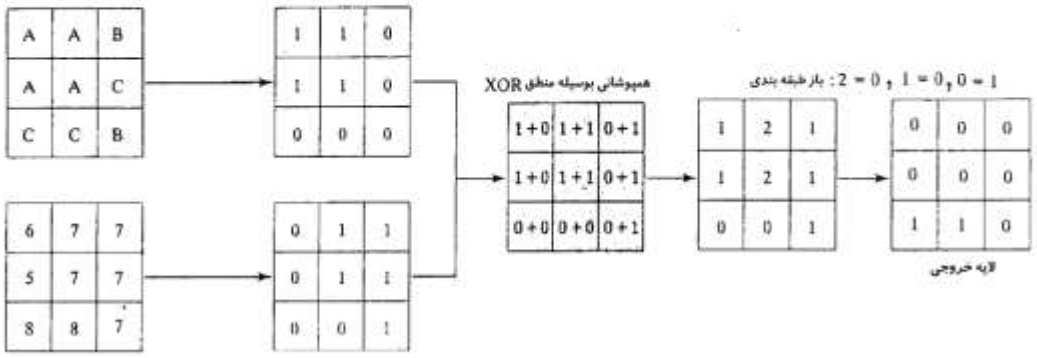
برای انجام محاسبات همپوشانی توابع وبژه ای در همه نرم افزارهای ساج ارائه شده است که پنجره اصلی اجرای عملیات در نرم افزار ArcGISدر شکل٦-٤ ارائه شده است. در این پنجره مجموعه ای از توابع لازم برای محاسبات ریاضی و همچنین کلیدهای بازیابی داده ها قرار داده شده است که کاربر بر اساس نیاز خود می تواند محاسبات ساده و پیچیده ریاضی را انجام داده و نتایج بدست آمده را مطالعه نماید.



الف) همپوشانی بوسیله منطق AND برای پیدا کردن "A" و "7" در لایه رستری ورودی

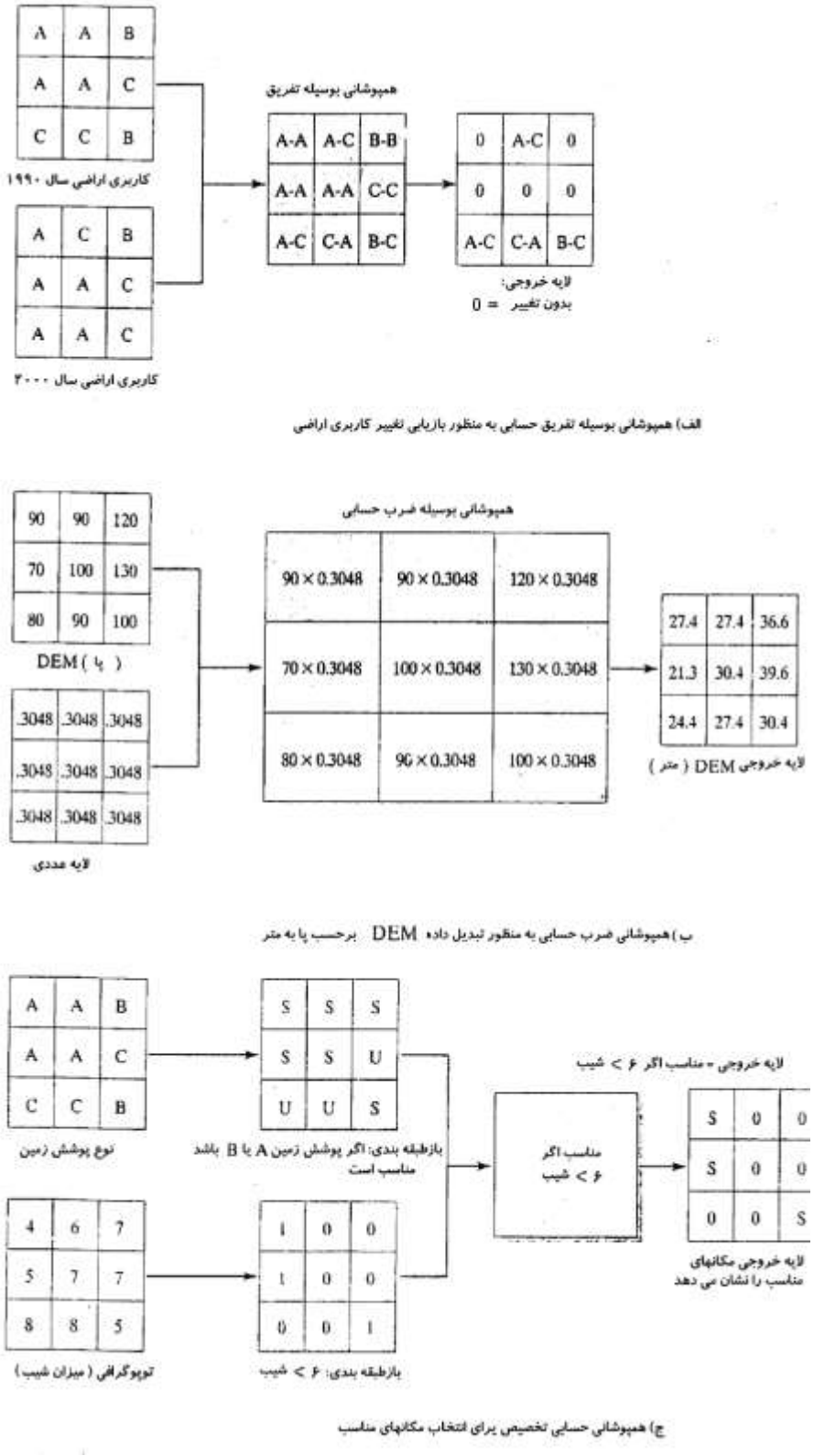


ب) همپوشانی بوسیله منطق OR برای پیدا کردن "A" و "7" در لایه رستری ورودی

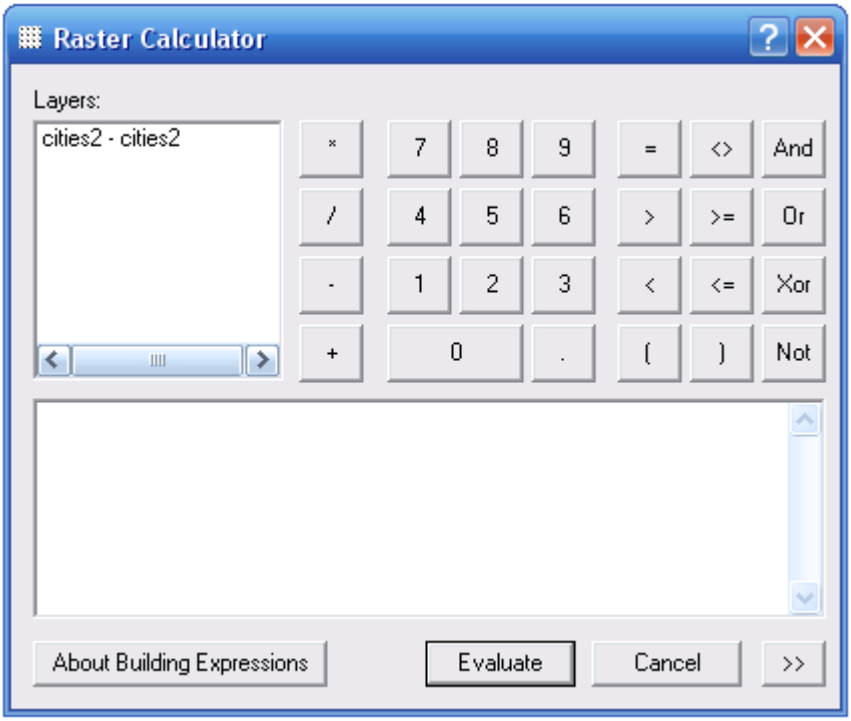


ج) همپوشانی بوسیله منطق XOR برای پیدا کردن "A" و "7" در لایه رستری ورودی

شکل ٤-٤- عملیات همپوشانی منطقی .اغلب عملیات همپوشانی نیازمند انجام طبقه بندی قبل و بعد از انجام عملیات است.(lo & Yeung, 2005)



شکل ۵-٤- مثالهایی از عملیات همپوشانی حسابی(lo & Yeung, 2005)



شکل ٦-٤- پنجره انجام عملیات محاسبات نقشه ای در نرم افزار ArcGIS بنام Raster Calculator

٥-٤- باز طبقه بندی

هدف عملیات باز طبقه بندی، تولید لایه رستری با تغییر ارزش های خصیصه ای سلولهای لایه ورودی است. معمولاً این کار به صورت یکی از موارد زیر صورت می گیرد:

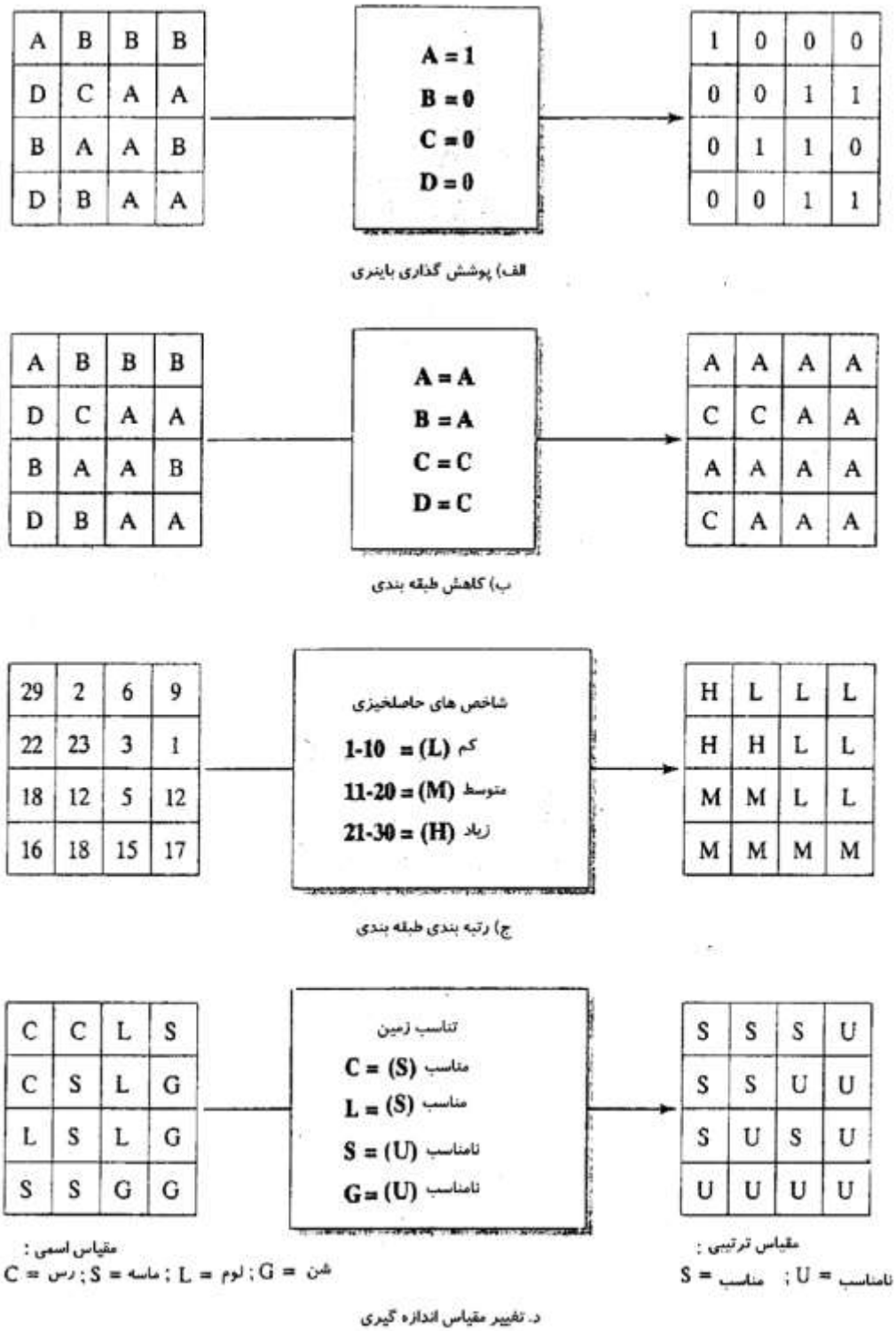
- تخصیص یک ارزش جدید به هر یک از ارزش های لایه نقشه ورودی با هدف تولید یک لایه باینری (0 و 1) برای استفاده در تحلیل ساج بعدی که به آن اصطلاحاً پوشش باینری[1] گفته می شود (شکل 7-٤ الف). در این شکل، کلیه ارزش های پیکسلی به ارزش های صفر و یک تبدیل می شوند که نتیجه حاصله یک نقشه باینری با ارزش های دوگانه است.
- تخصیص یک ارزش جدید به طبقات یا دامنه هایی از ارزش های قدیمی با هدف کاهش تعداد طبقات در لایه اولیه ورودی یا ارزش های گروهی به طبقات جدید صورت می گیرد (شکل ٧-٤ ب). در شکل مذکور کدهای جدید به حروف داده شده و بدین ترتیب تعداد حروف کاهش پیدا نموده است.

[1] binary masking

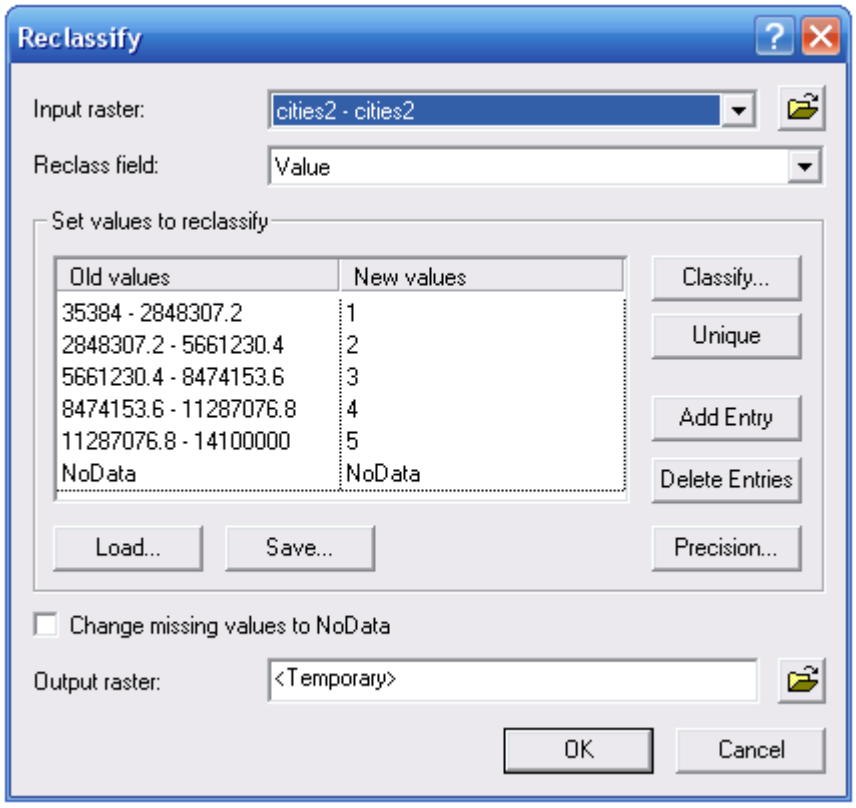
- تخصیص رتبه ها به ارزش های جدید یا طبقات ارزش های لایه ورودی(شکل ۷-٤ ج). در این شکل شاخص حاصلخیزی خاک به مقادیر کمی تبدیل شده تا بدین ترتیب ارزش های کمی به ارزش های توصیفی بیانگر میزان حاصلخیزی در سه گروه کم، متوسط و زیاد تغییر یابد.
- تخصیص رتبه ها یا وزنها به لایه نقشه کیفی با مقیاس اسمی و برای تولید یک نقشه کمی، یعنی تبدیل مقیاس های ترتیبی، فاصله ای یا نسبی (شکل ۷-٤ د).در شکل مذکور تعداد طبقات بر مبنای تناسب زمین در دو گروه مناسب و نامناسب طبقه بندی شده است یعنی مقیاس اندازه گیری تغییر پیدا کرده است .

عملیات باز طبقه بندی برای محدوده وسیعی از تحلیل های داده های رستری مفید هستند. برای مثال این عملیات می تواند برای ساده سازی تصاویر رستری برای مطالعات کاربری اراضی و تغییر کاربری اراضی و تبدیل ارزشهای سلول ها از یک مقیاس اندازه گیری به دیگری برای تحلیل های زمین و اشکال زمین استفاده می شود.

دستور reclassify در هر دوی نرم افزارهای Arcview و ArcGIS برای منظور طبقه بندی مورد استفاده قرار می گیرد. در شکل ۸-٤ پنجره اصلی برای انجام عملیات باز طبقه بندی در نرم افزار ArcGIS نشان داده شده است. دو بخش اصلی در این پنجره، ارزش های قدیم و ارزش های جدید است که بنا به درخواست کاربر تعیین و سپس طبقه بندی صورت می گیرد.



شکل۷-٤- روشهای باز طبقه بندی(lo & Yeung, 2005)



شکل ۸-٤- پنجره اصلی انجام عملیات باز طبقه بندی در نرم افزار ArcGIS

٦-٤- تعیین حریم یا فاصله

در پردازش داده جغرافیایی بر پایه رستر، فاصله ها بطور طبیعی به صورت خط مستقیم یا فاصله اقلیدسی بین دو پیکسل اندازه گیری می شوند. اگر دو پیکسل در یک ردیف قرار داشته باشند، فاصله آنها با استفاده از اختلاف بین شماره های ردیف برمبنای قدرت تفکیک فضایی آنها بدست می آید.

علاوه بر تعیین فاصله، مشخص نمودن مناطقی که دارای فاصله یکسانی از برخی پدیده های هستند ضروزت دارد. این محدوده تحت عنوان حریم خوانده می شود. در پردازش داده های رستری، یک حریم به عنوان سلول های رستری است که در فاصله مشخصی از سلول ویژه قرار گرفته اند.

مسائل زیادی وجود دارد که عملیات تعیین حریم گذاری می تواند مورد استفاده قرار گیرد، برای مثال می‌توان تعیین محدوده قانونی پیرامون دریاچه ها و چاههای آب یا مناطقی در اطراف بزرگراه که مقدار آلودگی صوتی آنها بالاتر از یک حد مشخص است را نام برد.

پنجره و نمونه ای از انجام عملیات تعیین فاصله در نرم افزار ArcGISدر شکل ۹-٤ نشان داده شده است. عوامل ورودی برای تهیه این نقشه نقاط، خطوط و یا چندضلعی می باشد که تابع فاصله تولید کننده لایه رستری فواصل متعدد پیرامون آنها می باشد.

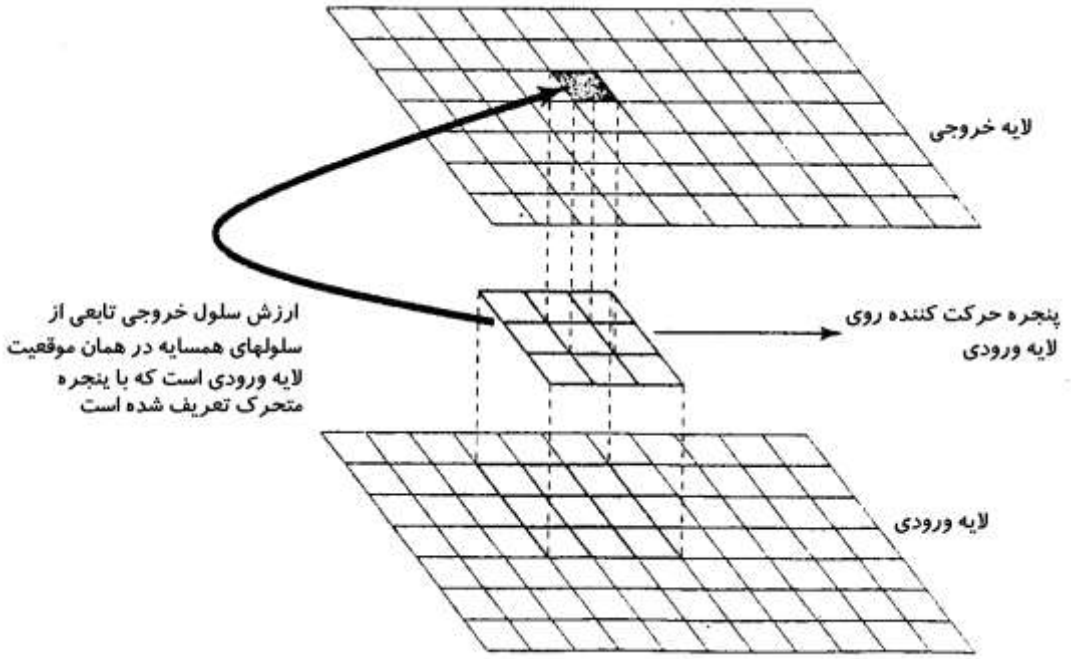
شکل ۹-٤- عملیات تعیین فاصله در نرم افزار ArcGIS

۷-٤- محاسبات آماری

غالباً تحلیل های جغرافیایی و مدلسازی با آمارهایی آغاز می شود که ویژگی های کل لایه رستری را توصیف می کند. تحلیل های آماری لایه های رستری تابع مهمی می باشد که آماره های توصیفی مورد نظر شامل میانگین، میانه، محاسبه فراوانی، خودهمبستگی فضایی در میان بسیاری از شاخص های آماری دیگر برای هر سلول لایه رستری است. آماره های توصیفی می تواند به صورت گزارش متنی، نمودارهای آماری و گراف ها ارائه شود. این تولیدات اطلاعاتی به نوبه خود می تواند در قالب اطلاعات فضایی، شکل تصویری بخود گیرد که برای کاربر بیشتر قابل استفاده است. آماره های توصیفی می تواند به صورت مستقیم برای حل مسایل فضایی و تصمیم گیری یا برای ورودی به تحلیل های فضایی بیشتر و مدل سازی با استفاده از تکنیک های پیشرفته مورد استفاده قرار گیرد.

۸-٤- عملیات کانونی

عملیات کانونی عملیاتی است که از روابط توپولوژیکی مجاورت بین پیکسل های لایه رستری ورودی برای ایجاد یک لایه رستری جدید استفاده می کند. همانطور که شکل ۱۰-٤ نشان می دهد عملیات همسایه بوسیله یک "پنجره "تعریف می شود که روی سلول های لایه ورودی حرکت کرده تا ارزشهای سلولهای جدید را برای لایه رستری خروجی استخراج کند. این عملیات بر اساس این فرض استوار است که ارزش سلول خاص در لایه رستری، بوسیله ارزش های سلولهای مجاور آن تاثیر می‌پذیرد. اندازه پنجره ای که عموماً استفاده می شود ۳× ۳ است اما می توان اندازه پنجره بزرگتر را نیز در نظر گرفت. بطور مسلم هر قدر اندازه پنجره بزرگتر باشد سلولهای ورودی بیشتری برای محاسبه ارزش هر سلول خروجی استفاده می شود که باعث افزایش میزان محاسبات خواهد شد.



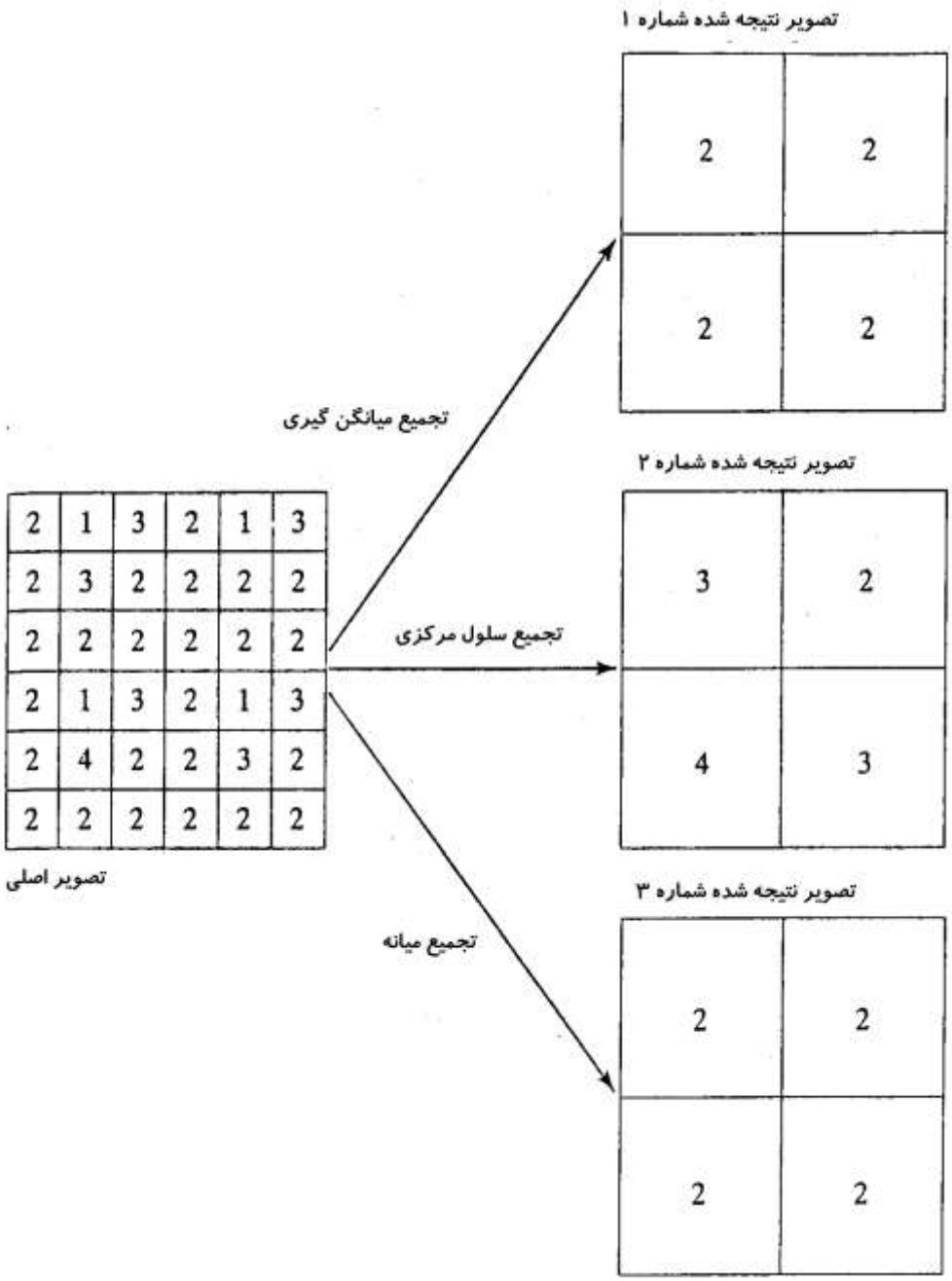
شکل ۱۰-٤- مفهوم استفاده از پنجره متحرک برای استخراج ارزش سلولها از یک تصویر رستری ورودی برای محاسبه ارزش یک سلول رستری خروجی در عملیات همسایگی

گروههای مختلفی از عملیات کانونی می تواند در لایه های رستری استفاده شود که از جمله آنها تجمیع فضایی پیکسل های لایه رستری است. تجمیع فضایی فرآیندی است که باعث می شود یک لایه رستری به تعداد کمتری از پیکسلها کاهش پیدا کند. شکل ۱۱-٤ نشاندهنده نمونه ای از عملیات تجمیع فضایی است که در آن اطلاعات ۹ سلول بر مبنای تابع مورد نظر محاسبه و به سلول مرکزی

تخصیص داده می شود. تجمیع فضایی می تواند با استفاده از اندازه پنجره های متعـدد محاسـبه شـود، اندازه پنجره بزرگتر، سطح تجمیع بیشتری را نتیجه خواهد داد. اما به همان اندازه جزئیات را از دسـت خواهد داد.

برای انجام تجمیع می توان از سه روش زیر همانطور که در شکل ۹-٤ نشان داده شده است استفاده نمود:

- روش میانگین گیری که در آن ارزش متوسط همه سلولهای درون پنجره محاسبه شده و به عنوان ارزش سلول تجمیع یافته ارائه می شود.
- روش سلول مرکزی که در آن ارزش سلول مرکز پنجره به عنوان ارزش سلول تجمع یافته در نظر گرفته می شود.
- روش میانه که در آن ارزش میانه همه سلولهای درون پنجره محاسبه شده و به عنوان ارزش سلول تجمع یافته در نظر گرفته می شود.

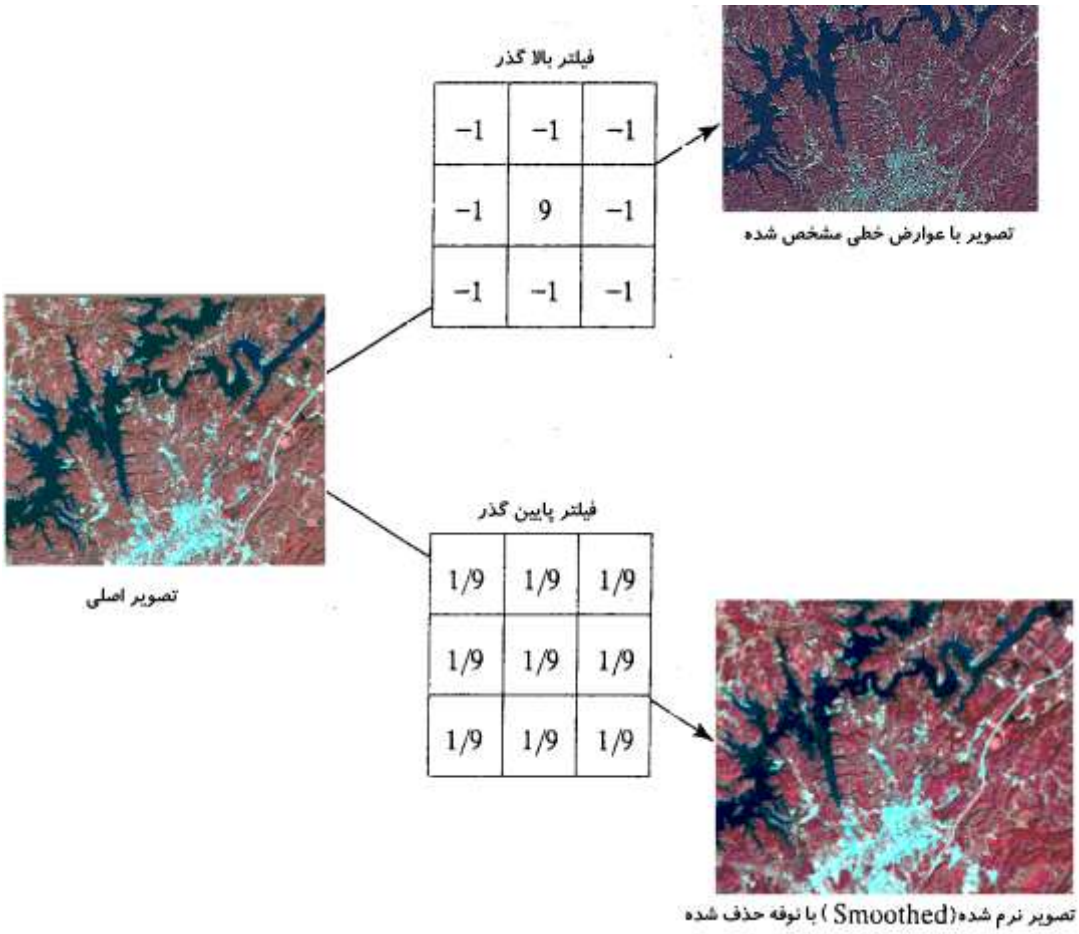


شکل ۱۱-٤- روش های تجمیع فضایی با استفاده از پنجره۳×۳. تجمیع فضایی به کاهش جزئیات محلی منجر می شود، اما نمایش الگوهای ناحیه ای و روندها را به هنگام نمایش و تحلیل همه جانبه تصاویر رستری امکان پذیر می سازد.

عملیات دیگر کانونی عبارت است از عملیات فیلترگذاری که از جمله عملیات پردازش تصویر برای آشکار سازی تصویر است. از دیدگاه سنجش از دور، ارزش هر سلول روی تصویر رستری نشاندهندهٔ

درجه روشنایی آن نقطه است. شکل ۱۲-٤ نشاندهنده اثر فیلترگذاری بالاگذر و پایین گذر به عنوان معرفترین فیلترهای مورد استفاده در پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. برای انجام این عملیات یک پنجره فیلترکه عموماً یک ماتریس ۳× ۳ ویا بزرگتر است استفاده می شود. این ماتریس در برگیرنده ضرایب تعریف شده توسط کاربر است که برای آشکارسازی فراوانی فضایی تصویر استفاده می‌شود.

هنگامی که پنجره فیلتر روی تصویر عبور می کند، ضرایب پنجره فیلتر در ارزش‌های روشنایی سلولهای مرتبط روی تصویر رستری ورودی ضرب می شود و میانگین نتایج ضرب، ارزش‌های جدیدی است که هر سلول تصویر در مرکز پنجره پیدا می کند و به همین ترتیب پنجره فیلتر به سلول بعدی انتقال یافته، محاسبات تکرار شده و ارزش متوسط جدیدی به سلول هر تصویر در مرکز پنجره تخصیص پیدا می کند. این عملیات برای هر سلول در تصویر ورودی تکرار می شود.



شکل ۱۲-٤ عملیات فیلتر گذاری بالاگذر و پایین گذر

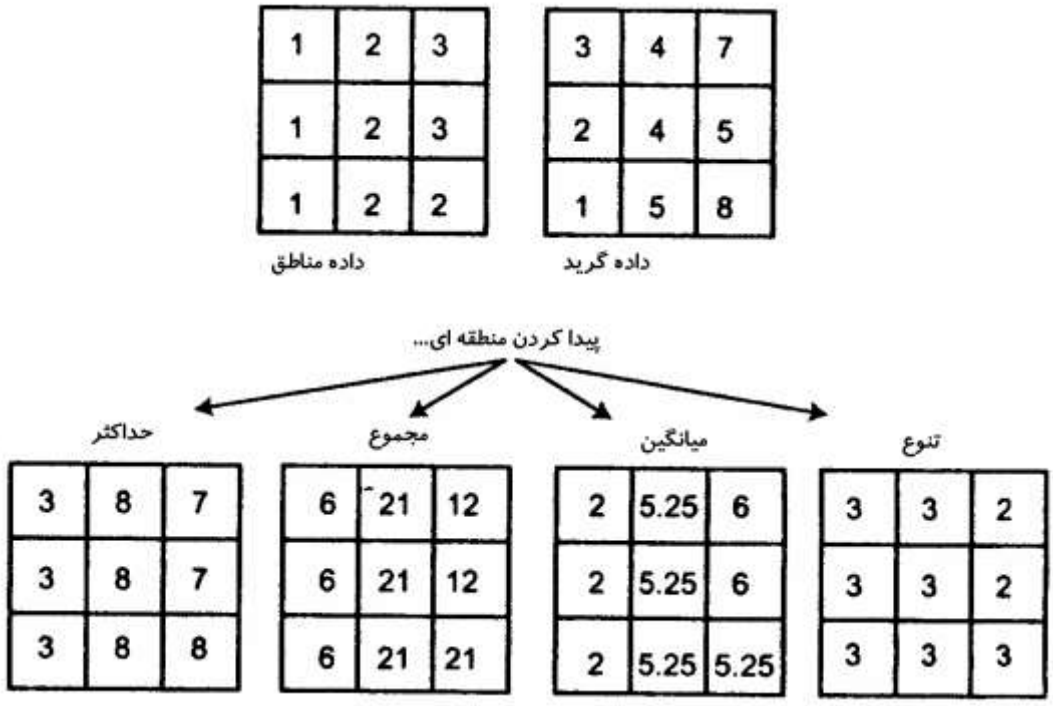
این عملیات برای آشکار سازی عوارض خطی روی تصویر رستری با استفاده از فیلتر بالا گذر مفید است و از اینرو در تحلیل شبکه های آبراهه ای از آن استفاده می شود. آشکارسازی جاده و ریل، مرز پوشش گیاهی و خاک، سطوح کاربری اراضی، محدوده آبی، زیر ساخت مناطق شهری به صورت الگوهای سکونت از دیگر کاربردهای آن محسوب می شود. همچنین برای اصلاح کیفیت تصویر از طریق برداشتن نویز(نوفه) و سایر نقص های ذاتی داده های اولیه از فیلتر پایین گذر استفاده می شود.

۹-٤- **عملیات ناحیه‌ای** یا منطقه‌ای

روی یک لایه رستری، یک ناحیه، مجموعه‌ای از سلولها است که بیانگر ویژگی‌های خصیصه‌ای یکسان است که در برخی مواقع به عنوان یک منطقه یا زون[1] خوانده می شود و عملیات روی نواحی، عملیات منطقه‌ای[2] نامیده می شود. نمونه ساده ای از عملیات ناحیه ای در شکل ۱۳-٤ نشان داده شده است، همانطور که شکل مذکور نشان می دهد بر اساس لایه نواحی که شامل سه منطقه با کد ۱،۲ و ۳ می باشد با لایه دوم که دارای ارزشهای خاص خود می باشد تلفیق شده و برمبنای تابع مورد نظر آماری از جمله حداکثر، مجموع ، میانگین و تنوع، ارزشهای لایه دوم به تفکیک در درون هر منطقه محاسبه و در لایه خروجی ارائه می شود.

محاسبه مساحت، محیط و شکل از جمله محاسباتی است که در زیر این مجموعه مطرح می شود. در لایه‌های رستری، محاسبه مقدار مساحت با شمارش تعداد سلولهای یک ناحیه تعیین می‌شود و محاسبه محیط با جمع کردن تعداد گوشه های سلول بیرونی ناحیه صورت می گیرد. با استفاده از اندازه گیریهای مساحت و محیط، محاسبه نسبت محیط به مساحت که عموماً برای توصیف شکل ناحیه استفاده می شود امکان پذیر است.

[1] zone
[2] zonal operation



شکل ۱۳-٤- عملیات ناحیه ای به منظور استخراج ویژگی های آماری در درون مناطق ازپیش تعیین شده

فصل پنجم

پردازش مکانی داده های برداری

۵-۱- مقدمه

همانطور که در فصول پیشین ذکر شد مدل داده های برداری از اشکال نقطه، خط و چند ضلعی شکل یافته و از طریق زوج مختصات وارد رایانه می شوند. متناسب با ساختار داده های برداری، تحلیل های ویژه مکانی تعریف شده است که از نظر عنوان با تحلیل های مکانی در محیط داده های رستری یکسان است ولی از نقطه نظر چگونگی اجرای عملیات و نتایج آن تفاوتهایی را نشان می دهد. در فصل حاضر به بررسی انواع شیوه های پردازش داده های مکانی در محیط برداری پرداخته می شود.

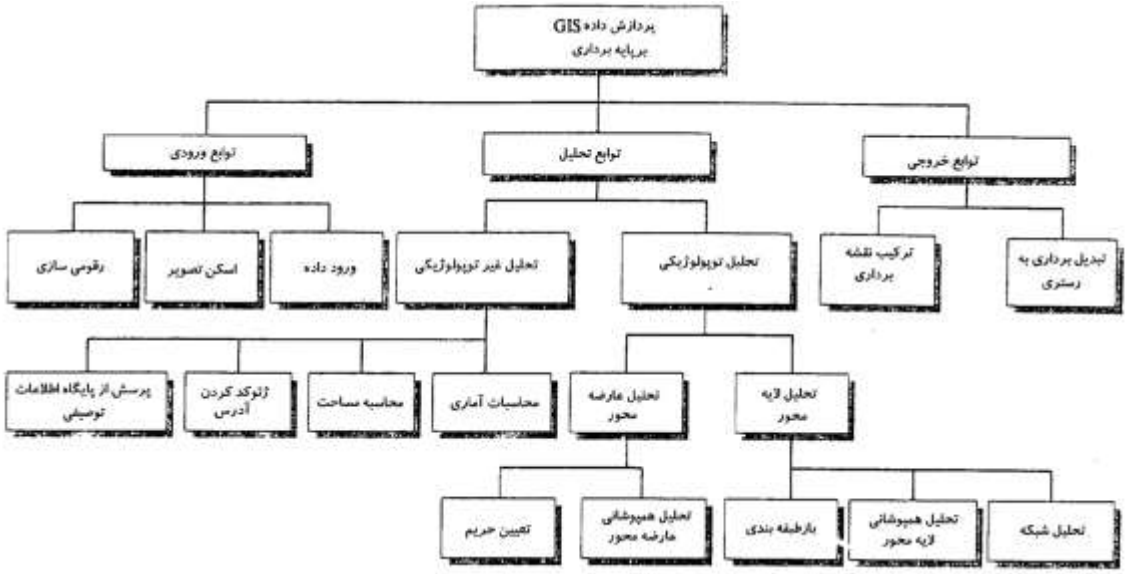
۵-۲-چارچوب کلی پردازش داده های برداری

عملیات ورود، تحلیل یا پردازش و خروج داده‌های برداری همانند چارچوب ذکر شده برای پردازش داده های رستری می‌باشد. توابع تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیائی برداری شامل انواع وظایف پردازش داده های برداری، به منظور شناسایی ویژگی ها و خصوصیات فضایی منطقه جغرافیائی مورد مطالعه است. برای طبقه بندی روش‌های پردازش لایه‌های برداری، طبقه‌بندی های مختلفی را می توان در نظر داشت. برخی از طبقه‌بندی ها آن را به صورت پردازش لایه ها به صورت تک لایه و

یا چند لایه در نظر می گیرند(اف و کارتر، ۱۳۷۹). در رابطه با ماهیت عملکرد های استفاده شده، این توابع می‌تواند در شش گروه عملگرهای منطقی، عملگرهای حسابی، عملگرهای همپوشانی، عملگرهای خصوصیات هندسی، عملگرهای تبدیل هندسی و عملگرهای اشتقاق[1] هندسی باشد.

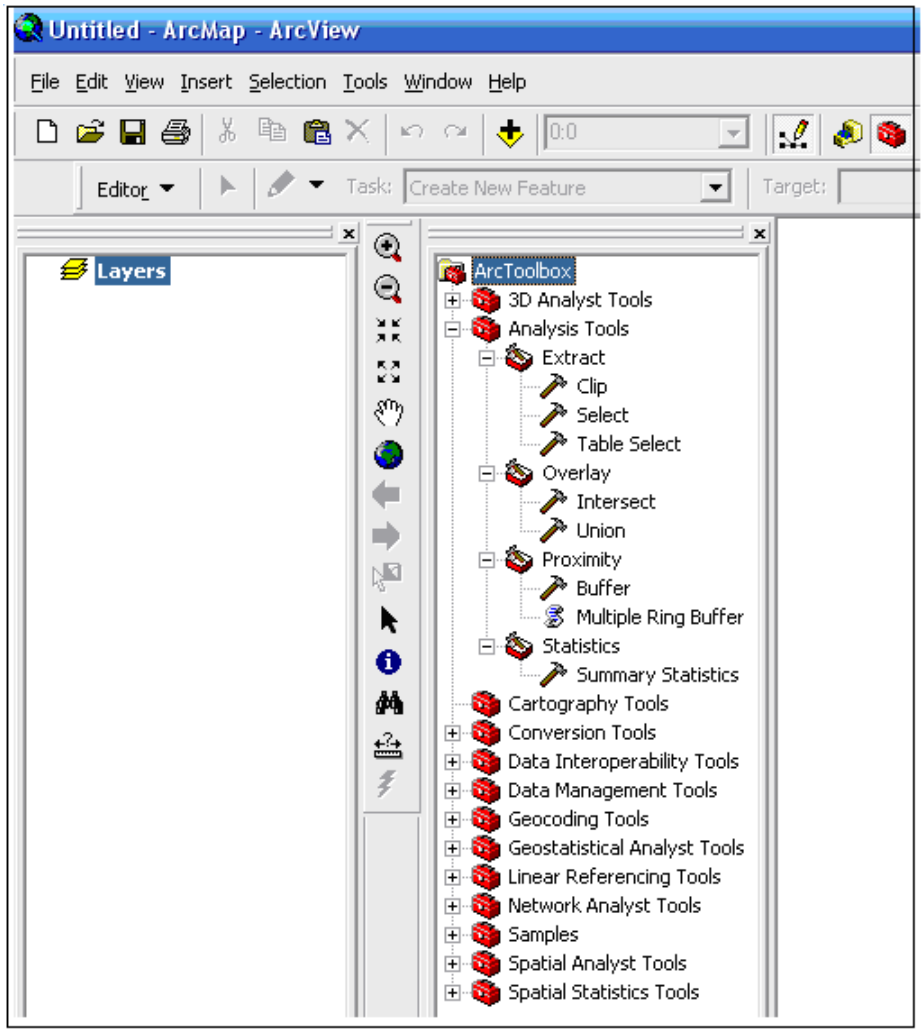
این شش عملگر، داده های برداری را به صورت یک یا چند لایه ورودی پذیرفته و یک گزارش آماری یا یک لایه برداری جدید را به عنوان خروجی همانند لایه‌های رستری ارائه می کند.

برخی از توابع تحلیل برداری فقط خصوصیات صفتی داده ها را استفاده می کنند. درحالیکه برخی دیگر به روابط توپولوژیکی میان عناصر گرافیکی روی لایه های اطلاعاتی تکیه می کند(شکل ۱-۵). شکل ۲-۵ نشان دهنده فرامین اصلی تحلیل مکانی لایه های برداری در نرم افزار ArcGIS می باشد.



شکل ۱-۵-طبقه بندی روش های پردازش داده برداری(lo & Yeung, 2005)

[1] derivation



شکل ۲-۵- فرامین اصلی برای پردازش داده های برداری در محیط نرم افزاری ArcGIS

۳-۵- پرسشگری مکانی داده های برداری

پرسشگری لایه های برداری می تواند به دوصورت مورد استفاده قرار گیرد. در روش اول از روابط توپولوژیکی استفاده شده و نتایج باریابی داده ها روی نشه نمایش داده و بیشتر از مختصات برای پاسخ به سوالات فضایی استفاده می کند. در حالت دوم پردازش لایه های برداری از روابط توپولوژیکی استفاده نکرده و انحصارا" روی داده های توصیفی این کار صورت می گیرد. از طرف دیگر پردازش هایی است که عملگرهای پایه ساج را مانند نمایش داده فضایی، پرسش از پایگاه داده فضایی، پرسش از پایگاه داده توصیفی و محاسبات آماری انجام می دهد. توابع پردازش داده غیرتوپولوژیکی می تواند به عنوان ابزار تحلیل ساج جداگانه استفاده شود. در زمینه پرسشگری از لایه

های برداری نیز می توان همانند آنچکه در فصل چهار گفته شد از توابع بازیابی شکل ۱-٤ استفاده نمود. در نرم افزار ArcGIS این کار با استفاده از دستور select by attribute و select by location صورت می گیرد.

٤-٥-تحلیل همپوشانی

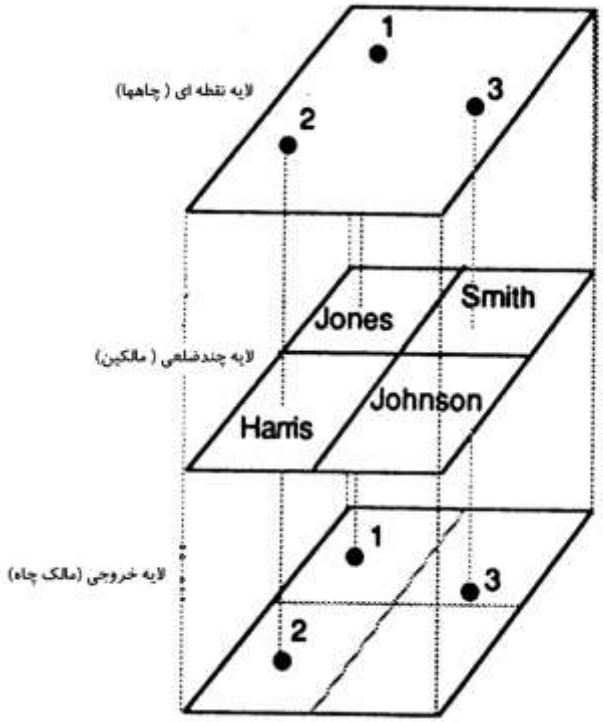
همپوشانی توپولوژیکی جزو مهمترین تابع پردازش لایه‌های برداری است. تحلیل همپوشانی باعث می‌شود که جدول توصیفی همراه لایه‌های فضایی آنها بصورت توام همپوشانی شده و لایه جدید شامل ویژگی های توصیفی لایه قدیم و جدید تلفیق شده و بصورت یکپارچه ارائه شوند(شکل ۳-۵).
در تحلیل ساج برداری، سه نوع از همپوشانی توپولوژیکی می تواند صورت گیرد:

- همپوشانی یک لایه نقطه ای روی یک لایه چند ضلعی،
- همپوشانی یک لایه خطی روی یک لایه چند ضلعی و
- همپوشانی یک لایه چند ضلعی روی یک لایه چند ضلعی.

که در مطالب زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

- **همپوشانی یک لایه نقطه ای روی یک لایه چند ضلعی**

این تحلیل از نوع تحلیل های همپوشانی عارضه محور است که هدف تحلیل همپوشانی عارضه محور پیدا کردن روابط مابین عوارض ویژه یک لایه و لایه دیگر است(Longley et al., 2001). یکی از عمومی‌ترین تابع تحلیل عارضه محور استفاده شده، پیداکردن نقطه در چند ضلعی است. هدف این تابع تعیین این موضوع است یک عارضه یا نقطه مشخص در درون یک چند ضلعی قرار می گیرد یا خیر؟ نمونه های متعددی می توان یافت که تهیه پاسخ انها نیازمند یکارگیری از این تابع ساج می باشد. از جمله آنها تعیین مالکین چاهها در قطعات اراضی مختلف که در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. همانطور که شکل مذکور نشان می دهد اطلاعات توصیفی دو لایه نقطه ای با هم ترکیب شده و بدین ترتیب امکان تعیین مالک برای هر چاه برای کاربر وجود دارد. محاسبه تعداد مراکز آموزشی، تعداد بیمارستانها و یا تعداد مراکز آتش نشانی در هریک از مناطق شهرداری مثالهای دیگری از کاربرد این تحلیل می باشد. در نرم افزار ArcGIS این کار با استفاده از دستور Identity صورت می گیرد.



چاهها

ID#	جریان	عمق
1	300	87
2	100	45
3	200	90

مالکین

ID#	مالک
1	JONES
2	SMITH
3	HARRIS
4	JOHNSON

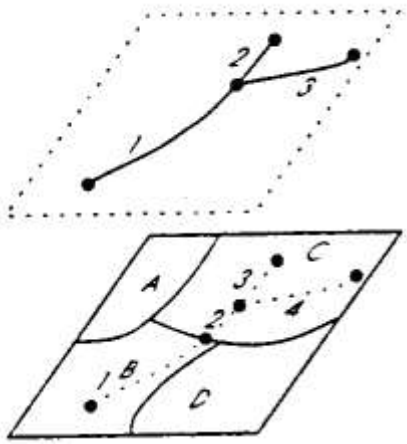
مالک چاه

ID#	جریان	عمق	مالک
1	300	87	JONES
2	100	45	SMITH
3	200	90	HARRIS

شکل ۳-۵- عملیات همپوشانی نقطه در چند ضلعی

- **همپوشانی یک لایه خطی روی یک لایه چند ضلعی**

این تحلیل همانند تحلیل پیشین می باشد با این تفاوت که در آن به جای نقطه، هدف بررسی، یافتن چگونگی انطباق یک عارضه خطی مانند رودخانه یا یک گسل در چند ضلعی های متعدد است(Longley et al., 2001) . پیدا کردن قطعاتی از یک بزرگراه طولانی که درون استانهای مختلف قرار می گیرند نمونه ای از کاربردهای این عملیات به شمار می رود. در شکل ٤-٥ مثالی از این عملیات نشان داده شده است و همانطور که در شکل مذکور مشخص است نتایج حاصل از این تحلیل از طریق جدول توصیفی ایجاد شده قابل تفسیر است و نشان می دهد که شبکه رودخانه ای در داخل کدام قطعه از زمین قرار گرفته است.



خصیصه ها

ID	خط	شماره جاده	چندضلعی	شهرستان
1	1	Rv. 410	B	Akershus
2	1	Rv 410	C	Oslo
3	2	Rv. 9	C	Oslo
4	3	E 18	C	Oslo

شکل ٤-٥- عملیات همپوشانی خط در چند ضلعی

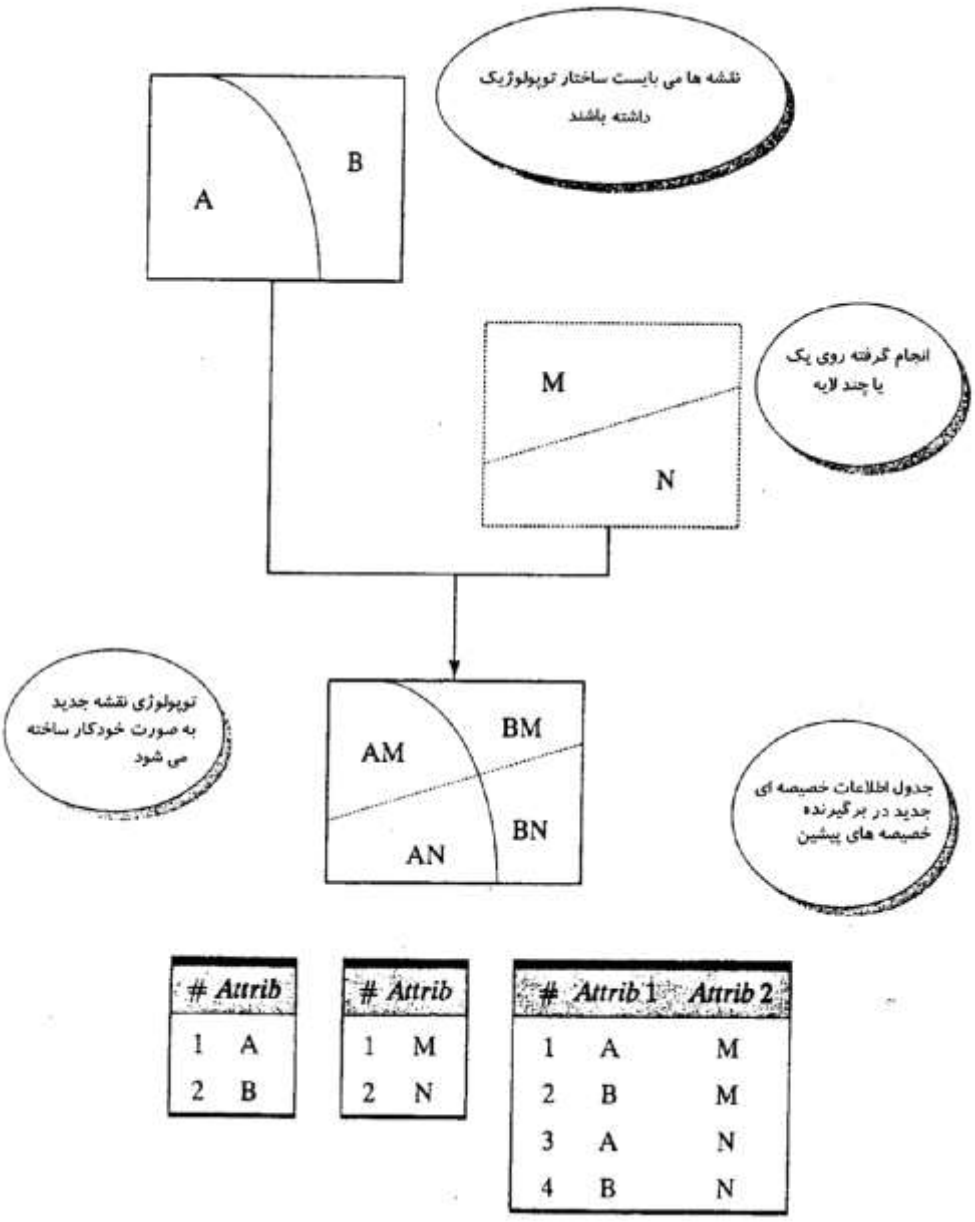
- **همپوشانی یک لایه چند ضلعی روی یک لایه چند ضلعی دیگر**

همپوشانی چند ضلعی در چند ضلعی پیچیده ترین نوع همپوشانی محسوب می شود. این نوع از همپوشانی برای کاربرد در مدل‌سازی مفید است (Longley et al., 2001). برای مثال همپوشانی انواع تیپ های خاک با قطعات کاربری اراضی امکان پذیر است و نتیجه آن تعیین حاصلخیزی خاک در رابطه با کاربری اراضی می باشد. شکل ٥-٥ نمونه ای از همپوشانی لایه های چند ضلعی را نشان می دهد که در آن ضمن تلفیق چند ضلعی های لایه های ورودی، اطلاعات توصیفی همراه آنها نیز تلفیق می شود و بدین ترتیب چند ضلعی های جدید حاصل ترکیب دو لایه اول به همراه اطلاعات توصیفی برگرفته از لایه های ورودی حاصل خواهد شد.

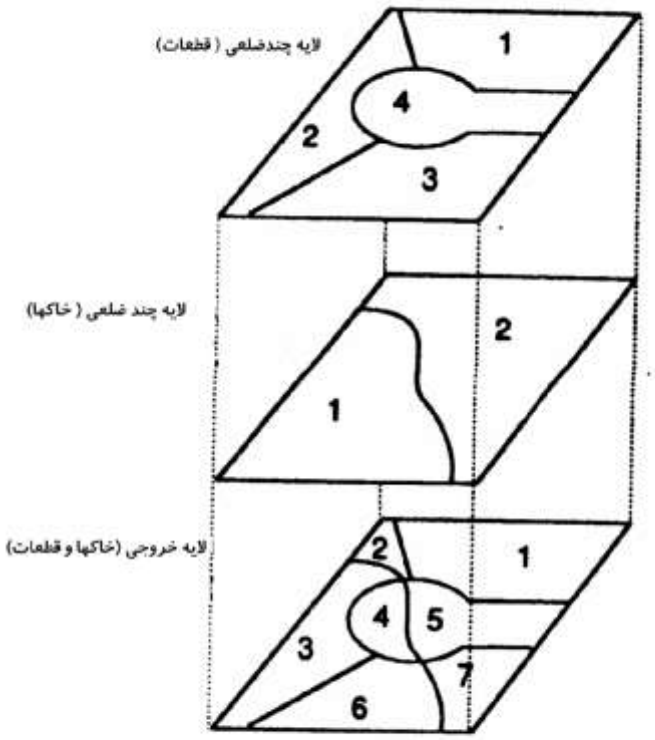
در شکل ٦-٥ نمونه ای دیگر از کاربرد این تحلیل را در پیدا کردن میزان پایداری اراضی قطعات اراضی مختلف با مالکین متفاوت نشان داده شده است. همانطور که این شکل نشان می دهد پس از همپوشانی لایه های قطعات اراضی و تیپ خاکها، ۷ چند ضلعی شکل گرفته است که مشخصات توصیفی دو لایه ورودی به جدول توصیفی آنها انتقال یافته است و قطعه زمین متعلق به Henry بخشی به صورت پایدار و بخشی نیز به صورت ناپایدار با دو کد مختلف حاصل شده است.

برای همپوشانی چند ضلعی در چند ضلعی، عملگرهای مختلفی برای ترکیب دو یا چند لایه ورودی به یک لایه خروجی استفاده می شود. عملگرهای همپوشانی توپولوژیکی که بصورت مشترک در ساج برداری مانند ArcGIS استفاده می شوند که در شکل ۷-۵ نشان داده شده است و تعریف هر یک از آنها بصورت زیر است:

- Union، چند ضلعی ها را همپوشانی کرده و همه چندضلعی ها را با یکدیگر به همراه اطلاعات توصیفی آنها ارائه می کند. در واقع این نوع همپوشانی هیچ تغییری در شکل چند ضلعی های ورودی ایجاد نمی کند.
- Intersect ، چندضلعی را همپوشانی کرده اما فقط آنهایی را نگه می دارد که در دو لایه اول و دوم بطور مشترک وجود دارند.
- Identity، چند ضلعی ها را همپوشانی کرده و همه عوارض لایه ورودی را نگه می دارد.
- TClip با استفاده از یک لایه اطلاعاتی چند ضلعی عوارض را از یک لایه اطلاعات نقطه ای، خطی و یا چندضلعی برش می دهد.
- Erase، چندضلعی های موجود در یک لایه اطلاعاتی را بر اساس چندضلعی های لایه دیگر حذف می کند. با استفاده از این دستور می توان چند ضلعی موجود در نقشه منطقه مورد مطالعه را از نقشه بزرگ منطقه استخراج نمود.
- Split، لایه اول را به دو یا چند قسمت کوچکتر تقسیم کرده و لایه جدیدی برمبنای آنها ایجاد می شود.



شکل ۵ -۵- فرآیند همپوشانی توپولوژیکی چندضلعی در چند ضلعی



قطعات

ID#	مالک
1	MORGAN
2	HENRY
3	LEWIS
4	——

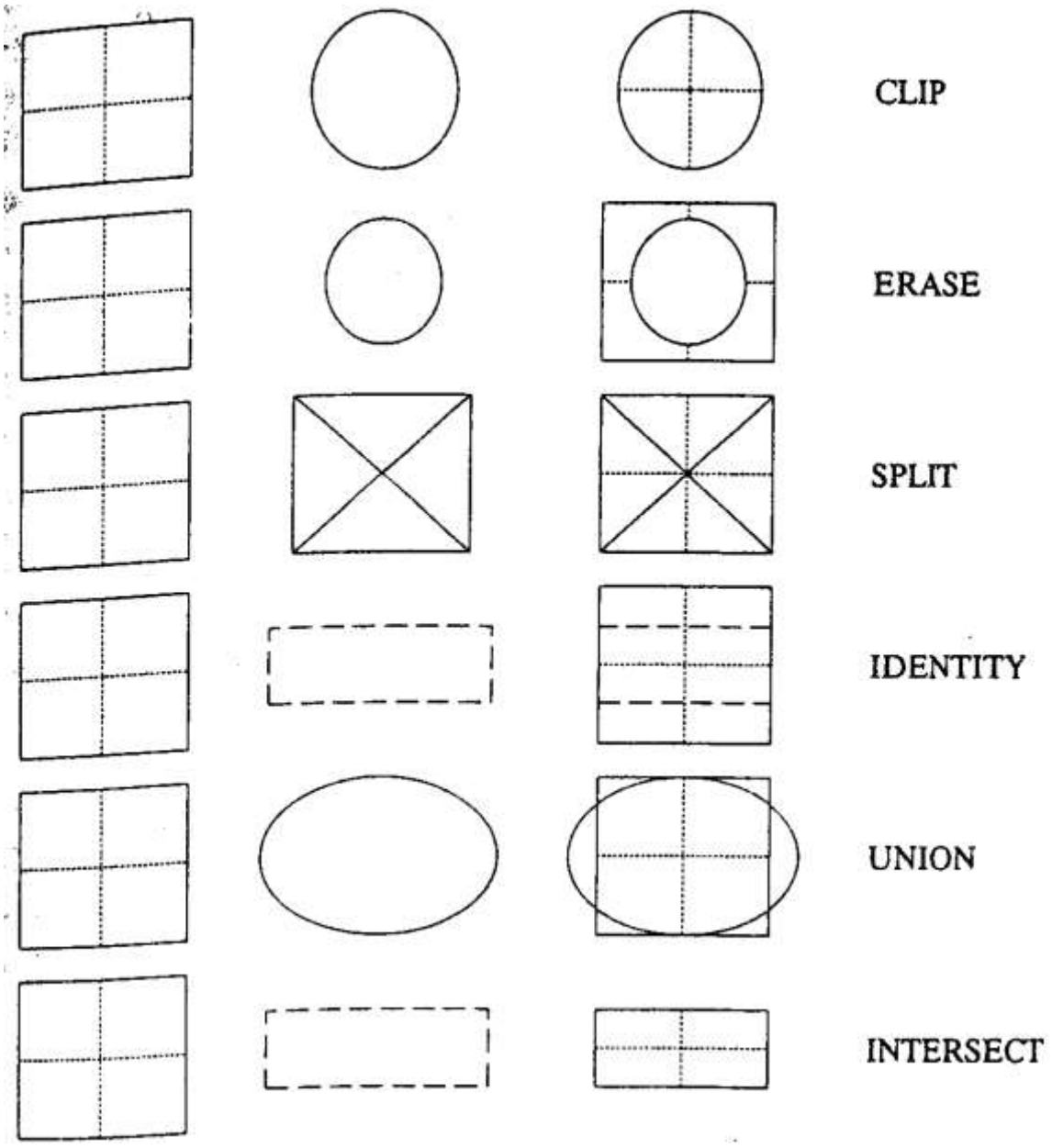
خاکها

ID#	میزان پایداری
1	پایدار
2	ناپایدار

قطعات بیشتر

ID#	مالک	پایداری
1	MORGAN	ناپایدار
2	HENRY	ناپایدار
3	HENRY	پایدار
4	——	پایدار
5	——	ناپایدار
6	LEWIS	پایدار
7	LEWIS	ناپایدار

شکل ٦-٥- مثالی از عملیات همپوشانی چند ضلعی در چند ضلعی

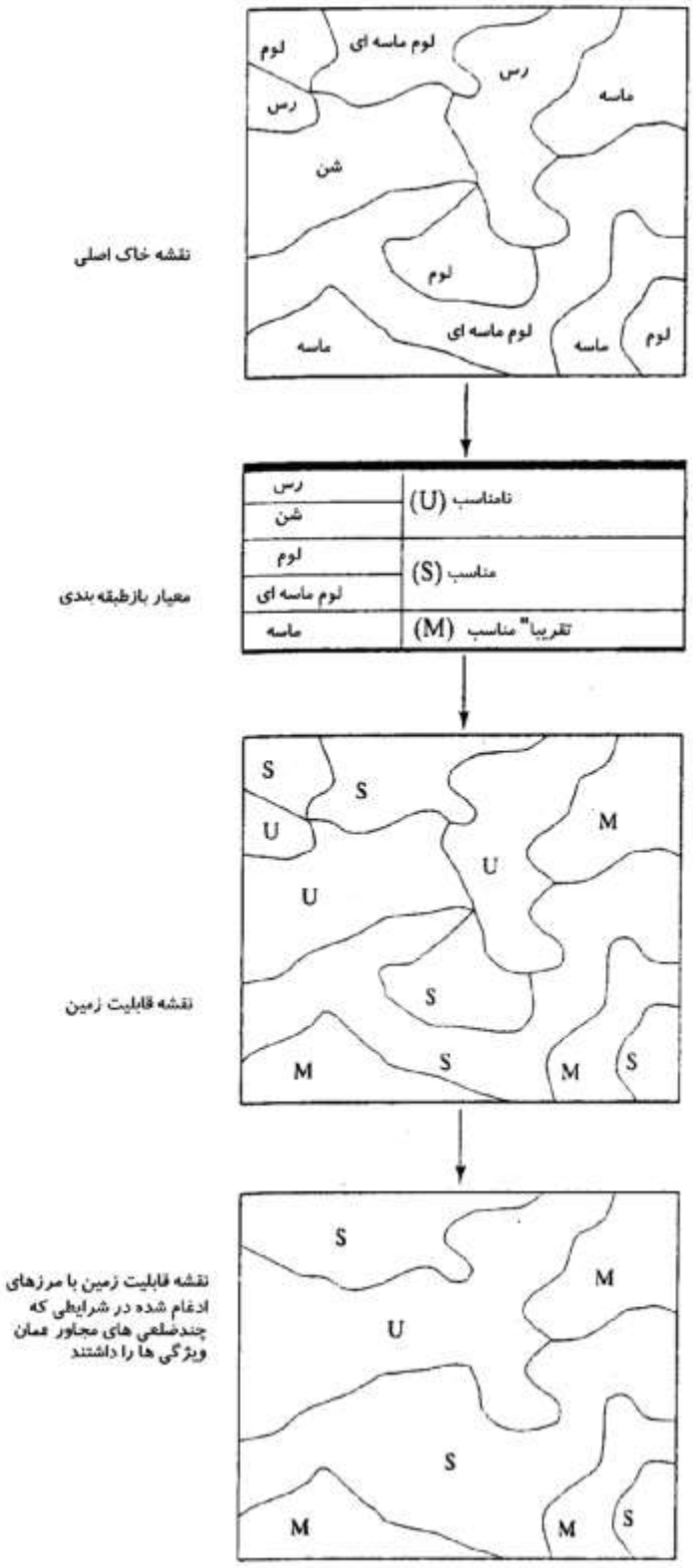


شکل۷-۵- انواع عملیات همپوشانی توپولوژیکی چندضلعی در چندضلعی

۵-۵- بازطبقه بندی

بازطبقه بندی، فرآیند ساده سازی پایگاه اطلاعاتی است که به کاهش تعداد طبقات داده های توصیفی روی لایه کمک می کند. در شکل ۸-۵ نمونه ای از عملیات باز طبقه بندی نشان داده شده است. در این مثال گروههای مختلف خاک در لایه اولیه بر اساس معیارهای تناسب باز طبقه بندی شده و لایه

نهایی به دست آمده نشان دهنده چندضلعی های مشخص با قابلیت های متفاوت می باشد. بعد از طبقه بندی، برخی از چند ضلعی ها همان ارزش های توصیفی را مانند چند ضلعی های کنار خود خواهند داشت.



شکل ۸-۵- فرآیند بازطبقه بندی

٦-٥- تعیین حریم[1]

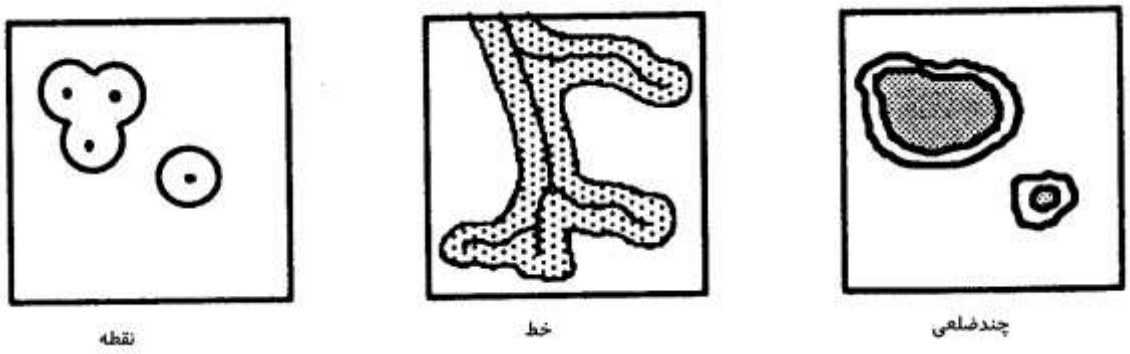
در تعریف، حریم منطقه ای با پهنای مشخصی است که یک عارضه فضایی را احاطه کرده است. فرآیند ایجاد یک حریم یا تعیین حریم یک تابع ضروری در پردازش داده جغرافیایی برداری است. حریم های مختلفی می تواند پیرامون هر یک از عوارض نقاط، خطوط و چند ضلعی ها ایجاد شود که در هر حالت، حریم ایجاد شده شکل عارضه اولیه را بخود می گیرد. برای یک حریم نقطه‌ای، حریمی به شکل دایره با شعاع خاص(به عنوان یک فاصله حریم) به دور نقطه ترسیم خواهد شد. برای یک خط، باندی با فاصله مشخص در دو طرف خط ایجاد خواهد شد. برای یک چندضلعی، حریم ایجاد شده به صورت کمربندی از فاصله حریم پیرامون چندضلعی بوده و شکل آن را نشان می دهد. هنگامیکه منطقه حریم در درون منطقه چند ضلعی ترسیم شود تحت عنوان برگشت به عقب[2] خوانده می شود(شکل ۹-۵).

منطقه های حریم بدون توجه به شکل عارضه ای که آنها از آن ایجاد شده اند مانند عوارض نقطه ای، خطی یا چند ضلعی دارای شکل چند ضلعی هستند. در پردازش داده جغرافیائی، فاصله حریم، پارامتری است که توسط کاربر تعریف می شود و هدف اصلی از تعیین حریم پیرامون عوارض مختلف ارزیابی ویژگی های یک منطقه پیرامونی یک موقعیت ویژه یا عارضه فضایی فعلی است.

کاربردهای مشترک تعیین حریم شامل تعیین هویت ویژگی در داخل فاصله مشخصی از تغییرات کاربری منطقه در توسعه شهری، تعیین حدود منطقه سیل گیر پیرامون رودخانه و یا خط گسل است.

در اکثر کاربردهای ساج، فرض کردن یک فاصله حریم یکنواخت کافی است. باوجود این، تولید مناطق حریم با فاصله متغیر نیز امکان پذیر می باشد که با استفاده از امکانات سیستم، تعیین حریم ها به صورت حلقه های متوالی پیرامون عوارض وجود دارد.

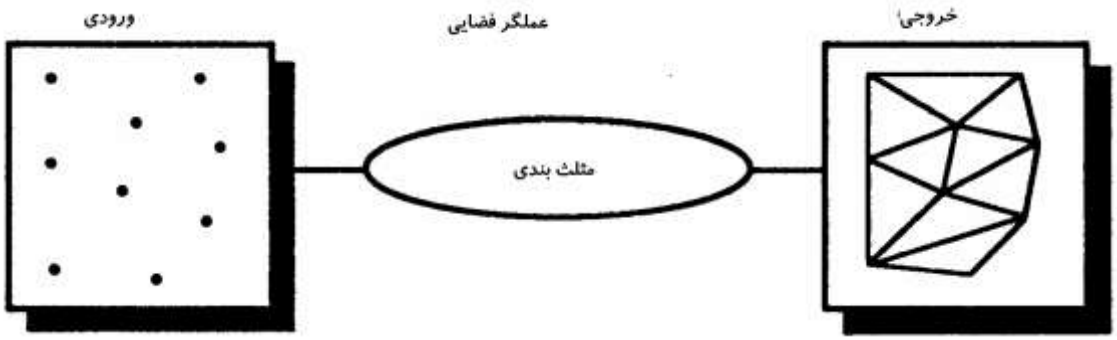
[1] buffering
[2] setback



شکل ۹-۵-تعیین حریم برای نقطه، خط و چند ضلعی

۷-۵- مثلث بندی

عملیات مثلث بندی عملیاتی است که برمبنای داده های ورودی نقطه ای، شبکه ای از مثلث های نامنظم را ایجاد می کند. کاربرد این نوع مثلث ها در ایجاد مدل های رقومی زمین به روش شبکه مثلث های نامنظم می باشد (به فصل مدل رقومی زمین مراجعه شود). شکل ۱۰-۵ نشان دهنده مثالی از این نوع عملیات می باشد.



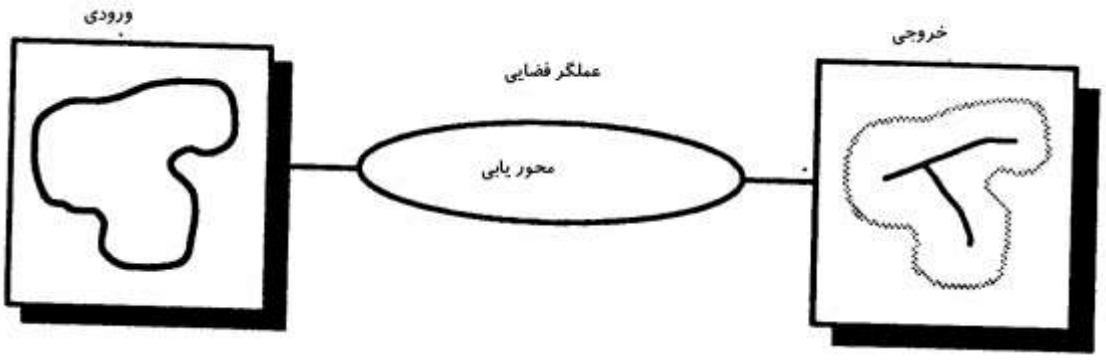
شکل ۱۰-۵- عملیات مثلث بندی

۸-۵- عملیات محوریابی[1]

هدف اصلی از عملیات محوریابی پیداکردن محورهای خطی در چندضلعی های مختلف است که شعاع دسترسی یکسانی را برای مناطق مختلف آن چندضلعی ایجاد می کند. ازجمله مثالهای این نوع

[1] conflation

عملیات پیدا کردن محورهای ارتباطی جاده ای برای واحدهای سیاسی مانند دهستانها و شهرستانها است. شکل ۱۱-۵ نشان دهنده نمونه ای از انجام این عملیات می باشد.

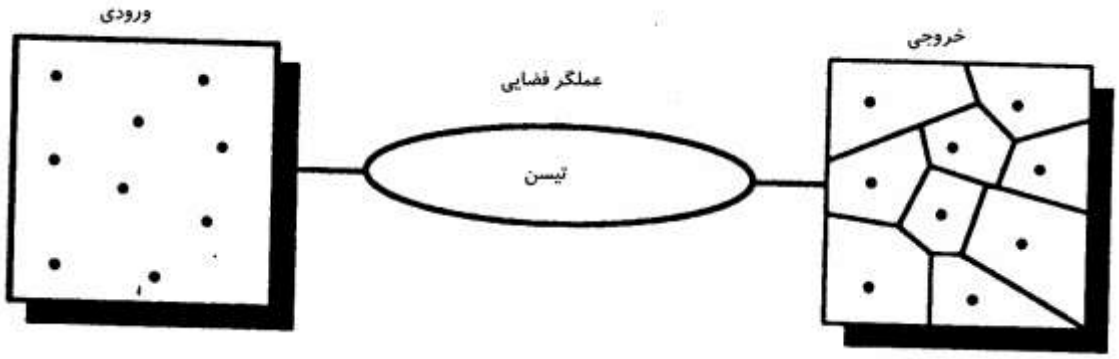


شکل ۱۱-۵- عملیات محوریابی

۹-۵- عملیات تهیه شبکه تیسن[1]

برای تعمیم اطلاعات نقطه ای به مناطق مجاور آن از روشهای مختلفی می توان استفاده نمود که یک نمونه از آنها استفاده از شبکه چند ضلعی های تیسن می باشد که در مطالعات آب و هواشناسی و هیدرولوژیک به منظور تعمیم اطلاعات ایستگاه های سنجش پارامتر های آب و هوایی یا ایستگاههای دبی سنجی از کاربردهای زیادی برخوردار است. در تحلیل برداری، برای تقسیم بندی یک لایه اطلاعات نقطه ای به چندضلعی هایی که چندضلعی های تیسن یا ورونی[2]نامیده می شود استفاده می گردد(وربیلا، ۱۳۸٤). نمونه ای از این نوع عملیات در شکل ۱۲-۵ نشان داده شده است. همانطور که این شکل نشان می دهد هر چندضلعی تنها برمبنای داده های همان نقطه ساخته شده و برای تعمیم اطلاعات همان نقطه به چند ضلعی مربوطه استفاده می شود. فرآیند ساخت این چندضلعی ها بدین ترتیب است که در ابتدا نقاط با استفاده از خطوط به یکدیگر متصل می شوند که بدین ترتیب مثلث هایی شکل می گیرد که با مشخص کردن عمودمنصف ها روی خطوط آنها را به قسمت خارج تا مرز محدوده مورد مطالعه امتداد داده و سپس خطوط اولیه برای ترسیم مثلث ها پاک شده تا چند ضلعی ها آشکار شوند.

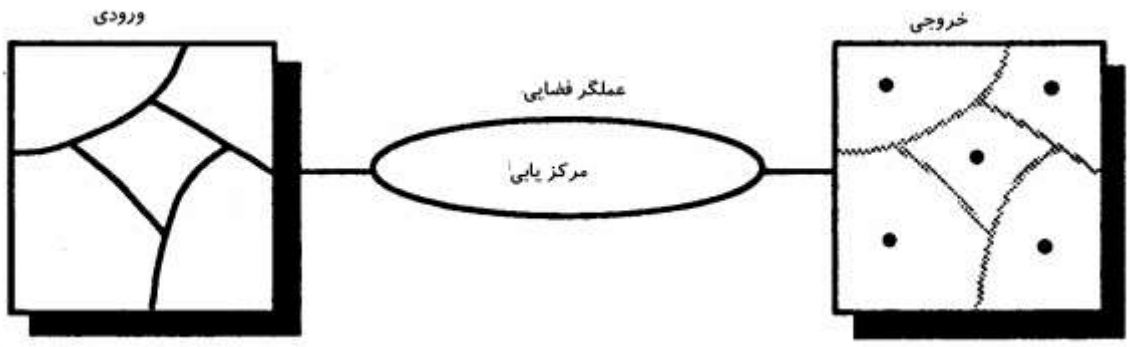
[1] thiessen
[2] voronoi



شکل ۱۲-۵- عملیات تهیه شبکه تیسن

۱۰-۵- عملیات مرکزیابی[1]

این عملیات به منظور پیدا کردن نقاط مرکزی برای چندضلعی ها مورد استفاده قرار می گیرد. پیدا کردن مرکز گروهی از عوارض نقطه ای مانند مکانهای رخدادجرم برای پیگیری تغییرات توزیع آنها مفید است(Mitchell (b), 2025). مثال مشخص این نوع عملیات تعیین مکان استقرار مراکز امداد برای واحدهای سیاسی یا مناطق شهرداری است بطوریکه همه نواحی واقع در این چند ضلعی دسترسی های مناسبی را به مرکز مذکور داشته باشند. شکل ۱۳-۵ نشان دهنده نمونه ای از این نوع عملیات می باشد.

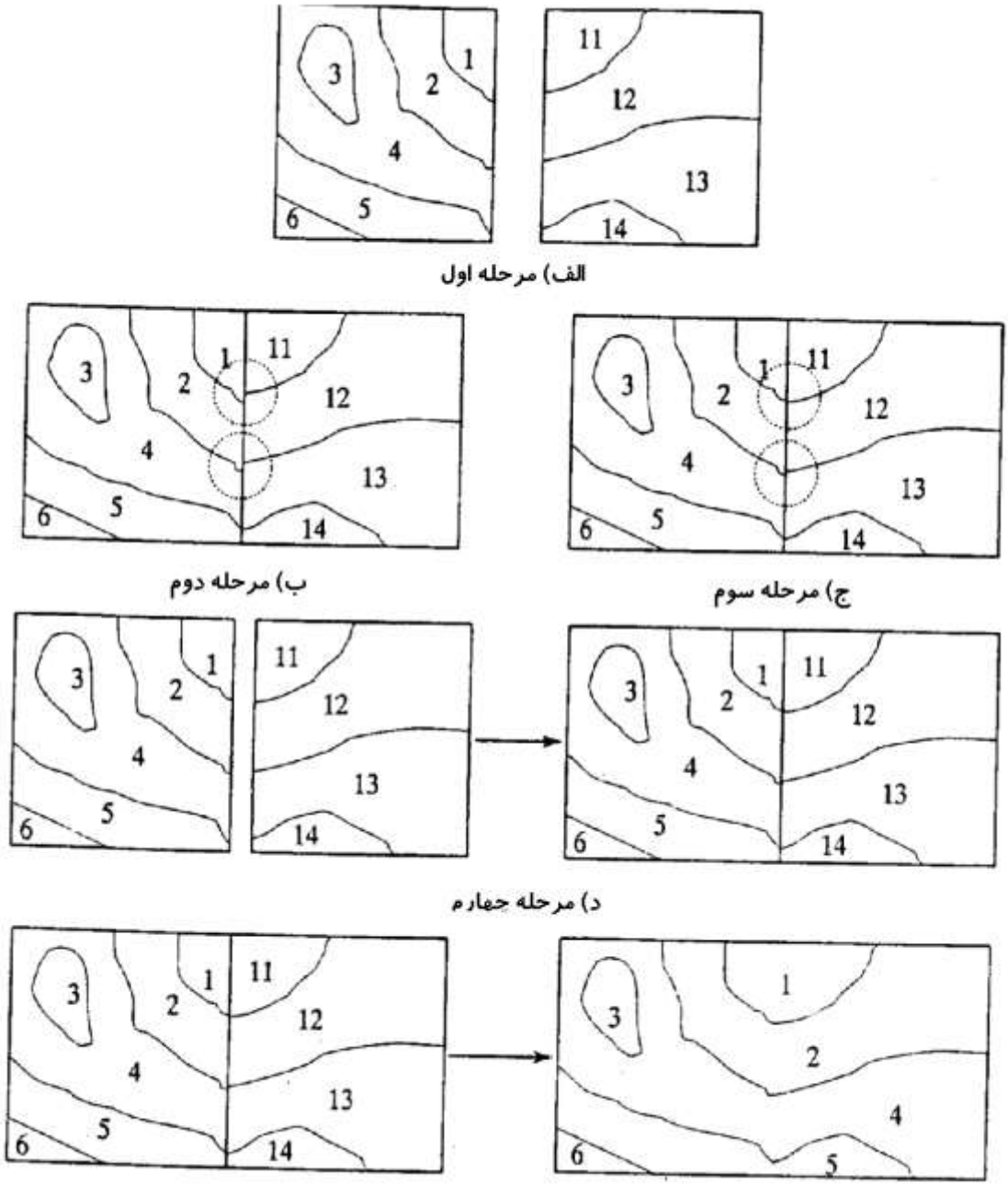


شکل ۱۳-۵- عملیات مرکزیابی

[1] centroid

۱۱-۵- عملیات اتصال

عملیات اتصال به منظور الحاق شیت های مختلف مجاور هم و تشکیل یک شیت واحد استفاده می شود. این عملیات به لحاظ اینکه غالبا" نقشه های مورد استفاده در مطالعات ممکن است مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و یا ۱:۲۵۰۰۰۰ در شیت های مختلف قرار گرفته باشند و ضرورت مطالعات اتصال آنها به یکدیگر را ایجاب می کندارای اهمیت زیادی می باشد. همانطور که شکل ١٤-٥ نشان می دهد عملیات اتصال در مراحل مختلف صورت می گیرد که در نهایت یک نقشه واحد از به هم پیوستن شیت های مختلف کنارهم ایجاد می شود.



شکل ۱۴-۵- عملیات اتصال

۱۲-۵- محاسبه آماری و تهیه نقشه موضوعی

انجام محاسبات آماری یک برنامه الحاقی از پرسش پایگاه داده توصیفی است. اندازه گیری های آماری استاندارد تحت عناوین میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار می تواند برای عناوین اختصاص در جداول توصیفی محاسبه شود. برای مثال در ArcGIS این کار با استفاده از دستور Statistics در قسمت tables صورت می گیرد که آماره های توصیفی مورد نیاز را محاسبه می کند. با کمک توابع این نرم افزار، کاربر قادر به تولید نقشه‌های موضوعی که خصوصیات توصیفی عوارض را خلاصه می‌کند(مانند تعداد مردم در یک گروه درآمدی خاص) می باشد. این روش نه تنها برای تجمیع عوارض نقطه‌ای، بلکه روی عوارض خطی برای مثال جاده ها در داخل محدودیت های ترافیک و عوارض چند ضلعی مانند قطعات زمین در داخل یک استان کار می کند.

علاوه بر انجام محاسبات آماری، محاسبه متغیرهای جدید از جمله توابع تحلیل اطلاعات توصیفی است. این عملیات برای محاسبه روابط ریاضی و آماری مختلف برمبنای داده های موجود در پایگاه اطلاعاتی است.

فصل ششم

مدل رقومی زمین

۱-٦- مقدمه

اطلاع از ناهمواریها و پستی و بلندیهای زمین از جمله مهمترین اطلاعات ضروری در مدیریت منابع سرزمین می باشد. تاریخچه استفاده از روشهای رقومی برای نمایش و تحلیل ویژگی های توپوگرافی و ناهمواریها به دهه ۱۹۵۰ بر می گردد(Weibeland and Heller, 1991). از این تاریخ، مدل سازی رقومی زمین[1] کانون اصلی پژوهش و کاربرد در زمینه های متنوع علم و تکنولوژی شده است. افزایش دسترسی به داده رقومی زمین و پیشرفت های تکنولوژی رایانه ای طی سالهای اخیر باعث رشد فزاینده این بخش ویژه‌ی پردازش داده های جغرافیایی شده است.

مدل سازی رقومی زمین ممکن است از رویکردهای مختلف مورد توجه قرار گیرد. رویکرد ریاضی به توسعه الگوریتم ها برای واسطه یابی و تولید منحنی های هم ارزش و مشاهده سه بعدی زمین کمک می کند. در حالیکه رویکرد غیر ریاضی بیشتر به کاربردهای تکنیک‌های مدل‌سازی رقومی زمین می‌پردازد. در فصل حاضر سعی شده است روی کلیه مراحل جمع آوری، ساخت و بکارگیری مدل رقومی زمین تاکید شود تا بدین ترتیب جنبه های مختلف آن بررسی و تبیین گردد.

[1] digital terrain modeling (DTM)

۲-٦- تعریف و مفهوم مدل سازی رقومی زمین

واژه مدل رقومی زمین اولین بار در سال ۱۹۵۸ توسط میلر[۱] و لافلم[۲] معرفی شد. آنها این مدل را به صورت نمایش آماری از سطح پیوسته زمین توسط تعداد زیادی از نقاط انتخاب شده با مختصات x، yو z معلوم در یک زمینه مختصاتی دلخواه تعریف کردند(li et al., 2004).

در عین حال چندین واژه مختلف برای تشریح روش ها و فرآیند داده رقومی زمین مانند واژگان زیر استفاده شده است:

- مدل رقومی ارتفاع[۳]
- داده های ارتفاعی رقومی[٤]
- مدل رقومی زمین[٥]
- مدل رقومی ارتفاعی زمین[٦]

بسیاری از محققین این واژه ها را هم منحنی تلقی می کنند و اعتقاد بر این است که این واژگان از کشورهای مختلف منشاء گرفته اند(li et al., 2004). بدین ترتیب که واژه مدل رقومی ارتفاع بطور وسیعی در امریکا، واژه داده های ارتفاعی رقومی در کشور آلمان، واژه مدل رقومی زمین در کشور انگلستان و واژه مدل رقومی ارتفاعی زمین توسط سازمان زمین شناسی امریکا و آژانس نقشه کشی وزارت دفاع امریکا مورد استفاده قرار می گیرد (Petrie and Kennie, 1987 in li et al., 2004).

در واقع در مدل رقومی ارتفاع، واژه "ارتفاع" اندازه‌گیری ارتفاع بالای یک سطح مبنا است و به ارتفاع مطلق یا ارتفاع نقاط در برگیرنده داده تاکید می کند، یعنی به مجموعه داده های نشان دهنده ارتفاعات بصورت منظم به شکل شبکه یا مربع اطلاق می شود.

برنامه الحاقیه نرم افزار ArcGIS تحت عنوان تحلیل سه بعدی 3d analysis از جمله مهمترین نرم افزارها، در این زمینه است که توانایی های خیلی خوبی را برای کار با مدل رقومی زمین را هم به صورت مدل شبکه نامنظم مثلثی[۷] و هم به صورت مدل رقومی ارتفاع در اختیار کاربر قرار می دهد.

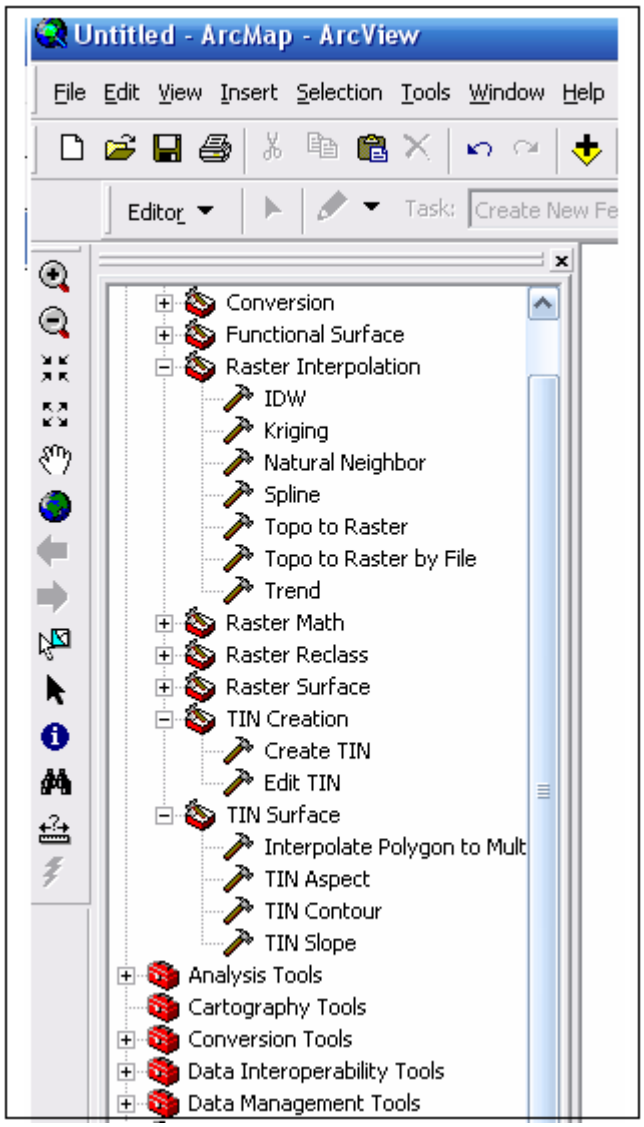
---

[1] Miller
[2] La flame
[3] digital elevation model
[4] digital height model
[5] digital ground model
[6] digital terrain elevation model

[7] Triangle irregular network (TIN)

(شکل ۱-٦). در عین حال نرم افزارهای تخصصی که اختصاصاً روی این موضوع کار می کنند وجود دارد.

واژه مدل سازی رقومی زمین که در این فصل استفاده می شود به مفاهیم و تکنیک هایی اخذ و استفاده از داده های ارتفاعی رقومی بر می گردد. ساخت و بکارگیری مدل سازی رقومی زمین دارای فرآیند چند مرحله ای است که در این فصل مورد بررسی قرار می گیرد..



شکل۱-٦ فرامین اصلی برای تولید و پردازش مدل رقومی زمین در نرم افزار ArcGIS

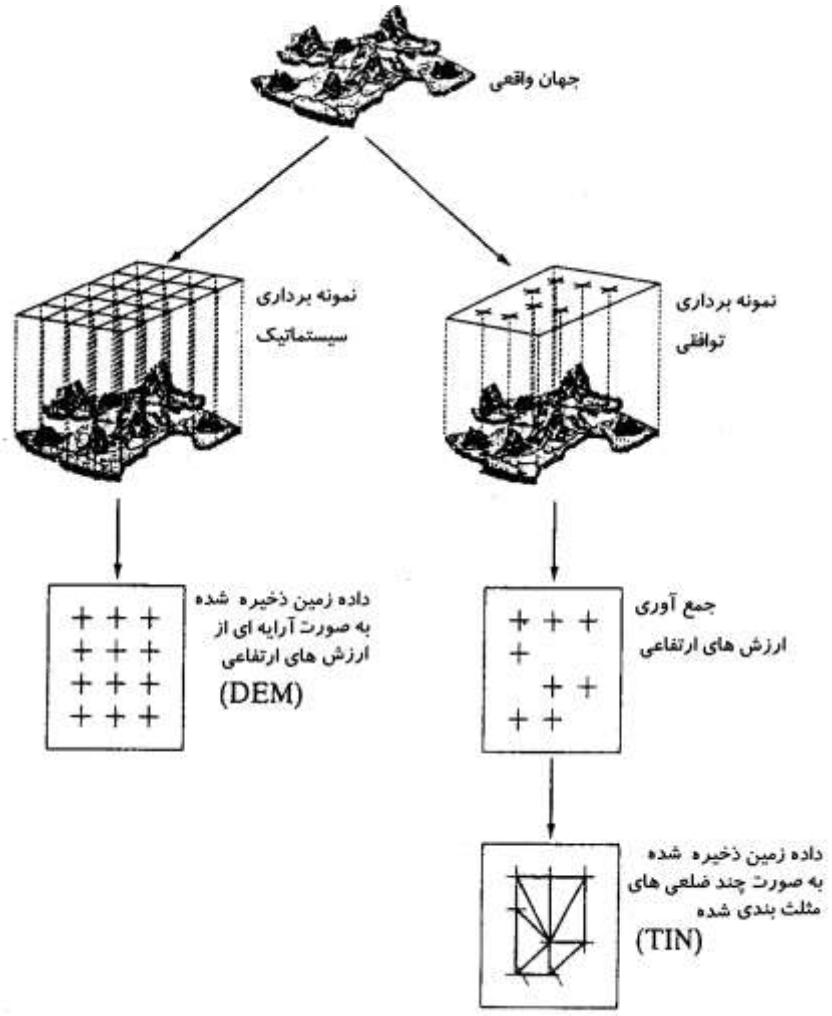
۳-٦- رویکردهای نمونه برداری داده و تشکیل مدل رقومی زمین

در کل روش نمونه برداری از داده های ارتفاعی از سطح زمین شامل اخذ داده‌های ارتفاعی توسط روشهای فتوگرامتری، کارتوگرافی و مطالعه روی زمین است. جمع آوری داده های ارتفاعی، جزو روش‌های نمونه برداری محسوب می شود چراکه ثبت داده های ارتفاعی نقطه ای به صورت کامل روی زمین غیر ممکن است. دو رویکرد اصلی برای نمونه برداری داده های ارتفاعی زمین وجود دارد:

- رویکرد سیستماتیک و
- رویکرد توافقی[1]

این دو رویکرد در شکل ۲- ٦ نشان داده شده است. در نمونه برداری سیستماتیک، نقاط ارتفاعی در فواصل منظم برداشت می شوند و از آنها آرایه‌ای از ارزشهای ارتفاعی ایجاد می شود که معمولاً به عنوان مدل رقومی ارتفاع نامیده می شود. در روش نمونه برداری توافقی، اندازه گیری‌های ارتفاع در نقاط انتخاب شده به عنوان نماینده زمین همان محدوده در نظر گرفته می شود و نتیجه آن مجموعه‌ای از ارزشهای ارتفاعی پراکنده است که لازم است قبل از انجام پردازش های بیشتر، ساختار مناسب پیدا کنند. به علت اینکه در این رویکرد روش مثلث بندی برای ساخت چارچوب فضایی ذخیره ارزشهای ارتفاعی استفاده می شود، داده جمع آوری شده بوسیله این رویکرد تحت عنوان شبکه نامنظم مثلثی خوانده می شود.

[1] adaptive



شکل۲-٦- رویکرد های نمونه برداری داده ارتفاعی‌زمین. داده‌های ارتفاعی زمین با یکی از روش‌های برداشت نقاط ارتفاعی در فواصل منظم برای تشکیل یک مدل رقومی ارتفاع(DEM) یا انتخاب نقاط ارتفاعی خاص برای تشکیل شبکه نامنظم مثلثی انجام گیرد(Lo and Yeaung, 2004).

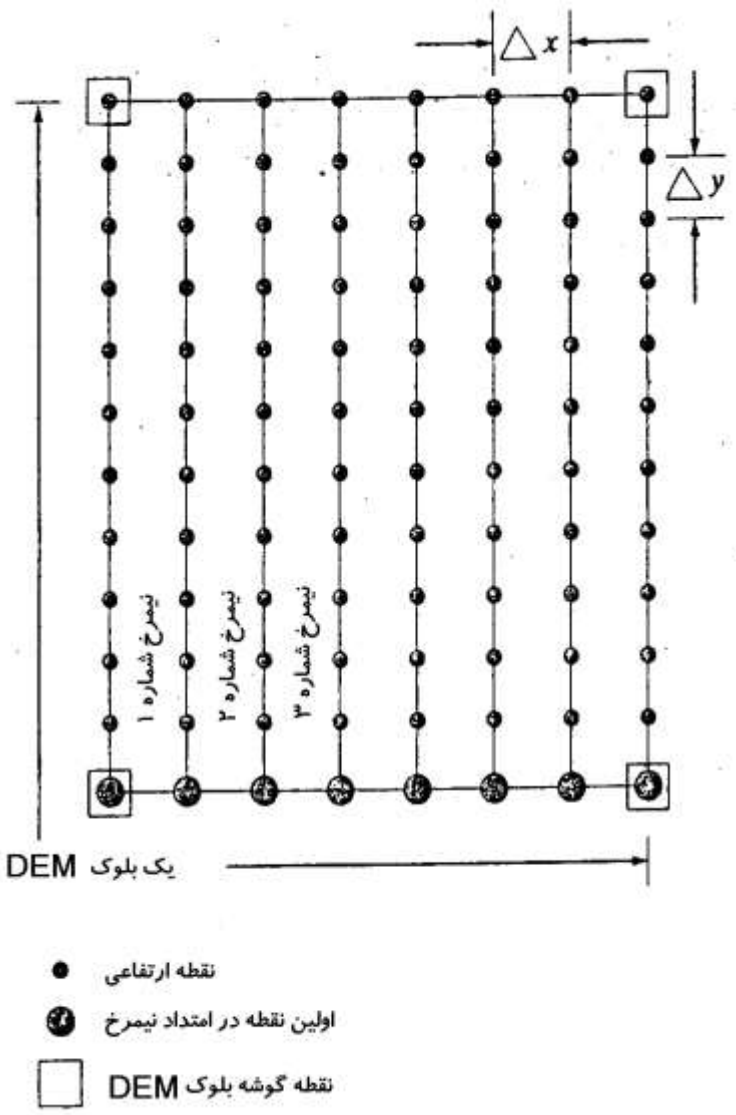
در حال حاضر روش‌های مختلفی برای تبدیل مدل رقومی ارتفاع به مدل شبکه نامنظم مثلثی و برعکس وجود دارد. امروزه اکثر سیستم های مدل سازی رقومی زمین هر دوی فرمت های این داده ها را به عنوان ورودی می‌پذیرند. انتخاب بین مدل رقومی ارتفاع و مدل شبکه نامنظم مثلثی بسته به شرایط و ملاحظات خاصی به صورت زیر است(Lo and Yeaung, 2004):

- ماهیت زمین. رویکرد مدل شبکه نامنظم مثلثی برای نمایش مناطقی که دارای توپوگرافی پیچیده است مناسب تر می باشد چراکه نمونه برداری مدل رقومی ارتفاع سیستماتیک نمی تواند داده های نقطه ای را بطور کامل تهیه کند.
- انجام عملیات مدل سازی تحلیل فضایی(برای مثال تحلیل کارتوگرافی) با داده های مدل رقومی ارتفاع بر پایه رستر از داده مدل شبکه نامنظم مثلثی بر پایه برداری آسانتر صورت می گیرد.
- پاسخگویی به نیازهای کاربردی ویژه. برخی از کاربردها مانند تولید ارتوگراف ها[1] ، با داده مدل رقومی ارتفاع بهتر صورت می گیرد، درحالیکه تولید نقشه های ناهمواری هاشوری با داده های مدل شبکه نامنظم مثلثی بهتر می باشد.
- روش اخذ داده. رویکرد مدل رقومی ارتفاع برای اخذ داده زمین با سیستم های رقومی سازی اتوماتیک فتوگرامتریک مناسب است اما رویکرد مدل شبکه نامنظم مثلثی، جمع آوری داده‌های ارتفاعی زمین را بصورت بسیار کارآمدتر توسط رقومی سازی نقشه و روشهای مطالعه روی زمین فراهم می سازد.

۱-۳-٦- ویژگی های یک مدل رقومی ارتفاع(DEM)

ایده نمونه گیری داده ارتفاعی زمین در شکل شبکه شطرنجی یا شبکه مربعی توسط رویکرد مدل رقومی ارتفاع شبیه به مدل داده رستری است. یک مدل رقومی ارتفاع ممکن است بوسیله سه عنصر زیرتوصیف شود(شکل ۳-٦):

[1] orthophotographs



شکل ۳-٦- نقطه ارتفاعی، نیمرخ و بلوک(block) برای توصیف وسعت فیزیکی یک مدل رقومی ارتفاع استفاده می شود.

- نیمرخ، یک نیمرخ آرایه خطی از نقاط ارتفاعی نمونه برداری شده است. فاصله بین نیمرخ ها نشان دهنده یک بعد از قدرت تفکیک فضایی مدل رقومی ارتفاع است.
- فاصله، این عامل فاصله بین نقاط ارتفاعی است. معمولا" سه نوع از نقاط ارتفاعی وجود دارد: نقاط منظم، نقاط اول در امتداد نیمرخ و نقاط گوشه
- نقاط گوشه. از میان سه نقطه مذکور، نقاط گوشه، نقاطی هستند که به صورت مختصاتی فقط برای اولین نقاط در امتداد نیمرخ و نقاط گوشه ذخیره می شوند. این مختصات برای گره زدن بلوک مدل رقومی ارتفاع به یک سیستم زمین مرجع پذیرفته شده استفاده می شود.

یک مدل رقومی ارتفاع معمولاً با هر یک از سیستمهای جغرافیائی(طول و عرض جغرافیائی) یا UTM زمین مرجع سازی می شود. وقتی این مدل با یک سیستم مختصات جغرافیائی زمین مرجع سازی می شود، فاصله گذاری نیمرخ برحسب ثانیه‌ها یا دقیقه‌های خط بیان می شود. یک ثانیه از قوس تقریباً برابر ۳۰ متر اندازه طولی در رابطه با عرض جغرافیائی است.

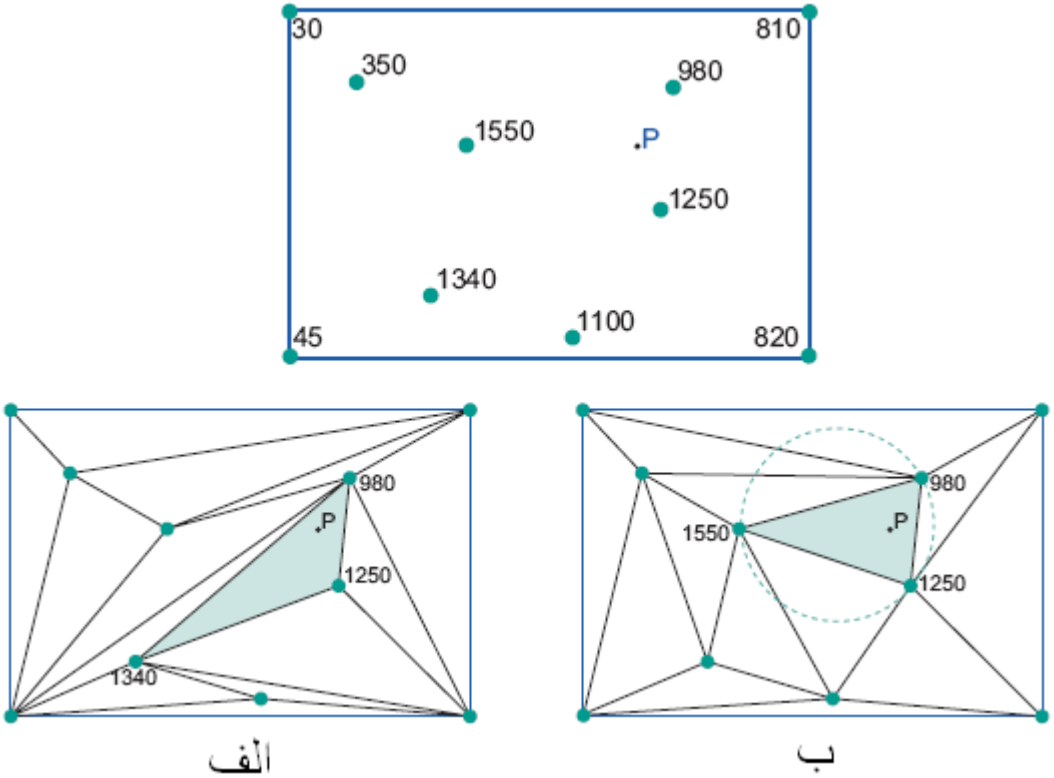
۲-۳-٦- ویژگی های یک مدل شبکه نامنظم مثلثی

در مدل شبکه نامنظم مثلثی، زمین به صورت یک سطح پیوسته سطوح مثلثی کنار هم می باشد. با اتصال نقاط ارتفاعی نمونه بردار شده با استفاده از روش پیوسته[1] مثلث های متعدد تشکیل می شود. به منظور واسطه یابی ریاضی ساده‌تر، اکثر مدلهای مدل شبکه نامنظم مثلثی، سطوح مثلثی صفحه ای را در نظر می گیرند که توسط سه گوشه تعریف می شود. هر گوشه بوسیله دو راس[2] (برخی مواقع تحت عنوان گره یا نود[3] خوانده می شود) محدود می گردد. در یک مدل شبکه نامنظم مثلثی، این گوشه ها ویژگی های خطی زمین مانند خطوط شکست[4]، پشته ها[5] و کانال را نشان می دهند، رئوس مثلث ها، خصوصیات توپوگرافیک گرهی مانند قلل[6]، گودال ها[7]و گردنه ها[8] را توصیف می کنند.

تفاوت در روش نمونه برداری نقاط ارتفاعی باعث می شود مدل داده مدل شبکه نامنظم مثلثی متفاوتی شکل گیرد(شکل ٤-٦). هریک از نقاط نمونه برداری شده در یک مدل شبکه نامنظم مثلثی، یک مختصات (x,y) و یک ارتفاع یا ارزش z را در خود دارد. همچنانکه در شکل ٤-٦ نشان داده شده مجموعه مشخصی از نقاط ارتفاعی ممکن است از طرق مختلف مثلث بندی شود. و به همین جهت اگر مدل شبکه نامنظم مثلثی های نتیجه شده برای تهیه منحنی های میزان استفاده شود، نقشه های مختلفی تولید خواهد شد. از اینرو در تولید مدل مدل شبکه نامنظم مثلثی، استفاده از روشهای مختلف

[1] consistent
[2] vertices
[3] node
[4] breaks
[5] ridges
[6] peaks
[7] pits
[8] passes

ملاحظات خاص خود را خواهد داشت. روش مثلث بندی دلانای[1] عمومی ترین روش استفاده شده برای ایجاد شبکه مثلث ها از نقاط نمونه برداری شده است.



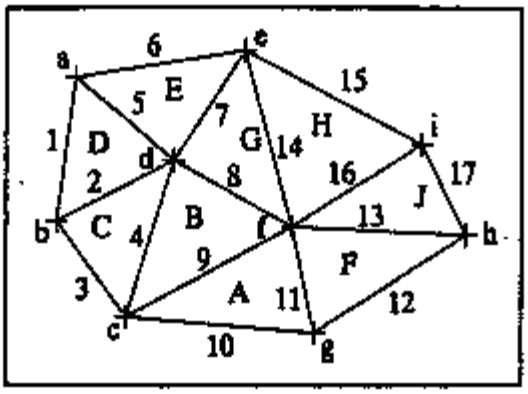
شکل ٤-٦- اثر روشهای مختلف مثلث بندی روی تولید یک مدل شبکه نامنظم مثلثی از شکل فوقانی. در شکل الف، مثلثی با شکل کشیده ایجاد شده است، در حالیکه در شکل ب، مثلث متعادلی که به روش دلانای مشهور است تشکیل گردیده است (By,2000)

روابط توپولوژیکی، نقش معنی داری را در مدل داده مدل شبکه نامنظم مثلثی بازی می کند. بوسیله ساختن این روابط توپولوژیکی از روش مثلث بندی، نقاط ارتفاعی به پایگاه داده جغرافیائی سازمان یافته تبدیل می شود که برای کاربردهای مدل سازی زمین مناسب هستند. در اصل، مدل شبکه نامنظم مثلثی، مدل داده برداری را استفاده می کند. از اینرو، داده‌های مدل شبکه نامنظم مثلثی ممکن است با استفاده از روش جداول خصیصه رابطه ای در مدل داده زمین رابطه ای ذخیره شود مدل شبکه نامنظم مثلثی سه جدول توصیفی پایه زیر را دارد(شکل ٥-٦):.

[1] delannay

- جدول خصیصه ای قوس ها که در برگیرنده طول، از گره و به گره کناره های همه مثلث ها
- جدول توصیفی گره که در برگیرنده مختصات(x,y) و ارتفاع(z) رئوس مثلث است.
- جدول خصیصه چند ضلعی که دربرگیرنده قوس های مثلث ها، هویت شماره های مثلث های چند ضلعی های مجاور می باشد.

عناصر گرافیکی TIN



جدول اطلاعات خصیصه ای خطوط

کد کناره	طول	از گره	به گره
1	124	b	a
2	108	b	d
3	119	c	b
4	178	c	d
5	120	d	a
...			
...			

جدول اطلاعات خصیصه ای گره

کد ورتکس	X	Y	ارتفاع
a	780,005	33,036	105
b	780,003	33,020	92
c	780,016	33,005	85
d	780,021	33,028	120
e	780,048	33,040	95
...			
...			

شکل۵-٦- ساختار داده شبکه نامنظم مثلثی

٤-٦- شیو های اخذ داده های مدل رقومی زمین

داده رقومی زمین می تواند با استفاده از انواع روشها در ارتباط با عواملی مانند موقعیت و اندازه منطقه مورد مطالعه، هدف مدل سازی و منابع تکنیکی در دسترس اخذ شود(جدول١-٦). این روشها به سه صورت روشهای نقشه برداری زمینی، نقشه برداری هوایی یا فتوگرامتری و روش های رقومی سازی تقسیم بندی می شود(همراه، ١٣٨٢). بطور معمول روشهای نقشه برداری زمینی مناسب ترین روش برای مدلسازی بزرگ مقیاس برای کاربردهای مهندسی و معدن کاوی هستند. در مقیاس های کوچکتر برای پوشش دادن منطقه جغرافیائی بزرگتر، همیشه روشهای فتوگرامتری استفاده می شود. با این حال حجم وسیعی از داده های زمین که قبلاً در شکل نقشه های توپوگرافیک موجود بوده‌اند توسط موسسات تهیه نقشه ملی با استفاده از رقومی سازی به نقشه های رقومی زمین تبدیل شده باشند که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند. مجموعه داده ارتفاعی اخذ شده در این روش مفید بوده و دارای منطقه پوشش ملی یا ناحیه ای هستند. در مطالب زیر انواع روش های نقشه برداری زمینی، فتوگرامتری و کارتوگرافی برای تهیه نقشه رقومی زمین توضیح داده می شود.

١-٤-٦- روش نقشه برداری زمینی

به صورت قراردادی، داده های زمین در نقشه برداری زمینی با شبکه بندی[1] و تاکئومتری ثابت[2] بدست می آید. این روشها بوسیله نسل جدید ابزار های نقشه برداری مانند تاکئومتر الکترونیکی و سیستم موقعیت یاب جهانی جایگزین شده اند.

یک تاکئومتر الکترونیکی، ابزاری است که برای اندازه گیری الکترونیکی زاویه و فاصله قابلیت دارد. برخی از تاکئومترهای الکترونیکی به یک حافظه داخلی یا یک ثبت کننده خارجی برای ذخیره موقت داده ها مجهز شده اند. به دلیل قابلیت این گروه از ابزارها برای انجام توابع چند گانه در نقشه برداری زمینی، به آنها توتال استیشن[3] می گویند.

[1] grid leveling
[2] stadia
[3] total stations

جدول ۱-٦- روشهای اخذ داده رقومی زمین(lo & Yeung, 2005)

روش ها	تکنولوژی	دقت	پوشش منطقه ای	کاربردهای نمونه
نقشه برداری زمینی	توتال استیشن	خیلی زیاد	محدود به مساحت های خاص	برنامه ریزی و طراحی محل در مساحت کوچک
فتوگرامتری	دستگاههای استریوپلاتینگ(با یا بدون کورلیمتر)	• زیاد اگر از نقاط ارتفاعی استفاده شود • کم اگر از منحنی میزان استفاده شود	طرحهای منطقه بزرگ مخصوصاً در زمین ناهموار	طرحهای مهندسی بزرگ مانند سدها، مخازن، بزرگراهها، معادن روباز
کارتوگرافی(نقشه های موجود)	رقومی سازی دستی، تعقیب نیمه اتوماتیک خط، اسکن کردن	کم	پهنه های وسیع ملی در مقیاس های کوچک	نظیر سازی پرواز هواپیما، چشم انداز، مشاهده بصری، مطالعه اشکال زمین، نظیر سازی منطقه جنگلی

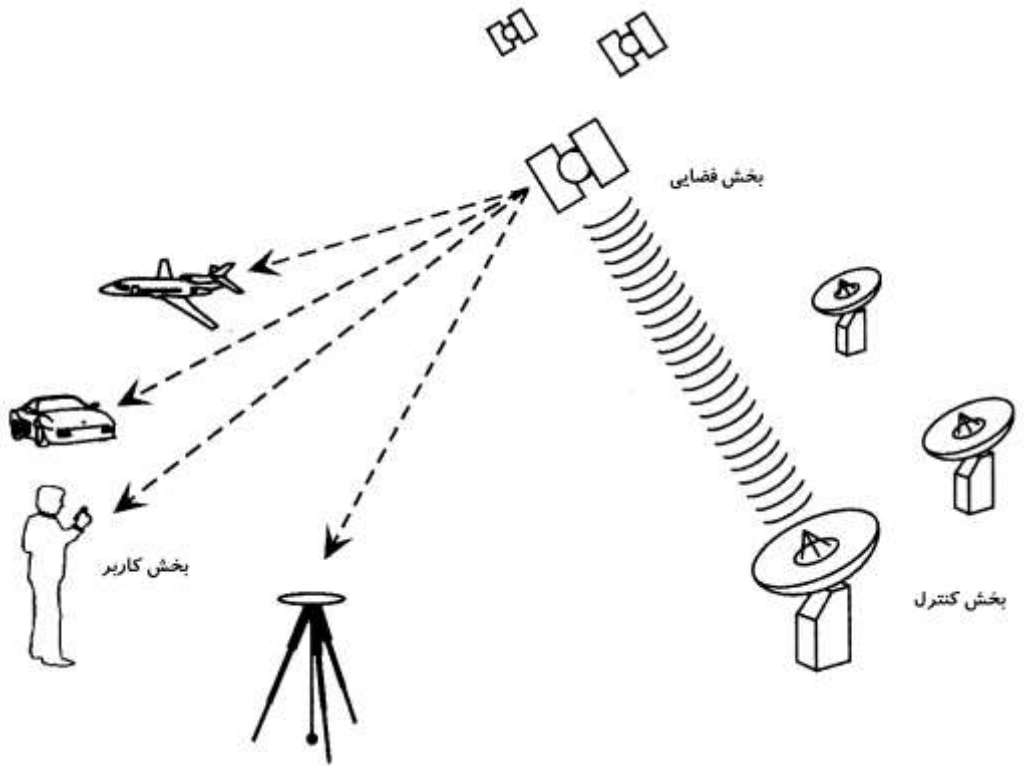
۲-٤-٦- اخذ داده زمین رقومی بوسیله سیستم موقعیت یاب جهانی

سیستم موقعیت یاب جهانی یک سیستم نقشه برداری بر پایه ماهواره است که این امکان را ایجاد می‌کند که کاربر بتواند داده رقومی زمین بسیار دقیق را به صورت الکترونیکی بدست آورد. دو روش پایه برای اندازه‌گیری زمینی با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی وجود دارد: روش استاتیک و روش دیفرانسیل. نقشه برداری سیستم موقعیت یاب جهانی استاتیک برای تعیین نقاط کنترل نقشه برداری در مناطقی که کنترل ژئودتیک وجود نداشته و یا غیر واقعی است استفاده می شود. همچنین این سیستم برای اندازه گیری فاصله بین نقطه بصورت دقیق استفاده می شود. اندازه گیری‌های فاصله نیازمند استفاده از دو یا چند گیرنده سیستم موقعیت یاب جهانی دو فرکانسه[1] است که اندازه گیری ثبت شده با ماهواره های سیستم موقعیت یاب جهانی برای حدود ٦ ساعت بصورت همزمان می‌باشد. نقشه‌برداری سیستم موقعیت یاب جهانی استاتیک عمدتاً برای کنترل ژئودتیک و اندازه گیری شبکه های ملی و بین المللی استفاده می شود و برای اخذ داده زمین رقومی معمولی مورد توجه نیست(شکل ٦-٦). نقشه‌برداری سیستم موقعیت یاب جهانی دیفرانسیلی از نقاط کنترل موجود

[1] dual-frequency

یا جدیداً استقرار یافته، به عنوان مرجع برای تعیین نقاط و ارتفاعات نقاط زمین مورد استفاده قرار می دهد.

سیستم موقعیت یاب جهانی یک فناوری ایده آل برای اخذ داده رقومی زمین به دلیل اینکه در همه شرایط جوی در ٢٤ ساعت یک شبانه در هر نقطه از کره زمین می تواند استفاده شود است. باوجود این در عمل استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی به دلایل خطاهای اندازه گیری، قابلیت دسترسی به کنترل، پنجره مشاهده و توپوگرافی دارای محدودیت است.



شکل ٦-٦- اصول کلی سیستم سیستم موقعیت یاب جهانی و بخش های سه گانه آن Bossler, (2002)

٣-٤-٦- جمع آوری داده رقومی زمین توسط فتوگرامتری

روش های فتوگرامتریک به هنگامی که زمین مورد بررسی بسیار وسیع یا بسیار ناهموار باشد بطوریکه برای انجام روشهای نقشه برداری زمینی مشکل هستند استفاده می شوند. با انتخاب مناسب مقیاس فتوگرامتریک، ارتفاع پرواز، مبنای نسبت ارتفاع (یعنی ژئومتری عکس های همپوشانی کننده) و

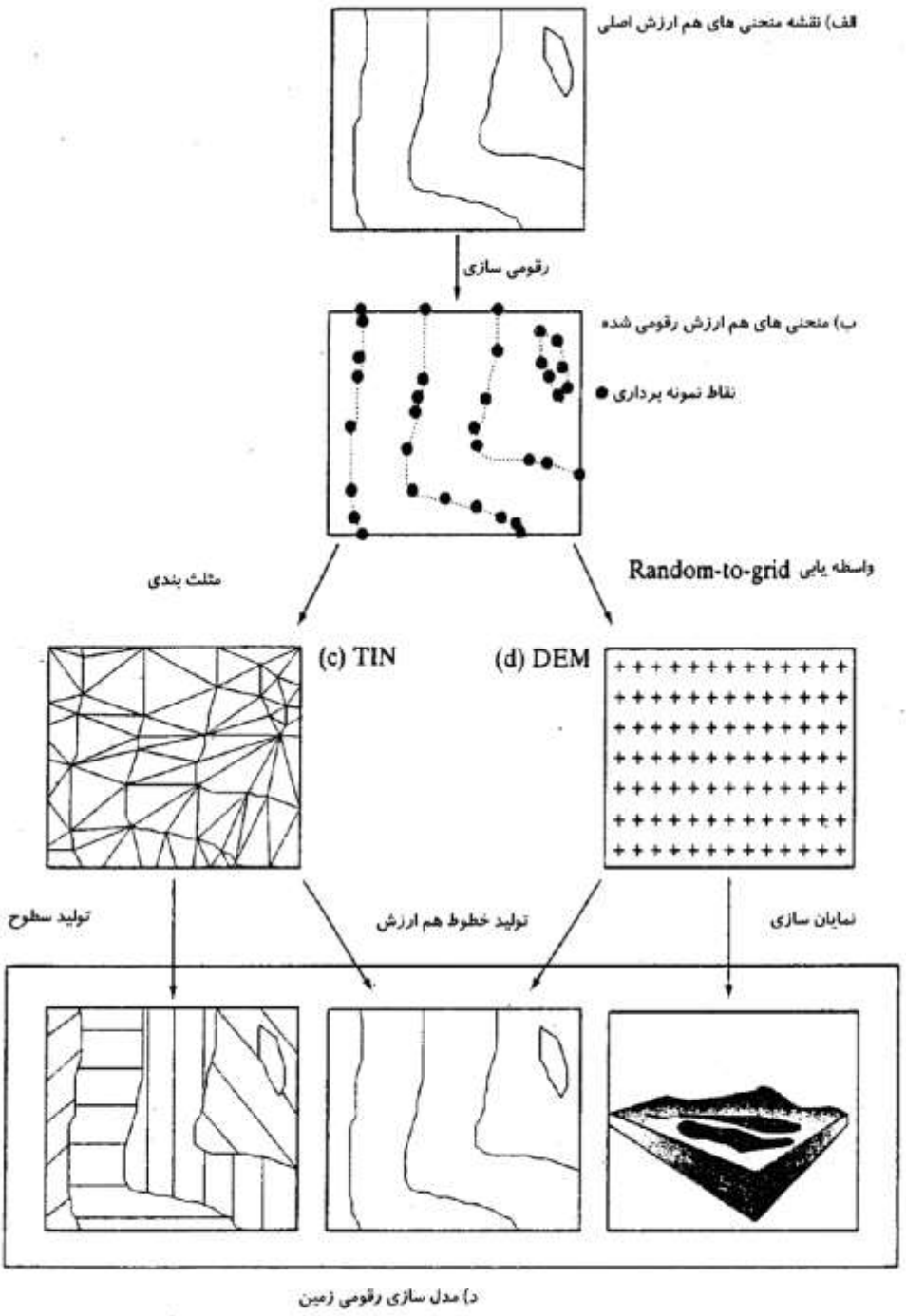
تجهیزات، فتوگرامتری می تواند برای اخذ داده زمینی یک محدوده وسیع مناسب استفاده شود. داده رقومی زمین ممکن است توسط هر یک از روشهای فتوگرامتری نیز اخذ شود.

٤-٤-٦- جمع آوری داده زمین توسط رقومی کردن نقشه های موجود

نقشه های توپوگرافیک موجود امکان بالقوه داده زمین را دارند که می تواند برای مدل سازی رقومی زمین استفاده شود. به علت اینکه اخذ داده رقومی زمین با روشهای نقشه برداری زمینی و فتوگرامتری بسیار پرهزینه و وقت‌گیر است، رقومی کردن نقشه های موجود غالباً به عنوان یک گزینه عملی مورد توجه قرار می گیرد. در این روش داده رقومی زمین برای منطقه وسیعی در طی یک زمان نسبتاً کوتاه با یک هزینه متوسط اخذ می‌شود. در استفاده از نقشه های توپوگرافی به عنوان داده رقومی زمین باید احتیاط نمود چراکه دقت منحنی های میزان تقریباً یک سوم نقاط ارتفاعی است حتی زمانیکه هر دو از همان عکس های هوایی اخذ شده باشند(Petrie, 1991c).

بدون ساختار داده مناسب، منحنی های میزان رقومی شده بیشتر از مجموعه نقاط ارتفاعی دارای مختصات نیستند(شکل ٧-٦ الف وب). شرکت های نقشه برداری و تهیه نقشه بندرت داده رقومی زمین را به صورت منحنی های میزان رقومی شده ذخیره می کنند. برای داده های منحنی میزان رقومی شده برای مدل سازی رقومی زمین، انجام مجموعه ای از فرآیند پس پردازش ضروری است (شکل ٧- ٦ ج و د).

رقومی کردن نقشه ها ممکن است با استفاده از برخی فن آوری ها و روشهای تولید اتوماتیک نقشه ها صورت گیرد. روش اسکن کردن با رقومی سازی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک غالبا" حالت عمومی آن محسوب می شود. در عمل اسکن کردن نقشه فرآیند بسیار ساده و آسانی است که وقت چندانی را نمی گیرد ولی ویرایش نقشه و رقومی سازی آن و اتصال داده های ارتفاعی به خطوط منحنی میزان بسیار وقت گیر می باشد. درعین حال کنترل کیفیت شامل شناسایی خطاها مرحله مهمی است که باید جزء عملیات پس پردازش محسوب شود.



شکل۷-٦- روابط بین نقشه های منحنی میزان، مدل رقومی ارتفاع، مدل شبکه نامنظم مثلثی و مدل سازی رقومی زمین

۵-٤-٦- روش راداری و لیزری

هنر اصلی علم فتوگرامتری، استخراج اطلاعات هندسی سه بعدی از تصاویر و عکسهای دوبعدی است. این کار از طریق برداشت تصاویر دارای پوشش مشترک با شرایط خاص، تشکیل مدل سه‌بعدی و سپس ایجاد رابطهٔ ریاضی بین سیستم مختصات مدل با سیستم مختصات زمین یا شیء مورد نظر انجام می‌شود.

دو نوع سیستم رادارای و لیزری برای تولید داده های مورد نیاز برای تولید مدل های رقومی زمین استفاده شده است. در سنجنده های رادار آلتیمتری، موج بصورت پالس ارسال و برگشت آن اندازه گیری می شود این سنجنده ها فاصله را با دقت ۲ سانتیمتر اندازه گیری و محاسبه می نماید.

در تکنولوژی رادار طول موج بین ۱میلیمتر تا ۱۰۰ سانتیمتر (امواج ماکرویو) استفاده می شود. پس از اختراع لیزر از طول موجهای لیزری در سنجنده ها استفاده شده و سیستم هایی به نام سیستم پروفیل َبرداری لیزری طراحی گردیده اند. در سیستم رادار، تصویر برداری برای هر نقطه، دو پارامتر هندسه و شدت موج بررسی می گردد، در حالیکه در سیستم لیزر، شدت موج وفاصله آن اندازه گیری می شود.

۵-٦- کیفیت و استانداردهای داده رقومی زمین

کیفیت و استاندارد داده ها نکات اصلی در اخذ داده رقومی هستند. هدف از کنترل کیفیت و اجباری کردن استانداردها، فهمیدن احتمال وجود خطاهای ذاتی در مجموعه داده است که آیا میزان خطاها در محدوده قابل پذیرش و دارای کیفیت لازم برای استفاده هستند یا خیر؟ کیفیت و استانداردهای داده رقومی زمین ممکن است از سه رویکرد مورد توجه قرار گیرند:

۱) عوامل مدیریتی[1] کیفیت داده ها

کیفیت داده های رقومی زمین بوسیله تعدادی از عوامل مرتبط تحت تاثیر قرار می گیرد. این عوامل عبارتند از:

- روشهای اخذ داده و مدل تولید. همچنانکه قبلاً توضیح داده شد، روش های نقشه برداری زمینی، داده رقومی زمین را با حداکثر دقت تولید می نماید. پس از آن روشهای فتوگرامتری و رقومی سازی نقشه کارتوگرافی قرار می‌گیرد. مجموعه های داده مدل رقومی ارتفاع بزرگ

[1] governing

معمولاً با استفاده از روشهای مختلف و با انواع مختلف منبع داده ها تولید می شوند. چنین مجموعه داده ها احتمالاً دربرگیرنده همه نوع از خطاها های ذاتی هستند که ممکن است در مراحل انجام مطالعه مشاهده شود.

- انواع منبع داده. مطالعات مربوط به ارزیابی دقت مدل رقومی ارتفاعها نشان می دهد که مدل رقومی ارتفاع هایی ایجاد شده حتی با روشهای تولید مشابه، ممکن است داده رقومی با تفکیک های خیلی مختلف را ایجاد کند.
- ماهیت زمین. مطالعات نشان می دهد که بزرگترین مغایرت ها در مناطق جنگلی با ناهمواری زیاد اتفاق می افتد و به همین جهت الگوریتم های همبستگی تصویر اغلب کمترین برازش را نشان می دهد و در نهایت کمترین دقت در مناطق جنگلی مشاهده می شود چراکه در این مناطق ویژگی های توپوگرافیک تعریف شده از قبیل جاده ها، ساختمانها و مرزهای پوشش گیاهی آشکار نیستند.
- روشهای واسطه یابی. روش های مختلف واسطه یابی استفاده شده برای تولید مدل رقومی ارتفاعها و مدل شبکه نامنظم مثلثیها الگوریتم های مختلف را بکار می گیرند. استفاده از الگوریتم های مختلف نتایج متفاوتی را به دنبال دارد و برای هر یک از آنها خطاهای متعددی متصور است که باید مورد بررسی و اصلاح قرار گیرد.

۲) معیار و روشهای کنترل کیفیت در زمان اخذ داده

سازمانهای مختلف، معیارها و روشهای مختلفی را برای کنترل کیفیت در اخذ داده های رقومی ارائه کرده‌اند. برای مثال سیستم کنترل کیفیت در سازمان زمین شناسی امریکا عناوین اصلی زیر را مطرح نموده است(USGS,1976):

- آزمونهای دقت آماری. این مرحله شامل آزمون دقت کلی مجموعه داده های انحصاری برای اطمینان از چگونگی انجام کار با اختصاصات تهیه نقشه است. همه مدل رقومی ارتفاع سازمان زمین شناسی امریکا با خطای ریشه مربع میانگین عمودی[1] آزمون می شود. این آزمون با استفاده از حداقل ۲۸ نقطه در هر مدل رقومی ارتفاع صورت می گیرد. از این نقاط آزمون، ۲۰ نقطه داخلی و ۸ نقطه کناری انتخاب می شود. نقاط گوشه ای برای آزمون گوشه استفاده می‌شود که چگونگی انطباق گوشه های مدل رقومی ارتفاع مجاور را نشان می دهد.

[1] root mean square error (RMSE)

- ویرایش داده. هدف ویرایش، اطمینان از تطبیق داده ها با معیارهایی که برای داده ها سطوح آبی تاکید دارد(مانند شبکه زهکشی، دریاچه ها، باتلاق ها و خطوط ساحلی) و شیب(مانند نقاط شکست طبیعی).
- تائید فرمت های منطقی و فیزیکی فایل داده ها. فرمت های منطقی و فیزیکی همه داده های مدل رقومی ارتفاع بوسیله برنامه ویژه به عنوان بخشی از روش وارد کردن پایگاه اطلاعاتی تعیین اعتبار می شود.
- بررسی بصری. با استفاده از یک برنامه کامپیوتری که سیستم ویرایش مدل رقومی ارتفاع نامیده می شود، اشتباهات بزرگ مانند داده شبکه بندی شده نامنظم نیازمند کنترل با منابع اصلی داده است.

٦-٦- پردازش وساخت مدل رقومی سطح زمین

همچنانکه قبلا" گفته شد مدل رقومی زمین یک مدل ریاضی (یا رقومی) سطح زمین است. این مدل یک یا چند تابع ریاضی را برای نمایش سطح برمبنای روشهای خاص بر پایه مجموعه ای از نقاط داده اندازه گیری شده نمایش می دهد. الگوریتم های مختلفی برای برازش سطح و ساخت مدل رقومی زمین مورد استفاده قرار می گیرد. این الگوریتم ممکن است به صورت خطی یا غیر خطی در رابطه با رتبه معادله چند جمله ای استفاده شود. معادله های چند جمله ای عمومی برای برازش سطح در جدول ٢-٦ ارائه شده است که در آنها Z_i ارزش ارتفاعی یک نقطه ویژه است؛ X_i و Y_i مختصات آنها و a_0 ، a_1، a_2 و ... ضرایب چند جمله ای هستند.

ارزشهای a_0، a_1 و a_2 تعیین شده ارزش ارتفاعی m می تواند توسط رابطه زیر مشخص شود.

$$Z_m = a_0 + a_1 x_m + a_2 y_m$$

که X_m، Y_m مختصات معلوم نقطه m هستند. این روش واسطه یابی تحت عنوان رویکرد محلی خوانده می شود. این رویکرد واسطه یابی از نظر مفهومی ساده و از نظر محاسباتی برای اجراء آسان است. با وجود این چون ارزش ارتفاعی واسطه یابی شده(و در نتیجه سطح برازش یافته) در یک نقطه تنها به داده مجاور وابسته است، هیچ توجهی به ویژگی های محتوایی زمین و همواری آن نمی شود. رویکرد واسطه یابی کلی[1] ضعف های رویکرد محلی را با بکارگیری همه یا حداکثر داده

[1] global

ارتفاعی برای تخصیص سطح در یک نقطه، کمتر می کند، از اینرو امکان پیش بینی صورت گرفته در روند سطح را ارائه می کند.

جدول ۲-٦- معادلات چند جمله ای عمومی برای واسطه یابی(li et al., 2004)

تعداد واژگان	واژگان توصیفی	رتبه	واژگان اختصاصی
۱	صفحه ای	صفر	$Z = a_0$
۲	خطی	یک	$+ a_1x + a_2y$
۳	Quadratic	دو	$a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy$
٤	Cubic	سه	$a_6x^3 + a_7y^3 + a_8x^2y + a_9xy^2$
٥	Quartic	جهار	$a_{10}x^4 + a_{11}y^4 + a_{12}x^3y + a_{13}x^2y^2 + a_{14}xy^2$
٦	Quintic	پنج	$a_{15}x5 + a_{16}y5 + a_{17}x^4y + a_{18}x^3y^2 + a_{19}x^2y3 + a_{20}xy^4$

پیشتر گفته شد که شبکه های منظم گرید و شبکه های مثلث های نامنظم برای مدل سازی سطوح استفاده می شود. بر همین مبنا برای مدل سازی سطح زمین، رویکردهای مختلفی مطرح می باشد. این رویکردها بر اساس معیارهای مختف مانند واحد هندسی محور و یا نوع داده استفاده شده برای مدل سازی تفاوت می کند. برای رویکرد واحد هندسی پایه، رویکردهای زیر مطرح می گردد (li et al., 2004):

- مدل سازی نقطه پایه
- مدلسازی مثلث پایه
- مدل سازی گرید پایه
- رویکرد دوگانه حاصل ترکیب دو روش از سه روش فوق الذکر

عموما" رویکردهای مدل‌سازی مثلث‌پایه و گریدپایه بطور وسیعی استفاده می‌شود و به عنوان رویکرهای پایه مورد توجه قرار می گیرد.

در مدل سازی نقطه پایه، چندجمله ای رتبه صفر استفاده می شود که نتیجه آن یک صفحه (یا سطح) افقی است. این روش یک رویکرد ساده می باشد و تنها مشکلی که در آن وجود دارد تعریف مرزهای

بین نقاط مجاور است که در این زمینه استفاده از نمودار ورونی برای تعریف مرزها استفاده می شود. این رویکرد می تواند برای هریک از داده های منظم وغیر منظم استفاده شود. به دلیل کاربردی نبودن این روش، رویکرد مذکور عمومیت پیدا نکرده است.

در رویکرد مثلث پایه از واژگان بیشتری استفاده می شود و براساس آن یک سطح پیچیده‌تر می تواند ساخته شود. برای مدل سازی به این روش، وجود حداقل سه نقطه برای تشکیل مثلث فضایی الزامی است. اگر سطح تعیین شده توسط هر مثلث برای نمایش تنها منطقه محصور بین مثلث ها باشد، سطوح مدل رقومی زمین می‌تواند بوسیله مجمو عه‌ای از مثلث های متصل شکل گیرد. مدل سازی بر اساس این رویکرد تحت عنوان مدل سازی مثلث پایه نامیده می شود. این رویکرد می تواند برای هر مجموعه از داده های نمونه برداری شده مورد استفاده قرار گیرد. چون مثلث های تشکیل شده انعطاف پذیری زیادی را برحسب شکل و اندازه دارند این رویکرد می تواند به آسانی خطوط شکست، خطوط شکل و سایر داده ها را ارائه کند. استفاده از این روش عمومیت دارد.

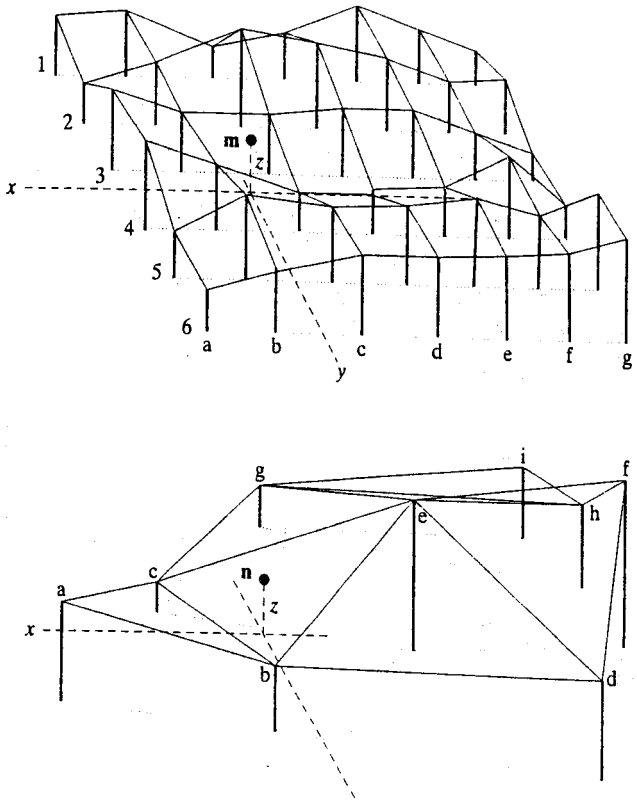
در مدل سازی گرید پایه از سه واژه اول همراه با واژه گان چند جمله‌ای عمومی برای ساخت سطح استفاده می شود، از اینرو چهار نقطه حداقل برای تشکیل سطح لازم است، بدین ترتیب سطح نتیجه شده برای تشکیل سطح به عنوان سطح دوخطی[1] نامیده می‌شود. در این روش، نمایش سطوح به صورت شبکه مربعی منظم به عنوان مناسب ترین الگو می باشد مدل گرید، مزیت های زیادی از نظر دسترسی به داده‌های مورد نیاز دارد.

۷-٦- فنون واسطه یابی برای مدل سازی سطح زمین

واسطه یابی، فرآیندی است که در آن ارزش های ارتفاعی یک یا چند نقطه در فضای جغرافیایی برای برآورد اطلاعات ارتفاعی مکانهای فاقد ارزش ارتفاعی استفاده می شود. این روش برای تهیه منحنی های میزان و برای تولید مدل رقومی ارتفاع ها از نقاط ارتفاعی نمونه برداری شده بصورت انتخابی و یا تصادفی استفاده می گردد. ممکن است واسطه یابی با استفاده مستقیم از ارزشهای ارتفاعی در مدل رقومی ارتفاع یا مدل شبکه نامنظم مثلثی بدون کمک الگوریتم برازش سطح محاسبه شود. برای مثال در شکل ۸-٦ ارزشهای ارتفاعی برآورد شده برای m(zm) و n(zn) در مدل رقومی ارتفاع و مدل شبکه نامنظم مثلثی ممکن است بصورت زیر محاسبه شود:

$$Z_m = (Z_{3b} + Z_{4b} + Z_{3a} + Z_{4c})/4$$

[1] bilinrar



شکل۸-٦- واسطه یابی در مدل رقومی ارتفاع و مدل شبکه نامنظم مثلثی.

هدف واسطه یابی پاسخ به سوالاتی از قبیل ارزش ارتفاعی در نقاط mو n چه قدر است؟ و خط منحنی میزان ۱۰۰ متر در کجا قرار می گیرد؟

که Z_{3b}، Z_{4b}، Z_{3c} و Z_{4c}ارزشهای ارتفاعی به ترتیب برای تقاطع های شبکه $3b$، $4b$، $3c$و $4c$ هستند و

$$Z_n = (Z_c + Z_b + Z_e)/3$$

که Z_c، Z_bو Z_eارزشهای ارتفاعی برای جهت های c، b و e به ترتیب است.

بر همین مبنا روش های مختلفی به شرح زیر برای انجام واسطه یابی مورد استفاده قرار می گیرند:

۱-۷-٦- روش تحلیل روند[1]

یکی از روش هایی که بطور وسیعی در سطح جهان برای برازش سطوح استفاده می شود تحلیل سطح روند است. در این روش، ارزش سطح زمین با استفاده از توسعه چند جمله‌ای مختصات نقاط نمونه برآورد می شود. ضرایب تابع چند جمله ای با استفاده از حل مجموعه‌ای از معادلات همزمان که شامل مجموعه توانهای و نتایج ارزشهای X، Y و Z با استفاده از روش حداقل مربعات تعیین می شود. (شکل ۱۳-٦):

$$Z = a + bx + cy$$

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2$$

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 + gx^3 + hx^2y + ixy^2 + jy^3$$

که zارتفاع برآورد شده، x و yمختصات جغرافیائی و a، bو c، j...ضرایب چند جمله ای هستند. این روش برای ایجاد آرایه شبکه‌ای از ارزشها با جانشین کردن مختصات گره‌های شبکه به صورت چند جمله‌ای و محاسبه برآوردی از سطح برای هر گره نسبتاً آسان است.

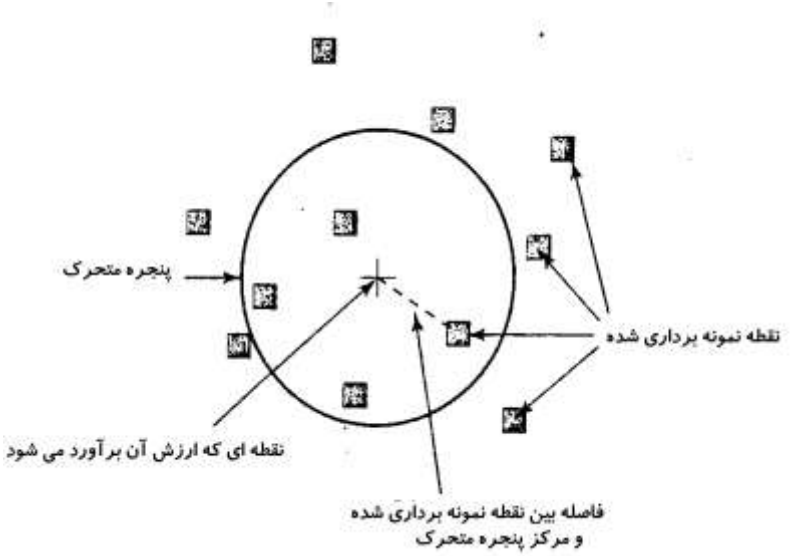
۲-۷-٦- روش وزن دهی معکوس فاصله[2]

واسطه‌یابی وزن دهی معکوس فاصله، روش واسطه‌یابی محلی ساده دارای بیشترین استفاده است. این روش معمولاً به شکل پنجره متحرک برای تعریف منطقه اثر[3] اجراء می شود(شکل ۹-٦). این روش براساس این فرض استوار است که اثر هر نقطه ورودی روی ارزش واسطه یابی شده در مرکز پنجره بصورت معکوس در ارتباط با توان(p) فاصله آن از مرکز می باشد بصورت در رابطه زیر نشان داده می شود.

$$Z(u_0) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z(u_i) dij^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} dij^{-p}}$$

[1] trend surface analysis
[2] inverse distance weight
[3] zone of influence

که در آن $Z(x_0)$ ارزش برآورد شده نقطه در موقعیت نمونه برداری شده، $Z(u_i)$ نقاط داده، Dij فاصله بین هر نقطه داده تا نقطه با موقعیت نمونه برداری نشده و p یک پارامتر است. بصورت نمونه $p=z$ است. به عبارت دیگر معمولاً وزنها بصورت معکوس در رابطه با مربع فاصله بین داده نقطه و نقطه در موقعیت نمونه برداری شده است. کیفیت سطح نتیجه شده به تراکم، توزیع و دقت نقاط وروردی وابسته است. نقطه ضعف این روش واسطه یابی این است که نمی تواند شکل محلی توسط داده را باز تولید کند و یک حداکثر محلی را در نقاط داده تولید کند. در مجموع روش وزن دهی معکوس فاصله یک روش دقیق واسطه یابی نیست.



شکل ۹-٦- واسطه یابی میانگین متحرک با استفاده از وزن دهی معکوس فاصله

۳-۷-٦- روش کریجینگ

در ابتدا روش واسطه یابی محلی بهینه مشهور به کریجینگ[1] برای برآورد مخازن سنگ معدن در زمین آمار توسعه یافت و در حال حاضر در نرم افزار های مدل رقومی زمین به لحاظ انعطاف پذیری، قابلیت و استفاده برای انواع داده مورد بهره برداری قرار می گیرد. کریجینگ از نام دنی کریج[2] در سال ۱۹۵۱ گرفته شده است که یک نام ژنریک برای خانواده الگوریتم های رگرسیون خطی حداقل مربعات

[1] Kriging
[2] Danie kirge

است که برای برآورد ارزش پیوسته (مانند ارتفاع حوضه) در هر مکان بدون داده با استفاده از حداقل داده خصیصه ای قابل دسترس استفاده می شود. در این روش، ارزش برآورد شده نقطه نامعلوم توسط فاصله آن از ارزشهای نقاط معلوم اطراف تاثیر می پذیرد. در واقع یک رابطه خود همبستگی فضایی مورد استفاده است که ارزش داده نمونه بصورت افزایش فاصله کاهش پیدا می کند.

در رویکردی که به کریجینگ ساده مشهور است فرض می شود که ارزش مورد انتظار متغیر تصادفی در موقعیت خاص(یعنی برآورد)، برازش میانگین در منطقه مورد مطالعه است. در این حالت یک واریوگرام که نشان دهنده رابطهٔ بین اختلاف میانگین مربع بین ارزشهای نمونه و فاصله آنهاست، می‌تواند برای تعیین ارزش در موقعیت نامعلوم استفاده شود. به صورت ریاضی، واریوگرام(zr) یا شبه واریوگرام(r) توسط رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$r = \frac{N}{z}\sum_{i=1}^{n}[z(ui+d)-z(ui)]^2$$

که d فاصله بین دو نقطه نمونه است، $z(ui), i = 1,2,.....,N$ نشان دهنده داده z قابل دسترس در منطقه مطالعه، داده N و N تعداد کل نقاط داده است. بصورت گرافیکی این موضوع در شکل ۱۰-٦ نشان داده شده است.

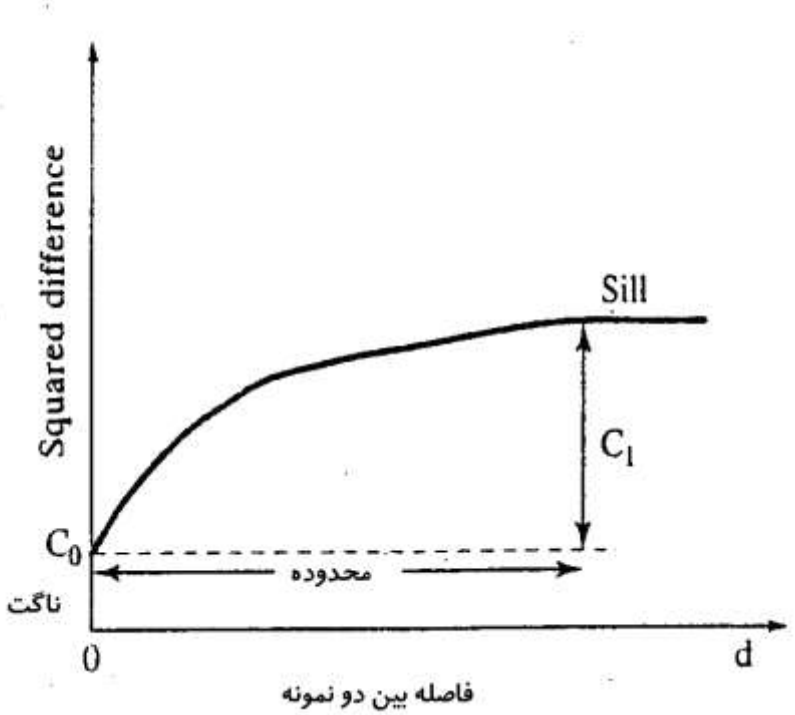
رویکرد دیگر به کریجینگ عادی مشهور است فرض می کند که ارزش میانگین ثابت است اما لازم است تغییر نامعلوم و محلی میانگین در نظر گرفته شود. واریوگرام می تواند برای تعیین وزنهای مورد نیاز برای واسطه یابی محلی استفاده شود.

به دلیل اینکه فرضیات برای کریجینگ ساده همیشه واقعی نیست، رویکرد دیگری که کریجینگ جهانی[1] یا کریجینگ با یک مدل روند خوانده می شود مورد استفاده قرار می گیرد. این روش به این موضوع توجه می کند که ارزش میانگین محلی نامعلوم در داخل هر نقطه همسایه محلی و در کل منطقه مورد مطالعه تغییر می کند بطوریکه روند محلی روی کل منطقه ممکن است توسط تابع چند جمله ای مانند روند خطی یا مکعبی[2] مدل شود.

رویکردهای مختلف کریجینگ ذکر شده ارزش ها را در نقاط برآورد می کند. نقشه نتیجه شده براساس نتایج کریجینگ نقطه، مقدار زیادی از نقاط مرتفع، تند و چاله ها در نقاط داده شده را نشان می دهد. این موضوع امکان دارد با برآورد ارزش میانگین روی یک بلوک از زمین که تحت عنوان کریجینگ

[1] universal
[2] quadratic

بلوکی نامیده می شود صورت گیرد. در این روش ارزش ها در داخل بلوک زمین با استفاده از روش کریجینگ نقاط برآورد می شود، بدین ترتیب ارزش میانگین روی بلوک محاسبه می شود.



شکل ۱۰-٦- نمونه ای از واریوگرام ساده

رویکرد دیگر برای انجام کریجینگ، کوکریجینگ[1] نامیده می شود. در این رویکرد، یک موقعیت نمونه‌برداری شده، ممکن است داده برای بیش از یک خصیصه در اختیار باشد. بدین ترتیب اگر داده برای هر خصیصه بصورت فضایی همبستگی داشته باشد، امکان استفاده از آن برای تغییر فضای یک خصیصه به کمک نقشه خصیصه دیگر وجود دارد. این موضوع زمانی که داده برای یک خصیصه مشکل تر یا پرهزینه تر برای اخذ است استفاده می شود.

سایر اشکالی از کریجینگ مانند کریجینگ فراکتوریال، کریجینگ دوگانه[2] و کریجینگ احتمالات نیز وجود دارد که علاقمندان جهت مطالعه بیشتر می توانند به منابع مربوطه مراجعه نمایند.

[1] co-kriging
[2] dual

۶-۸- استخراج ویژگی های توپوگرافیک از مدل های مدل رقومی زمین

ویژگی های توپوگرافیک که به عنوان توصیف عددی زمین هستند به صورت خصیصه های اولیه و تحت عنوان پارامترهای ژئومورفومتریکی بطور مستقیم از مدل رقومی زمین مانند ارتفاع و شیب استخراج و محاسبه شوند. خصیصه های ثانویه که اغلب تحت عنوان خصیصه های ترکیبی نامیده می‌شوند با ترکیب خصیصه های اولیه با سایر شاخص های محیطی مانند توزیع حجم رطوبت خاک تشکیل می شوند. از میان خصیصه های توپوگرافیک اولیه که برای توصیف اشکال زمین استفاده می‌شود می توان ارتفاع، میزان شیب، جهت شیب، مرز حوضه آبریز و نیمرخ طولی‌جریان اصلی را ذکر کرد که به آسانی از داده مدل رقومی زمین و روشهای اتوماتیک قابل استخراج هستند:

استخراج خصیصه های توپوگرافیک و پارامترهای ژئومورفومتریک معمولاً یک فرآیند میانی در مدلسازی رقومی زمین است. داده های اخذ شده بیشتر به عنوان ورودی برای مدل‌سازی رقومی زمین استفاده می شوند(برای مثال طبقه بندی چند متغیره اشکال زمین، مطالعات قابلیت ترافیک و مدل‌سازی فرسایش خاک).

۶-۹- نمایان سازی[1] رقومی زمین

هدف نهایی از مدل رقومی زمین نمایش اطلاعات زمین مربوطه در مورد یک فضای جغرافیائی است که از تحلیل خصوصیات توپوگرافی و پدیده های فضایی آن نتیجه می شود. نمایان سازی دارای دو هدف اولیه برقراری ارتباط بین اطلاعات جغرافیائی و تهیه ابزاری برای اکتشاف و آزمون فرضیات است. مفهوم نمایان سازی ارتباط زیادی با مباحث کارتوگرافی یا علم تولید نقشه پیدا می کند به صورتیکه امروزه از واژه نمایان سازی کارتوگرافیکی[2] استفاده می شود که به تعبیری پیوستن علم سنتی به ابزارهای تحقیق جدید می باشد(لائورینی،۱۳۸۵). در عین حال تاکید می شود که نمایان سازی مسئله ای بسیار فراتر از کارتوگرافی است.

تکنیک های متعددی برای نمایان سازی رقومی زمین وجود دارد که در سالهای اخیر رشد زیادی پیدا کرده است. به نظر می رسد روش مناسب طبقه بندی کردن آنها برمبنای ابعاد نمایش گرافیکی است که بدین ترتیب به گروه های زیرتقسیم می گردد(لی و همکاران، ۱۳۸۵) که در بخش های زیر توضیح داده می شود.

---

[1] visualization

[2] cartographic visualization

۱-۹-٦- مشاهده دو بعدی زمین

منحنی میزانها که استفاده از آنها بسیار مرسوم است روش مشاهده دو بعدی رقومی زمین را تشکیل می دهند. برای مشاهده زمین رقومی بوسیله منحنی های میزان، تولید و ترسیم خطوط منحنی میزان به صورت نمایش کامپیوتری یا کاغذی ضروری است(لی و همکاران، ۱۳۸۵). در واقع استفاده از خطوط منحنی میزان یک روش کمی نمایش سه بعدی زمین در سطح دو بعدی است. نکته مهمی که در استفاده از منحنی های میزان وجود دارد این است که استفاده از آن برای کاربران نقشه غیر مجرب، مشکل است. در نتیجه روشهای مختلفی برای ایجاد یک درک سه بعدی از ناهمواریها بوسیله منحنی های میزان روشهای زیر پیشنهاد شده است:

- منحنی های میزان هاشوردار[1] است که با تغییر پهنای آنها مطابق با روشنایی نورپردازی[2] تولید شده و دید سه بعدی به منحنی های میزان می دهند. این روش دارای استفاده عمومی در ساج نیست.
- سایه دار کردن شیب ها[3]، که روی تصویر کار می کند یک ارزش خاکستری را به هر پیکسل تصویری مطابق با ارزش شیب آنها تخصیص می دهد. شیب های تندتر در روی تصویر تیره تر ظاهر می شوند.
- سایه اندازی[4] ،روش پراستفاده دیگری برای مشاهده دو بعدی زمین است. سایه اندازی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعها در اصل مشابه یکدیگر است اما اختلاف آنها در الگوریتم های مورد استفاده هر یک از آنها می باشد. هر چند که این روش یک درک خوب از شکل توپوگرافی را ارائه می کند هیچ روشی که توسط آن ارزشهای ارتفاعی عددی قابل اندازه گیری نمایش باشد وجود ندارد.
- رنگ آمیزی برحسب ارتفاع[5] که بر اساس آن به هر یک از پیکسل ها رنگی را بر اساس ارتفاع داده می شود که دو روش متداول بر مبنای فواصل ارتفاعی و به صورت پیوسته مرسوم

[1] shaded contours
[2] illumination
[3] slope shading
[4] hill shading
[5] height based coloring

می باشد. رنگهای متداول برای این منظور آبی برای آب، سبز برای ارتفاعات کم، زرد برای ارتفاعات متوسط و قهواه ای یا قرمز برای ارتفاعات بیشتر استفاده می گردد.

۲-۹-٦- نمایان سازی دوبعد و نیمی زمین

نمایش دو نیم بعدی زمین اساساً یک مدل ایزومتریک[1] است. در چنین مدلی، ارزش z همراه با موقعیت x و y به صورت یک مختصات x، y و z سیستم مرجع نمایش داده می شود. این موضوع نقشه را با مختصات z برای موقعیت x و y تغییر شکل می دهد بطوریکه هر خصیصه z یک موقعیت را روی محور z تعریف کرده، ایجاد یک سطح می کند که به عنوان سطح سه بعدی مشاهده می شود. چون همه محورهای اصلی در مقیاس در همه سه جهت برابر هستند، زوایای برابر را با یکدیگر تشکیل داده و به همین جهت مشاهده دو نیم بعدی نمی تواند درکی از عمق بعد را ارائه کند(یعنی اشیاء دور کوچکتر از آنهایی هستند که نزدیکتر هستند). مدلهای دو و نیم بعدی برای اجرا از دیدگاه برنامه ریزی نسبتاً راحت هستند. در واقع مشاهده دو و نیم بعدی، باز نمایش پیشرفته تکنیک های دو بعدی است و روش استاندارد مشاهده زمین تا ایام اخیر بوده است. درحال حاضر مشاهده دوبعدی توسط تکنیک های سه بعدی با استفاده از ابزار سخت افزاری و نرم افزاری گرافیک های کامپیوتری توسعه زیادی یافته است.

۳-۹-٦- نمایان سازی سه بعدی زمین

یک مدل سه بعدی زمین، مدل واقعی از سطح زمین است که در رایانه شکل می گیرد و در آن نقاط داده x، y و z زیادی برای تشکیل یک ساختار واقعی استفاده می شود که ممکن است بصورت یک منظر پرسپکتیو مشاهده گردد. مدل سه بعدی زمین حالتی از زمین را ایجاد می کند که شبیه فضای طبیعی بوده و مشاهده کننده سطح زمین را آنگونه که در فضای واقعی وجود دارد می بیند. مفاهیم و تکنیک های مشاهده سه بعدی زمین عمیقا" از گرافیک کامپیوتر نشات می گیرد. از نظر ماهیت، مدل سازی سه بعدی از نظر مفهومی و محاسباتی پیچیده است و به عبارتی یک فرآیند تصویر سازی[2] است که ترکیبی از تکنیک های گرافیک کامپیوتری را استفاده می‌نماید.

[1] isometric
[2] rendering

٤-٩-٦- تهیه نقشه بافت برای تولید چشم انداز مرئی

پس از تصویر سازی سه بعدی می توان موضوعات دیگری را مانند نقشه کاربری اراضی به آن اضافه نمود، بدین ترتیب تصویری حاصل خواهد شد که امکان بررسی یکپارچه موضوع مورد نظر به همراه عوارض توپوگرافی وجود خواهد داشت و دید بصری بهتری را در اختیار کاربر خواهد گذاشت.

٥-٩-٦- نمایان سازی تصویر متحرک (انیمشنی)

این روش از تکنیک های تولید تصاویر متحرک برای نمایش زمین از توالی نمایش تصاویر استفاده می‌کند که تقریبا"شبیه تولید یک فیلم است. تکنیک های متحرک سازی ممکن است برای مشاهده تغییرات زمانی استفاده شود که در این حالت تغییرات را در معرض دید ناظر قرار می دهد. تکنیک های تصویر متحرک پیشرفته تر به کاربر این امکان را می دهد که نقطه دید را بطور مستمر تغییر دهد و ایجاد حالت پرواز مجازی بر فراز منطقه مورد مطالعه را بکند. این نوع تکنیک های پرواز در نظیر سازی پرواز برای آموزش خلبان، برنامه ریزی مسیر و بازیهای کامپیوتری دارای کاربرد است.

١٠-٦- کاربردهای مدل های رقومی زمین

در چند سال گذشته، کاربردهای مدل رقومی زمین نه تنها در محیط های سنتی جغرافیا، نقشه برداری و نقشه کشی و علوم زمین و محیطی رشد فزایندهای داشته است بلکه در طراحی چشم انداز، تحلیل های تنوع زیستی، تحلیل اثر زیست محیطی و انتخاب محل برای تسهیلات ارتباطی(یعنی برجهای انتقال رادیو، تلویزیون و تلفن همراه) نیز بطور گستردهای از آن استفاده شده است. بخشی از این رشد به دلیل افزایش قابلیت دسترسی داده رقومی زمین از طریق آژانس های دولتی، موسسات علمی و تحقیقی است که با توسعه تکنولوژی کامپیوتر، به عمومی کردن استفاده از مدل رقومی زمین کمک کرده است. تا زمانهای اخیر که اجرای مدل رقومی زمین تنها با استفاده از رایانه های مادر قدرتمند و ایستگاههای کاری ممکن بود، پیشرفتهای اخیر در فن آوری رایانه امکان پیاده سازی مدل رقومی زمین را در محیط رایانه های شخصی نیز فراهم کرده است.

در مطالب زیر چندین کاربرد اصلی مدل رقومی زمین در موضوعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است:

۱-۱۰-٦- طراحی بزرگراه و مسیرهای راه آهن

توسعه شبکه حمل و نقل از جمله امور پیچیده ای است که به چندین مرحله بررسی محل، برنامه ریزی مسیر و طراحی، محاسبه کار زمینی، طراحی پل و تونل و مانند آن تقسیم می شود که مدل رقومی زمین به برنامه ریزی و طراحی مسیر و محاسبه کارهای زمینی مورد نیاز مانند حجم خاکبرداری و خاک ریزی کمک شایان توجهی می کند(لی و همکاران، ۱۳۸۵). طراحان سعی می کنند مسیرهایی را برای عبور بزرگراه یا ریل های راه آهن انتخاب کنند که از نظر شرایط زمین شناسی، پایدار و دارای شیب های ملایم و پیچ های کم به لحاظ کاهش حجم کارهای زمینی باشند. به صورت سنتی این کار روی نقشه های منحنی میزان صورت می گیرد که در حال حاضر سیستم های مدل رقومی زمین بطور وسیعی برای ترسیم طرحها، نیمرخ ها و مقاطع برای محاسبه عملیات زمینی، تهیه منظر سه بعدی و حتی کمک به طراحی بهترین مسیر مورد استفاده قرار می گیرند. در این زمینه مدل های مدل رقومی زمین می توانند برای تهیه یک مدل تصاویر متحرک از مسیر برای بررسی جوانب مختلف مسیر و یا بررسی گزینه های مختلف به منظور انتخاب بهترین مسیر که دارای کوتاهترین مسیر و کمترین هزینه عملیات ساخت است بکار گرفته شود.

۲-۱۰-٦- طراحی مخازن آب

طرحهای ذخیره آب متعددی در امور مربوط به مدیریت منابع آب وجود دارد که در اغلب آنها عملیات برآورد حجم آب و تعیین موقعیت سد از ضروریات است که به صورت سنتی توسط نقشه های منحنی میزان صورت می‌گرفته و در حال حاضر روی مدل های مدل رقومی زمین، امکان محاسبه دقیق حجم آب انباشته شده در پشت سدها با مقادیر متفاوت سطح آب وجود دارد.

۳-۱۰-٦- تولید تصویر ارتو[1]

هیچیک از محصولات سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای یا عکس های هوایی، خصوصیات مناسب هندسی را به دلیل اعوجاجات بوجود آمده توسط دوربین ها یا سنجنده ها و یا ناپایداری سکوها، تغییرات اتمسفری، انحنای زمین و تغییرات ارتفاعی زمین ندارند از اینرو تصحیح هندسی آنها ضروری است. برای انجام تصحیح تصاویر، رابطه بین تصویر و نقاط زمین موردنیاز است که از طریق استفاده از معادلات چند جمله ای صورت می گیرد. برای این موضوع چندین نقطه کنترل زمینی برای تبدیل

[1] orthoimage

مختصات تصویر به مختصات زمینی در نظر گرفته می شود که در این حالت اعوجاجات[1] تصحیح شده و یا به حداقل ممکن کاهش پیدا می کند ولی هنوز اعوجاجات بوجود آمده توسط تغییرات زمین در آنها وجود دارد که برای حذف این اعوجاجات استفاده از مدل رقومی زمین ضروری است تا عوارض سطح زمین در موقعیت واقعی خود قرار گیرند. استفاده از مدل رقومی ارتفاع در تولید ارتوفتوگراف ها و ارتوتصویر، رشد فزاینده ای را داشته است که باعث می شود اطلاعات ارتفاع زمینی مورد نیاز برای تخصیص مختصات زمینی تصاویر فتوگرافیک هوایی رقومی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع استخراج شود.

٤-١٠-٦- نظیر سازی پرواز

آموزش خلبانان کاری مشکل، پرهزینه و در برخی موارد خطرناک است. ایجاد شرایط مجازی به صورتی که خلبان بتواند در جلوی یک ابزار ویژه برای یاد گرفتن چگونگی کنترل یک هواپیما قرار گیرد از روشهایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر آموزش خلبانان، از این روش می توان برای برنامه ریزی ماموریت های نظامی نیز استفاده نمود. برای انجام نظیرسازی مدل رقومی زمین ایجاد یک منظر سه بعدی از سطح منطقه پرواز ضروری می باشد که در آن از روش های نمایش سه بعدی استفاده می شود. علاوه بر خصوصیات ارتفاعی، بافت و سایر خصوصیات زمین مانند کاربری اراضی می تواند روی مدل رقومی زمین همپوشانی داده شود که امکان مطالعه عوارض توپوگرافی و شرایط زمین بصورت یکپارچه فراهم گردد.

٥-١٠-٦- نظیر سازی سیلاب

غالبا" در امور پهنه بندی سیلاب لازم است ارتفاع سطح آب رودخانه بر مبنای مدل های هیدرولوژیک محاسبه شود، سپس می بایست ارتفاع محاسبه شده بر روی اراضی منطقه در مجاورت بستر اصلی رودخانه انطباق داده شود تا بتوان اراضی تحت پوشش سیل را تعیین نمود. برای بررسی چگونگی سوار شدن دبی سیلابی محاسبه شده روی اراضی مجاور رودخانه استفاده از مدل رقومی زمین یک ضرورت است تا بر مبنای رقوم ارتفاعی مختلف بر مبنای دقت مدل مدل رقومی زمین سطوح سیل گیر را مشخص نمود.

---

[1] distortions

٦-١٠-٦- کاربردهای کارتوگرافی

مدل های گرید و مدل شبکه نامنظم مثلثی، ساختارهای داده های استاندارد در کارتوگرافی رقومی هستند که استفاده از مدل رقومی ارتفاع به طور جدی روشهای کارتوگرافی را تغییر داده است و فتوگرامتریست ها، داده های ارتفاعی استخراج شده از مدل رقومی زمین را برای تولید نقشه‌های منحنی میزان استفاده می کنند. در گذشته اخذ داده ارتفاعی و تفسیر خطوط منحنی های میزان، فرآیند پرزحمت، وقت گیر و پرخطا بود که امروزه به کمک مدل رقومی زمین، نقشه های منحنی های میزان می تواند با کیفیت بالا به صورت بسیار سریعتر و اقتصادی تولید شود. به علت اینکه در این حالت داده در وضعیت سه بصورت بعدی بررسی می شود، خطاهایی که در مراحل تولید نقشه می تواند رخ دهد سریعتر قابل شناسایی خواهد بود.

٧-١٠-٦- کاربرد در علوم زمین

شاغلین در علوم زمین یعنی زمین شناسان، ژئوفیزیکدانان، مهندسین معدن و هیدروژئولوژیست‌ها و غیره دارای سابقه طولانی استفاده از تکنیک های گرافیکی برای نمایش و تحلیل زمین هستند. این تکنیک ها که شامل نقشه های سطح، لایه های چند گانه و تصاویر استریو است، بطور وسیعی نیاز به نمایش های سه بعدی زمین دارند. ساج و مدل رقومی زمین یکپارچه برای متخصصین علوم زمین با ابزارهای ضروری برای اصلاح خروجی های آنها موثر است. اثر مدل رقومی زمین روی پردازش داده علوم زمین می تواند از دو منظر مدیریت و یکپارچه سازی داده که نیازمند دسترسی به پایگاه اطلاعاتی و بازنمایش سه بعدی هستند مشاهده و تحلیل داده مورد بررسی قرار گیرد. پردازش و تحلیل دستی داده، یک محدودیت عمده در تحقیقات علوم زمین در گذشته بوده و ایجاد گرافیک از داده رقومی هم وقت‌گیر و هم پرخطا بود. قابلیت ایجاد سریع، بازیابی و یکپارچه سازی داده های زمین شناسی، ژئوفیزیکی و توپوگرافیک مربوطه این امکان را به علوم زمین می دهد که محیط های سطحی و زیرسطحی را با جمع آوری اطلاعات از منابع مختلف درک نماید و بدین ترتیب استفاده از تکنیک های نمایش سه بعدی ، قابلیت متخصصین علوم زمین را برای تحلیل مسایل و توسعه راه حل‌ها افزایش می دهد.

۸-۱۰-٦- کاربردهای مدیریت منابع طبیعی

داده رقومی زمین در مطالعه مدل‌های فرآیندهای پایه چشم انداز برای برآورد تشعشع خورشیدی، رطوبت و وضعیت مواد معدنی که شدیداً به خصیصه های توپوگرافیک ارتفاع، شیب و جهت شیب وابسته هستند استفاده می شود(لی و همکاران، ۱۳۸۵). . با توجه به اینکه تنوع زیستی پوشش گیاهی و تولید بیوماس بطور نزدیکی در رابطه با پارامترهای بیوفیزیکی است، داده رقومی زمین بطور غیرمستقیم برای برآورد توزیع و تغییر فضای پوشش زمین مشارکت دارد. بعلاوه با توجه به اینکه زیستگاههای جانوران توسط انواع پوشش گیاهی و توپوگرافی مشخص می شود، داده رقومی زمین برای تحلیل های شناسایی زیستگاه و مدل‌سازی مدیریت منابع طبیعی ضروری است. استفاده از مدل رقومی زمین در مدل‌سازی بیوفیزیکی فضایی، قابلیت مدیران و برنامه‌ریزان منابع را برای توسعه سیاست های واقعی‌تر برای استفاده پایدار از منابع طبیعی افزایش می دهد. همچنین مدل رقومی زمین برای تعیین موقعیت و برآورد فرسایش خاک مانند روش USLE، کیفیت آب مانند سیستم آلودگی غیر نقطه ای کشاورزی و زیستگاه حیات وحش لازم است و با استفاده از تحلیل های قابلیت دید دو بعدی و سه بعدی به موسسات عمومی و دولتی امکان بررسی بصری اثر اقدامات پیشنهادی روی ارزش های منابع و تسهیلات موجود را می دهد.

۹-۱۰-٦- کاربردهای نظامی

موسسات نظامی در بسیاری از کشورها تولیدکنندگان و استفاده کنندگان مهم داده رقومی زمین و کاربردهای مدل رقومی زمین هستند. در ابتداء اکثر کاربردهای نظامی مدل رقومی زمین به سوی اتوماتیک کردن تولید منحنی های هم ارزش جهت گیری شده بود که در حال حاضر از طیف وسیعی برخوردار گردیده است.

مطالعات قابلیت دید استفاده مرسوم و مشترک کاربردهای نظامی مدل رقومی زمین است که هدف آن حمایت پرسنل نظامی به کمک ارزیابی و تعیین قابلیت دید مشاهده تا هدف در برنامه ریزی و مدیریت مناطق جنگی است(لی و همکاران، ۱۳۸۵).

راهنمایی وسایل نقلیه بدون سرنشین در مناطق جنگی برای اهداف بیشماری مانند نظارت یا پاکسازی میادین مین، عملیات نجات، نقشه برداری تاکتیکی زمین و عملیات حمله به اهداف مورد نظر استفاده می شود. همچنین برای مدیریت و ناوبری وسایل نقلیه، مدل رقومی زمین می تواند نقش اساسی را ایفاء می نماید.

فصل هفتم

تحلیل شبکه

۱-۷- مقدمه

تحلیل شبکه از مهمترین توابع تحلیل در محیط های ساج محسوب می شوند که در سالهای اخیر توسعه روزافزونی داشته است و در امور مختلف مربوط به مکان‌یابی و یافتن بهترین مسیر حرکت بویژه در محیط های شهری و تحلیل شبکه آبراهه‌ای حوضه های آبریز مورد استفاده قرار گرفته است. این فصل مروری به مبانی و کاربردهای این تحلیل در مسایل مختلف دارد.

در تعریف، شبکه نظامهای متصلی از پدیده های خطی و چارچوبی برای حرکت منابع محسوب می‌شود. به بیانی دیگر یک شبکه، مجموعه‌ای از عوارض خطی متصل به یکدیگر است که یک الگو با یک چارچوب را تشکیل می‌دهد. شبکه ها معمولاً جهت بررسی انتقال منابع از یک نقطه به نقطه دیگر مورد استفاده قرار می گیرند. شبکه ای از خیابانهای یک شهر، شبکه ای از خطوط انتقال نیرو، جریان آب از یک مخزن با شبکه لوله ها و یا شبکه آبراهه های یک حوضه آبریز نمونه های از ساختارهای شبکه ای هستند.

جریان منابع فقط به وسایل و مجاری جریان بستگی ندارد؛ بلکه حرکت در میان خطوط به هم پیوسته تحت تاثیر عناصر دیگر و خصوصیات آنها در شبکه می باشد. برای مثال سرعت حرکت در طول ۵ کیلومتر از بزرگراه بسیار سریعتر از طی همین مسیر در دیگر خیابانهاست. شدت جریان توسط عوامل

مختلفی مانند محدودیت سرعت، تراکم عبور و مرور، وجود وسایل کنترل ترافیک کنترل می شوند که تمامی این عاملها را می توان به شبکه اضافه نمود و مدل واقعی حرکت را شبیه سازی نمود.

در ساج، یک شبکه، مجموعه ای از عوارض خطی است که به همدیگر مرتبط هستند. از جمله این شبکه ها می توان شبکه بزرگراهها، ریل های راه‌آهن، رودخانه ها، مسیرهای حمل و نقل(برای مثال ترانزیت، اتوبوسهای مدرسه و حمل پست) و سیستم های توزیع تسهیلات (مانند برق، تلفن، آب و فاضلاب) را ذکر کرد. آنها ابزاری برای حرکت مردم و کالا، ارائه خدمات، جریان منابع و انرژی را همانند شبکه های اطلاعاتی فراهم می‌سازند. کارکردن با شبکه مستلزم فرآیندها و ساختارهای داده پیچیده ای است که ممکن است در هسته عملیاتی اکثر بسته های نرم افزاری ساج وجود نداشته باشد. تولید کنندگان نرم افزارهای ساج، عملیات پردازش داده شبکه را معمولاً به شکل برنامه های الحاقیه نرم افزاری تهیه و ارائه می کنند. برای مثال نرم افزار ArcGIS یک الحاقیه را تحت عنوان Network Analysis دارد که به کاربر این امکان را می دهد که مسایل فضایی مرتبط با شبکه مانند پیدا کردن بهترین مسیر حرکت، تعریف ارزش سفر و مدل‌سازی جریان ترافیک را انجام دهد.

۲-۷- ساختار داده های یک شبکه

یک لایه شبکه به صورت توپولوژیکی از پاره خط ها[1]، اتصالات[2] و محل های چرخش[3] انتخابی تشکیل یافته است(شکل ۱-۷)(Lo & Yeung, 2005).

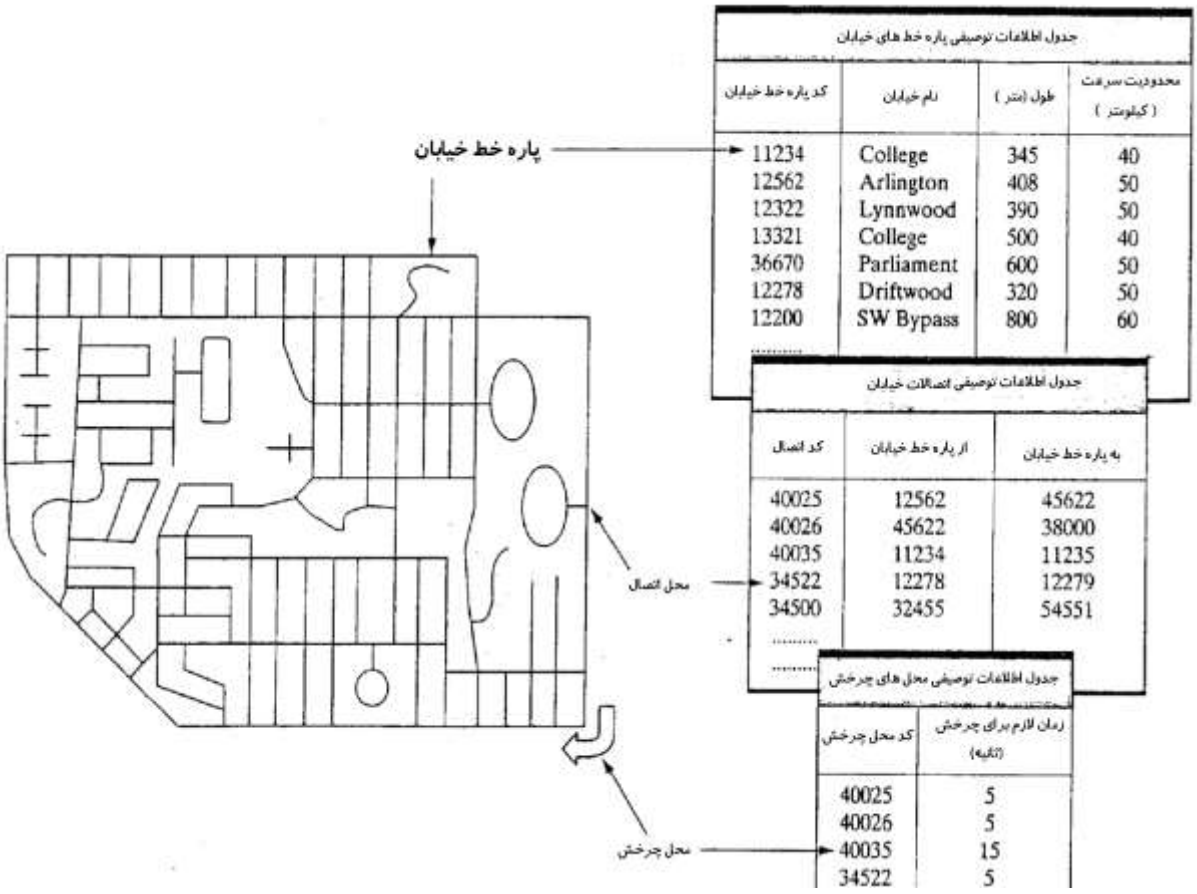
یک پاره خط که گوشه[4] نامیده می شود واحد فضایی پایه یک شبکه است که توسط عامل شناسایی پاره خط معرفی می شود و بوسیله خصیصه های مربوطه مانند نام خیابان، طول و محدودیت سرعت در شبکه خیابان و شماره تقاطع، طول و ظرفیت جاری تکمیل می‌شود.

یک اتصال یا یک تقاطع[5]، نقطه یا گره‌ای در شبکه است که پاره خط ها در آنجا به هم می‌رسند و توسط خصوصیات اتصال و پاره خط های انتهایی معرفی می‌شوند.

یک محل چرخش، ارزش عددی اختصاص‌یافته به زمان یا هزینه لازم برای حرکت در میان یک اتصال می باشد. برای مثال در یک شبکه خیابان، اگر یک علامت توقف در تقاطع ویژه وجود داشته باشد

[1] line segments
[2] junction
[3] turns
[4] edge
[5] intersection

ارزش ۵ ثانیه به آن تخصیص می‌یابد و اگر یک چراغ ترافیک وجود داشته باشد ارزش ۱۵ ثانیه به آن تعلق می‌گیرد. این ارزش نشان دهنده زمان متوسطی است که یک خودرو لازم دارد تا از یک خیابان به خیابان دیگر در شرایط ترافیک عادی حرکت کند. این شرایط می تواند با ارزش های مختلف برای شرایط خاص تنظیم شود.



شکل ۱-۷- ویژگی های یک لایه شبکه(Lo & Yeung, 2005)

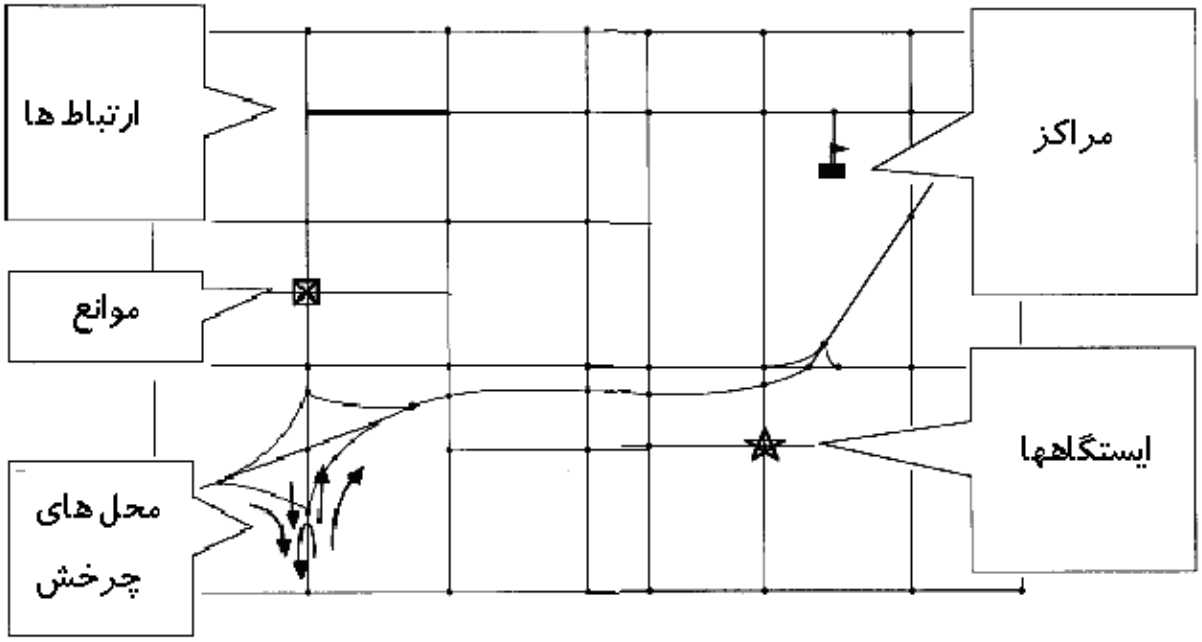
با توجه به مطالب مذکور هر شبکه شامل چندین عنصر و جزء است(شکل ۲-۷) که عبارتند از:

الف: اتصال ها[1]

[1] links

خطوطی هستند که به عنوان مجرای حرکت منابع در شبکه محسوب می شوند. اتصالها به عنوان پدیده های خطی در محل گره ها به هم می پیوندند. معمولاً ارتباط بین اتصالها با توپولوژی داده‌های مکان شناختی خط-گره[1] شناخته می شوند.

ب) گردش[2] یا (چرخش) ها بیان کننده گردشهای ممکن جریان منابع در هر گره(جائی که اتصالها بهم مربوط می شود) هست. جریان منابع از یک اتصال و از طریق یک گره به اتصال دیگری اتفاق می افتد. گردشهای خاصی سبب محدودیت در شبکه می شود. برای مثال روگذرها باعث محدودیت گردش به راست یا چپ می شوند.



شکل ۲-۷- اجزائ یک شبکه(ESRI, 1991)

ج) ایستگاهها[3]

به محل گره‌هائی در شبکه که در آنها جمع آوری و یا تخلیه می شوند، ایستگاه گفته می شود.

د) مراکز[4]

به گره‌هائی که در آنها تسهیلات و تاسیسات با ظرفیت مشخصی از اتصالهای شبکه وارد شده و یا از آنها به شبکه توزیع می شود مرکز(مراکز) گفته می شود.

---

[1] ARC-node topology
[2] Turns
[3] Stops
[4] centers

ه) موانع[1]

محل گره‌هائی که جریان منابع از آنها صورت نمی گیرد.

هر یک از عناصر ذکر شده در فوق با یک لایه خصیصه دارای مجموعه ویژه‌ای از مشخصه های پدیده (برای تسهیل کار در شبکه، مدل‌سازی و تحلیل) هستند نمایش داده می‌شوند. مجموعه داده های اصلی شبکه، پوشش خطی است که به عنوان چارچوب مجاری حرکت منابع مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده های موقعیت لایه های خطی برای توضیح چگونگی ارتباط اتصالها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۷- مشخصه های عناصر شبکه

بیشتر عناصر شبکه دارای یک یا چند ویژگی هستند که جزء مهمی از شبکه می باشند (ESRI, 1991). برای مثال، در یک شبکه خیابان شهری، هر خیابان دارای نام، عرض و سرعت مجاز می باشد و همچنین گردشها (که ممکن است شامل روگذرها با جریان غیر منقطع یا ابزار کنترل ترافیک باشد) و ایستگاه که دارای منابع برای جمع آوری و تخلیه هستند، مشخصه های عناصر شبکه محسوب می‌شوند.

۱-۳-۷- مقاومت به حرکت[2]

میزان اصطکاک مقاومت به حرکت از مشخصه های خطوط و گردشها هستند. مقاومت به حرکت خط، عبارت است از تنش لازم برای حرکت در امتداد یک خط از ابتدا تا انتهای آن. خط های بلندتر، دارای مقاومت به حرکت بیشتری نسبت به خط های کوتاه‌تر هستند. مقدار مقاومت به حرکت بیشتر به معنای تنش بیشتر برای انجام حرکت می باشد. مقدار مقاومت به حرکت به عوامل متعددی همچون ویژگی خط(مانند: نوع جاده یا مجرای حرکت)، نوع منابع جاری در شبکه، جهت حرکت منابع در شبکه، شرایط ویژه در یک خط بستگی دارد. گردشها نیز دارای مشخصه مقاومت به حرکت هستند. این مشخصه ها مقدار تنش به حرکت از یک خط به خط دیگر از طریق یک گره را اندازه‌گیری می‌کند. مقاومت به حرکت در گردشها بر حسب شرایط تقاطع دو خط (ایجاد کننده آن) متغیر است. برای مثال

[1] barriers
[2] impendence

مقاومت به حرکت ترافیک عبوری از طریق یک تابلوی توقف بیشتر از حرکت ترافیک عبوری بدون تابلو توقف می باشد.

تمامی مقاومت به حرکت های یک خط و یا گردش در شبکه باید همواره از یک واحد باشند. هدف از بکارگیری مقاومت به حرکت، شبیه‌سازی شرایط متغیر در طول خط‌ها و گردشها در جهان واقعی است. نتایج حاصل از تخصیص یا مسیر یابی با توجه به مقدار مقاومت به حرکت مجموعه داده های شبکه متفاوت است. مسیر بهینه، مسیری است که دارای کمترین مقدار تنش باشد. همواره خط یا گردشی که دارای کمترین مقاومت به حرکت باشد، اولین انتخاب است.

مقدار منفی مقاومت به حرکت در مسیر یابی و تخصیص از حرکت در طول خط و گردش منابع ممانعت می کند، برای مثال برای مشخص کردن گردش به چپ ممنوع در یک تقاطع، مقدار منفی برای این گردش(درجدول اطلاعات توصیفی) باید منظور شود. همچنین مقادیر منفی مقاومت به حرکت برای مشخص نمودن ممانعت از حرکت در جهت خاصی از یک خط کاربرد دارد. در خیابان یکطرفه، مقدار منفی برای جهتی که حرکت در آن ممنوع است منظور می شود.

۲-۳-۷- تقاضا برای منابع

این عامل به تعداد یا مقدار منابع مربوط به هر پدیده که می تواند برای هر خط و ایستگاه در شبکه داده شود گفته می‌شود. تقاضا برای منابع برای مثال می تواند مقدار آب حمل شده در هر خط شبکه توزیع، تعداد دانش آموزانی که در هر قطعه از خیابان زندگی می کنند، یا تعداد جعبه های حمل شده به یک ایستگاه باشد.

۳-۳-۷- ظرفیت

ظرفیت منابع عبارت است از تعداد و یا مقدار کل منابعی که به یک مرکز عرضه شده و یا از آن برای تامین درخواست متقاضیان در امتداد یک خط عرضه می‌شود. برای مثال ظرفیت یک مدرسه، تعداد کل دانش آموزانی است که می توانند در آن ثبت نام کنند. در یک پارکینگ، ظرفیت کل فضای موجود برای اتومبیل هاست و در یک مخزن آب، مقدار کل آبی که توسط آن به شبکه عرضه می شود، ظرفیت آن می باشد.

٤-۳-۷- خطوط و مشخصه های آنها

خطوط، نمایانگر اتصال‌های حمل و نقل بوده و مشخصه‌های آنها بر حرکت منابع در شبکه تاثیر می‌گذارد. مشخصه‌های خطوط، قلم‌های اطلاعاتی هستند که در لایه مشخصه خطوط وجود دارد. خطوط دارای مقاومت به حرکت از نظر جهت حرکت تقاضا برای منابع هستند. مقاومت به حرکت خطوط، مانند سرعت ترافیک، معمولاً با جهت حرکت منابع در طول آنها تغییر می کند. در اغلب موارد ممکن است، مقاومت به حرکت در دو جهت یکسان باشد. برای مثال، جریان ترافیک در میان روز به داخل و خارج از مرکز شهر ممکن است با سرعت یکسانی صورت گیرد. اما در سرعت ۵ بعد از ظهر حرکت به خارج از مرکز شهر با سرعت کمتری انجام می شود. مقاومت به حرکت جهت ها که دارای مقدار مخصوص به خود هستند در جدول اطلاعات خصیصه ای ذخیره می شود.

هر خط در شبکه ممکن است دارای تقاضائی باشد.(مثلاً تعداد دانش آموزان یا مقدار جریان آب). مقدار تقاضا به عنوان یک قلم اطلاعاتی در پایگاه داده ها در لایه مربوطه ذخیره می شود.

توجه به تقاضا برای منابع خطوط در محیط تخصیص بسیار مهم باشد. بنابراین تقاضای خط‌ها تا رسیدن به ظرفیت هر مرکز با هم جمع می‌شود. در این فرآیند اگر تقاضای خطی سبب شود که از حد ظرفیت بیشتر شود، آن خط به مرکز مورد بررسی تخصیص نمی یابد. در محیط مسیر یابی، تقاضا برای منابع، مشخصه ای اختیاری است. اگر تقاضای منابع در این حالت منظور شده باشد، مقدار کل منابع در طول هر خط و در عبور از آنها با هم جمع می‌شود.

۵-۳-۷- ایستگاهها و مشخصه های آنها

ایستگاهها، مکانهائی در یک مسیر هستند که در آنها منابع جمع آوری و یا تخلیه می شوند. در این محلها، تقاضای منابع، مقدار منابع مربوطه به هر ایستگاه است. مقدار مثبت تقاضا بیانگر آن است که منابع باید از آنها جمع آوری شود؛ حال آنکه مقدار منفی تقاضا بیان کننده آن است که باید منابع در آنها تخلیه شود. مقدار تقاضا در هر ایستگاه را می توان بصورت متقابل و در فرآیند افزودن ایستگاه جدید به شبکه اضافه کرده و یا می توان آن را به عنوان یک قلم اطلاعاتی در یک پوشش نقطه‌ای که برای ایجاد ایستگاهها خوانده می شود در شبکه ذخیره نمود.

ایستگاهها فقط در محیط مسیریابی استفاده می شوند. تقاضا برای هر مسیر ممکن است فقط به ایستگاهها و یا به ایستگاهها و خطوط مربوط شود.

٦-۳-۷- مراکز و مشخصه های آنها

مراکز در محیط تخصیص، همواره در محل گره های شبکه قرار می گیرند. یک مرکز از طریق شبکه، تخصیص منابع را انجام داده و یا از شبکه، منابع لازم را دریافت می کند. یک مخزن آب، نمونه‌ای از یک مرکز است که منابع آب را از طریق شبکه لوله ها عرضه می‌کند؛ یک مدرسه نمونه‌ای برای مرکزی است که منابع (دانش آموزان) از طریق خطوط(خیابان ها) به آن وارد می‌شود. مراکز، عناصری در محیط تخصیص هستند و در محیط مسیر یابی بکار برده نمی‌شوند. مشخصه های مربوط به مراکز عبارتند از: ظرفیت، محدوده مقاومت به حرکت و تاخیر در مقاومت به حرکت.

ظرفیت یک مرکز، مقدار کل منابعی است که می تواند از آن عرضه شده و به آن وارد شود. مقدار ظرفیت مراکز را می توان به صورت متقابل در زمان افزودن آنها به شبکه و یا به عنوان یک قلم اطلاعاتی در لایه‌ای نقطه ای ذخیره کرد.

ظرفیت یک مرکز در تعیین خطوطی که به آن تخصیص می یابند مهم است. تقاضای هر خطی که به مرکز تخصیص می یابد(تا زمانی که به حد ظرفیت رسیده شود) با هم جمع می‌گردد. اگر تقاضای خطی سبب سر ریز شدن ظرفیت شود، آن خط به مرکز تخصیص نمی‌یابد.

محدوده مقاومت به حرکت، مقدار حرکت مقاومت به حرکت مجاز میان مرکز و پایان هر خط تخصیص داده شده در مسیر می باشد. مجموع مقاومت به حرکت خطوط و گردشها در هر مسیر یک مرکز نمی‌تواند از محدوده مقاومت به حرکت آن بیشتر شود.

محدوده مقاومت به حرکت را می توان به صورت متقابل در هنگام افزودن مراکز به شبکه مشخص نمود و یا آن را به عنوان قلم اطلاعاتی در یک لایه نقطه‌ای که در زمان تعیین محل مرکز از شبکه خوانده می شود، تعیین کرد.

تاخیر در مقاومت به حرکت دارای واحد یکسان مقاومت به حرکت مرکز و مقاومت به حرکت خط است.

۷-۳-۷- موانع

موانع تنها عناصری هستند که مشخصه ندارند. موانع برای جلوگیری از حرکت منابع میان خطوط کاربرد دارند.

٤-٧- انواع تحلیل های شبکه

مسائل فضایی زیادی وجود دارد که استفاده از تحلیل های شبکه می توان آنها را انجام داد. برای مثال برخی موارد آن عبارتند از:

١-٥-٧- مسیر یابی[1]

مسیر یابی، مسیر بهینه حرکت منابع در یک شبکه را تعیین می کند. برای هر مسیر، مسیر حرکت بوسیله مبداء، نقاطی که مسیر از آن عبور می کند، ایستگاههائی که باید ساخته شوند و مقصد تعریف می شود. از برای نمونه می توان به سوالهای زیر با این برنامه پاسخ داد:

- اگر یک ایستگاه دیگر بخواهد ساخته شود چه اتفاقی می افتد؟
- در کدام مسیر، می‌توان ایستگاهی با کمترین میزان تاخیر اضافه کرد؟
- چگونه باید یک مسیر انحرافی در زمان ساختن جاده‌های معین تعبیه نمود؟

بهترین مسیر در تحلیل شبکه، سریعترین مسیر،کوتاهترین مسیر و همچنین مسیری است که کمترین هزینه را در بر داشته باشد. این مسیر می‌تواند شامل یک مبدا و یک مقصد باشد و همچنین مناطقی در مسیر عبور را در برگیرد. برای این منظور باید مبدا و مقصد و محلهای عبور برای کاربر مشخص باشد. برای مثال می توان تعیین سریعترین مسیر برای رفتن از ایستگاه آتش نشانی به مکان آتش سوزی، تعیین کوتاه‌ترین راه برای انحراف خطوط آب که به یک اتصال بسته شده آب می رسانند،یا تعیین اقتصادی‌ترین مسیر تحویل کالا در محل برای چندین مشتری را نام برد.

الگوریتم‌های تحلیل شبکه براساس ریاضیات نسبتاً پیچیده با استفاده از تئوریهای گرافها بنا نهاده شده‌اند. حتی یک مسئله فضایی ساده با استفاده از شبکه مانند پیداکردن کوتاهترین مسیر بین دو نقطه نیازمند محاسبات قابل توجهی است.

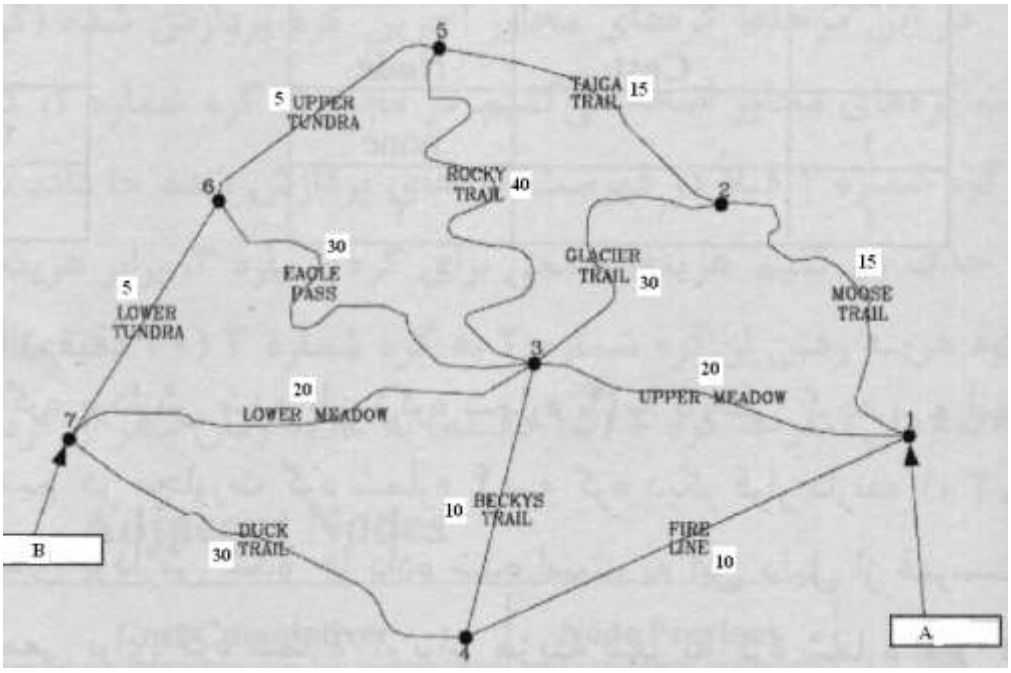
به صورت بصری، پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه، A و B روی یک نقشه(شکل ٣-٧) نسبتاً آسان است. با وجود این، دریک تحلیل شبکه بر پایه ساج این موضوع خیلی ساده نیست چرا که سیستم باید همه مسیرهای ممکن بین دو نقطه مشخص را برای پیدا کردن پاسخ رسیدن، محاسبه و مقایسه کند. چندین الگوریتم برای حل این مسئله بصورت ریاضی ارائه شده است. بهترین الگوریتم آن

[1] **routing**

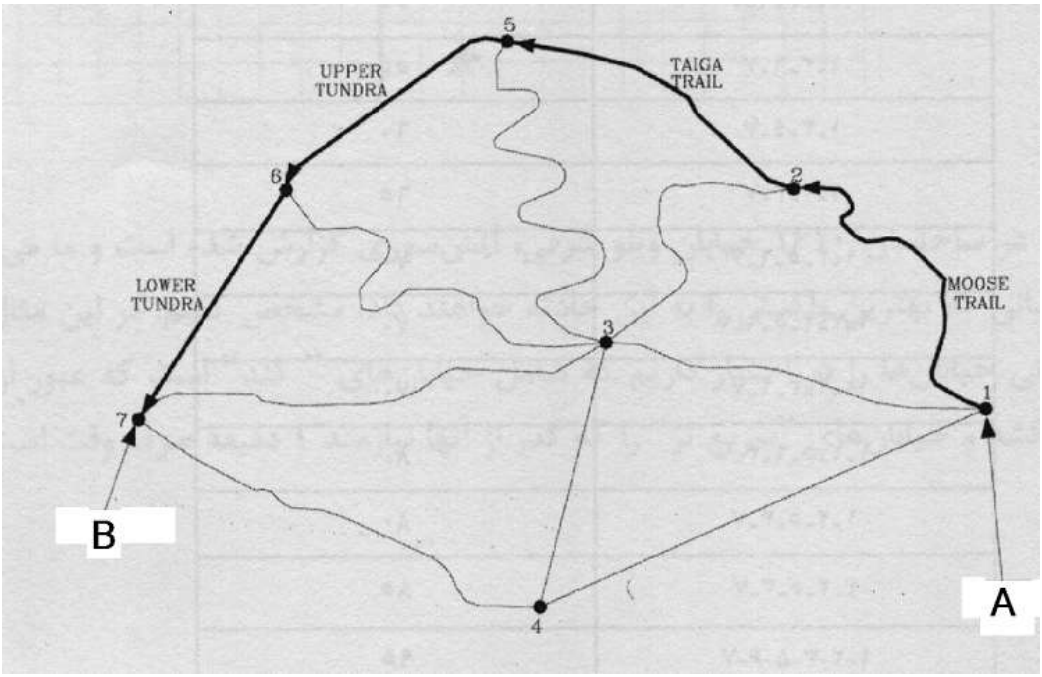
توسط دیجکسترا[1] توسعه یافته است که توسط نرم افزار ArcGIS استفاده می شود Lo & Yeung, (2005).

این الگوریتم با استفاده از یک مثال برای یافتن بهترین مسیر تشریح می گردد (وربیلا، ۱۳۸٤). فرض می شود که هدف، پیدا کردن بهترین مسیر راهپیمایی بین نقاط A و B در شکل ۳-۷ باشد. طول هر یک از قطعات بین گره ها در روی شکل ۳-۷ و جدول ۱-۷ نشان داده شده است. برای مسیر یابی دو جدول ساخته می شود. جدول اول مربوط به گره های پردازش شده و جدول دوم مربوط به گره های همجوار می باشد. برای مثال گره شمار ۱ در نظر گرفته می شود. این گره به گره های ۲،۳ و٤ مرتبط است. مدت زمان حرکت بین گره شمار ۱ تا گره‌های مذکور به ترتیب۱۵، ۲۰ و ۱۰ می باشد که گره شماره ٤ حداقل زمان حرکت را داشته بدین ترتیب این گره انتخاب شده و به جدول گره های پردازش شده (جدول ۳-۷) اضافه می شود. در مرحله بعد گره ٤ مد نظر قرار گرفته و گره‌های همجوار آن یعنی گره‌های ۱، ۳ و ۷ بررسی شده و چون گره ۱ قبلا" بحث شده حذف گردیده و دو گره دیگر بررسی می‌شود که زمان حرکت برای رسیدن به گره ۳ مساوی حرکت از ۱ به ٤ و سپس به ۳ است که برابر ۲۰ دقیقه خواهد بود و حرکت به ۷ برابر ٤۰ یعنی مجموع ۱۰ با ۳۰خواهد بود، در حالیکه زمان حرکت از ۱ به ۲ برابر ۱۵ دقیقه می‌باشد که انتخاب و به جدول گره های پردازش شده اضافه می‌شود. این فرآیند به ترتیب برای همه گره‌ها تکرار شده و ارزش مذکور از مبداء محاسبه و در جدول گره‌های پردازش شده قرار می‌گیرد. برمبنای محاسبات انجام گرفته مسیر بین گره شمار ۱ به ۲ و سپس به ۵ و در ادامه به ٦ و در نهایت به ۷ تعیین شده و از سیستم درخواست می شود مسیر مذکور روی نقشه نمایش داده شود(شکل ٤-۷). در این مثال مسیرهای متعددی وجود دارد که فهرست آنها در جدول ۳-۷ ارائه شده است و همانطور که گفته شده مسیر انتخابی به عنوان بهترین مسیر یعنی مسیر با مدت زمان حرکت حداقل شناسایی و معرفی می‌گردد.

[1]Dijkstra



شکل ۳-۷- تعیین کوتاهترین مسیر بین A تا B(وربیلا، ۱۳۸٤)



شکل ٤-۷- بهترین مسیر بین A تا B شناسایی شده با تحلیل شبکه

جدول ۱-۷- مدت زمان راه پیمایی برآوردشده در هر یک از قطعات شکل ۳-۷

نام قطعه	زمان راه پیمایی برآورد شده
Moose Trail	۱۵
Lower Meadow	۲۰
Upper Meadow	۲۰
Taiga Trail	۱۵
Upper Tundra	۵
Lower Tundra	۵
Eagle Pass	۳۰
Rocky Trail	٤۰
Fire Line	۱۰
Duck Trail	۳۰
Glacier Trail	۳۰
Becky;s Trail	۱۰

جدول ۲-۷- جدول گره های پردازش شده برای هر یک از گره های شکل ۳-۷

گره	زمان تجمعی	گره پیشین
۱	۰	-
٤	۱۰	۱
۲	۱۵	۱
۳	۲۰	٤
۵	۲۵	۲
٦	۳۰	۵
۷	۳۵	٦

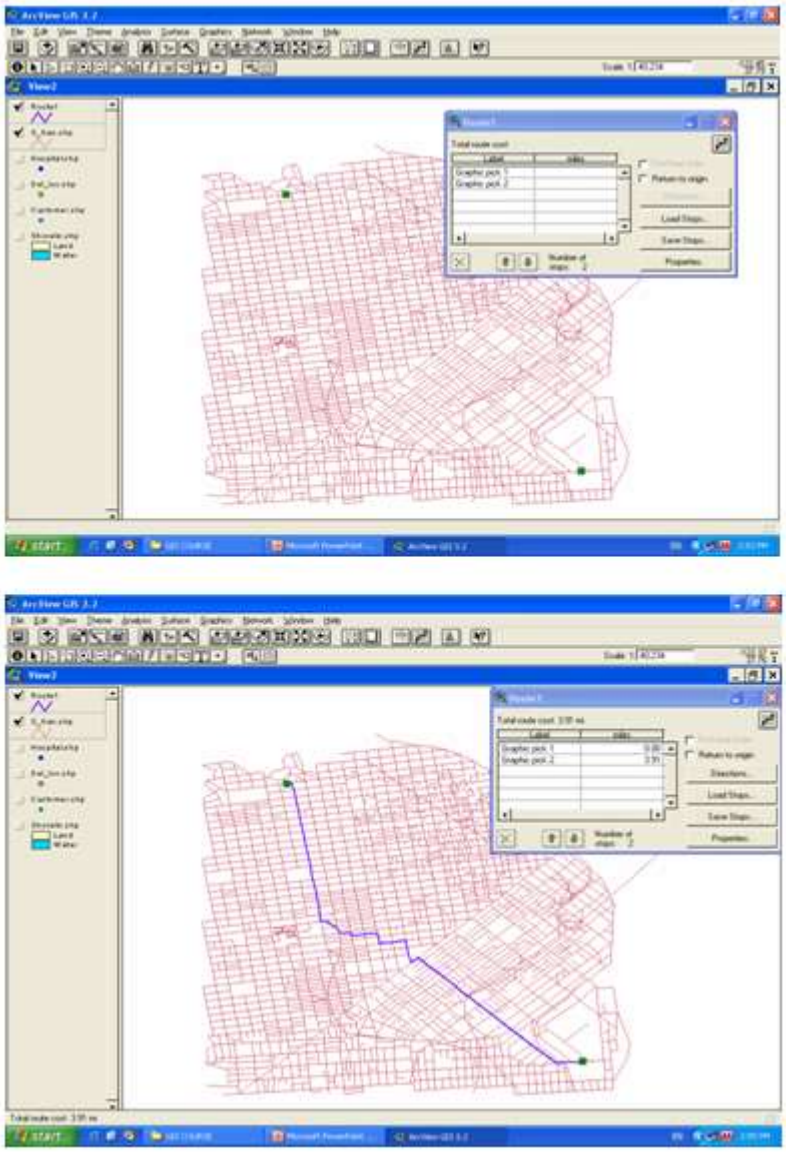
جدول ۳-۷- مدت زمان راه پیمایی بدست آمده از تحلیل شبکه در هر یک از مسیرهای شکل ۳-۷

زمان به دست آمده از تحلیل شبکه	مسیر
۳۵	۱-۲-۵-٦-۷
٤۰	۱-۳-۷
٤۰	۱-٤-۳-۷
٤۰	۱-٤-۷
۵۵	۱-٤-۳-٦-۷
۵۵	۱-۳-٦-۷
٦۰	۱-۳-٤-۷
٦۵	۱-۲-۳-۷
۷۰	۱-۳-۵-٦-۷
۷۰	۱-۳-۲-۵-٦-۷
۷۰	۱-۲-۳-٦-۷
۸۰	۱-۲-۵-٦-۳-۷
۸۰	۱-۲-۵-۳-۷
۸۵	۱-۲-۵-۳-۷
۹۵	۱-۲-۳-۵-٦-۷

الگوریتم تشریح شده مذکور، احتمالاً ساده ترین گزینه بکار رفته را نشان می دهد. اگر کوتاهترین زمان حرکت یا کمترین بهاء حرکت بین دو نقطه، در نظر گرفته شود فرآیند پیچیده‌تر خواهد شد. چون زمان حرکت و بهاء حرکت، در رابطه با فاصله مستقیم نیستند، چراکه محدودیت های سرعت مختلف و ارزش های مختلف حرکت در اتصالات مختلف، انجام تحلیل هایی با استفاده از زمان و بهاء همراه با هر پاره خط و اتصال خیابان ویژه، بیشتر از ضرب ساده و فاصله کل با زمان متوسط حرکت ارزش متوسط ضروری است.

نمونه ای از تحلیل بهترین مسیر حرکت در نرم افزار Arcview در شکل ۵-۷ نشان داده شده است. در قسمت بالای شکل مذکور دو نقطه در شبکه خیابانهای یک شهر با خیابانهای متعدد و مسیرهای

گوناگون تعیین شده است که سیستم بر اساس الگوریتم از پیش تعیین شده برمبنای مسیر و سرعت حرکت، گزینه های مختلف را بررسی و بهترین مسیر را در قسمت پایین شکل معرفی کرده است.



شکل ۵-۷- نمونه ای از تحلیل یافتن بهترین مسیر حرکت در محیط نرم افزار Arcview

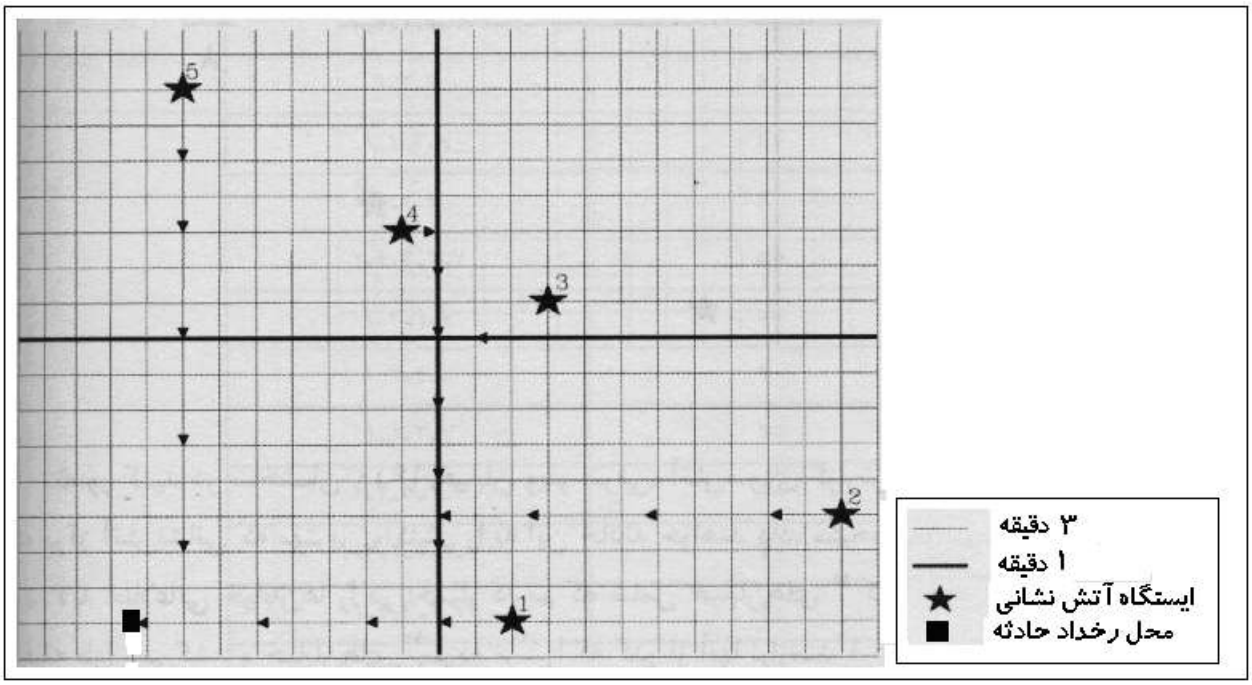
۲-۵-۷- یافتن نزدیکترین خدمات[1]

یافتن نزدیکترین خدمات نیز نوع خاصی از مساله مسیر بهینه است که هدف آن یافتن نزدیکترین نقاط به مکان مورد نظر است. اصطلاحا" به این نقاط، تسهیلات و به مکان مورد نظر محل رخداد[2] گفته

[1] Find Closest Facility
[2] event

می شود. برای مثال تعیین اینکه کدامیک از دو ایستگاه آتش نشانی، امکان واکنش سریع‌تر به مکان حادثه روی داده را دارا هستند، و یا اینکه کدام ایستگاه اورژانس سریع‌تر می تواند اتومبیل امدادی خود را به مکان حادثه دیده برساند و یا انتخاب ده خانه که از میان خانه هایی که برای فروش گذاشته شده اند به مرکز نگهداری های روزانه نزدیکتر باشند از جمله نمونه های این تحلیل می باشد.

برای مثال شکل ٦-٧ در نظر گرفته می شود (وربیلا، ١٣٨٤). در این شکل یک محل آتش سوزی یا همان رخداد وجود دارد که در مجاورت آن ٥ ایستگاه آتش نشانی وجود دارد. در شکل مذکور اشکال پررنگ شبکه نشان دهنده خیابانها با زمان ١ دقیقه و خیابانهای پررنگ نشان دهنده مدت زمان ٣ دقیقه هستند. حال مسئله این است که کدامیک از ایستگاههای آتش نشانی مجاور می‌توانند در سریعترین زمان ممکن به محل حادثه برسند. مدت زمان حرکت از هر یک از ایستگاههای مذکور توسط تحلیل شبکه محاسبه شده و در جدول ٥-٧ ارائه شده است. بر اساس جدول مذکور ایستگاه آتش نشانی ١ نسبت به محل حادثه نزدیکتر می باشد.

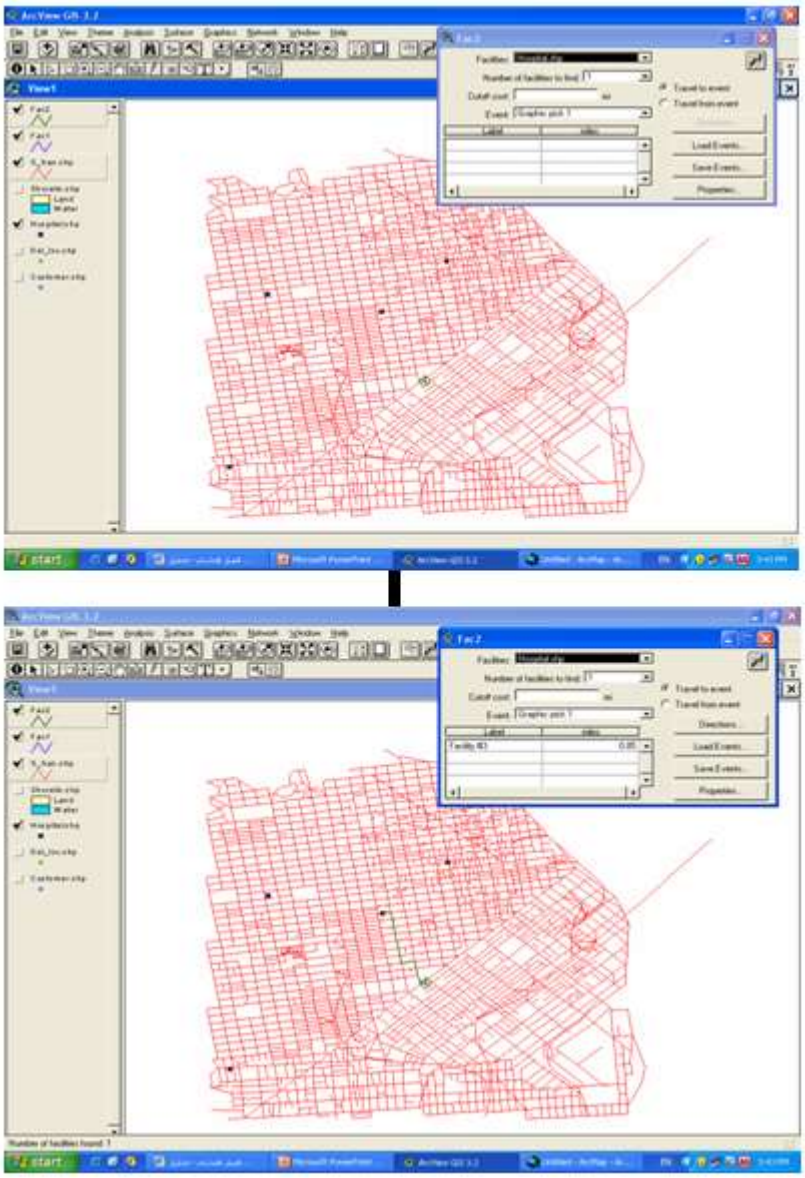


شکل ٦-٧- محل رخداد آتش سوزی در یک نقط از شهر و موقیت ایستگاههای آتش نشانی مجاور برای امداد رسانی

جدول ٤-٧- مدت زمان محاسبه شده برای رسیدن ایستگاههای آتش نشانی در شکل ٥-٧

شماره ایستگاه آتش نشانی	زمان حرکت برآوردشده(دقیقه)
١	٣٣
٢	٥٥
٣	٣٧
٤	٣٨
٥	٥٠

شکل٧-٧ نمونه ای از انجام این تحلیل را در محیط نرم افزار Arcview نشان می دهد. در شکل بالا ٤ نقط امدادی به همراه یک نقطه حادثه نمایش داده شده است و سیستم بر مبنای بررسی گزینه های مختلف، بهترین مسیر حرکت را برای رسیدن به محل حادثه مشخص و معرفی نموده است.



شکل ۷-۷- نمونه ای از یافتن بهتریم نقطه برای امدادرسانی به نقطه حادثه دیده در نرم افزار Arcview

۳-۵-۷- تخصیص منابع[1]

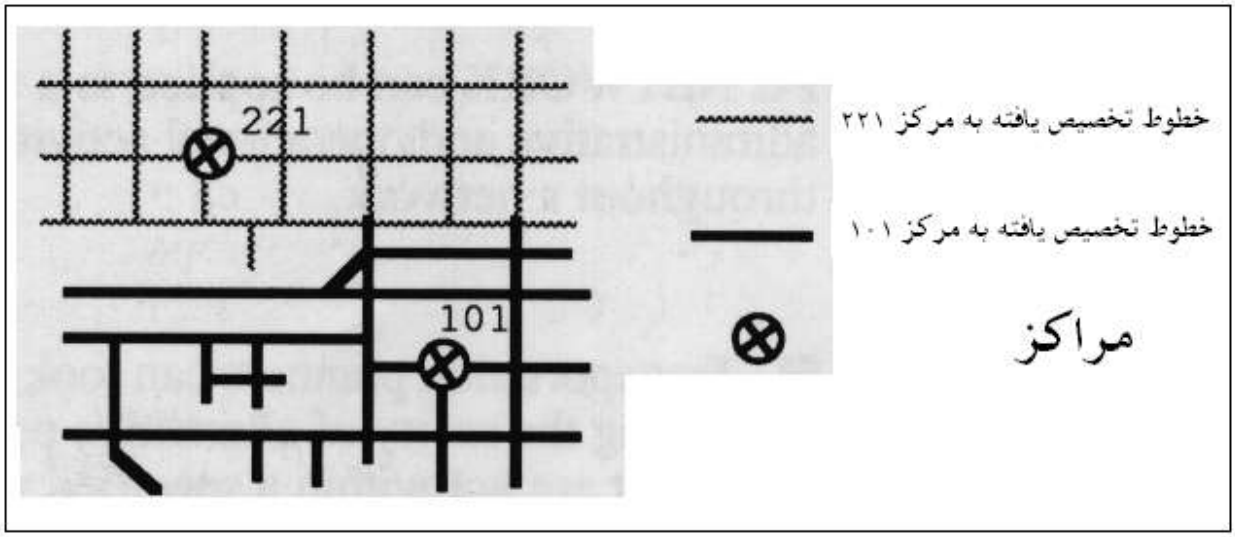
این عملیات، برنامه ای در محیط شبکه است که تحلیل های تخصیص منابع را انجام می دهد. این برنامه نزدیکترین مرکز (حداقل هزینه سفر) را برای هر اتصال در شبکه پیدا می کند(ESRI, 1991). برای نمونه تخصیص را می‌توان برای یافتن نزدیکترین ایستگاه آتش نشانی به هر خیابان شهر و یا مشخص کردن نزدیکترین مدرسه به هر دانش آموز استفاده کرد. تخصیص ارائه کننده مدلی برای چگونگی توزیع منابع میان مراکز مختلف (مانند مدارس، ایستگاههای اتش نشانی و مخازن آب) و خطوط اطراف و در برگیرنده آنها(که ممکن است خیابانها، خطوط برق، خطوط لوله آب آشامیدنی و غیره باشند) می باشد. هر مرکز دارای ظرفیتی برای منبعی خاص می باشد. مثلاً یک مدرسه برای تعداد مشخصی از دانش آموزان ظرفیت دارد؛ یک مخزن آب آشامیدنی دارای ظرفیت(حجم) مشخصی است. منابع در امتداد پدیده های خطی و بر حسب ظرفیت و بر حسب ملاکهای مختلفی مانند فاصله و زمان از هر مرکز و ظرفیت کل آنها به هر مرکز تخصیص داده می شوند. در تخصیص منابع، معمولا" منابع تا جایی از شبکه را پوشش می دهند که دیگر منابع امکان پوشش دادن آن منطقه را نداشته باشند و یا درخواست برای آنها وجود نداشته باشد. برای مثال با این تحلیل می توان گفت که اگر یک محل خدماتی مثل یک بیمارستان، فروشگاه یا دانشگاه در محلی تاسیس شود چه محدودهای از اطراف خود را می تواند سرویس دهد؟

همچنین برنامه تخصیص در تعریف و مشخص کردن نواحی بالقوه کمک می کند. ناحیه بندی شامل تجمیع پدیده ها (مانند خیابانها و بلوک های شهری) است. این برنامه می تواند کاربرد بسیار زیادی را برای منطقه بندی، ناحیه بندی و طراحی نظام توزیع روزنامه داشته باشد.

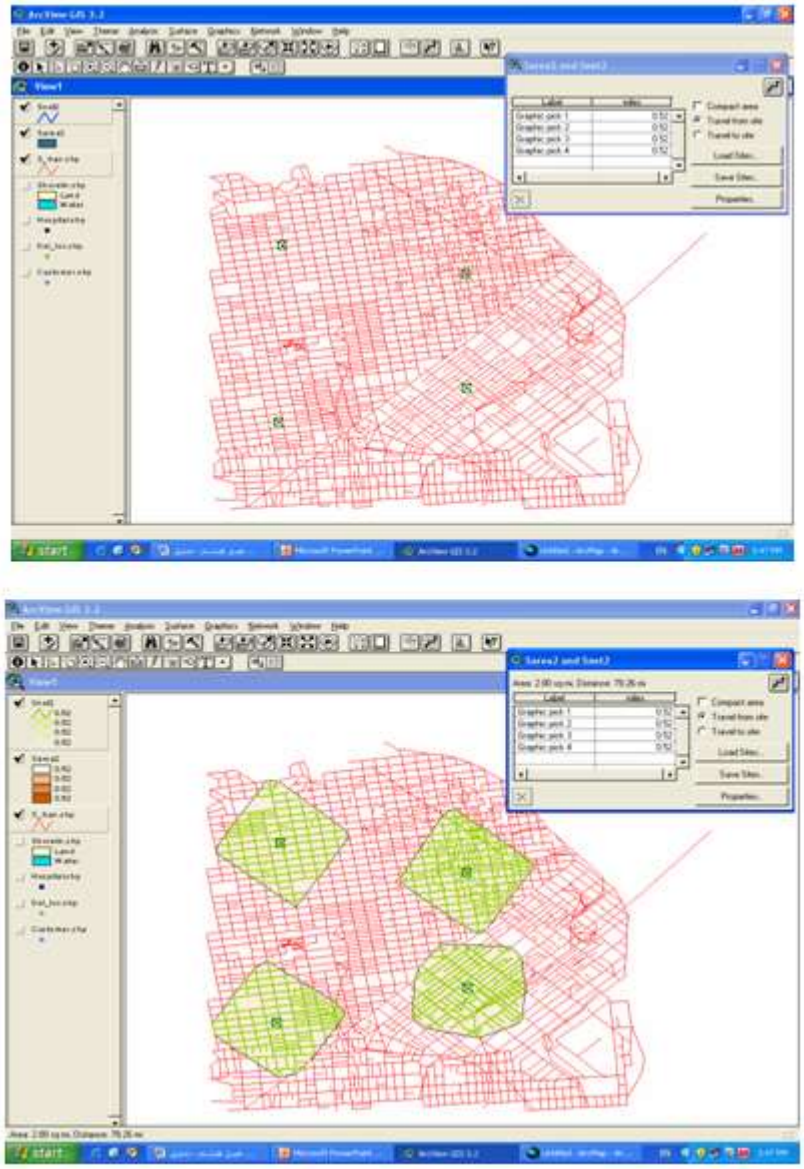
بطور مثال اگر برای رسیدن هر فردی به این مکان ۲۰دقیقه یا ۱ کیلومتر فاصله در نظر گرفته شود، افراد از چه محدوده ای به این مکان مراجعه می کنند؟

در شکل ۸-۷ دو مرکز وجود دارد که اگر این مراکز را مدرسه در نظر بگیریم و فاصله رسیدن به مدرسه را ۵دقیقه یا ۲ کیلومترفرض کنیم خطوط اختصاص یافته به مرکز ۱۰۱ خطوط پر رنگ می‌باشد. شکل ۹-۷ نیز نشان دهنده نمونه ای از عملیات تخصیص در محیط نرم افزار Arcview می‌باشد. در قسمت بالا چهار نقطه در نظر گرفته شده است که در قسمت پایین برای این ٤ نقطه با استفاده از توانایی نرم افزار شعاع عملکرد برمبنای فاصله حرکت از نقطه مبداء در نظر گرفته شده است.

[1] Allocation



شکل ۸-۷- نمودار تخصیص منابع در شبکه منبع(ESRI, 1991)



شکل ۹-۷- نمونه ای از عملیات تخصیص در محیط نرم افزار Arcview

٤-٥-٧- انطباق آدرسها یا ژئوکد کردن آدرس[1]

آدرس‌ها یکی از عمومی‌ترین اشکال استفاده شده داده های جغرافیایی هستند. بسیاری از مراکز علمی و موسسات پژوهشی، آژانس‌های دولتی و سازمانهای اقتصادی، پایگاه داده آدرس محور بزرگی را جمع آوری و حفظ می کنند. این پایگاه ها شامل محدوده های سرشماری، داده های مالیات بر ثروت، پیمایش اجتماعی، پایگاه داده مشتری و موقعیت ارسال کالا می شود. پیدا کردن آدرس ها روی یک

[1]address matching

نقشه با سیستم مختصات پذیرفته شده ضروری است. ژئوکد کردن فرآیندی است که در آن مشخصات موقعیتی نقاط با طول و عرض جغرافیائی، مختصات UTM و با مختصات صفحه‌ای آدرس خیابانها ارتباط پیدا می کند. ژئوکدکردن آدرس، عملیات اصلی بسیاری از ساج های برداری مانند Mapinfo و ArcView می باشد. عملگرهای کدگذاری، شبکه داده‌های جدولی پرونده های آدرس را به مکانهای جغرافیائی ارتباط می‌دهد و لایه ویژه‌ای برای ذخیره کردن آدرسهای هر پدیده به وجود می‌آید.

برنامه شبکه، چگونگی آماده کردن هر نوع پدیده حاوی آدرس را برای مقایسه آدرسها و در نهایت چگونگی انطباق پرونده با لایه آدرسها نشان می دهد. برنامه انطباق آدرسها، لایه‌ای حاوی پدیده‌های نقطه ای محل برای هر رکورد در پرونده داده‌ها بوجود می آورد. پدیده های موجود در این لایه نقطه ای محل هر دانش آموز، مشتری و یا دیگر انواع داده‌ها را در پرونده جدولی آدرسها نشان می دهد. از این پرونده حاوی پدیده های نقطه‌ای در تحلیل های متنوعی می‌توان استفاده کرد. برای مثال این پرونده را به داده های شبکه در مسیریابی یا تخصیص اضافه کرده و یا با همپوشی با لایه‌های دیگر استفاده نمود(ESRI, 1991).

در محیط های مسیریابی و تخصیص، می توان مکان را با وارد کردن آدرس، نام خیابان و یا نام تقاطع پیدا نمود. یافتن مکانها بوسیله آدرس، وقتی که آدرس یک پدیده مشخص باشد اما محل آن بر روی نقشه معلوم نباشد، به عنوان ابزاری کمک کننده و مفید است.

هدف ژئوکدکردن آدرس، مقایسه آدرسها در فایل داده‌ای است که دارای مختصات مکانی هستند. همه فایل‌های تشکیل شده در برگیرنده شبکه خیابان و محدوده های آدرس در دو طرف خیابان هستند که برای ژئوکدکردن لازم می باشد. آدرس‌ها در جدول توصیفی به صورت متنی می باشد که در برگیرنده اجزای آن از قبیل شماره خانه، نام خیابان، نام شهر و کد پستی هستند. جدول مذکور می تواند در فرمت آزاد فایل های متنی یا فرمت اختصاص یک فایل پایگاه داده مانند فایل dBASE(dbf) ذخیره شوند.

۵-۷- نمونه هائی از کاربرد محیط شبکه

- **تعیین مسیر خودروها و پیاده روها**

- برنامه ریزان حمل و نقل می توانند به نیازهای افراد پیاده مانند ارزیابی ایمنی مسیرهای مختلف پیاده رو و یا مشخص کردن جاهائی که در فاصله زمانی معینی پیاده روی ایستگاه اتوبوس می‌باشند، بپردازد.
- نواحی آموزشی می‌توانند مسیرهای کارآمد اتوبوس و مسیرهای ایمن دوچرخه را انتخاب کنند. همچنین می‌توانند از اطلاعات شبکه خیابانها استفاده کرده و خیابانها و تقاطع‌هائی را که به علائم راهنمائی و ایمنی احتیاج دارند مشخص کنند.
- مهندسی خدمات شهری می‌توانند گزینه های مختلف جمع آوری زباله و افزودن مسیرهای جدید را تحلیل کنند.

- **برنامه ریزی و اجرای فوریتهای شهری**

محیط شبکه را می توان برای ارزیابی مکانهای بالقوه مقر خودروهای خدمات فوری (مانند آمبولانس و آتش نشانی) و کاهش زمان ارائه خدمات استفاده کرد.

- مراکز ارائه خدمات فوری می توانند با وارد کردن موقعیت افراد نیازمند و تعیین مقر ارائه خدمت، مسیرهای سریع را تعیین کرده و مامورین خود را به محل اعزام کنند.
- برنامه ریزان می‌توانند از این محیط برای برنامه‌ریزی در زمان حوادث غیر مترقبه- مثلاً برنامه تخلیه جمعیت و تعیین مسیرهای ارائه خدمات فوری استفاده کنند.
- شبکه ها می‌توانند اطلاعات مربوط به جاده‌ها و استفاده های متنوع از آنها را ذخیره کنند. برای نمونه سازمانهای حمل و نقل شهری می توانند با این اطلاعات برنامه اولویت های برف روبی، تعیین مسیر و محل جمع آوری برف های جمع شده را تهیه کنند.

- **ناحیه بندی**

- یک سازمان دولتی مسئول می‌تواند محل حوزه های اخذ رای و محدوده هر ناحیه(حوزه) را بر حسب تعداد و موقعیت رای دهندگان تعیین کند.
- یک شرکت تولیدی می تواند مدلی برای توزیع کالاهای خود از نیازها به مشتریان ساخته و ارزیابی ضرورت نیاز به مرکز و یا ناحیه توزیع دیگری را انجام دهد.

- **مکان یابی و طراحی تاسیسات**

- شرکت های خدمات و تاسیسات شهری می‌توانند نیازهای مشتریان خود را با مدل‌سازی جریان منابع در شبکه لوله ها تخلیه کنند.
- برنامه ریزان شهری می‌توانند خدمات و فضای پارکینگ مورد نیاز تاسیسات عمومی مانند کتابخانه ها، مدارس و مراکز خرید را محاسبه کنند.
- برنامه ریزان همچنین می‌توانند از محیط شبکه برای تحلیل نیازهای دسترسی به فرودگاه و ارزشیابی تاثیرات طراحی‌های احتمالی استفاده کنند.

- **مدیریت منابع طبیعی**

- شرکت های آب شهری می توانند با ثبت داده های مربوط به چاه ها، جریانها، مخازن، کانالها و مانند اینها میزان آب موجودی و توزیع آنرا مدل سازی کنند.
- آب شناسان می‌توانند منابع آلودگی آب و اثرات آنها را در طی جریان آب تحلیل کنند. محیط شبکه همچنین می‌تواند برای مدل سازی جریان سیلابی استفاده شود.
- سازمان جنگلها و مراتع، محیط شبکه را ابزاری مفید در مطالعات مدیریتی مانند آزمون مقرون به صرفه بودن برنامه های نظام چوب بری و حمل آن خواهد یافت.
- مدیران حیات وحش هم می‌توانند از محیط شبکه برای ارزشیابی تاثیرات محیطی در مسیرهای مهاجرت آنها استفاده کنند.

- **کاربردهای کد گذاری جغرافیائی**

فعالیتهای برنامه ریزی، اداری و اجرائی متنوعی وجود دارند که از داده های جغرافیائی به شکل آدرس استفاده می‌کنند، مانند:

- یک شرکت می‌تواند آدرسهای مشتریان را با لایه نواحی توزیع خود مقایسه کرده و بداند که چگونه مشتریان توزیع کنندگان مشخصی خدمت می‌گیرند. این اطلاعات همچنین می‌توانند برای انجام تحلیل‌های بازار یابی در هر ناحیه توزیع مورد استفاده قرار گیرند.
- کدگذاری جغرافیائی می‌تواند از ابزار مهمی در برنامه‌ریزی مسیر باشد. اگر یک شرکت حمل و نقل کالا، آدرس توقفگاههای خود را بصورت مشخصات در رایانه وارد کند، این اطلاعات می‌تواند در محیط مسیریابی برای تحلیل‌های مسیر مورد استفاده قرار گیرد.

- اداره پلیس می‌تواند از کاربرد کدگذاری جغرافیائی شبکه برای تحلیل نوع وقوع جنایات و به شکل کشیدن آنها همراه با دیگر داده‌های جمعیتی اقدام کند.
- یک ناحیه آموزشی می‌تواند از کدگذاری جغرافیائی برای مقایسه آدرس دانش آموزان و نقشه خیابانهای شهر استفاده کند. هنگامی که آدرس دانش آموزان مشخص شد، می توان نسبت به تعیین مدارس و برنامه های سرویس ایاب و ذهاب و تحلیل آن اقدام کرد.
- مهندسان زیست محیطی می‌توانند تاثیرات بالقوه تسهیلات ذخیره‌سازی مواد خطرناک (در مناطق آلوده) را با مقایسه آدرسها در یک لایه حاوی اطلاعات سرشماری مشخص کنند.

فصل هشتم

مدل سازی در ساج

۱-۸-مقدمه

سیستم اطلاعات جغرافیائی در ابتدا به عنوان ابزاری برای ذخیره سازی، بازیابی و نمایش اطلاعات بوجود آمد، بنابراین توانایی تحلیل فضایی آن محدود بود که این موضوع می توانست یکی از محدودیت های اصلی ساج محسوب شود. با توجه به مرور زمان و کسب تجربه در زمینه استفاده از این سیستم برای امور تصمیم‌گیری فضایی، باعث توسعه روشهای تحلیل فضایی و انجام مدل سازی یرای اهداف مختلف در محیط ساج گردید. اساساً تحلیل فضایی و مدل سازی در ساج دستکاری داده های مربوط به نقشه، نظیر روی هم قراردادن و مرزبندی کردن چندضلعی ها و یا پیکسلها می باشد. همچنین خلاصه کردن فضایی داده ها نیز یکی دیگر از کارهای ساج می باشد. بدین ترتیب داده های فضایی برای یک ناحیه برحسب علاقه بصورت انتخابی بازیابی شده و سپس خلاصه اطلاعات آماری پایه محاسبه و بصورت نقشه در می آید.

برمبنای آنچکه در فصول پیشین در خصوص انواع توابع تحلیل مکانی در محیط برداری و رستری و همچنین تهیه و پردازش مدل رقومی زمین و انجام تحلیل شبکه ذکر گردید، همه آنها چارچوب اصلی برای مدل‌سازی در محیط ساج را تشکیل می دهند و اصولا "مدل سازی برمبنای آنها با تلفیق انواع توابع و خروجی های اخذ شده از توابع مکانی بدست می‌آید. در فصل حاضر ضمن بیان چارچوب های لازم برای مدل سازی در محیط ساج، انواع مدلهای رایج درساج مورد بحث قرار می‌گیرد و در انتها نیز نمونه‌های عملی مدل‌سازی ذکر می‌گردد.

۲-۸- مفهوم مدل و مدل سازی

یک مدل، جهان واقعی و فرآیندهای مربوط به آن را بصورت ساده نشان می‌دهد. مدل‌های برداری و رستری نوعی از مدل‌های مکانی هستند که برای نمایش جهان واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گونه مدل‌ها داده‌ها را خلاصه می‌کنند و چگونگی وجود پدیده را بیان می‌کنند. این نوع مدل ها نمی‌توانند فرآیندهای رخ داده در جهان واقعی را که مبنای ساخت مدل می باشد نشان دهند و از اینرو نیاز به مدل‌هایی است که بتوانند فرآیندها را مورد بررسی قرار داده و بتوانند شرایط مختلف تغییر فرآیندها در جهان واقعی را ارزیابی نمایند. بدین لحاظ مدل‌های فرآیندی، فرآیندهای جهان واقعی را شبیه سازی می‌کنند (هایوود و همکاران،۱۳۸۱). چنین مدل‌سازی به تصمیم گیری های لازم برای حل مسائل فضایی کمک می کند.

برای انجام مدل سازی درساج از تکنیک‌های تحلیل فضایی استفاده می‌شود تا مدل‌ها چگونگی وجود و تغییرات پدیده‌های فضایی را نشان دهند. این کار اصطلاحا "مدل سازی نامیده می شود که ازطریق جمع‌آوری و پردازش داده‌ها بوسیله ساخت مدل صورت می‌گیرد. گروهی از مدل‌سازی‌ها با استفاده از روش‌های تحلیل آمار فضایی صورت می‌گیرد که امروزه طرفداران زیادی پیدا کرده است (لی و وانگ، ۱۳۸۱).

در مجموع دو هدف اصلی برای مدل سازی در ساج وجود دارد: هدف اول برای درک کردن آنچکه در محیط جهان واقعی اتفاق می‌افتد و هدف دوم پیش بینی تغییراتی است که در محیط رخ می دهد.

۳-۸- انواع مدل ها

مدل‌هایی که امروزه در علوم مختلف مورد استفاده قرار می گیرد انواع بسیار مختلف داشته و هریک از علوم بر مبنای هدف یا کاربرد، نامهای مختلفی را به آنها داده اند. در حالت کلی این مدل‌ها می‌تواند در طبقه‌بندی‌های زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱-۳-۸- مدل های مفهومی

مدل‌سازی مفهومی شکل مستقل هرگونه اجرای پایگاه اطلاعاتی محسوب می‌شود که این امکان را به شخص می‌دهد که بطور ژنریک موضوعات مورد توجه را توصیف نماید(Rigaux et al., 2002). مدل‌های مفهومی معمولا "به شکل توضیحی یا گرافیکی ارائه می‌شوند و توصیف کمی و کیفی از روابط جهان واقعی را در قالب واژه ها یا تصاویر ارائه می‌کنند (هایوود و همکاران،۱۳۸۱). مرسومترین

مدل‌های مفهومی، سیستم نموداری است که از نمادها جهت توصیف مولفه ها و ارتباطات اصلی مدل استفاده می‌کند.

۲-۳-۸- مدل‌های ریاضی

مدل های ریاضی، مدل‌هایی هستند که فرآیندهای حاکم در دنیای واقعی را به صورت روابط ریاضی و آماری نشان می‌دهند. در رابطه با هدف مطالعه، مدل های ریاضی از انواع ساده یا پیچیده شکل می‌گیرند که بطور مسلم در نوع پیچیده، تعداد متغیرها و سیستم پردازش از محاسبات پیچیده‌تری برخوردار خواهد بود. از نظر نتایج قابل دسترس، مدل‌های ریاضی به سه صورت مدل‌های قطعی، تصادفی و بهینه سازی را در برمی‌گیرد. در مدل‌های قطعی، خروجی نتایج مدل به خروجی‌هایی خواهد رسید که نتایج را به صورت قطعی یا به صورت صفر و یک نشان خواهد داد. در مدلهای تصادفی، نتایج مدل برخلاف مدل قطعی، نتایج به صورت احتمالاتی بیان خواهد شد و به نوعی انعطاف‌پذیری را در بیان نتایج به همراه دارد و احتمال وقوع پدیده ها را بیان می کند.

۳-۳-۸- مدل های آنالوگ

مدل های آنالوگ، مدل‌هایی هستند رویدادهای واقعی یا اشیاء جهان واقعی را به عنوان مبنای ساخت مدل در نظر می‌گیرند. نقشه های توپوگرفی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای گونه هایی از مدل‌های آنالوگ به شمار می‌روند.

٤-۳-۸- مدل‌های فیزیکی

این نوع مدل‌ها از جمله مدل‌هایی هستند که با استفاده از موادی مانند گچ، چوب و پلاستیک، مدلی از جهان واقعی را ارائه می‌دهند. استفاده از این نوع مدل‌سازی برای تولید مدل‌های فیزیکی از سازه‌ها، سدها و ارتفاعات به صورت ماکت مرسوم می‌باشد که در امور مختلف از جمله طرح‌ریزی برای عملیات نظامی از کاربردهای زیادی برخوردار است.

۵-۳-۸- مدل های رقومی

این مدل‌ها که با ظهور و توسعه رایانه ها توسعه زیادی پیدا کرده اند مدل‌هایی هستند که به صورت کدهای صفر و یک در رایانه شکل گرفته و مورد پردازش قرار می‌گیرند. مدل‌هایی که درساج استفاده می شوند عمدتا "از این نوع مدل‌ها محسوب می‌شوند.

٤-٨- مراحل مدل‌سازی در ساج

برای مدل سازی در ساج، شش مرحله اساسی همانطور که در شکل ۱-۸ نشان داده شده است وجـود دارد:

۱.بیان مسئله،

در مرحله اول مسئله تحقیق شناسایی شده و بر مبنای آن چارچوب تحقیق شکل می‌گیـرد. مسـائلی در ساج مورد توجه قرار می‌گیرد که ماهیت مکانی داشته و به اصطلاح مسئله مکانی و یـا فضـایی باشـد. تعیین هدف از تحقیق از مسائلی است که حتما "باید در این مرحله مورد توجه قرار گیرد.

۲.تجزیه و تحلیل مسئله به مولفه‌های آن،

موشکاف مسئله و بررسی سوابق موجود در زمینه موضوع تحقیق از مهمترین مواردی است که در این مرحله مورد توجه قرار می گیرد و طی آن انواع داده های مـورد نیـاز بـرای پاسـخگویی بـه سـوال یـا سوالات تحقیق تعیین می شود.

۳.گردآوری و بررسی داده های مورد نیاز،

در این مرحله کلیه داده های مورد نیاز برای تشکیل پایگاه اطلاعاتی گردآوری شده و از نظـر صـحت، جامعیت و بهنگام بودن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت رقومی نبودن این داده ها، لازم است بـا روشهای مناسب رقومی شده و پـردازش‌هـای لازم بـه منظـور اصـلاح آنهـا صـورت گیـرد تـا آمـاده تحلیل‌های بعدی گردد.

٤.انجام پردازش

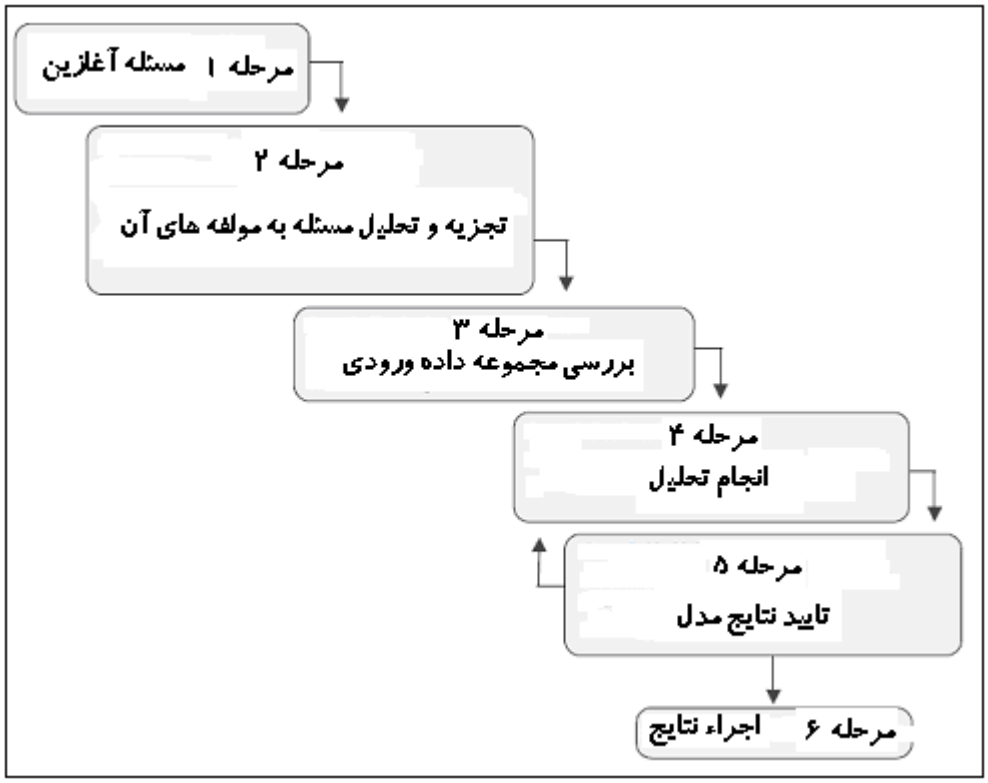
در این مرحله با انجام پردازش‌های لازم، داده‌های گردآوری شده مطابق الگوریتم از پیش تعیـین شـده پردازش گردیده و نتایج آن استخراج می‌گردد. تصمیم گیری در مـورد یـک یـا چنـدین مـدل تحلیـل فضایی برای استفاده و تصمیم‌گیری در مورد یک برنامه ساج مناسب (مدل داده) برای استفاده از جمله مسائلی است که در این مرحله مورد توجه قرار می‌گیرد.

۵.تایید نتایج مدل

در این مرحله با توجه به نتایج بدست آمده از مرحله پیشین، نتایج مورد بررسی و تعیین دقت و صحت قرار می‌گیرد و در صورت وجود هرگونه اشکال لازم است مراحل مطالعه مجددا "بررسی شده تا نتایج مطلوب حاصل شود.

٦.اجرای نتایج

در صورت تایید نهایی نتایج بدست آمده، نتایج مدل آماده اجراء بوده و می‌تواند مورد استفاده کاربران مختلف قرار گیرد.



شکل ۱-۸- مراحل مدل سازی در ساج

۵-۸- انواع مرسوم مدل سازی در ساج

همانطور که قبلا "ذکر شد مدل‌هایی که در محیط ساج بکار گرفته می‌شوند همه از نوع مدل‌های رایانه‌ای یا رقومی می باشند. مدل‌های مختلف در محیط ساج مورد استفاده قرار می‌گیرد که هر یک از

آنها دارای اهداف مختلف می‌باشند و به تناسب داده های بکار گرفته شده از نتایج و کاربردهای متفاوتی برخوردار هستند. مدل‌های بکار گرفته شده در ساج برحسب منظورهای مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی آنها بر اساس هدف، روش‌شناسی یا تکنیک و منطق می‌تواند یک از طبقه‌بندی‌های مهم در این زمینه تلقی شود. مدل رقومی ارتفاع در طبقه بندی بر اساس هدف، مدل‌های ساج به دو گروه مدل‌های توصیفی و مدل های تجویزی[1] طبقه‌بندی می‌شود De Mers, (2002). در طبقه‌بندی بر اساس روش‌شناسی یا تکنیکی، مدل‌ها می تواند به گروه مدل‌های کارتوگرافیک که خود می‌تواند شامل مدل‌های آماری بر اساس احتمالات آماری یا مدل‌های جبری باشد تقسیم‌بندی شود. بر اساس منطق نیز مدل‌ها می‌توانند به دو گروه مدل‌های قیاسی یا استنتاجی و مدل‌های استقرایی طبقه‌بندی شود.

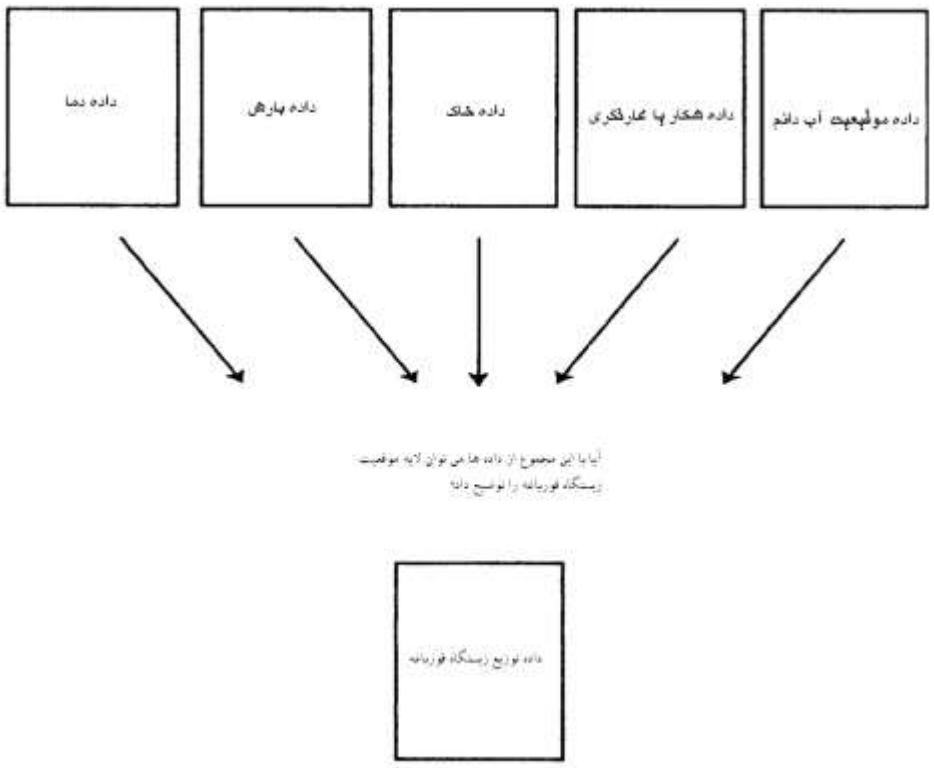
صرفنظر از رویکردهایی مختلفی که برای طبقه‌بندی مدل‌های ساج بکار می رود انواع مدل‌ها به صورت زیر می باشد:

۱-۵-۸- مدل های توصیفی

مدل‌های توصیفی در ابتداء برای تشریح بخش یا همه ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه ارائه شده بودند. عمل تشریح پدیده‌ها در طبیعت می‌تواند به صورت ساده یا پیچیده، تکی یا چند موضوعه، مقدماتی برای مدل‌سازی نهایی باشد. در برخی مواقع تفکیک مدل‌های توصیفی از سایر انواع مدل‌ها مشکل است. برای مثال، نقشه نیز می‌توانند جزو مدل‌های توصیفی محسوب شوند، چرا که آنها نیز به تشریح الگوهای مکانی پدیده ها کمک می کنند. با توجه به این موضوع می توان گفت که مدل‌های توصیفی شرایط موجود را توصیف می‌کنند. به عبارت دیگر آنها اغلب پاسخ سوال "چه چیز "را بیشتر از سوال "چه چیز باید باشند "را می‌دهند.

برای مثال در شکل ۲-۸ الگوی توصیفی برای تشریح زیستگاه قورباغه نشان داده شده است. همانطور که این شکل نشان می‌دهد الگوی زیستگاه قورباغه می‌تواند براساس الگوی مکانی دما، بارش، خاک، شکار و داده موقعیت آبهای دائم قابل تفسیر شود. بطور مسلم توصیف این الگو می تواند در تشریح موقعیت زیستگاه قورباغه و پیش بینی زیستگاههای احتمالی مهم باشد.

[1] prescriptive



شکل ۲-۸- مدل توصیفی در ساج به منظور تشریح الگوی زیستگاه قورباغه(Delaney, 1999)

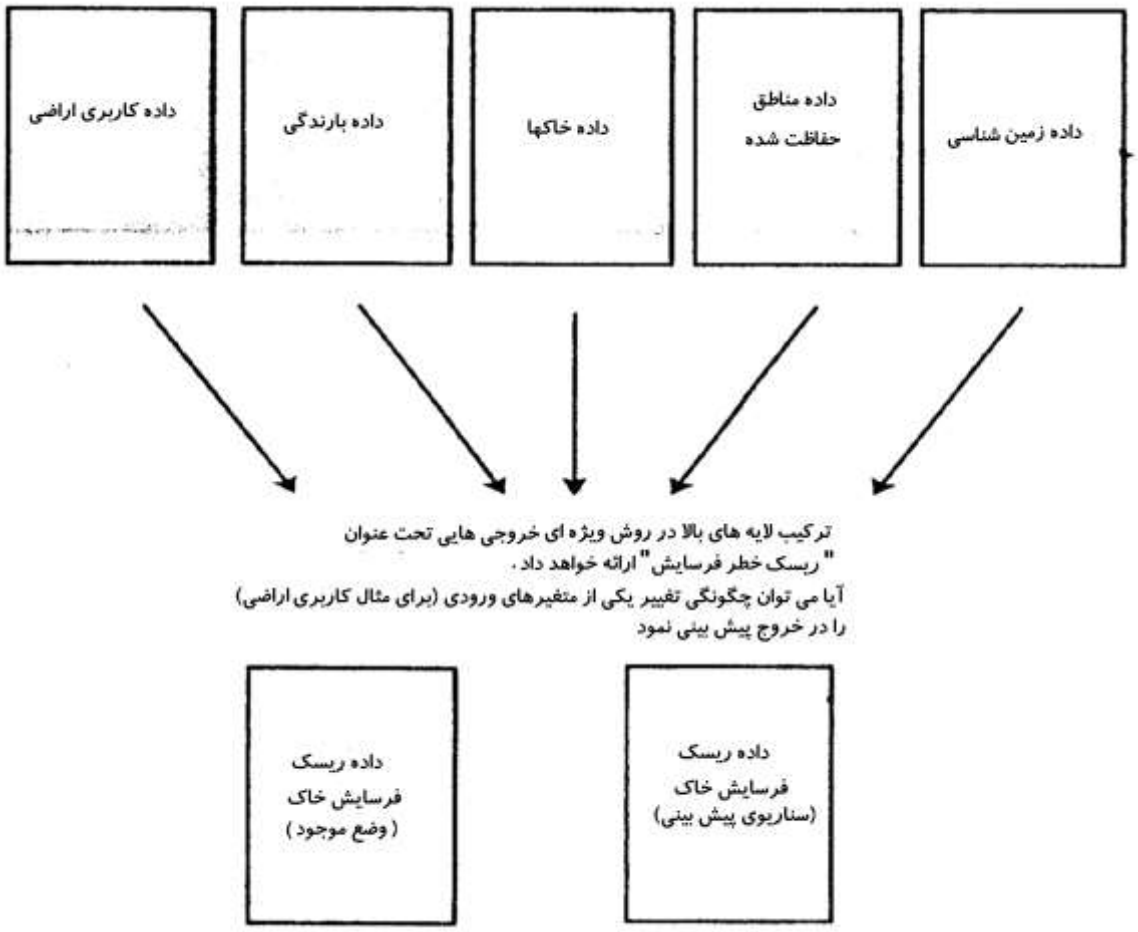
۲-۵-۸- مدل های تجویزی

مدل تجویزی برای تدوین بهترین روش حل مسائلی که در آن تشریح شرایط موجود برای تصمیم گیری ناکافی باشد طراحی شده است. همانند یک پزشک که با تشخیص نوع بیماری، نسخه داروئی مورد نیاز را تجویز می کند، در مدل تجویزی نیز پس از بررسی مسئله، بهترین گزینه برای حل مسایل فضایی ارائه می شود. در ساج این گزینه ها باید برای حل مسائل فضایی به سوالاتی مانند۱) بهتربن موقعیت برای سایت یک کارخانه؟ ۲) بیشترین موقعیت احتمالی برای پیدا کردن قاتل قتل‌های سریالی؟ پاسخ دهد. به عبارت دیگر مدل تجویزی با پاسخ به سوال "چه چیزی باید باشد "همراه است.

۳-۵-۸- مدل های پیش بینی

همانطور که قبلا "گفته شد یکی از کاربردها و وظایفی که یک ساج برعهده دارد بررسی روندهای آتی تغییرات پدیده ها است. به همین منظور لازم است تغییرات داده‌های ورودی مدل در نتایج حاصله در خروجی مدل مورد بررسی قرار گیرد و بدین ترتیب پیش بینی لازم صورت گیرد. برای مثال در شکل

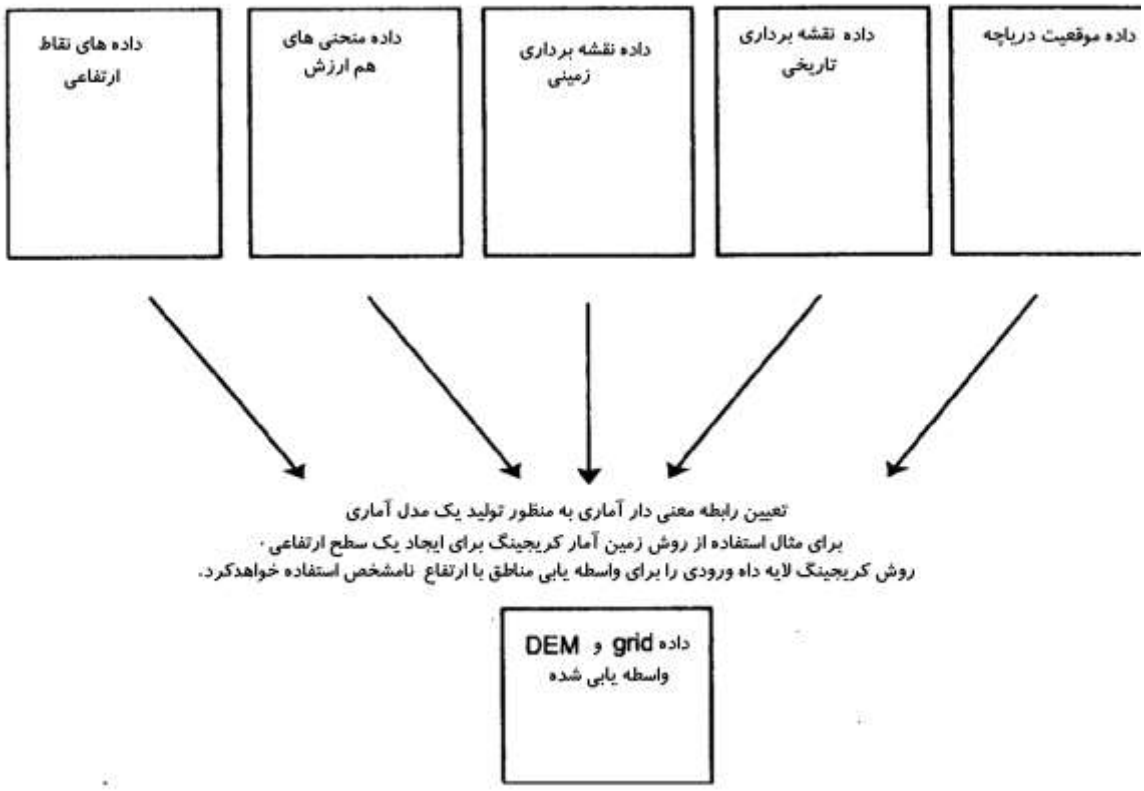
۳-۸ مدل محاسباتی برای محاسبه فرسایش خاک نشان داده شده است. خروجی حاصل از این مدل به دو صورت متفاوت می‌تواند ارائه شود، یکی محاسبه میزان فرسایش یا خطر فرسایش خاک در شرایط موجود با در نظر گرفتن وضعیت جاری کاربری اراضی ، میزان بارش، نوع خاک، مناطق تحت حفاظت و شرایط زمین‌شناسی به عنوان داده های ورودی است، در حالت دوم تغییرات در لایه ورودی صورت گرفته و نتایج تغییرات در نقشه نهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین ترتیب امکان انجام انواع تغییرات در ورودی‌های مدل و ارزیابی نتایج آن در مدل خروجی میسر می‌گردد و بهترین نتیجه به عنوان مدل پیش‌بینی شده ارائه و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۸- نمونه های از مدل های پیش بینی برای پیش بینی ریسک فرسایش خاک(Delaney, 1999)

٤-٥-٨- مدل های آماری

مدل های آماری، مدل‌هایی هستند که به منظور انجام محاسبات آماری از جمله محاسبه رگرسیون بین داده‌های مورد توجه و یا تعمیم داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Birkin et al.,1996). شکل ٤-٨ نشان دهنده نمونه‌ای از مدل های آماری برای تعمیم داده‌های نقطه ای به داده های سطحی از نظر ارتفاعی است. به همین منظور این مدل از داده‌های مختلفی همچون نقاط ارتفاعی، منحنی‌های میزان، داده‌های نقشه برداری زمینی، داده های نقشه برداری قدیمی و داده های موقعیت دریاچه ها استفاده می‌نماید.

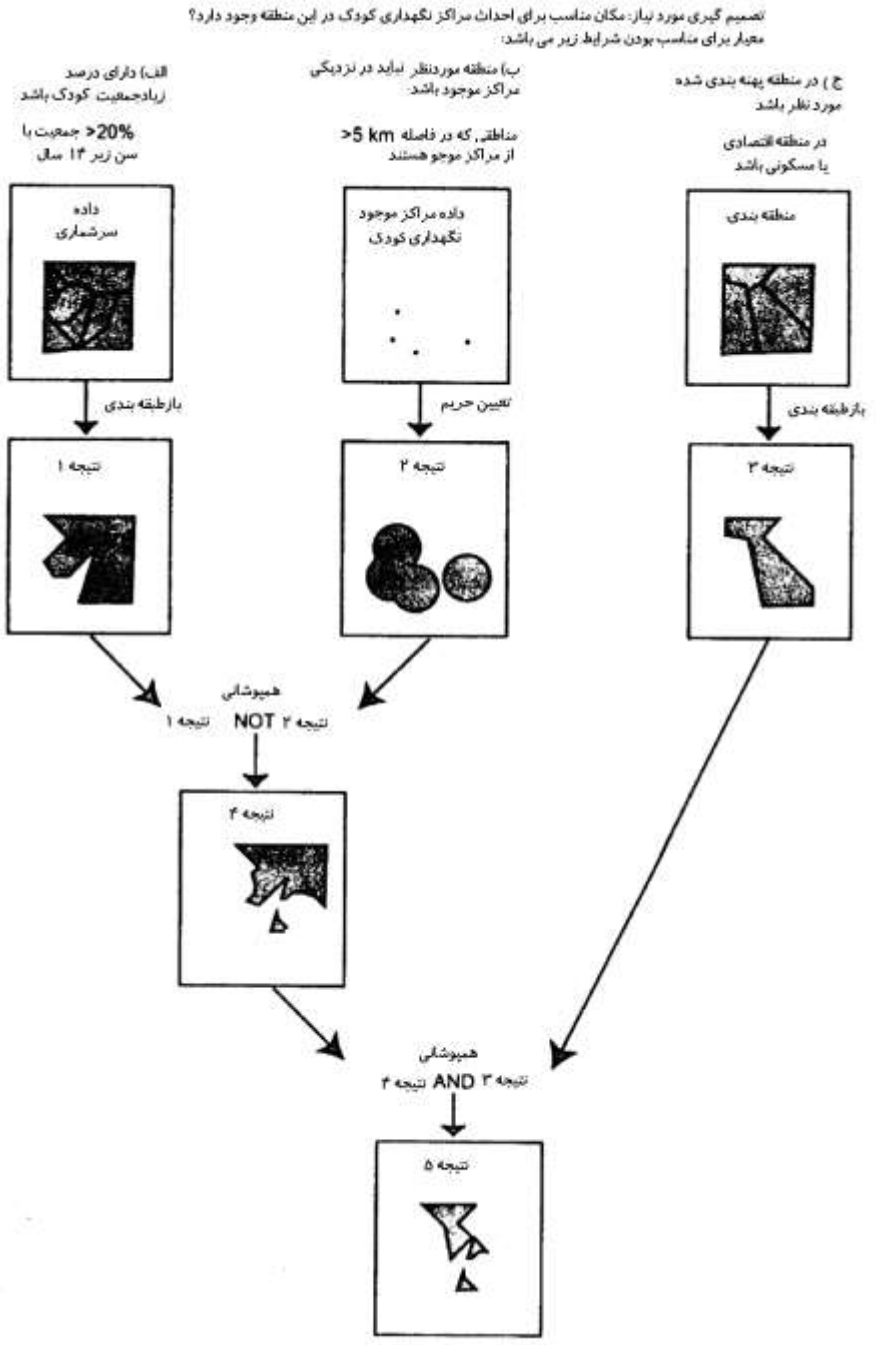


شکل ۳-۸ نمونه های از مدل‌های واسطه‌یابی برای تولید مدل رقومی ارتفاع(Delaney, 1999)

۵-۵-۸- مدل های کارتوگرافیک

مدل‌های کارتوگرافیک نوعی از مدل‌سازی در محیط ساج هستند که از طریق ترکیب لایه ها به الگوی جدیدی می‌رسد. مدل‌سازی کارتوگرافیک از مهمترین عملیات تحلیل داده‌های رستری محسوب می‌شود که به چهار قسمت اصلی عملیات محلی، کانونی، کلی و منطقه ای تقسیم می شود. (Longley et al., 2001). از این نوع مدل‌سازی برای مکان‌یابی موضوعات مختلف به وفور استفاده می‌شود. نمونه ای از این مدل‌سازی در شکل ۵-۸ ارائه شده است. در این مثال که به منظور

مکان‌یابی مکانهای مناسب برای محل‌های نگهداری کودک ارائه شده است با ترکیب لایه‌های سه گانـه داده های سرشماری، نقشه موقعیت فعلی مراکز نگهداری کودک و نقشه منطقه‌بندی بـر اسـاس توابـع اصلی همپوشانی و تعیین حریم، مناطق مناسب شناسایی و معرفی شده است.



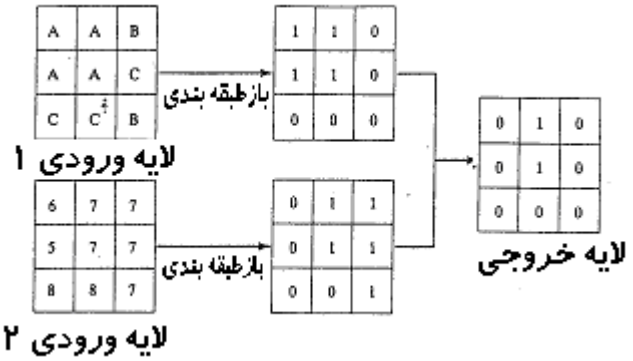
شکل ۵-۸- مدل‌سازی کارتوگرافیک به منظور مکان‌یابی مراکز جدید محـل‌هـای نگهـداری کـودک((Delaney, 1999

٦-٨- انواع روش های تلفیق داده ها در ساج به منظور مدل‌سازی

انواع مدل‌هایی که در مطالب پیشین ذکر شد همگی حاصل ترکیب انـواع لایـه هـای اطلاعـاتی جمـع آوری شده می‌باشد. برای ترکیب این لایه از روش‌های مختلفی در ساج استفاده می‌شود کـه مهمتـرین آنها عبارتند از:

١-٦-٨- مدل‌های باینری

در مدل‌های باینری که به صورت ارقام صفر و یک در نقشه خروجی ظاهر می شود کلیه شـرایطی کـه برای مکان‌یابی یک پدیده خاص مد نظر می باشد تعریف شـده و براسـاس آن ترکیـب لایـه صـورت می‌گیرد. برای مثال اگر هدف کاربر، پیدا کردن مکانهای مناسب برای امر خانه‌سازی باشد و برای آن دو لایه ارتفاع و شیب زمین مفروض باشد. فرض می‌شود که مکانهایی که دارای ارتفاع کمتر از ١٦٠٠ متر و شیب کمتر از ٨ درصد برای ساخت مسکن مناسب هستند، مدل بـاینری درصـورت وجـود داشـتن صرفا "مناطق مورد نظر رابازیابی کرده و آن را با عدد یک به مفهوم مصداق شرایط تعیین‌شده تعیین و معرفی می‌نماید، بطور مسلم مناطق دیگر به مفهوم منطقـه فاقـد شـرایط فـوق الـذکر و بـا عـدد صـفر مشخص خواهد شد. در ترکیب لایه‌های اطلاعاتی با این روش می‌توان از منطق بولی شامل and، or و not استفاده کرد (شکل ٦-٨).

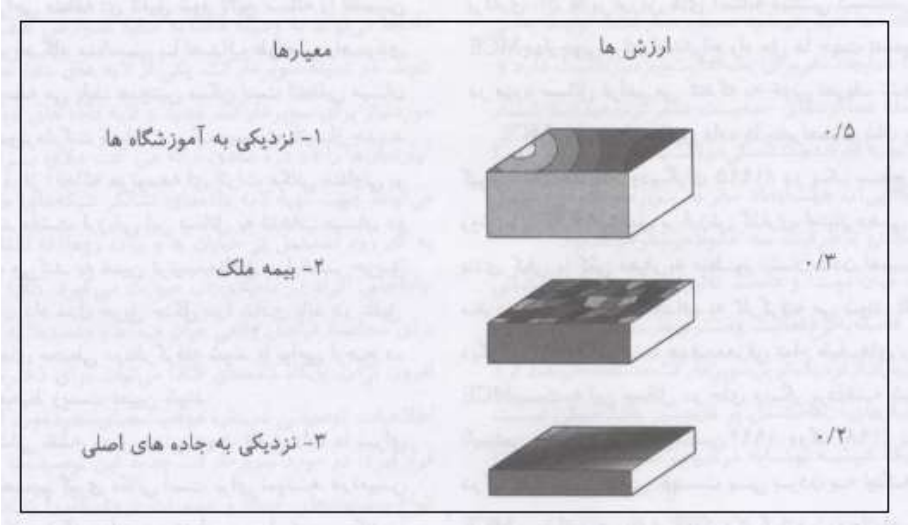


شکل ٦-٨- نمونه ای از همپوشانی لایه های اطلاعـاتی کـه خروجـی آنهـا بـه صـورت لایـه بـاینری می‌باشد

۲-٦-۸- مدل‌های همپوشانی شاخص[1]

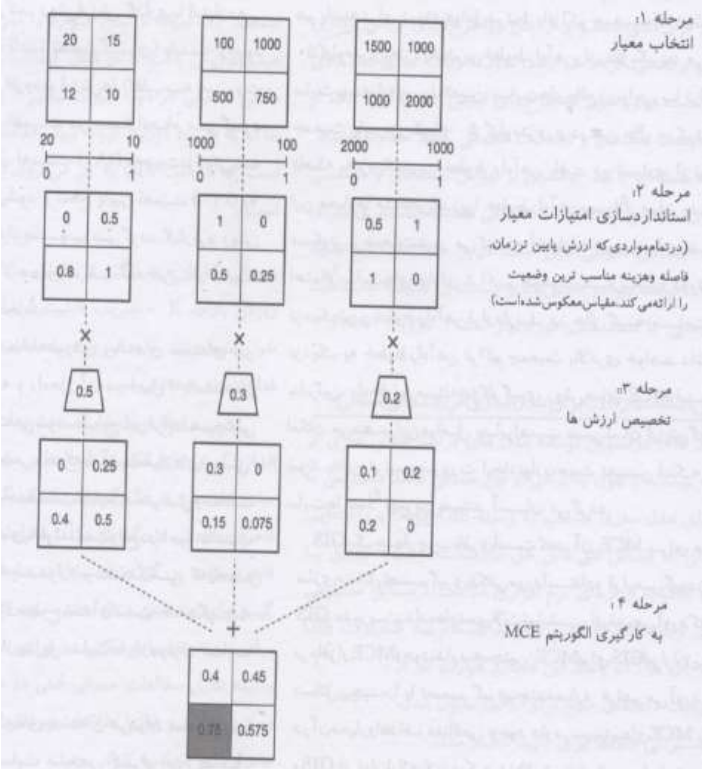
در این روش، ترکیب لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای تخصیص وزنهای متفاوت به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی و سپس جمع جبری آنها صورت می‌گیرد. برای تخصیص وزنها به لایه‌های اطلاعات از روش‌های خاصی مانند رتبه بندی، نسبتی و مقایسه زوجی استفاده می شود (فرج زاده،۱۳۸٤).

همانطور که شکل ۷-۸ نشان می‌دهد برای مکان یابی خانه جدید، سه لایه نزدیکی به آموزشگاهها، بیمه املاک و نزدیکی به جاده های اصلی با وزنهای متفاوتی به ترتیب با ۰,۵، ۰,۳ و ۰,۲ ترکیب شده اند. بدین ترتیب نقش نزدیکی به مراکز آموزشی برای مکان‌یابی خانه‌های جدید خیلی بیشتر از سایر عوامل مورد توجه قرار گرفته است. برای ترکیب لایه‌ها با این روش طی مراحلی به صورت شکل ۸-۸ ضرورت دارد. مرحله اول انتخاب معیارهای مناسب برای پدیده مورد نظر می باشد. در مرحله دوم یکسان سازی واحدهای مورد استفاده در لایه ورودی است تا بدین ترتیب همه آنها از واحد مشترک برخوردار باشند. در مرحله سوم تخصیص وزنها متناسب با اهمیت هریک از لایه های مورد توجه می باشد و در مرحله نهایی ترکیب لایه ها صورت می گیرد.



شکل ۷-۸- مکان‌یابی خانه جدید بر اساس ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف با وزن‌های گوناگون (هایوود و همکاران،۱۳۸۱)

[1] index overlay



شکل ۸-۸- مراحل ترکیب لایه ها با استفاده از تخصیص وزن‌ها(هایوود و همکاران،۱۳۸۱)

۳-۶-۸- مدل‌های پردازشی

در این نوع از مدل‌سازی، محاسبات ریاضی و آماری به منظور ترکیب لایه‌ها صورت می‌گیرد. بدین ترتیب که با در نظر گرفتن روش محاسباتی مانند محاسبه تبخیر و تعرق برای منطقه مفروض، انواع ضرایب به لایه های ورودی تخصیص داده شده و محاسبه لازم صورت می‌گیرد.

۷-۸- مثالهایی از مدل سازی درساج

۱-۷-۸- مدل سازی ساج و مدیریت کشاورزی بدون ایجاد آلودگی(Lo & Yeung, 2005)

کاهش آلودگی در سالهای اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، زیرا هزینه زیادی را برای محیط در بر دارد. آلودگی آب از جمله موارد آلودگی می‌باشد که از مکانهای وسیع پراکنده نشأت می‌گیرد. برای کاربری اراضی زمین کشاورزی، آلودگی آب شامل رواناب سطحی و زیر سطحی حاصل از بارش یا آبیاری است که شامل آلودگی‌های نظیر ذرات خاک، ماده غذایی، علف کش‌ها و

غیره می‌شود. تعیین مشکل آلودگی مناطق به علت اینکه در ارتباط با فضا و طبیعت توزیع فرآیندها می‌باشد بسیار مشکل است. در صورتیکه مشکل مناطق مشخص شود، عملیات مدیریتی طراحی شده برای کاهش تاثیر کشاورزی و فعالیت‌های دیگر در محیط می‌توانند به مورد اجراء گذاشته شوند. بنابراین، با استفاده از مدل‌سازی ساج، پیش بینی مناطقی که در یک حوضه رودخانه‌ای، مستعد تولید آلودگی هستند امکان پذیر است.

مدل‌هایی که به این منظور ارائه شده‌اند قابلیت ادغام تاثیر پارامترهای متغیر فضایی نظیر توپوگرافی، خاکها و کاربری اراضی را دارند تا وضعیت های مختلف را در همه نقاط در حوضه آبریز بطور همزمان شبیه سازی کنند. همچنین این مدل‌ها، کیفیت رواناب سطحی را ارزیابی کرده و آن را با کیفیت مورد انتظار دیگر استراتژیهای مدیریت زمین مقایسه می‌کنند.

در این مدل‌ها ویژگی‌های فضایی خصوصیات رواناب و فرآیندهای حمل و نقل رسوب ها و مواد مغذی برای هر سلول شبیه سازی می‌شود و به سمت خروجی هدایت شود. بنابراین رواناب، فرسایش و حرکت شیمیایی در هر نقطه حوضه مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

مدل تعیین آلودگی آبها، می‌تواند دربرگیرنده لایه های مربوط به خاکها، ارتفاع، کاربری اراضی، عملیات مدیریت، ورودیهای مغذی حاصلخیزکننده، نوع ماشین آلات کشاورزی مورد استفاده برای آماده سازی زمین، شیب کانال و فاکتور طول شیب باشد. با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی، نیز اطلاعات توپوگرافیکی نظیر شیب، جهت، لبه ها، کانال ها، حوضه ها و مسیرهای جریان زمینی می‌تواند به دست آید.. خروجی مدل مذکور می‌تواند بطور گرافیکی نمایش داده شده و بر اساس تصویرسازی، استراتژیهای مختلف مدیریت جهت بهبود کیفیت آب می تواند ارزیابی شود.

۲-۷-۸- تعیین بهترین مکانها برای مدیریت زیستگاه حیوانات (Lo & Yeung, 2005)

این نوع کاربرد مدل سازی ساج ، با توجه به استفاده از مفهوم شاخص شایستگی سکونت با مدیریت منابع ارتباط دارد. این روش می تواند برای حیوانات یا گونه های در معرض خطر کاربرد داشته باشد. مدلهای مختلفی برای بررسی سکونتگاه حیوانات مختلف ارائه شده است.

۳-۷-۸- مسیر بهینه حمل و نقل مواد خطرناک(Lo & Yeung, 2005)

تحلیل های شبکه خصوصاً برای کاربردهای مسیر یابی که نیاز به یافتن بهترین مسیر بین مبداء و مقصد دارند مفید است. بهترین مسیر با توجه به هدف از مسافرت ممکن است کوتاه ترین، امن ترین، یا

زیباترین مسیر باشد. یکی از این موارد تعیین ارزان‌ترین و امن‌ترین مسیر برای حمل مواد خطرناک در بزرگراهها است.

در حمل مواد خطرناک بهترین مسیر، مسیری است که هم پربازده و امن باشد. بازدهی ممکن است به صورت کاهش هزینه حمل و نقل یا زمان حمل و نقل تفسیر شود، درحالیکه امنیت به معنی کاهش میانگین نرخ تصادف در مسیر انتخاب شده و یا کاهش اثرات جمعیت یا هزینه بالقوه آسیب اموال در طول مسیر یا به حداقل رساندن کامل خطرات تلقی شود. یک مسیر پربازده، بطور معمول کوتاه‌ترین مسیری است که شامل بخش‌هایی است که امن نیستند، در حالیکه یک مسیر امن همیشه پربازده نیست و اغلب هزینه‌بر می‌باشد. بنابراین مشکل، بهینه سازی یافتن مسیری است که دارای یک تعادل بین خطر و هزینه باشد.

در نظر گرفتن این گزاره ها در تحلیل شبکه، یافتن کوتاهترین مسیر یا یک مسیر با حداقل مسافت از مبداء تا مقصد، از طریق تعیین یک مسیر با کم ترین مقاومت تجمعی انجام می‌شود. اگر فقط فاکتورهای خطر درنظر گرفته شوند یک مسیر امن باید شامل گروهی از منحنی ها (بخش ها) با تغییرات کم باشد یا به عبارت دیگر کاهش میزان خطر را به حداقل آن برساند.

٤-٧-٨- تعیین بهترین مکان فروشگاه

تعیین بهترین مکان فروشگاه، نمونه ای از کاربرد عمومی ساج برای تعامل مدل‌های فضایی و جاذبه می‌باشد که از مبانی تحلیل فضایی ساج گرفته شده است. فرض می‌شود مالک یک فروشگاه زنجیره‌ای کوچک می‌خواهد فروشگاه دیگری را باز کند. بهترین مکان برای تاسیس این فروشگاه کجاست؟ بطور مسلم برای رضایت مشتریان، نباید فروشگاه با فروشگاههای دیگر رقابت کند، منطقه تجاری(منطقه ای که مشتریان را جذب می کند)باید درصد بالایی از مشتریان سرمایه دار برای کالاهای عالی داشته داشته باشد و تراکم جمعیت نیز باید بالا باشد.

جهت اجتناب از رقابت با فروشگاههای دیگر، دانستن توزیع فضایی همه فروشگاهها در شهر ضروری است. براساس مطالعه مشتریان در فروشگاهها، می توان تعیین نمود که این مشتریان بیش از ۳ کیلومتر از فروشگاه ها خرید انجام نمی دهند. بنابراین فروشگاه جدید باید خارج از محدوده کمربند ۳ کیلومتری همه فروشگاههای موجود باشد. این فاکتور فاصله، نتیجه کاربرد مدل تعامل فضایی می باشد. نقشه ای که فواصل بین فروشگاهها را نشان دهد ضروری است. کار دیگری که باید انجام شود تحقیق

در مورد ائتلاف بالقوه مشتریان می باشد. خصوصیات اجتماعی و اقتصادی مشتریانی که از هر یک از فروشگاهها خرید می کنند کدامند؟

اگر فرض شود که مشتریان بالقوه فروشگاه در گروه سنی ۳۵-۲۵ سال با میانگین درآمد بالا باشند، نقشه درصد جمعیتی که دارای این چنین شرایط در واحدهای سرشماری شهر می باشند باید تهیه شود. سرانجام تراکم جمعیت باید مشخص شود تا اینکه مشخص شود آیا مصرف کنندگان بقدر کافی در ۳ کیلومتری منطقه تجاری در هر منطقه شهر وجود دارند یا نه؟

برای هر سه نقشه تهیه شده، مقیاس مناسبی باید انتخاب شود. راههای مختلفی برای ایجاد یک مقیاس مناسب وجود دارد و برای بعضی پدیده‌ها مقیاس غیر خطی می‌باشد. فاصله، مثال خوبی برای این مورد می‌باشد.

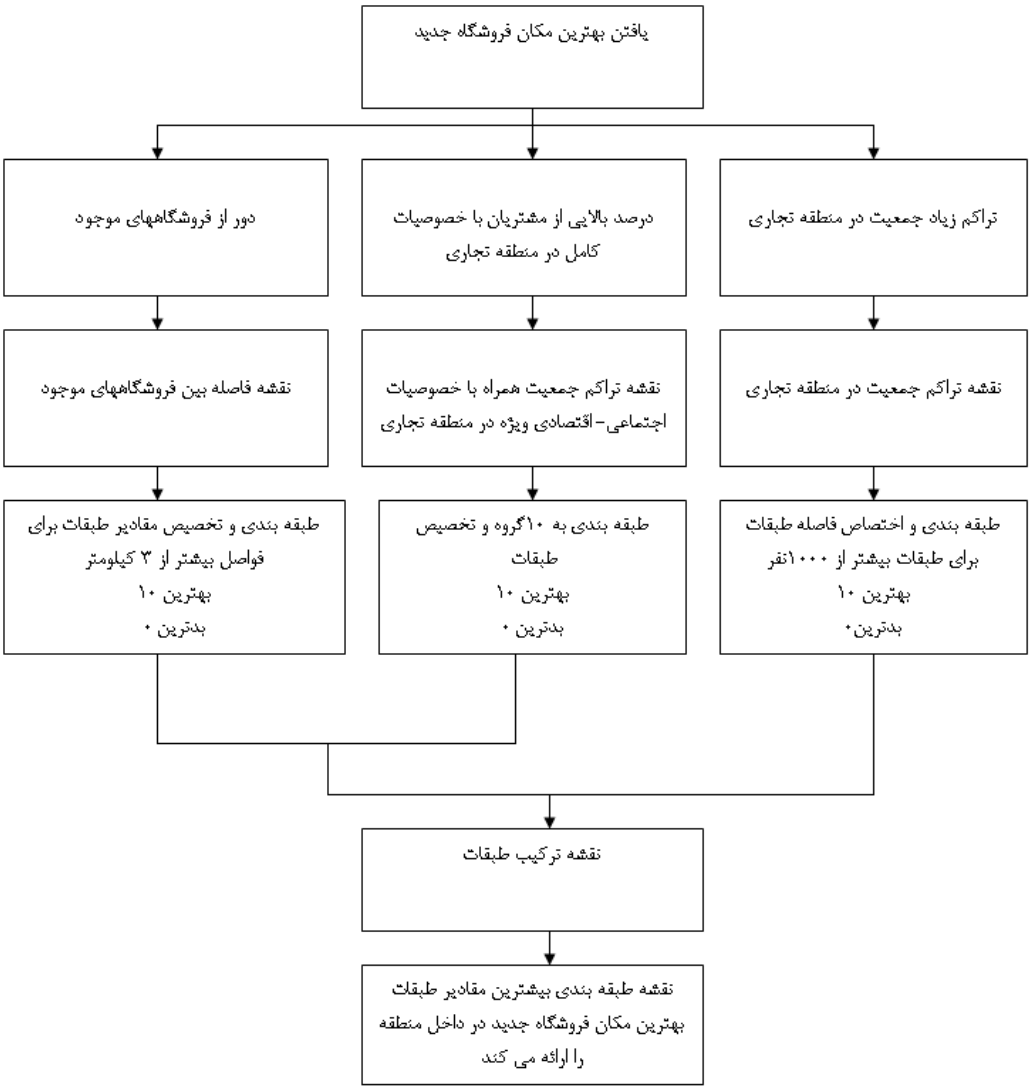
برای تعیین بهترین مکان فروشگاه جدید، فرض می‌شود که برای فواصل بین فروشگاههای موجود، ۵ طبقه مختلف بصورت زیر تهیه گردد. همانطور که گفته شد فواصل زیر ۳کیلومتر(۳۰۰۰متر) برای مکان‌گزینی فروشگاههای جدید مناسب نیست:

- ۳۰۰۰-۰، طبقه یک
- ٤۰۰۰-۳۰۰۰، طبقه دو
- ۵۰۰۰-٤۰۰۰، طبقه پنج
- ٦۰۰۰-۵۰۰۰۰، طبقه هفت
- بزرگتر از ٦۰۰۰، طبقه ده

بدیهی است که طبقات بالاتر برای مکان‌گزینی فروشگاههای جدید مناسب‌تر هستند. برای تهیه نقشه درصد جمعیت دارای ویژگیهای اجتماعی و اقتصادی مناسب در داخل منطقه تجاری، درصد های بالاتر مطلوب‌تر می باشند. برای این منظور انجام یک طبقه‌بندی که شامل ۱۰ طبقه بصورت صعودی باشد که در این نوع طبقه‌بندی، طبقه بالاتر مکان‌های بهتر را نشان می‌دهد. سرانجام برای تراکم جمعیت در داخل نقشه منطقه تجاری، طبقه‌بندی ۵ گروه با مشخصات زیر مناسب است. باید در نظر داشت که ۱۰۰۰نفر برای حفظ یک شغل پردرآمد کم می‌باشد:

- ۱۰۰۰-۰، طبقه یک
- ۱٤۰۰-۱۰۰۰، طبقه پنج
- ۱۹۰۰-۱٤۰۰، طبقه هفت
- بیشتر از ۱۹۰۰، طبقه ۱۰

بهترین مکان برای فروشگاه جدید از طریق همپوشانی ۳ نقشه با طبقات مناسب با هم به شکل یک نقشه تهیه می شود. مناطقی که دارای بیشترین مقدار در طبقه بندی هستند، بهترین مکان فروشگاه جدید می باشند. راه حل ساج برای حل این مشکل بصورت خلاصه در نمودار شکل ۹-۸ آمده است که این نمودار باید در ایجاد مدل ساج جهت حل مشکلات فضایی استفاده شود.



شکل ۹-۸- نمودار مدل سازی ساج جهت مکان گزینی بهترین مکان یک فروشگاه جدید(Lo & Yeung, 2005)

فصل نهم

سیستم اطلاعات جغرافیایی همراه

۱-۹- مقدمه

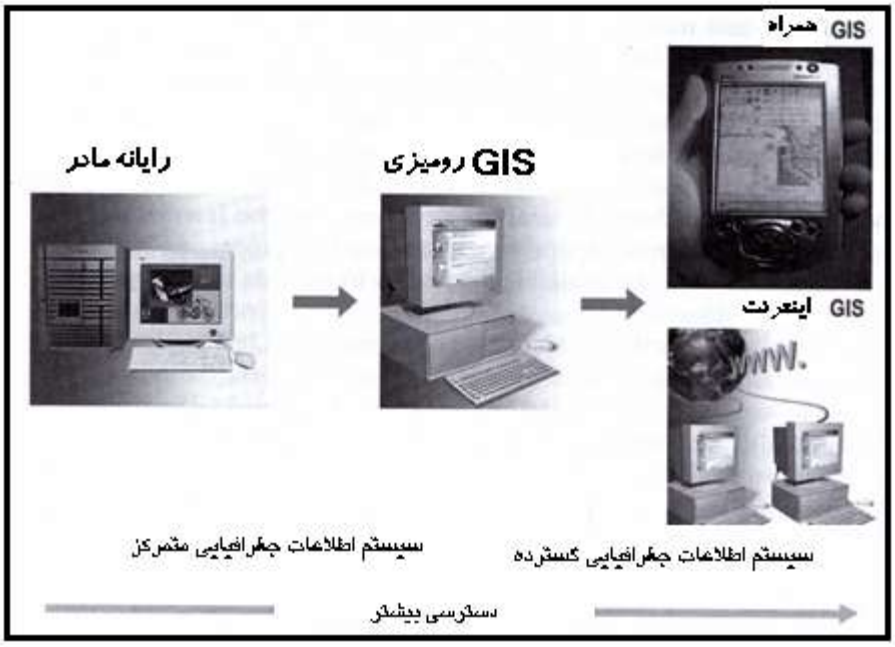
همزمان با پیشرفت تکنولوژی‌های اطلاعاتی و نیز نیاز روزافزون جامعه بشری به سیستم‌های پیشرفته و توسعه سخت افزار و نرم افزارهای رایانه‌ای، ساج نیز در روند تکاملی خود وارد مراحل جدیدی از کاربرد خود گردیده است که در حال حاضر آن را از حوزه تخصصی و کاربردهای محدود آن خارج ساخته و با وارد شدن به عرصه کاربردهای عمومی، طیف گسترده‌ای از کارکردها برای آن تعریف شده است. یکی از پیشرفتهای مهم و عمده سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در سالهای اخیر ابداع ساج همراه[1] بوده است که به صورت گسترده ای ساج را وارد عرصه عمومی کرده و عرصه‌های مختلف تحقیقاتی، نظامی، برنامه‌ریزی و مدیریتی نموده است.

برای درک مفهوم ساج همراه و اینکه این تکنولوژی در کجا و چگونه به کار می‌رود و جایگاه آن در کلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی کجاست نگاهی گذرا به روند تکامل ساج می‌تواند به صورت بهتری مفهوم ساج همراه و جایگاه آن را مشخص سازد.

توسعه و پیشرفت ساج در سطح گسترده‌ای به وسیله پیشرفت در تکنولوژی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تحت تاثیر قرار گرفته است. در واقع توسعه و پیشرفت سیستم اطلاعات جغرافیایی به طور تنگاتنگی توسعه و پیشرفت تکنولوژی‌های رایانه ای را منعکس می‌کند(Peng and Tsou, 2003). به تبع پیشرفت در تکنولوژی‌های کامپیوتری و اطلاعاتی، ساج نیز مراحل تکاملی خود را طی کرده و

[1] Mobile Geography Information System

از سیستمی متمرکز به سیستمی غیر متمرکز رسیده است که مراحل تکاملی آن را می‌توان به صورت شماتیک در شکل ۱-۹ نشان داد.



شکل ۱-۹- مراحل توسعه ساج همراه متمرکز به گسترده

ساج متمرکز[1] شامل ساج دستگاههای مادر[2] و ساج رومیزی[3] می‌باشد که در این سیستم‌ها به واسطه ویژگی‌ها و شرایط سخت افزاری و نرم افزاری، کاربرد آنها مبتنی بر تخصص و عمدتاً به وسیله افراد و سازمانهای ویژه‌ای بوده و بکاربردن این سیستمها نیازمند هزینه، زمان، تخصص و نیروی کار گسترده برای جمع‌آوری، ذخیره سازی، اصلاح، تغییر، تجزیه و تحلیل و نهایتاً نمایش داده‌های مربوط به زمین و محتوای آن بود.

ساج گسترده یا توزیعی[4] (غیر متمرکز) دو گروه از تکنولوژی ساج شامل سیستم اطلاعات جغرافیایی اینترنت و ساج همراه را در بر می‌گیرد که این دو گروه نیز شامل تکنولوژی‌های سخت افزاری و نرم افزاری ویژه‌ای هستند و به علاوه به کاربردن آنها در مقایسه با تکنولوژی‌های ساج متمرکز به تخصص،

[1] Centralized GIS
[2] Mainframe GIS
[3] Desktop GIS
[4] distributed GIS

هزینه، زمان و نیروی کار کمتری نیاز دارد و نسبت به دو گروه قبلی به صورت گسترده‌تر و عمومی تری کاربرد دارد(فرج زاده و فرج کرده، ۱۳۸۷).

با مقایسه دو گروه از ساج یعنی گروه متمرکز و گروه غیرمتمرکز، می‌توان از قابلیت دسترسی بیشتر، نیاز به نیروی کار کمتر، صرف هزینه و زمان کمتر، دقت بیشتر در جمع‌آوری، ذخیره، اصلاح، تغییر، تجزیه و تحلیل و نهایتاً نمایش داده‌های مربوط به زمین و محتوای آن، نیاز به تخصص کمتر و در نهایت کاربردهای وسیعتر و پردامنه‌تر به عنوان مزیت‌های ساج غیرمتمرکز در مقایسه با سیستم‌های متمرکز نام برد.

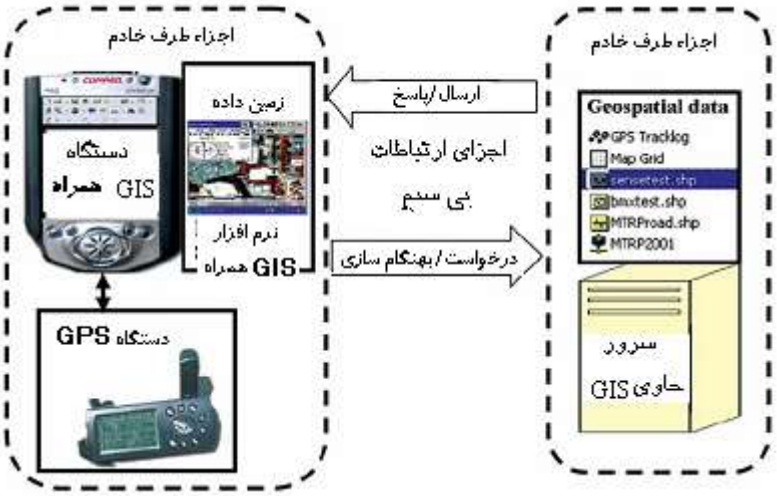
اگر ساج ابزار تغذیه، ذخیره سازی، اصلاح، تغییر، تجزیه و تحلیل و نهایتاً نمایش داده‌های جغرافیایی باشد ساج همراه به عنوان چارچوبی ترکیبی و ادغام شده از سخت افزارها و نرم افزارها برای دسترسی به خدمات و داده‌های زمین فضایی به وسیله ابزارهای متحرک و از طریق شبکه‌های با سیم و یا بی‌سیم می‌باشد (Tsou, 2004). به طور کلی می‌توان گفت که ساج همراه، گسترش تکنولوژی اطلاعات جغرافیایی از محیط‌های بسته (شامل ادارات، شرکتها، موسسات تحقیقاتی و ...) به روی زمین و عرصه عمومی است. ساج همراه، افرادی را که در حال انجام کارهای میدانی هستند قادر می‌سازد تا اطلاعات را به طور همزمان جمع‌آوری، ذخیره، به هنگام، تغییر، تجزیه و تحلیل کرده و اطلاعات جغرافیایی را در قالب فرمتهای مختلف نمایش دهند.

با توجه به اهمیت کنونی ساج همراه در جمع آوری و پردازش داده های جغرافیایی در محل‌های بکار گیری، در فصل حاضر مروری به ویژگی ها و کاربرد این سیستم شده است.

۲-۹- ساختار ساج همراه

اجزای اصلی ساج همراه شامل سیستم‌های موقعیت یاب[1]، دریافت کننده‌ها[2]، نرم افزارهای تخصصی، اجزای ارتباطات بی‌سیم و همزمان سازی داده‌ها، داده‌های زمین‌فضایی و سرورهای حاوی ساج می باشد (Tsou, 2004). این ساختار در شکل ۲-۹ نشان داده شده است.

[1] positioning systems
[2] receivers



شکل ۲-۹- معماری ساج موبایل (Tsou, 2004)

سیستم‌های موقعیت یاب، اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیایی شامل طول، عرض و ارتفاع را برای گیرنده های ساج همراه فراهم می‌آورند و شامل سیستم‌های موقعیت‌یاب محلی از طریق سیگنالهای رادیویی و سیستم‌های موقعیت یاب جهانی از طریق سیگنالهای ماهواره‌ای می‌باشند. گیرنده‌های ساج همراه، ابزارهای کامپیوتری کوچکی هستند که نقشه‌ها را نمایش داده و اطلاعات مکانی را برای کاربران از این ابزارها در فرمتهای مختلف نشان می‌دهند و این امکان را فراهم می‌آورند که استفاده کننده از آن از یک طرف بتواند از طریق ارتباطات بی‌سیم اطلاعات و نقشه‌های مورد نیاز را از سرور حاوی ساج دریافت نموده و از طرف دیگر اطلاعات جمع‌آوری شده در سر زمین را بدون هیچ گونه وقفه زمانی در قالب فرمتهای مختلف در آن ذخیره نماید.

شکل ۳-۹- نمونه‌ای از دستگاه ساج همراه و سیستم موقعیت یاب جهانی نصب شده بر روی آن.

شکل ۳-۹ نمونه‌ای از دستگاه ساج همراه و سیستم موقعیت یاب جهانی نصب شده بر روی آن را نشان می دهد. این تصویر نوع اولیه دستگاه ساج همراه را به نمایش می‌گذارد. در انواع جدیدتر آن، دستگاه ساج همراه و سیستم موقعیت یاب جهانی با هم ترکیب شده و به صورت یک دستگاه ساخته می‌شوند و دارای حجم کمتری نیز می‌باشد. برخی از سیستم های تلفن همراه امروزی از این قابلیت برخوردار می باشند.

اجزای ارتباطات بی‌سیم و همزمان سازی داده‌ها، مکانیسم ارتباطی است که دریافت کننده ساج همراه را با سرورهای حاوی ساج پیوند می‌دهد. نرم‌افزارهای بکار رفته در این سیستم، نرم‌افزارهای تخصصی ساج هستند که به صورت تخصصی برای کاربرد در این سیستم طراحی شده‌اند. داده‌های زمین‌فضایی یا همان داده های جغرافیایی لایه‌های ساج و یا تصاویر سنجش از دوری هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نهایت سرورهای حاوی ساج ایستگاه‌های ساج مستقل و یا سرورهای با مبنای شبکه‌ای هستند که داده‌های زمین فضایی و یا خدمات نقشه‌ای را برای دریافت کننده ساج همراه فراهم می آورند.

از ساختار و معماری ساج همراه چنین برداشت می‌شود که این تکنولوژی به تنهایی قابلیت کاربرد ندارد و در واقع در داخل مجموعه گسترده‌تری از تکنولوژی‌های ساج، تکنولوژی‌های بی‌سیم و تکنولوژی سیستم موقعیت یاب جهانی عمل می‌کند و هر چه این تکنولوژی‌ها به صورت منسجم‌تر و هماهنگ‌تر عمل کنند، این تکنولوژی نیز به صورت موفق‌تر عمل کرده و قابلیت‌های کاربردی گسترده تری بدست خواهد آورد.

۳-۹- کاربرد ساج همراه در مدیریت مناطق شهری

۱-۳-- ۱ – حوزه‌های عمده کاربرد ساج همراه

ساج همراه دارای کاربردهای گسترده‌ای بوده و با توجه به هدف استفاده از آن و نیر نوع کاربرد مورد نظر می‌تواند در شرایط مختلف و برای اهداف متنوع مورد استفاده قرار گیرد و این قابلیت را دارد که خود را با شرایط مختلف سازکار کرده و نسبت به موقعیت‌های مختلف پاسخگو باشد. با این حال حوزه‌های عمده و اصلی کاربرد این سیستم را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد(Tsou, 2004) :

الف) کاربرد ساج همراه در انجام کارهای میدانی. در این بخش کاربرد اصلی این سیستم در جمع‌آوری ، معتبرسازی و به روز کردن داده‌ها در روی زمین می‌باشد که با توجه به هدف مورد نظر، می‌تواند انعطاف لازم را از خود نشان داده و در موقعیت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. به ویژه

در این بخش، این تکنولوژی می‌تواند برای سازمانها و یا تحقیقاتی که نیاز به نیروی کار گسترده دارند مورد استفاده قرار بگیرد. به علاوه برای افرادی که در روی زمین مشغول انجام کارهای تحقیقاتی با جهت‌گیری‌های داده‌های زمین فضایی هستند ارتباط دائمی و پیوسته با مرکز اصلی و تبادل اطلاعات در فرمتهای نقشه و همچنین سایر فرمتها می‌تواند اهمیت وافری داشته باشد که این سیستم در این زمنیه از قابلیتها و توانایی‌های لازم برخوردار است.

ب) کاربرد ساج همراه در دسترسی به خدماتی است که مبنای مکانی دارند. در این بخش کاربرد این سیستم بر کارکرد مدیریتی خدمات تجاری که جنبه مکانی دارند متمرکز می‌شود. سیستم در این حوزه در سطح گسترده‌ای وارد عرصه عمومی شده و دامنه کاربرد آن گسترده می‌گردد.

۲-۳-۹- نقش تکنولوژی‌های اطلاعاتی در مدیریت شهری

گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری، بیش از پیش ضرورت توجه همه جانبه را همراه با راهبردها و راهکارهایی سودمند برای بهینه‌سازی زندگی ساکنان شهرها را روشن ساخته است. در میان موضوعاتی همانند محیط زیست شهری، حمل و نقل شهری، ایمنی شهری و برنامه‌ریزی شهری، یک عامل بسیار مهم که تاثیر فزاینده و تعیین کننده‌ای بر دیگر عوامل سازنده زندگی شهری دارد مدیریت شهری است. اگر شهر همچون سازمانی در نظر گرفته شود لازم است که در راس آن عنصری برای اداره امور کنونی و برنامه‌ریزی آینده قرار گیرد. این عنصر را می‌توان مدیریت شهر نامید. مسائل بسیاری وجود دارند که برای حل آنها وجود مدیریت شهری الزامی قلمداد می‌شود. مسائلی مانند چگونگی گسترش آینده شهر، تامین خدمات عمومی (آب، برق، نظافت و ...)، احداث مراکز عمومی با کارکردهای تفریحی- فرهنگی و ورزشی، توسعه و گسترش خیابانها و کوچه ها و مسائلی از این قبیل آنچه وظیفه هر مدیری به حساب می‌آید وظیفه مدیریت شهری نیز هست. مدیریت شهری باید برای هر شهر، برنامه‌ریزی‌هایی انجام دهد، فعالیتهای شهر را سازمان دهد، بر فعالیتهای انجام شده نظارت کند و حتی برای انجام بهینه امور، انگیزش لازم را در سازمان مدیریت شهری و سایر سازمانها و نیز شهروندان ایجاد نماید (سعیدنیا، ۱۳۸۲).

انجام کلیه امور مدیریت، برنامه‌ریزی، تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در محیط‌های شهری قبل از هر چیز نیازمند اطلاعات درست و به روز است. به واسطه پیچیدگیهای خاصی که در محیط‌های شهری وجود دارد کسب اطلاعات مورد نیاز در آن نیز دارای پیچیدگی‌ها و مشکلات خاص خود می‌باشد. در این میان تکنولوژی‌های اطلاعاتی به واسطه قابلیت انعطاف بالایی که دارند و نیز پیشرفت هر چه بیشتر آن

به صورت تخصصی در حوزه‌های مختلف می‌توانند به صورت ابزاری کارآمد و مفید در حوزه‌های مختلف امور شهری عمل کنند. انواع مختلفی از اطلاعات (نه فقط اطلاعات جغرافیایی بلکه اطلاعات کسب شده از منابع مختلف همانند اطلاعات اجرایی، سرشماری‌ها، نظرسنجی‌ها و ...) باید با هم ادغام شوند. در طول دهه‌های گذشته، کسب اطلاعات به صورت تدریجی از پیمایش و بررسی میدانی به سنجش تغییر یافته است. در واقع پیمایش میدانی برای قرنها ابزار معمول برای کسب اطلاعات بوده است.

تلاش برای به کار بردن تکنولوژی ساج و به تبع آن ساج همراه در محیط‌های شهری، به نوعی گام برداشتن در مسیر رسیدن به شهر الکترونیک است که امروزه بخش وسیعی از تحقیقات مرتبط با مسائل شهری را به خود اختصاص داده است. توسعه اقتصادی پایدار و قابل رقابت، ارتقاء مدیریت شهری، اجرای طرحهای شهری، بهبود بخشی به کیفیت خدمات و بالا بردن استانداردهای زندگی شهروندان همراه با حفظ هویت فرهنگی، افزایش نرخ حضور شهروندان در تصمیم گیری‌ها، آماده کردن شهروندان برای زندگی در جامعه‌ای دانش محور، ارائه خدمات شهرداریها به صورت آنی، بدون تعطیلی، در همه اوقات شبانه روز و بدون محدودیت مکانی بخشی از اهداف شهر الکترونیک محسوب می‌شوند. همچنین توسعه امکانات خدماتی، فرهنگی، آموزشی، تجاری، فنی و تخصصی بصورت یکسان به همه شهروندان، می‌تواند بخش دیگری از اهداف یک شهر الکترونیک به حساب آید (جلالی، ١٣٨٤). اما دستیابی به شهر الکترونیک مستلزم استفاده از سیستم های پیشرفته اطلاعاتی و نیز ایجاد سیستم یکپارچه مدیریت شهری و تشکیل و توسعه پایگاه اطلاعات شهری است که خود این امور نیز مستلزم به کارگیری تکنولوژی های اطلاعاتی در سطح وسیع می باشد. ساج همراه به عنوان یکی از این تکنولوژی ها و نیز به عنوان ابزاری کارآمد در انجام امور مختلف می تواند نقش مهمی در رسیدن به این مهم ایفا نماید.

۳-۳- ۹- کاربردهای ساج همراه در مدیریت مناطق شهری

- **مدیریت اورژانس (شرایط اضطراری):** مدیریت اورژانس یا شرایط اضطراری قبل از هر چیز نیازمند اطلاعات دقیق و قابل اعتماد در مورد موقعیت کنونی نوع اضطرار، منابع و تسهیلات موجود است. این در حالی است که بیش از ۸۰ درصد این اطلاعات، ماهیت فضایی و یا مکانی دارند. با در نظر گرفتن ماهیت ضروری و از نظر زمانی حساس موقعیتهای اضطراری، جمع آوری اطلاعات مکانی و فضایی وضع موجود شرایط اضطراری با حداقل اتلاف زمان لازم و ضروری است. این امر در

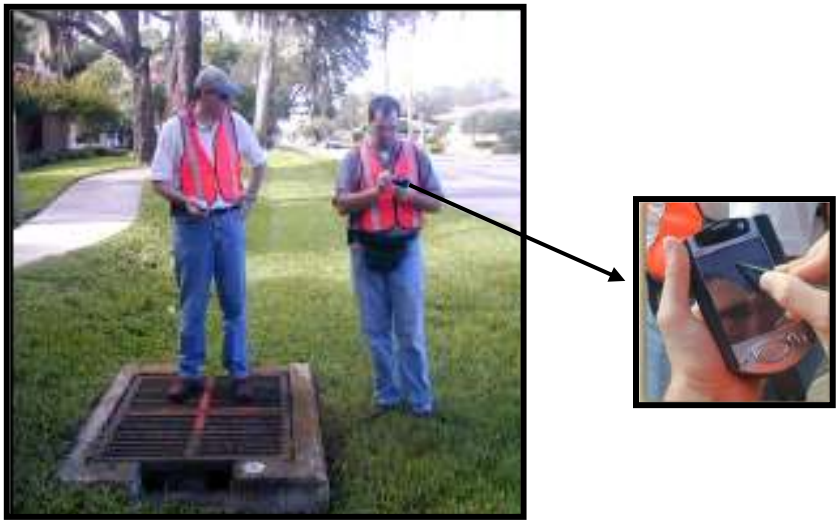
صورتی قابل حصول خواهد بود که در بطن تلاشی مشترک، هر کدام از گروهها و بخشهای مختلف درگیر در مدیریت شرایط اضطراری مسولیتهای جمع‌آوری بخشی از اطلاعات فضایی لازم برای مدیریت شرایط اضطراری را برعهده بگیرند و آنها را در دسترس کلیت مجموعه وسیعتر مدیریت اورژانس قرار دهد(Mobaraki et al., 2007) . در محیط‌های شهری با توجه به ماهیت پیچیده آن، جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز به یکی از مسائل اصلی دست اندرکاران امور تبدیل شده است. این امر به ویژه در شرایط اضطراری که در چنین محیطهایی نیاز به پاسخ و عکس‌العمل به موقع می باشد اطلاعات درست، قابل اعتماد، به هنگام و متناسب با شرایط اضطراری از الزامات مدیریت شرایط اضطراری در مناطق شهری است. ساج همراه با توجه به قابلیت انعطاف، کم هزینه بودن، قابلیت تحرک آن در کلیه شرایط و امکان جمع‌آوری اطلاعات در مقیاسهای مختلف می‌تواند ابزار مناسبی برای پاسخگویی به نیازهای مدیریت در شرایط اضطراری در محیط‌های شهری باشد.

- **مشارکت شهروندان:** مشارکت از جمله مباحث مهم در امور مختلف شهری از جمله مدیریت، برنامه‌ریزی و تصمیم گیری برای مسائل مهم است. در واقع در دنیای معاصر، امور مختلف شهری بدون مشارکت همه جانبه و واقعی مردم در ابعاد مختلف جهت حل بسیاری از مسائل و مشکلات شهری مورد توجه قرار گرفته است، چرا که در بنیادی ترین و اساسی ترین مسائل، این مردم و ساکنان واقعی یک شهر هستند که توانایی تشخیص نوع نیازها، مشکلات، قابلیتها و پتانسیلهای آن را دارند، اما اینکه چگونه می‌توان ابعاد نظری مشارکت را جنبه عملی بخشید و سازوکارهای دخالت دادن مردم در امور مختلف شهری و به ویژه ابعاد مدیریتی آن چیست، بحثی است که تاکنون برای آن راهها و شیوه های مختلفی پیشنهاد شده است. با پیشرفت و توسعه تکنولوژی و فناوری‌های نوین در بخشهای اطلاعاتی و گسترده و عمومی شدن این تکنولوژی‌ها، مشارکت مردم نیز ابعاد تازه‌ای به خود گرفته و بسترهای لازم برای حضور هر چه بیشتر مردم در امور مختلف شهری فراهم شده است. تکنولوژی ساج همراه این قابلیت را دارا می‌باشد که حضور و مشارکت هر چه بیشتر مردم را در مباحث مدیریتی و برنامه‌ریزی شهری افزایش داده و با توسعه و پیشرفت هر چه بیشتر خود و دارا بودن قابلیت‌های مختلف شرایط لازم را برای دخالت دادن مردم در امور شهری ایجاد کند.

تجهیز مجموعه نظام مدیریت شهری به سیستم‌های پیشرفته اطلاعاتی و توسعه سیستم‌های ارتباطی با مردم و نیز گسترش آگاهی‌های مردم در زمینه‌های مختلف اموری کلیدی و مهم هستند که می‌تواند در مدیریت شهری نقش مهمی داشته باشند. تکنولوژی ساج همراه علاوه بر اینکه این توانایی را دارد که اطلاعات مربوط به خدمات با مبنای مکانی را با فرمتهای مختلف در اختیار شهروندان قرار دهد و آنها

را در دستیابی (با هزینه کم و صرف زمان اندک) به این خدمات یاری کند و نیز از سفرهای درون شهری بکاهد این امکان را نیز فراهم می آورد که شهروندان بتوانند اطلاعات مد نظر و مورد نیاز سیستم مدیریت شهری را در اختیار پایگاههای اطلاعاتی مدیریت شهری قرار داده و سیستم مدیریت شهری با اعمال نظرات شهروندان ، از این اطلاعات در راستای بهبود و توسعه سیستم مدیریت شهری استفاده کند.

- **فهرست برداری و نگهداری از املاک و دارائیهای شهری:** شناسایی و فهرست برداری از املاک و دارائیهای شهری به ویژه در بخش عمومی یکی از مسائلی است که مجموعه مدیریت شهری در آن دخیل است. در واقع شناسایی املاک و دارائیهای عمومی شهر و تشخیص موقعیت دقیق آنها در شهر و نیز به هنگام کردن تغییرات احتمالی آنها می‌تواند در اداره و نگهداری این امور نقش مهمی داشته باشد. ساج همراه در این زمینه می‌تواند در فهرست برداری از خیابانها (مانند موقعیت دقیق خیابانها، قسمتهای از مسیرها که دارای مشکلات خاصی هستند، تعداد و موقع دقیق تابلوهای مختلف راهنما در خیابانها و ...)، تعیین موقعیت دقیق املاک شهرداری و شرایط خاص آنها بر روی نقشه، تعیین تعداد، موقعیت دقیق، نوع و شرایط درختان موجود در شهر و ... نقش مهمی داشته باشد(شکل ٤-٩). فهرست برداری دقیق از چنین اموری در نگهداری و مدیریت آنها می‌تواند به صورت یک مساله مهم مطرح باشد.



شکل ٤-٩- نمونه‌ای از فهرست برداری از املاک و دارائیهای شهر از طریق ساج همراه

- **امور مربوط به مسائل محیط زیست شهری:** نگرانی در مورد کیفیت زندگی مدرن ویژگی و خصیصه جامعه معاصر است. هر گونه تفسیر از شرایط اجتماعی مملو از منابع مرتبط با کیفیت زندگی مدرن است. دلیل عمده برای رشد و افزایش علاقه به مسائل مرتبط با کیفیت زندگی و رفاه در جوامع

مدرن است که در آن نگرانی در مورد کیفیت زندگی به همان نسبت پیشرفت تکنولوژی و افزایش درآمد شده است (Pacione, 2003). کیفیت زندگی دارای ابعاد مختلفی است که یکی از مهمترین آنها کیفیت محیط زیست آن می‌باشد. در زندگی مدرن که نمود بارز و همه جانبه آن در شهرها ظاهر شده است، اگرچه پیشرفت تکنولوژی، امکانات، درآمد و ... سطح رفاه را در سطح زیادی افزایش داده است با این حال پیامدهای زندگی مدرن خود به نوعی در ابعاد مختلف به طور همزمان کیفیت زندگی را پایین آورده است. آلودگی هوا، آلودگی صوتی، نارسائیها و کمبودهای بهداشتی در داخل شهرها و مسائل بیشمار دیگر در ابعاد زیست محیطی مسائلی هستند که کیفیت محیط زیست و به تبع آن کیفیت زندگی را در داخل شهرها پایین آورده است. تکنولوژی ساج همراه این توانایی را دارد که در داخل شهرها برای بررسی‌های زیست محیطی در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار گیرد. فهرست برداری از موقعیت و تعداد دقیق درختان، شناسایی موقعیت گونه‌های گیاهی مختلف، فهرست برداری از گونه های گیاهی دارای مشکل در داخل شهرها و تعیین موقعیت دقیق آنها، شناسایی نقاط و محدوده‌های دارای آلودگی‌های مختلف و پیاده نمودن آنها بر روی نقشه و به ویژه در این زمینه به هنگام کردن نقاط و مکانهای دارای آلودگی‌های بیش از حد مجاز و در دسترس قرار دادن اطلاعات مربوط به آن برای عموم مردم، شناسایی و فهرست برداری از مکانهای دارای مسائل خاص بهداشتی و مسائل متعدد دیگری را به سهولت و با صرف کمترین زمان و کمترین هزینه از طریق ساج همراه می‌توان در داخل شهر مورد بررسی قرار داد و از نتایج آن در راستای مدیریت بهتر جهت ایجاد محیط زیست با کیفیت بالاتر استفاده نمود.

- **گزارش وقایع:** داخل شهرها مملو و سرشار از وقایع و حوادثی است که هر گونه تعلل در بررسی و مواجه با آن می تواند ضمن اینکه شدت و زیانهای آن وقایع را افزایش دهد باعث بی نظمی و اختلال در زندگی روزمره شده و رسیدگی دیرهنگام به آن روند کلی و عادی زندگی شهری را دچار نارسایی کند. به عنوان مثال رسیدگی دیرهنگام به تصادف رخ داده در یک اتوبان داخل شهر علاوه بر اینکه می‌تواند پیامدهای ناگوار آن را تشدید کند می‌تواند به عنوان عاملی موثر در ایجاد اختلال در ترافیک داخل شهر و به وجود آوردن ترافیکهای سنگین و هرج و مرج در محدوده حادثه رخ داده عمل کند. تکنولوژی ساج همراه برای مسائل ناوبری داخل شهری(کنترل ماشینها، و...از قابلیتهای بالایی است و می‌تواند با استقرار در نقاط مختلف شهر و گزارش به موقع وقایع مختلف (تصادفات، آتش سوزی‌ها، سرقتها، وقایع هنگام بارندگی های شدید و ...) و پیاده نمودن موقعیت دقیق این وقایع بر

روی نقشه و به علاوه شناسایی نزدیکترین و بهینه ترین مسیر رسیدن به محل حادثه از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش مهمی را در رسیدگی و مدیریت حوادث ناگوار داخل شهر ایفا نماید.

- **کنترل ترافیک شهری:** ترافیک شهری پدیده‌ای است که علیرغم پیشرفتهای تکنولوژیک و نیز طراحی سیستم های مختلف و به ویژه انجام کارهای زیرساختی نظیر ایجاد اتوبانها، گسترش خیابانها و توسعه سیستم حمل‌ونقل عمومی هنوز هم در بسیاری از شهرها و به ویژه در شهرهای بزرگ کشورهای در حال توسعه به عنوان مشکلی دست و پاگیر و غیر قابل حل باقی مانده است. پیشرفت ساج و فراگیر شدن آن در عرصه های مختلف این امکان را به وجود آورد که در زمینه های مدیریت و کنترل ترافیک نیز از این تکنولوژی استفاده شود به ویژه با ظهور تکنولوژی ساج همراه، این تکنولوژی به صورت هر چه بیشتری در زمینه های ترافیکی چه در درون شهرها و چه در مسیرهای بیرون از شهرها مورد استفاده قرار گرفته است.

ساج همراه می تواند برای اندازه گیری و بدست آوردن داده های به موقع از جریان ترافیک مورد استفاده قرار گیرد. در حالی که ماشین سوارها در حال صحبت کردن با گوشیهای خود هستند با استفاده از ردگیری حرکت تلفن های همراه این امر امکان پذیر می‌گردد که سرعت حرکت آنها و بنابراین وضعیت ترافیک در مسیرهایی که آنها در آن در حال حرکت هستند اندازه گیری شود. این امر امکان تولید مقدار زیادی از اطلاعات ترافیکی را در زمان اندکی فراهم می‌آورد. در واقع ساج همراه این امکانات را ارائه می‌دهد که از طریق کنترل ماشینها و نیز کمک به رانندگان در پیدا کردن بهترین و کم ترافیک ترین مسیرها و نیز در دسترس قرار دادن اطلاعات مربوط به ترافیک در نقاط مختلف شهر در مدیریت ترافیک شهری نقش مهمی داشته باشد. از طریق کنترل ماشینها هنگامی که سرعت آنها تغییر می‌کند، مقامات رسمی امور ترافیک می‌توانند قادر باشند که به میزان بیشتر از یک ساعت قبل از اینکه حادثه‌ای رخ داده یک سیستم پشتیبانی را پیش بینی کنند و پیغامهایی را با علامات مختلف برای مسافران بفرستند که در آن تغییرات وضعیت ترافیک اطلاع رسانی شود و از این طریق مسافران و رانندگان به انتخاب مسیرهای جایگزین تشویق شوند. علاوه بر اینها، ساج همراه در زمینه سیستم اطلاعات مکانی به هنگام اتوبوس از قابلیت بالایی برخوردار بوده و می‌تواند با در اختیار گذاشتن دقیق زمان حرکت، مسیرها، مسیر اتوبوسهای در حال حرکت، فاصله زمانی و مکانی یک اتوبوس به ایستگاه مورد نظر و ... اطلاعات جامعی در اختیار مسافران دورن شهری قرار بدهد. (Peng and Tsou, 2003).

- **پاسخ به هنگام به درخواستهای مشتریان خدمات مکان مبنا:** نقش ساج همراه در زمینه خدمات با مبنای مکانی، بر کارکردهای مدیریت مکان با جهت گیری کسب و کار متمرکز می شود. ساج همراه می‌تواند در تهیه کتاب‌های راهنما در زمنیه خدماتی که مبنای مکانی دارند (همانند کتاب‌های زرد، نزدیکترین مغازه‌ها و یا خدمات تجاری)، ناوبری وسایل نقلیه عمومی (همانند گزارش به هنگام ترافیک و کارکردهای مسیریابی)، خدمات از نوع انجام امور تجاری، مدیریت مستغلات، جستجوی آدرس و یا خدمات نقشه‌ای، خدمات ردیابی زمینی، خدمات از نوع جداول زمانی حرکت اتوبوسها، کنترل وسایل نقلیه، پاسخهای به هنگام، خدمات از نوع تعاملات اجتماعی (همانند مدیریت تنظیم قرار و مدارها، دنبال دوستان گشتن) به عنوان ابزاری موثر و کارا عمل کند. تحقق بخشیدن به ارائه درست و بهینه این نوع خدمات به ویژه در داخل شهرها از اهمیت وافری برخوردار است چرا که افراد، گروهها، سازمانها و در کل ساکنان یک شهر به دنبال دستیابی به خدمات در کمترین زمان و با کمترین هزینه هستند و ساج و بویژه ساج همراه می تواند در این زمینه ابزار کارآمدی باشد.

منابع

آرنوف استن، ۱۳۷۵، سیستم های اطلاعات جغرافیایی، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور.

اف گریم، کارتر بونهام، ۱۳۷۹، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین، ترجمه گروه اطلاعات زمین مرجع، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.

استار جفری، استس جان، ۱۳۷٦، مقدمه ای بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، ترجمه سید حمید ثنایی نژاد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

بارو پی ای، ۱۳۷٦، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه حسن طاهرکیا، انتشارات سمت.

حسینی،علیرضا-آشنایی با محیط های تحلیل شبکه و همپوشی در نرم افزارARC/INFO(روایتD٣/٤)-انتشارات سازمان برنامه و بودجه استان فارس،۱۳۷۸.

رسولی، علی اکبر،۱۳۸٤، تحلیلی بر فناوری سیسمهای اطلاعات جغرافیایی، تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز.

شمسی حسن، ۱۳٦٦، نقشه برداری جدید، جلد اول، انتشارات مروی.

فرج زاده منوچهر، فرج کرده خدر،۱۳۸۷، سیستم اطلاعات جغرافیایی موبایل و کاربرد آن در مدیریت مناطق شهری، مجله سپهر،شماره ٦٥، ٤٦-٥٢.

فرج زاده منوچهر ،۱۳۸٤، سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم، انتشارات سمت.

لائورینی رابرت،۱۳۸۵، سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای برنامه ریزی شهری، ترجمه محمد هادی خلیل نژادی، انتشارات پردازش و برنامه ریزی شهری.

لی جی، وانگ دیوید، ۱۳۸۱، تجزیه و تحلیل آماری با Arcview GIS، ترجمه محمدرضا حسین نژاد و فریدون قدیمی عروس محله، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

لی ژیلین، ژو کینگ، گلد کریستوفر،۱۳۸۵، مدل سازی رقومی زمین (اصول و روشها)، ترجمه عزیزی حسین، حاجی میر رحیمی سید محمود، تاروردی محمدعلی، انتشارات ماه حرا، قم، ۳٦٦ ص.

مالچفسکی، یاچک، ۱۳۸۵، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه دکتر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، انتشارات سمت،

مخدوم،مجید، درویش زاده اصغر، جعفر زاده هورفر، مخدوم عبدارضا، ۱۳۸۰، ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم، ۳۰۳ص.

مقیمی،جعفر،همراه مجید،۱۳۷۰، کارتوگرافی، انتشارات دانشگاه سازمان جغرافیایی،کارتوگرافی گیتاشناسی، چاپ اول،تهران،۳۷٤ص.

وربیلا دیوید ال ،۱۳۸۵، تحلیل های کاربردی GIS، ترجمه سید مهدی معینی، شهرام شهابیان،انتشارات پردازش و برنامه ریزی شهری،

هاکسهولد ویلیام، ۱۳۷۵، مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی شهری، ترجمه دکتر فرشاد نوریان، انتشارات مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.

هایوود یان، کورنلیوس سارا، کارور استیو،۱۳۸۱، مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی، ترجمه گیتی تجویدی، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور.

همراه مجید، ۱۳۸۲، کارتوگرافی به کمک رایانه، نشر انگیزه، تهران۲۸۳ ص.

یمانی، مجتبی، ۱۳۸۰،مبانی نقشه خوانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران، ۱۹۲ص.

Aroroff S., 1989, Geographic Information Systems: a management Perspective, WDL publications, Ottawa, Canada.

Birkin Mark, Clarke Graham, Clarke Martin, Wilson Alan, 1996, Intelligent GIS; location decisions and strategic planning, John Wiley & Sons, USA, 292 P.

Bossler John D. (Eds.), 2002, manual of geospatial science and technology, Taylor & Francis, London.

Burrough P. A., 1989, Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Oxford.

Bernhardsen Tor, 2001, Geographic Information Systems, an Introduction, Third edition, John Wiley Sons, Inc.

By Rolf A. de (Ed.), 2000, Principles of geographic information systems, ITC Press, The Netherlands, 234 P.

Chen Yong-qi, Lee Yuk-Cheung (eds.), 2001, Geographical data acquisition, Springer, New York.

Delaney Julie, 1999, Geographic information systems; an introduction, Oxford university press, UK, 194 P.

Demers Michael N, 2002, GIS modeling in raster, John Wiley & Sons, 203 P.

ESRI,ARC/INFO, 1992, Net work kit; users guide; version 3/4D; copy right; by environmental systems research institute; Inc. printed in the united of America

ESRI, 1991, Arcinfo user manual.

Harmon John E., Anderson Steven J., 2003, The design and implamrntation of geographic information systems, John Wiley & Sons, USA, 264 P.

Laurini, Robert, 2001, Information Systems For Urban Planning, New York, Taylor and Francis Inc.

Lo, C.P., Yeung Albert K.W., 2005, concepts and techniques of geographic information systems, prentice Hall of India private limited New Delhi.

Longley Paual A., Goodchild Michael F., Maguire David J., Rhind David W., 2001, Geographic information systems and science, John Wiley & Sons, USA, 454 P.

Mitášová Irena, Višòovcová Jana, Hájek Milan, no date, Approaches to data modeling in GIS,
http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:25176/eth-25176-01.pdf

Mitchell Andy (a), 2005, The ESRI guide to GIS analysis; Volume 1: Geographic Patterns & relationships, ESRI Press, USA, 186 P.

Mitchell Andy (b), 2005, The ESRI guide to GIS analysis; Volume 2: Spatial Measurements & Statistics, ESRI Press, USA, 238 P.

Mobaraki, A. , Mansourian, A.,2007, Malek, M. The Role of Mobile GIS and SDI in Emergency Management, Geophysical Research Abstracts, Vol. 9.

Pacione, Michael, Urban Environmental Quality and Human Wellbeing – a social geographical perspective, Landscape and Urban Planning, No 65, 2003.

Parker H.D., 1988, The unique qualities of a geographic intormation system: a commentary. Photogram metric Engineering and Remote Sensing, 54 (11): 1547-49.

Peng, Zhong-Ren, Tsou, Ming-Hsiang, Internet GIS, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2003.

Rigaux Philippe, Scholl Michel, Voisard Agnes, 2002, Spatial databases with application to GIS, Morgan Kaufmann Publishers, USA, 408 P.

Rhind, D., 1989, "Why GIS" ARC News, Vol. ll, No. 3 (Summer,1989), Redlands, CA; Environmental Systems Research Institute, Inc.

Tsou, Ming-Hsiang, , 2004, Integrated Mobile GIS and Wireless Internet Map Servers For Environment Monitoring and Management, Geography and Geographic Information Science, Vol. 31, No. 3.

USGS, 1997, Geographic Information Systems, an information brochure published by the United States Geological Survey, Reston, VA.

Yang X. and Sathisan S. K., 1994, development of a GIS-based routing model, Proceeding of the 1994 ESRI User Conference, 1076-1091.