



اصول و مبانی GIS

تألیف:

مهندس سارا حق‌بیان

کارشناس ارشد GIS دانشگاه
صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر مهدی عربی

عضو هیات علمی دانشکده مهندسی عمران،
دپارتمان نقشه‌برداری دانشگاه شهید رجایی

سر شناسنامه	: عربی، مهدی، ۱۳۵۰-
عنوان و نام پدید آور	: اصول و مبانی GIS / تألیف: مهدی عربی، سارا حق بیان
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۴ ص: مصور (بخشی رنگی)، نقشه، جدول
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۸۵-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: واژه نامه
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: سیستم های اطلاعات جغرافیایی
موضوع	: Geographic information systems
شناسه افزوده	: حق بیان، سارا، ۱۳۶۸-
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
شناسه افزوده	: Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۵ الف ۳۶ ع / ۲۱۲ / G۷۰
رده بندی دیویی	: ۹۱۰/۲۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۴۰۲۲۳۸



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: اصول و مبانی GIS
تألیف	: دکتر مهدی عربی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی / مهندس سارا حق بیان
ویراستار ادبی	: عاطفه نجیبی
نوبت چاپ	: اول - زمستان ۱۳۹۵
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: رجاء نقشینه
چاپ	: شریف
طراح جلد	: محمد معتمدی نژاد
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
صفحه آرا	: محمد جواد رحیمیان
کارشناسان	: نیره فیروزی / طاهره کیا / علی رضایی اهوآنوئی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۲۰۰,۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۸۵-۹ ISBN: 978-600-6594-85-9

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srttu.edu

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم کہ ہر لحظہ وجودم را از چشمہ سار
پراز عشق چشمانشان سیراب می کنند...

فهرست مطالب

پیشگفتار	ذ
تقدیر و تشکر	ر
مقدمه	ز
مخاطبان کتاب	ز
ساختار کتاب	س
۱. سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱
۱.۱. تاریخچه سیستم اطلاعات جغرافیایی	۲
۲.۱. تعریف سیستم اطلاعات جغرافیایی	۲
۳.۱. اجزای سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴
۴.۱. چهارچوب ادراکی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی	۶
۵.۱. امکانات و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی	۹
۱.۵.۱. پشتیبانی از سیستم‌های مختصات جغرافیایی گوناگون	۹
۲.۵.۱. قابلیت ورود و پذیرش داده‌ها	۱۱
۳.۵.۱. پشتیبانی از ساختار توپولوژیک داده‌ها	۱۱
۴.۵.۱. تبادل داده با دیگر نرم‌افزارها	۱۲
۵.۵.۱. توانایی انواع پرسش و پاسخ	۱۳
۶.۵.۱. تحلیل اطلاعات	۱۵
۶.۱. روش‌های تولید اطلاعات جغرافیایی	۱۹
۱.۶.۱. اسکن کردن نقشه‌های آنالوگ و رقومی‌سازی دستی	۱۹
۱.۱.۶.۱. تعیین مختصات جغرافیایی تصویر رقومی‌شده	۲۱
۲.۶.۱. ورود مستقیم داده	۲۱
۳.۶.۱. عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای	۲۳
۴.۶.۱. عکس‌های هوایی و تفسیر آن‌ها	۲۵
۵.۶.۱. ارسال اطلاعات از منابع رقومی موجود	۲۶

۲۷	 ۷.۶.۱ تولید نقشه
۳۱	 ۱.۲ داده
۳۱	 ۱.۱.۲ تفاوت داده با اطلاعات
۳۲	 ۲.۱.۲ انواع فرمت داده
۳۸	 ۲.۱ مدل‌های داده
۳۹	 ۱.۲.۲ مدل رابطه‌ای
۴۴	 ۱.۲.۲.۲ مدل رابطه‌ای گسترش یافته
۴۷	 ۳.۲.۲ مدل سازی روش شی گرا
۴۷	 ۱.۳.۲.۲ زبان مدل سازی یکنواخت
۴۹	 ۲.۳.۲.۲ نمودارهای UML
۵۰	 ۳.۲ انواع مدل برداری داده مکانی
۵۱	 ۱.۱.۳.۲ مدل اسپاگتی
۵۲	 ۲.۱.۳.۲ مدل توپولوژی
۵۴	 ۳.۱.۳.۲ مدل شبکه نامنظم مثلثی
۵۶	 ۲.۳.۲ انواع رستری داده مکانی
۵۶	 ۱.۱.۳.۲ ساخت توپولوژی در ARC GIS
۵۷	 ۴.۲ مراحل مدل سازی داده مکانی
۵۸	 ۱.۲.۴ مدل های مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی
۶۷	 ۵.۲ انواع تجزیه و تحلیل ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی
۷۱	 ۶.۲ ساختار داده
۷۳	 ۷.۲ زیرساخت داده مکانی
۷۴	 ۱.۷.۲ تعریف زیرساخت داده مکانی
۷۵	 ۲.۷.۲ اجزای زیرساخت داده مکانی
۷۷	 ۸.۲ مراکز داده ای
۷۹	 ۱.۸.۲ مشخصات مراکز داده ای
۸۱	 ۹.۲ مدل رقومی سطح زمین
۸۴	 ۱.۹.۲ ساختارهای DTM
۸۷	 ۱.۳ بانک های اطلاعات
۸۷	 ۱.۱.۳ انواع بانک های اطلاعاتی
۸۸	 ۱.۱.۱.۳ بانک اطلاعات نامتمرکز
۸۹	 ۲.۱.۳ مفاهیم

۹۳	۱.۱.۳.۲ بانک اطلاعات متمرکز
۹۵	۱.۲.۱.۳ مدیریت بن‌بست در بانک اطلاعات نامتمرکز
۹۶	۲.۲.۱.۳ تشخیص بن‌بست سراسری
۹۸	۱.۲.۳ مفاهیم موجود قابلیت اطمینان و ترمیم در سیستم‌های بانک اطلاعات نامتمرکز
۹۹	۱.۱.۲.۳ انواع خرابی
۱۰۰	۲.۲.۳ پروتکل‌های قابلیت اطمینان
۱۰۲	۳.۲.۳ قانون تثبیت سراسری
۱۰۵	۴.۲.۳ خرابی هماهنگ‌کننده
۱۰۶	۵.۲.۳ بانک اطلاعات نامتمرکز در اوراکل
۱۰۷	۱.۵.۲.۳ مقایسه فنی بین بانک‌های اطلاعاتی اوراکل و اسکویل سرور
۱۰۹	۱.۴ پایگاه داده
۱۱۱	۱.۱.۴ پایگاه داده XML
۱۱۲	۲.۱.۴ دلایل استفاده از پایگاه داده
۱۱۳	۳.۱.۴ پایگاه داده محلی مبتنی بر XML
۱۱۴	۱.۳.۱.۴ معماری‌های پایگاه‌های داده محلی مبتنی بر XML
۱۱۶	۲.۳.۱.۴ خصوصیات پایگاه‌های داده محلی مبتنی بر XML
۱۱۹	۲.۴ روش‌های ذخیره داده در پایگاه داده
۱۲۲	۳.۴ نسل‌های ذخیره‌سازی داده در پایگاه داده
۱۲۴	۴.۴ معماری پایگاه داده
۱۲۶	۵.۴ مفاهیم مرتبط در پایگاه داده
۱۲۷	۱.۵.۴ افزونگی داده‌ها
۱۲۷	۲.۵.۴ بی‌نظمی
۱۲۸	۳.۵.۴ مقادیر تهی
۱۲۸	۴.۵.۴ وابستگی تابعی
۱۲۹	۱.۵ شبکه
۱۲۹	۱.۱.۵ تاریخچه شبکه
۱۳۲	۲.۵ امنیت شبکه
۱۳۳	۱.۲.۵ راه‌های به خطر انداختن امنیت شبکه
۱۳۴	۳.۵ انواع متداول توپولوژی‌های شبکه
۱۳۴	۴.۵ مدل هفت لایه‌ای OSI
۱۳۸	۵.۵ مدل TCP/IP

۱۳۸	۶.۵ مروری بر برخی پیشرفت‌های اخیر در سیستم اطلاعات جغرافیایی
۱۳۹	۷.۵ انواع نقشه‌ها روی وب
۱۴۰	۸.۵ سیستم اطلاعات جغرافیایی تحت وب
۱۴۲	۱.۸.۵ معماری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تحت وب
۱۴۴	۲.۸.۵ محیط‌های اطلاعات مکانی مردم گستر
۱۴۷	۱.۶ انواع زبان‌های برنامه‌نویسی
۱۴۷	۱.۱.۶ پایتون
۱۴۹	۲.۱.۶ سی پلاس
۱۵۱	۳.۱.۶ جاوا
۱۵۶	۴.۱.۶ جاوا اسکریپت
۱۵۷	۵.۱.۶ زبان HYPERTEXT PREPROCESSOR
۱۵۸	۶.۱.۶ زبان ACTIVE SERVER PAGES
۱۵۹	۷.۱.۶ HTML5
۱۶۰	۸.۱.۶ CSS
۱۶۱	۲.۶ انواع نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی
۱۶۱	۱.۲.۶ نرم‌افزارهای متن‌باز
۱۶۲	۲.۲.۶ نرم‌افزارهای تجاری
۱۶۳	۱.۲.۲.۶ نرم‌افزار ARC GIS
۱۶۵	۲.۲.۲.۶ نرم‌افزار IDRISI
۱۶۶	۳.۲.۲.۶ نرم‌افزار Arc View
۱۶۷	۴.۲.۲.۶ نرم‌افزار CARIS
۱۶۹	۵.۲.۲.۶ نرم‌افزار Smallworld
۱۷۳	۱.۷ سیستم
۱۷۳	۲.۷ تاریخچه تعامل انسان با سیستم
۱۷۵	۳.۷ محاسبات فراگیر
۱۷۶	۴.۷ معماری سیستم‌های HCI
۱۷۶	۱.۴.۷ سیستم‌های MULTIMODAL HCI
۱۷۹	۱.۱.۴.۷ چالش‌های مطرح در MMHCI
۱۸۰	۵.۷ فاکتورهای قابلیت استفاده در HCI
۱۸۰	۶.۷ شخصی‌سازی از دیدگاه HCI
۱۸۱	۷.۷ سیستم‌های منطبق با کاربر

۱۸۲	 ۸.۷ شخصی سازی
۱۸۳	 ۹.۷ سیستم های توصیه کننده
۱۸۴	 ۱۰.۷ پروفایل کاربر
۱۸۵	 VSM ۱.۱۰.۷
۱۸۹	 ۱.۸ کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی
۱۸۹	 ۱.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در حمل و نقل و ترافیک شهری
۱۹۳	 ۲.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در املاک
۱۹۶	 ۱.۲.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در ممیزی املاک
۱۹۹	 ۳.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در پزشکی
۲۰۱	 ۱.۳.۱.۸ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده های نقطه ای
۲۰۲	 ۲.۳.۱.۸ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده های منطقه ای
۲۰۴	 ۴.۳.۱.۸ نقشه های پی در پی
۲۰۴	 ۴.۳.۱.۸ نقشه های جاندار
۲۰۵	 ۴.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در تعیین موقعیت و راهیابی
۲۰۸	 ۵.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی
۲۰۹	 ۱.۵.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی مراکز بهداشتی درمانی
۲۱۰	 ۲.۵.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی
۲۱۳	 ۳.۵.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی محل دفن پسماندهای شهری
۲۱۶	 ۶.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در اکولوژی
۲۱۷	 ۱.۶.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در کشاورزی
۲۱۹	 ۲.۶.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگلداری
۲۲۰	 ۳.۶.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در پیش بینی هوا
۲۲۰	 ۴.۶.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در هیدرولوژی
۲۲۱	 ۷.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت نفت و گاز
۲۲۳	 ۸.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت آب و فاضلاب
۲۲۵	 ۹.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت برق
۲۲۷	 ۱۰.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت گردشگری
۲۳۰	 ۱۱.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی
۲۳۲	 ۱۲.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در امور نظامی و عملیاتی
۲۳۵	 ۱۳.۱.۸ کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در تحلیل جرم
۲۳۹	 فهرست منابع

۲۴۷	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۲۵۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۲۶۷	نمایه تشریحی

پیش‌گفتار

امروزه اطلاعات منشأ قوت و قدرت ملی، منطقه‌ای و جهانی تلقی می‌شود. چه‌بسا اطلاعات به مکان و موقعیت زمینی مرتبط بوده و با استفاده از یک سیستم مختصات بیان ریاضی می‌یابد. اهمیت این موضوع زمانی روشن می‌شود که بدانیم هشتاد درصد داده‌هایی که در فعالیت‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت سازمان‌ها و موسسه‌ها استفاده می‌شوند، ماهیت و ویژگی‌های مکانی دارند. داده‌های مکانی به‌عنوان داده‌ای که مرتبط با مکان خاص بر روی زمین است، به‌ویژه اطلاعات مرتبط به پدیده‌های طبیعی، منابع انسانی و فرهنگی تعریف می‌شوند.

ارتباط فضایی و مکانی اطلاعات با دیگر عناصر و تشکیل نوع خاصی از پیچیدگی‌های عملکردی و فضایی متعاقب آن بازآفرینی فضاهای نو و شکل‌دهی به مکان‌های جدید، همراه تغییر ساختارهای قبلی همگی ناشی از به‌هم‌پیوستگی اطلاعات و تأثیرگذاری آن در انواع فضاهای جغرافیایی است؛ بنابراین یافتن روابط علت و معلولی عناصر ساخت‌یافته یا نیمه ساخت‌یافته در فضاها ناگزیر از کاربرد روابط فضایی و شناسایی انواع رابطه‌ها است.

به دنبال افزایش مسائل و مشکلات بشر که ناشی از پیچیدگی‌های موجود میان عوامل و روابط علت و معلولی آن‌ها است؛ بشر ناگزیر از استفاده چند تخصصی و نگرش چندجانبه گرایانه به جنبه‌های مختلف علوم است. بر این اساس دانشی بالاگذر و جدید با عنوان سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پا به عرصه ظهور گذاشت. توسعه و تکامل علوم الکترونیک و پا به عرصه گذاشتن فناوری‌های جدید این امکان را به مدیران، برنامه‌ریزان و متخصصین جامعه ارزانی داشته است که با سرعت و دقت قادر به تصمیم‌سازی و پاسخگویی به نیازهای جامعه شوند. از جمله فناوری‌های مذکور، سیستم اطلاعات جغرافیایی است که به‌وسیله آن متخصصین این علم اطلاعات وسیع از مکان‌ها در طیف‌های مختلف اخذ و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. سیستم اطلاعات جغرافیایی در جمع‌آوری، مرتب‌سازی، ذخیره‌سازی،

بازیابی، پردازش و تحلیل داده‌های فضایی دارای کاربردهای وسیعی در عرصه‌های مختلف برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری بوده و روزبه‌روز بر حوزه‌های کاربردی آن افزوده می‌شود. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای سازمان‌یافته و متشکل از سخت‌افزار، نرم‌افزار، کاربر، داده و متدلوژی تعریف نمود. داده‌های مورد استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی شامل داده‌های مکانی و داده‌های توصیفی است که در واقع کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی ایجاد و انجام پردازش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز بر روی اطلاعات ذخیره‌شده در پایگاه داده است.

کتاب حاضر در قالبی نظام‌مند، به طرح اصول و مبانی و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در عرصه تحلیل و تصمیم‌فضایی می‌پردازد و شرح مفصلی از اصول و مفاهیم پایه، اجزاء، فناوری‌های به‌روز و روش‌های نوین در تحلیل فضایی، کاربرد در عرصه‌های مختلف پرداخته است. با توجه به انسجام مطالب کتاب می‌توان آن را کتابی مرجع در عرصه‌های مختلف کاربردی و پژوهشی در حوزه‌های مختلف علوم دانست.

از این‌که توانستیم این اثر علمی را در اختیار دوستداران دانش و پژوهش قرار دهیم، بسیار خوشحالیم و خداوند متعال را شاکریم که توفیق انجام این کار را به ما ارزانی داشت.

تقدیر و تشکر

نگارش این کتاب مرا بیشتر از همیشه متوجه این امر کرد که اتکا به همکاری دیگران در انجام یک امر پیچیده اجتناب‌ناپذیر است. با تقدیم سپاس فراوان، از تعداد زیادی از افرادی که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم برنگارش این کتاب تأثیرگذار بوده‌اند تشکر و قدردانی می‌کنم. از منابع بسیاری که در این‌جا امکان ذکر و قدردانی از تک‌تک آن‌ها وجود ندارد سرمشق گرفته‌شده است. در بهترین حالت، تنها می‌توان اندکی از آن‌ها را عنوان کرد که امیدوارم برای بسیاری از افراد این موضوع قابل‌درک باشد. در آخر از همسر که سایه مهربانیش سایه‌سار زندگیم می‌باشد و اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود تشکر و قدردانی می‌کنم.

دکتر مهدی عربی

مهندس سارا حق بیان

زمستان ۱۳۹۵

مقدمه

تا قبل از به وجود آمدن کامپیوتر، برای طراحی و برنامه ریزی، از اطلاعات مکانی موجود بر نقشه استفاده می شد. نقشه ها حاوی اطلاعاتی در مورد عوارض موجود بر سطح زمین و هم چنین ارتباط مکانی بین عوارض بودند که انجام آنالیزهای ساده ای نظیر اندازه گیری فاصله یا مساحت بر روی آن ها امکان پذیر بود. با گسترش سریع علم و فناوری، اتخاذ تصمیم های صحیح نیازمند به کارگیری حجم بالاتری از اطلاعات جغرافیایی و انجام آنالیزهای پیچیده تر بود و ارزیابی مجموعه های مختلف داده های جغرافیایی را به طور یک جا می طلبید؛ به گونه ای که نقشه های کاغذی به دلیل محدود بودن اطلاعات موجود بر آن ها و مشکلاتی که در بازیابی، به هنگام سازی، تجزیه و تحلیل و تلفیق اطلاعات مورد نظر، وجود داشت، پاسخگوی این نیاز نبودند. با توسعه علوم و فناوری کامپیوتر، فناوری لازم برای کار با داده های مکانی به وجود آمد و سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای فراهم آوردن امکان تجزیه و تحلیل حجم های بزرگ داده های جغرافیایی توسعه یافتند. در این سیستم ها امکان نگهداری بروز داده های زمین مرجع، انجام طراحی ها و آنالیزهای پیچیده، ترکیب مجموعه داده های مختلف از منابع گوناگون و در نهایت ارائه نتایج به گونه ای مطلوب وجود دارد.

مخاطبان کتاب

هدف از نگارش کتاب آن است که به عنوان کتاب درسی در واحدهای درسی مربوط به سیستم اطلاعات جغرافیایی در رشته های فنی - مهندسی و علوم انسانی مورد استفاده قرار گیرد. کتاب حاضر برای دانشجویان دوره کارشناسی و ارشد در رشته های نقشه برداری، جغرافیا، برنامه ریزی شهری، شهرسازی و عمران تهیه شده است. ضمن آن که استفاده از آن برای تمامی افرادی که حوزه های مطالعاتی و فعالیت آن ها در رابطه با سیستم های پشتیبانی تصمیم سازی فضایی قرار دارند مفید خواهد بود. فرض بر این است که خواننده کتاب پیش زمینه ای از نقشه برداری، جغرافیا، ریاضی دارد؛ لذا ضمن پرداختن به مباحث تحلیل مکانی و داده آمایی آن دسته از بسته های نرم افزاری در دسترس که به عنوان ابزاری در رشته های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار گرفته می شوند، معرفی شده اند. در این مجموعه، ما سعی کرده ایم تا برخی مسائل فضایی که نیاز به الگوریتم سازی داشته و بیان علمی و آماری می طلبد را به صورت جداگانه در فصل کاربردها به اختصار نشان دهیم.

بسیاری از مطالب این فصل بر پایه آن دسته از طرح‌های پژوهشی بوده است که در طی سال‌ها به انجام آن‌ها مبادرت ورزیده و یا در گروه نقشه‌برداری دانشگاه خواجه نصیر و تربیت دبیر شهید رجایی تهران به انجام رسیده است.

ساختار کتاب

در فصل اول کتاب، ابتدا نحوه پیدایش و سپس تکامل تدریجی سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است؛ در ادامه ضمن تعریف این علم و بازشناسی اجزای آن به چهارچوب ادراکی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پرداخته و امکانات و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و نحوه داده‌آمایی و گردآوری اطلاعات از محیط و روش‌های تولید سیستم اطلاعات جغرافیایی تشریح گردیده است. خواننده پس از خواندن این فصل این توانایی را پیدا می‌کند تا یک ضمن درک رابطه رشته‌های پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی، منابع مهم تولید و گردآوری داده‌های مکانی را شناسایی و دسته‌بندی نماید. این فصل آماده‌سازی ذهن خواننده جهت درک ساختاری و اصولی از مفهوم داده است که در فصل بعدی به آن پرداخته شده است.

فصل دوم: از آنجایی که مفاهیم و موضوعات فصل یک، خواننده را به‌سوی شناسایی سازمان و ساختار تشکیل‌دهنده سیستم اطلاعات جغرافیایی کشانده است لذا در فصل دوم خواننده به صورت غیرارادی به دنبال یافتن چیستی و چگونگی تشکیل داده در سیستم اطلاعات جغرافیایی است؛ از این‌روی مباحثی چون چیستی داده، تفاوت آن با اطلاعات، انواع فرمت‌های داده، مدل‌های داده و ساختاربندی آن، به‌کارگیری انواع داده‌ها در شبکه، در این فصل آمده است. این فصل مقدمه بر مبحث بانک‌های اطلاعاتی است که در فصل سوم به آن پرداخته شده است.

فصل سوم: در این فصل ضمن اشاره به پیدایش انقلاب اطلاعاتی، مفاهیم، شیوه‌ها و ساختارهای تشکیل بانک‌های اطلاعاتی نوین تشریح گردیده است. در ادامه به‌منظور درک بهتر خواننده از مفاهیم و موضوعات فنی موجود در انواع بانک‌های اطلاعاتی، پس از معرفی تعدادی از بانک‌های اطلاعاتی مطرح به مقایسه فنی و تخصصی از منظر کارایی در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. این فصل سرآغازی برای استنباط پایگاه داده شیء‌گرای XML است که به‌منظور درک بهتر آن در فصلی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل چهارم این کتاب با رویکردی جدید به تشریح پایگاه داده شیء‌گرای پرداخته و در آن مباحثی چون دلیل استفاده از پایگاه داده، پایگاه داده محلی مبتنی بر XML، انواع معماری و خصوصیات چندگانه آن، روش‌ها و نسل‌های ذخیره اطلاعات در پایگاه داده، برخی مسائل و

مشکلات مطرح در پایگاه داده، تشریح گردیده است. خوانندگان کتاب در این فصل به شرایط، امکانات و ویژگی‌های تشکیلاتی و ساختاری یک پایگاه داده شخصی و خارج از شبکه پی برده‌اند و چنانچه پژوهشگری بخواهد احتیاجات متنوع داده‌ای خود را برطرف سازد، نیاز به برقراری شبکه ارتباطی دارد؛ لذا در فصل بعدی به‌طور جامع به مباحث شبکه و موضوعات مرتبط با آن پرداخته شده است.

فصل پنجم: از آنجایی که شناخت جامع انواع بسترهای ارتباطی دریافت و ارسال اطلاعات سبب افزایش سرعت و دقت اطلاعات دریافتی در مواقع نیاز از پایگاه‌های دیگر شود، لذا در این فصل به‌طور جامع مباحث شبکه، امنیت شبکه، توپولوژی و پروتکل‌های رایج در شبکه، اشتراک‌گذاری اطلاعات، نقشه‌های تحت وب، سیستم اطلاعات جغرافیایی تحت وب، محیط‌های اطلاعات مکانی مردم گستر، تشریح گردیده است. در ادامه به‌منظور درک صحیح خوانندگان محترم از چگونگی عملیات پردازش اطلاعات جغرافیایی و نحوه‌ی به‌کارگیری انواع فرامین، دستورالعمل‌ها و عملگرها، در فصل ششم به ویژگی‌های نرم‌افزاری و زبان‌های برنامه‌نویسی در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است.

فصل ششم: در این فصل خواننده ابتدا با انواع زبان‌های برنامه‌نویسی سیستم اطلاعات جغرافیایی آشنا می‌شود و به‌منظور یادگیری بهتر و مقایسه میان انواع زبان‌های برنامه‌نویسی مورد نیاز سیستم اطلاعات جغرافیایی، زبان‌هایی چون پایتون، سی‌پلاس، جاوا، جاوا اسکریپت، HTML5، Hypertext، Active Server Pages، PreProcessor و CSS به اجمال تشریح می‌گردد. در ادامه به برخی از انواع نرم‌افزارهای مورد نیاز در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته و نرم‌افزارهای متن‌باز، تجاری، Arc GIS، IDRISI، Arc View، CARIS، اتوکد تشریح می‌گردد. تا اینجا خوانندگان کتاب توانسته‌اند مجموعه مفاهیم و اصولی را از دو بخش اصلی سیستم اطلاعات جغرافیایی (G و I) فراگیرند، اما هنوز جزء سوم این علم (S)، به‌رغم توضیحات کوتاه و مقطعی در میان سایر موضوعات، چپستی، ماهیت و نیاز به سیستم در سیستم اطلاعات جغرافیایی، در هاله‌ای از ابهام مانده است؛ لذا درک درستی از نگرش سیستمی در تحلیل‌های اطلاعات مکانی نیازمند فراگیری اصول سیستم و ساختمان آن است که به این منظور، بخش جداگانه‌ای در فصل هفتم تحت عنوان سیستم و تعامل انسان با آن آمده است.

فصل هفتم: در این فصل با شناخت اجمالی سیستم، سعی بر آن شده است تا ذهن خوانندگان کتاب را به اساس نگرش سیستمی در خلق و ایجاد پدیده‌های جغرافیایی معطوف شود تا بدین وسیله روابط علت و معلولی پدیده‌ها و تأثیرات فضایی سایر عوامل بر پیدایش و اضمحلال پدیده‌ها بیشتر موردتوجه باشد، در این راستا مباحثی چون محاسبات فراگیر، معماری سیستم‌ها، سیستم‌های HCI و Multimodal HCI، چالش‌های مطرح در MMHCI،

فاکتورهای قابل استفاده در HCI، شخصی سازی و سیستم های منطبق با کاربر، تبیین شده است. پس از ارائه ی دید کلی و اجمالی به سامانه اطلاعات مکانی اینک جای آن دارد تا کاربرد این علم بالا گذار در سطح جهان و در میان سایر علوم مشخص شود لذا در فصل بعد به کاربردهای این علم پرداخته شده است.

فصل هشتم: به نظر مؤلفان چنانچه زمینه های معرفت شناسی این دانش نوظهور تشریح گردد اما به نوع و جایگاه استفاده این علم در میان سایر علوم و در سطح جهان اشاره نگردد، رسالت تبیین آن به درستی به انجام نرسیده است، لذا در این راستا سعی بر آن شده تا انواعی از کاربردها و تأثیرات حضور سیستم های اطلاعات جغرافیایی در تحلیل مسائل فضایی و تصمیم سازی ها روشن گردد که در این فصل تشریح گردیده است.

فصل اول:

اصول و مفاهیم پایه

۱. سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱

سیستم اطلاعات جغرافیایی، عوارض موجود روی یک نقشه را به اطلاعات توصیفی متصل می‌کند. اتصال ایجادشده میان عوارض جغرافیایی نظیر راه‌ها و داده‌های توصیفی، محور اصلی GIS است که منشأ قابلیت‌های متنوع GIS گردیده است. از آنجایی که در GIS حوزه جغرافیایی و داده‌های توصیفی به هم ارتباط داده می‌شوند، با انتخاب هر عارضه می‌توان به اطلاعات توصیفی مربوطه دست‌یافت و نیز داده‌های توصیفی عوارض مربوط را روی نقشه مشخص کرد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در بسیاری از قلمروهای کاربردی اهمیتی خاص دارد. به‌عنوان مثال: جنگل‌داری، کاداستر، مدیریت خدمات رفاهی، طرح‌ریزی و مدیریت حمل‌ونقل، مهندسی راه و ساختمان، کشاورزی، حفاظت محیط‌زیست، برنامه‌ریزی شهری، مدیریت منابع، بهره‌برداری معادن، برنامه‌ریزی ملی و ناحیه‌ای، برنامه‌ریزی نظامی، امنیت و دفاع ملی، بازاریابی و غیره از آن جمله‌اند. به‌علاوه بسیاری از رشته‌های آموزشی، ارتباط نزدیکی با سیستم اطلاعات جغرافیایی دارند. این رشته‌ها عبارت‌اند از: جغرافیا، کارتوگرافی، ژئودزی، فتوگرامتری، سنجش‌ازدور، نقشه‌برداری، زمین‌شناسی، معدن، خاک‌شناسی، آب‌نگاری، آب‌شناسی و... در بخش کامپیوتری، سیستم اطلاعات جغرافیایی از تکنولوژی اطلاعات پایه، گراف‌های محاوره‌ای، پردازش تصویر، تکنولوژی ایستگاه کار، شبیه‌سازی، هوش مصنوعی، سیستم‌های تخصصی، مهندسی نرم‌افزار و غیره بهره می‌گیرد. GIS، یک سیستم کامپیوتری تنها برای تولید نقشه نیست گرچه انواع نقشه‌ها را در مقیاس‌های مختلف، در سیستم‌های تصویر متفاوت و با رنگ‌های متنوع تولید می‌نماید. این سیستم یک ابزار تحلیلی اطلاعات فضایی است و روابط چندوجهی بین عوارض مختلف را روی نقشه ارائه می‌کند؛ بنابراین، تنها وسیله‌ای برای ذخیره و نگهداری نقشه نیست بلکه ابزاری است که اطلاعات را برای اهداف خاص ذخیره می‌کند.

۱.۱ تاریخچه سیستم اطلاعات جغرافیایی

حدود ۳۵۰۰ سال پیش بر روی دیوارهای غارهای نزدیک لاسکوگز فرانسه تصاویری از شکار حیوانات به دست شکارچیان دیده شد. خطوط به دلیل نشان دادن مسیر مهاجرت نکته حائز اهمیت در این تصاویر بود. این مدارک اولیه عنصر ساختاری یک GIS نوین را که عبارت است از فایل گرافیکی متصل به پایگاه داده توصیفی را به همراه داشت. در سال ۱۸۵۴ جان انو در مورد بیماری وبا و ارتباط آن با بعضی مکان‌ها در لندن تحقیق کرد. مطالعات وی در مورد شیوع بیماری وبا او را به یک پمپ آلوده آب رساند که باعث بروز این بیماری شده بود. وی برای کشیدن یافته‌هایش از روش کارتوگرافی استفاده کرد.

اولین نمونه GIS ملی، اواخر سال ۱۹۶۰ در کانادا پیاده‌سازی شد. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه‌ای در تکنولوژی GIS به‌وجود آمد، به‌طوری‌که عبارت «سیستم اطلاعات جغرافیایی» در مورد مجموعه ابزارهایی برای تحلیل و نمایش نقشه‌ها و ادغام فنون و شیوه‌های آماری و نقشه‌ای و کاربرد فراگیرتر آن، به‌ویژه برای تحلیل تأثیرات و خط‌مشی‌های دولتی به‌کار گرفته شد. سابقه تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی در کشورهای غربی از جمله کانادا و آمریکا به بیش از ۴۰ سال می‌رسد؛ تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی در اغلب کشورهای جهان سوم بسیار جوان است. ایران به‌عنوان یکی از کشورهای جهان سوم اولین فعالیت رسمی خود در حوزه سیستم اطلاعات جغرافیایی در سال ۱۳۶۹ بر اساس مصوبه مجلس شورای اسلامی در سازمان نقشه‌برداری کشور آغاز به کار کرد. فعالیت‌های اجرایی پروژه ایجاد سیستم اطلاعات جغرافیایی در وزارت صنایع و معادن، از فروردین ۱۳۷۱ آغاز گردید و هم‌اکنون از این سیستم به‌طور گسترده در ارتباط با فعالیت‌های آن استفاده می‌گردد. از دیگر مؤسساتی که در زمینه این سیستم فعالیت می‌کنند می‌توان شهرداری تهران، وزارت مسکن و شهرسازی، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و سازمان جنگل‌ها و مراتع و... را نام برد.

۲.۱ تعریف سیستم اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجموعه‌ای ساختاریافته از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده مکان مرجع، کاربران^۱ و الگوریتم‌ها است؛ در یک تعریف پایه و عمومی می‌توان GIS را سیستم‌های کامپیوتری دانست که به‌منظور گردآوری، ذخیره‌سازی، به‌هنگام‌سازی، پردازش، بازیافت، تجزیه و تحلیل و ارائه شکل‌های مختلف اطلاعات مکان مرجع، طراحی و ایجاد شده است. در تعریف کامل‌تر این سیستم‌ها علاوه بر ذخیره و بازیابی اطلاعات جغرافیایی باید قادر به شاخص‌دهی اطلاعات مکانی و انجام پرس‌وجو بر روی آن‌ها نیز باشند.

1 End User

در طبقه‌بندی زمینه‌های مطالعاتی و تحقیقاتی نیز سیستم اطلاعات جغرافیایی زیرمجموعه سیستم‌های اطلاعاتی قرار گرفته است. این تعاریف و طبقه‌بندی‌ها به این معناست که سیستم اطلاعات جغرافیایی از جنس سیستم‌های اطلاعاتی است که به صورت خاص بر داده‌های مکانی متمرکز شده است و تلاش آن بر این قرار گرفته که مجموعه امکانات و قابلیت‌هایی در اختیار کاربر نهایی قرار دهد که کار با اطلاعات مکانی را ساده‌تر، سریع‌تر و دقیق‌تر سازد. به طور کلی هر سیستمی که جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، ویرایش، تحلیل، به اشتراک‌گذاری و نمایش داده‌های مکانی برای تصمیم‌سازی را انجام دهد یک سیستم اطلاعات جغرافیایی است. از نگاهی دیگر، سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان فصل مشترک چهار علم مدیریت بانک‌های اطلاعاتی^۱، کارتوگرافی نقشه^۲، سنجش از دور^۳ و نرم‌افزارهای طراحی کامپیوتری^۴ دانست. در ادامه به تشریح هریک از آن‌ها خواهیم پرداخت.

سیستم‌های مدیریت پایگاه داده، به صورت خاص جهت ذخیره‌سازی و مدیریت انواع مختلف اطلاعات از جمله اطلاعات جغرافیایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه DBMS به منظور ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات، بهینه‌سازی و توسعه یافته‌اند و GIS نیز از این ابزار، برای اهداف ذخیره‌سازی و مدیریت اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌کند DBMS اصول فاقد ابزار تجزیه و تحلیل و نمایش گرافیکی اطلاعات، که در سیستم‌های GIS مرسوم وجود دارد، است. سیستم‌های CAD عموم به منظور تولید و سازماندهی اطلاعات مکانی در قالب نقشه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دستگاه‌ها در نوع از نظر مدیریت پایگاه‌های اطلاعات جغرافیایی گسترده و حجیم هم‌چنین انجام پردازش‌ها و تجزیه و تحلیل بر روی اطلاعات، ضعیف بوده و در خصوص مدیریت اطلاعاتی توصیفی دارای محدودیت‌هایی هستند. سنجش از دور به عنوان علوم، هنر و تکنولوژی کسب اطلاعات در خصوص پدیده‌های مختلف سطح زمین از طریق سنجنده‌هایی که هیچ‌گونه ارتباط مستقیمی با خود پدیده ندارند، شناخته می‌شود. سنجنده‌های ماهواره‌ای نسبت به ثبت و جمع‌آوری اطلاعات در قالب تصاویر ماهواره‌ای اقدام نموده و با استفاده از نرم‌افزارها و سیستم‌های پردازش تصاویر، امکان استخراج اطلاعات و تولید نقشه‌های مختلف فراهم می‌گردد. شکل ۱.۱ ارتباط بین سیستم اطلاعات جغرافیایی با علوم دیگر را نشان می‌دهد.

معماری سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب و ادغام مؤلفه‌های مختلف را مشخص می‌کند. معماری کلی سیستم اطلاعات جغرافیایی به سه مؤلفه اصلی پایگاه داده، تحلیل ورودی، خروجی و رابط کاربری تقسیم می‌شود. طراحی پایگاه داده مسئولیت روش ذخیره‌سازی جهان واقعی در سیستم اطلاعات جغرافیایی را برعهده دارد. بخش تحلیل مسئول دست‌کاری، انتقال داده‌ها و قابلیت تحلیلی سیستم است. ورودی و خروجی فراهم‌کننده معانی ذخیره داده داخل سیستم و بازیابی داده‌ها خارج از پایگاه

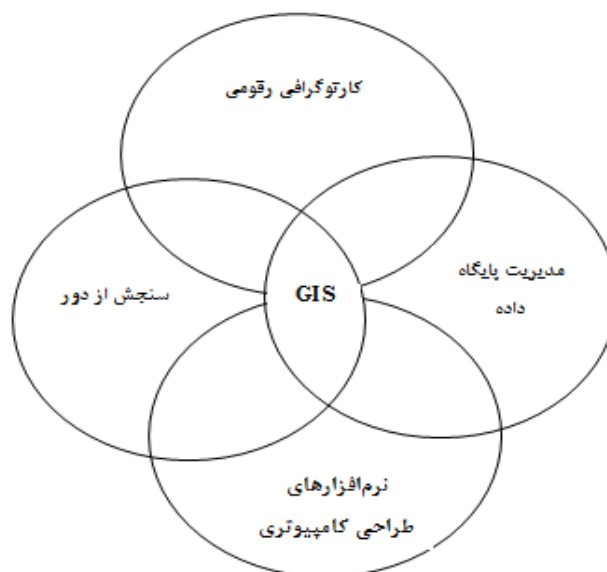
1 Database Managment

2 Computer Cartography

3 Remote Sensing

4 Computer-Aided Desing (CAD)

داده‌ها است. وظایف مهمی شامل رقومی سازی و چاپ، رابط برای دیگر سیستم‌ها و رابط کاربری بخشی از این مؤلفه‌ها ورودی و خروجی هستند. طراحی رابط کاربری مشخص‌کننده آنچه توسط سیستم انجام می‌شود نیست بلکه مسئول آسان‌سازی اجرای وظایف است.



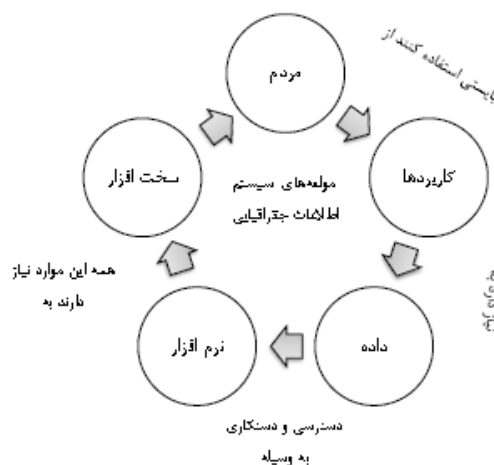
شکل ۱.۱ ارتباط بین سیستم اطلاعات جغرافیایی با علوم دیگر

در پاسخ به این سؤال که چرا استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود می‌توان بیان کرد که نگهداری و بازیابی حجم بزرگی از داده‌های به‌صورت مؤثرتر و سریع‌تر ممکن می‌گردد. هم‌چنین داده‌ها به فرمی در می‌آیند که از نظر فیزیکی فشرده‌تر از نقشه‌های کاغذی است. برای هر آنالیزی، داده‌های فضایی گوناگون و اطلاعات توصیفی مربوط به هر یک از آن‌ها خیلی سریع باهم تلفیق می‌شوند. پیش‌بینی‌ها و بررسی حالات مختلف با انجام پالایش بر روی تحلیل‌ها امکان‌پذیر است که این عمل فقط با به‌کارگیری کامپیوتر ممکن می‌گردد. داده‌های مکانی و غیر مکانی در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق می‌شوند که این کار در سیستم‌های مشابه اتوکد و یا با روش‌های دستی قابل انجام نیست. هم‌چنین اطلاعات جدیدی نیز تولید می‌شود.

۳.۱ اجزای سیستم اطلاعات جغرافیایی

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در واقع شبیه به هر سیستم دیگر است. یک سیستم اطلاعات جغرافیایی یک نوع خاص از سیستم‌های اطلاعاتی کامپیوتر مینا، مناسب برای ذخیره‌سازی، پردازش و دست‌کاری داده‌های مکانی است. برخی موضوعات هیچ وابستگی مکانی ندارند. به‌طور مثال شخصیت

انسان به عنوان یک موجود خاص وابسته به جایی که در آن قرار دارد نیست. شما در محل کار و یا خانه یک شخصیت هستید، اما تفاوت ویژگی‌ها وابسته به نقشی است که شما ایفا می‌کنید؛ اما در مواردی همچون یک قطعه زمین به طور کامل منحصر در مکان است، شما نمی‌توانید آن را جابه‌جا کنید و شبیهی برای آن داشته باشید. تعریفی که به طور عام برای سیستم اطلاعات جغرافیایی پذیرفته شده متشکل از مردم یا کاربران سیستم، کاربردها یا فرآیندها و برنامه‌هایی که برای انجام کارهای کاربران استفاده می‌شوند، داده یا اطلاعات مورد نیاز برای پشتیبانی از کاربردها، نرم‌افزار و سخت‌افزار است. شکل ۲.۱ مؤلفه‌های یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را نمایش می‌دهد.



شکل ۲.۱ مؤلفه‌های یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (Harmon & Anderson, 2003)

عناصری که برای ایجاد یک سیستم اطلاعات جغرافیایی موفق وجود دارد شامل داده^۱، سخت‌افزار^۲، نرم‌افزار^۳، اشخاص^۴ و متدهای عملیاتی^۵ است. برخی از متخصصین سیستم اطلاعات جغرافیایی بر این باورند که شبکه نیز از دیگر اجزای سیستم اطلاعات جغرافیایی محسوب می‌شود. در ادامه به تعریف هر یک از این اجزا پرداخته می‌شود.

داده، شامل داده‌هایی درباره موجودیت‌های مختلف محیط و ارتباط بین موجودیت‌ها است. داده هفتاد الی هشتاد درصد وقت و هزینه را شامل می‌شود. سخت‌افزار، شامل عناصر پردازشی، رسانه‌های

1 Data

2 Hardware

3 Software

4 User

5 Methods

ذخیره‌سازی داده، دستگاه‌های جانبی، سخت‌افزارهای ارتباطی و غیره است. نرم‌افزار عبارت است از نرم‌افزار کامپیوتری که عملیات و ابزار اساسی موردنیاز برای ذخیره‌سازی، آنالیز و نمایش اطلاعات مکانی را تأمین می‌کند. دو تفاوت اصلی بین نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی با سایر نرم‌افزارهای غیر سیستم اطلاعات جغرافیایی مانند اتوکد وجود دارد. یکی، در قابلیت تحلیل‌های مکانی و آنالیزها و دیگری درک موجودیت مکانی بین عناصر است. به‌طورکلی یک نرم‌افزار قدرتمند از سه بخش ورودی داده پیشرفته و ابزار اداره داده‌های مکانی، سیستم مدیریت پایگاه داده و ابزاری که پرسش، آنالیز و بصری کردن اطلاعات جغرافیایی را پشتیبانی کند، تشکیل شده است. رویه‌های عملیاتی، شامل کلیه عملیاتی که روی پایگاه داده انجام می‌شود که خود به دو بخش آنالیز و پردازش قابل تقسیم‌بندی است. کاربر، شامل کاربران یا کسانی که به نحوی با سیستم در ارتباط هستند نظیر مدیر پایگاه داده^۱، طراحان پایگاه داده^۲، برنامه نویسان پایگاه داده^۳ و کاربران نهایی^۴ است. در بین اجزای یادشده سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاربران نهایی مهم‌ترین جز شناخته می‌شود.

مهم‌ترین موارد در هنگام استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی اخذ داده، ورود داده، پیش‌پردازش، مدیریت داده و نمایش آن است. فرمت داده‌های ورودی بایستی با فرمت سیستم منطبق باشد که در پیش‌پردازش داده برای استفاده مناسب می‌شود. پیش‌پردازش شامل آزمایش‌هایی بر روی کیفیت داده نیز است. مدیریت داده شامل هردوی داده‌های مکانی و توصیفی است و نیازمند یک پایگاه داده و سیستم مدیریت آن است. نمایش اطلاعات معمول‌ترین خروجی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

۴.۱ چهارچوب ادراکی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی زیرمجموعه‌ای از سیستم‌های اطلاعاتی است. در سیستم‌های اطلاعاتی دو جریان اصلی وجود دارد. یکی جریان داده و دیگری پردازش آن است. جریان داده‌ها متأثر از نوع داده‌های موجود در آن سیستم اطلاعاتی است؛ عملیات پردازش‌ها داده‌ها نیز متأثر از روابط میان داده‌ها است. از این‌روی، ما برای درک یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، بررسی خود را به دو جنبه مهم سازمان‌دهی داده‌ها و روابط آن‌ها معطوف می‌کنیم.

در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی با دو طبیعت مختلف از داده‌ها روبه‌رو هستیم. یکی داده‌های مکانی و دیگری داده‌های غیرمکانی که به آن توصیفی نیز گفته می‌شود. داده‌های مکانی که مهم‌ترین وجه تمایز سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با دیگر سیستم‌های اطلاعاتی هستند، نشان‌دهنده شکل و موقعیت اشیای جغرافیایی موجود در سیستم هستند. داده‌های غیرمکانی یا توصیفی همان داده‌های

1 DBA

2 DBD

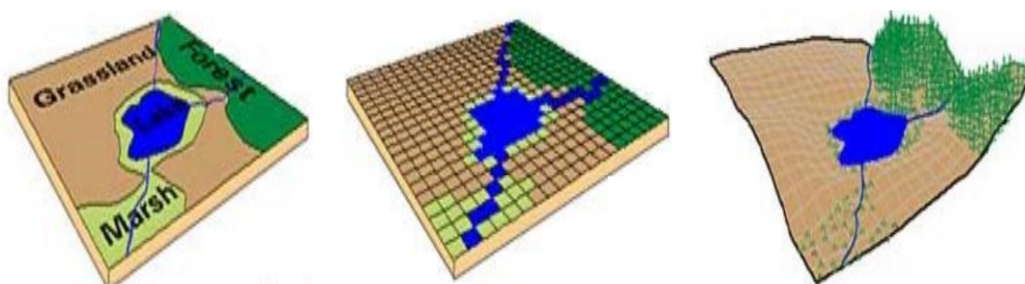
3 DBP

4 End Users

رایج کاراکتری و عددی هستند که برای توصیف ویژگی‌ها و خصوصیات یک شیء مانند نام، رنگ و سایر مشخصاتی که جنبه‌ی جغرافیایی ندارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر این داده‌ها به داده‌های مکانی الحاق شده و آن‌ها را توصیف می‌کنند.

روابط مکانی یکی از جنبه‌های سیستم‌های اطلاعاتی است که در مدل‌سازی و پردازش داده‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. این روابط به دو دسته توپولوژیکال و پروکسیمال قابل تقسیم‌بندی است. روابط توپولوژیکال، روابط غیر عددی هندسی که بیان‌کننده خصوصیات پیوسته‌ای مانند همسایگی دو شیء، اشتراک دو شیء و غیره است. روابط پروکسیمال^۱ روابط عددی هندسی که خصوصیات غیر پیوسته‌ای نظیر فاصله دو شیء، محیط و یا مساحت یک شیء را بیان می‌کند.

نمایش داده‌های مکانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی به دو صورت برداری^۲ و رستری^۳ قابل‌نمایش است. در مدل برداری، مکانی که متغیر مقدار یکسانی می‌گیرد به یک نمایش هندسی ساده مانند نقطه، خط و پلیگون محدود می‌شود. در حالت ساده این هندسه‌ها ممکن است به‌عنوان مجموعه‌ای از نقاط و دستورالعمل چگونگی اتصال این نقاط ذخیره شوند. دو اختلاف اصلی میان مدل برداری و تصویری یا به عبارتی رستری وجود دارد. اختلاف اول این است که در مدل برداری، مرز یا محدوده شیء جغرافیایی به‌طور واضح ذخیره‌سازی می‌شود اما محتویات درون شیء ذخیره نمی‌گردد. اختلاف دوم این است که تنها یک مقدار از متغیر مورد نظر برای کل شیء ثبت می‌گردد. به‌عنوان مثال، برای نامیدن بخش‌هایی که ویژگی‌های یکسان دارند، تنها یک مقدار برای هر کدام از این ویژگی‌ها ثبت می‌شود درحالی‌که در مدل رستری یک مقدار از ویژگی مربوطه برای هر سلول ثبت می‌گردد. شکل ۳.۱ نمایش دنیای واقعی در دو قالب برداری و رستری نمایش داده است.



الف. نمایش دنیای واقعی ب. نمایش دنیای واقعی در حالت رستری ج. نمایش دنیای واقعی در قالب برداری

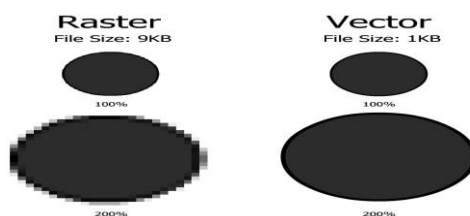
شکل ۳.۱ نمایش یک ناحیه‌ی جغرافیایی در دو قالب رستری و برداری

1 Proximal

2 Vector

3 Raster

در نمایش برداری، داده‌ها به‌عنوان مجموعه‌ای از اشیای مجزا و گسسته در نظر گرفته می‌شوند و بنابراین این قالب نمایشی داده‌های مکانی برای انجام انواع تجزیه و تحلیل‌های مکانی بسیار مناسب است. اشیاء در این ساختار به سه نوع تقسیم می‌شوند که شامل نقطه^۱، خط^۲ و سطح^۳ است. نمایش برداری اشیاء جغرافیایی مستقل از کیفیت و وضوح تصویر ورودی است. به این معنا که اطلاعاتی که در یک نمایش برداری قرار دارند را می‌توان در هر اندازه‌ای نمایش داد؛ اما نمایش رستری تابعی از کیفیت وضوح تصویر است؛ به این معنا که چگالی تصویر در هر واحد نمایانگر کیفیت تصویر و اندازه پیکسل یا کوچک‌ترین جزء قابل تشخیص است. این کیفیت متأثر از عوامل سخت‌افزاری مانند قدرت دوربین یا اسکنر است. شکل ۴.۱ کیفیت و وضوح نمایش برداری و قابلیت بزرگ‌نمایی را نشان می‌دهد.



شکل ۴.۱ کیفیت و وضوح نمایش برداری و رستری و قابلیت بزرگ‌نمایی

نمایش موقعیت داروخانه‌ها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی شهری نمونه‌ای از اشیایی که در سیستم جغرافیایی به‌صورت یک نقطه ظاهر می‌شوند. اشیایی که به شکل خطوطی راست یا منحنی ظاهر می‌شوند مانند مسیر رودخانه‌ها، خیابان‌ها، راه‌آهن نمونه‌ای از نمایش خط در سیستم اطلاعات جغرافیایی است. در ساختار برداری برای نمایش اشیای بسیط و دارای مساحت مانند حوزه‌ی یک دریاچه، شهر، جنگل از سطح استفاده می‌شود؛ اما در نمایش تصویری عناصر جغرافیایی به‌صورت مجموعه‌ای از پیکسل‌ها نمایش داده می‌شود و به‌طور معمول از شبکه‌های سلولی در لایه‌های مختلف داده‌ای استفاده می‌شود. هر لایه‌ی داده‌ای، خواص مختلفی از اشیاء را نشان می‌دهد. در شکل ۵.۱ نمودار ساختار داده‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نمایش داده شده است.

داده‌های غیر مکانی به دو بخش فراداده^۴ و ویژگی داده قابل تقسیم‌بندی است. فراداده‌ها داده‌های اصلی سیستم نیستند بلکه اطلاعاتی در مورد داده‌های موجود در سیستم تهیه می‌کنند. به‌عنوان مثال بازه‌ی

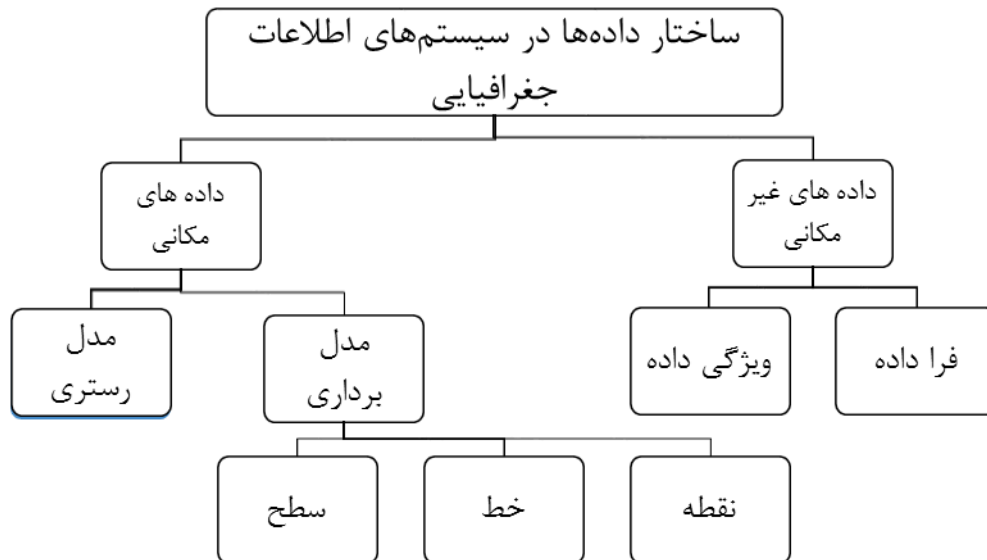
1 Node

2 Arc

3 Area

4 Metadata: data about data

عددی مورد استفاده در هر بعد از مختصات جغرافیایی و همچنین مقیاس نمایش اشکال و نقشه‌های جغرافیایی از مهم‌ترین فراداده‌های سیستم‌های GIS محسوب می‌شوند



شکل ۵.۱ نمودار ساختار داده‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

۵.۱ امکانات و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی

با توضیحاتی که در قسمت‌های قبل بیان شد، امید است خواننده درک کلی از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به نوع داده‌های آن و روابط و عملگرهای تعریف شونده بر روی آن‌ها به دست آورده باشد. با این مقدمه به سراغ تشریح قابلیت‌های مورد انتظار از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌رویم.

۱.۵.۱ پشتیبانی از سیستم‌های مختصات جغرافیایی گوناگون

توصیف موقعیت و شکل دقیق اشیاء نیازمند چارچوبی برای تعریف دنیای واقعی یا همان زمین است. یک دستگاه مختصات جغرافیایی برای انتساب موقعیت جغرافیایی به اشیاء به کار می‌رود. دستگاه مختصات جهانی ترکیب شده از عرض و طول جغرافیایی یکی از این دستگاه‌هاست. دستگاه دیگر دستگاه مختصات کارترین یا مسطح است که از همان دستگاه مختصات جهانی مشتق شده است. نقشه‌ها اشیاء روی زمین را با استفاده از شبکه‌های شطرنجی که با اندازه‌هایی (مانند طول و عرض جغرافیایی) برچسب‌گذاری شده‌اند، نمایش می‌دهند. داده‌های مکانی از منابع مختلف و در سیستم‌های مختصات گوناگون تولید و ذخیره می‌شوند. از آنجایی که زمین شکل کروی دارد، یکی از راه‌های رؤیت کامل آن، تهیه نقشه کروی کره جغرافیایی از زمین است که کلیه اندازه‌ها به یک نسبت کوچک می‌شوند، ولیکن روابط هندسی نظیر زاویه، مساحت و نسبت فواصل ثابت باقی می‌ماند. با انتقال سطح

کروی، روی یک سطح مستوی و تهیه نقشه مسطح، می‌توان روی یک برگ نقشه تمامی سطح کره زمین را مشاهده نمود و به راحتی فواصل را اندازه‌گیری کرد. اطلاعات مکانی از منابع مختلفی تهیه می‌شوند و ممکن است دارای سیستم مختصات جغرافیایی یکسان نباشند. از این‌رو یک سیستم اطلاعات جغرافیایی باید قابلیت پشتیبانی از سیستم‌های مختصات جغرافیایی گوناگون و در صورت امکان تبدیل آن‌ها (با چشم‌پوشی مختصری از خطای ذاتی سیستم) به یکدیگر را داشته باشد. در ادامه این مطلب به تعریف سیستم مختصات جغرافیایی جهانی یا قطبی و سیستم مختصات UTM با توجه به کاربرد آن در ایران می‌پردازیم.

مختصات جغرافیایی قطبی^۱، سیستمی است برای مشخص ساختن موقعیت مکانی هر یک از نقاط سطح زمین که از دو مقدار زاویه‌ای یا قوسی به نام "طول جغرافیایی" و "عرض جغرافیایی" ترکیب یافته است. برای بیان مختصات جغرافیایی از دو دایره عظیمه به نام دایره استوا و نصف‌النهار که از رصدخانه گرینویچ می‌گذرد، به عنوان مبناهای مختصات استفاده می‌شود. مختصات جغرافیایی نقطه‌ای فرضی مانند M که نصف‌النهار آن دایره استوا در نقطه B قطع کرده است عبارت است از قوس AB به عنوان طول جغرافیایی و قوس BM عرض جغرافیایی که A محل تلاقی نصف‌النهار مبدأ و خط استوا است.

طول جغرافیایی^۲ هر نقطه از سطح زمین عبارت است از قطعه قوسی از دایره استوا که بین نصف‌النهار مبدأ و نصف‌النهار واقع بر نقطه مزبور قرار گرفته باشد. طول جغرافیایی هر نقطه متناسب با واقع شدن آن نقطه در خاور یا باختر نصف‌النهار مبدأ به طول خاوری یا باختری تقسیم می‌شود که اندازه هر کدام صفر تا ۱۸۰ درجه است. پرواضح است کلیه نقاطی که روی یک نصف‌النهار واقع شده‌اند، هم طول بوده و از آن جایی که تمام نصف‌النهارها در نقطه قطب به یکدیگر برخورد می‌کند، لذا مسافت میان آن‌ها متناسب با عرض جغرافیایی نقاط مختلف، متفاوت است. بدین ترتیب که مسافت یک درجه درروی دایره استوا برابر ۱۱۱.۳۲ کیلومتر و در عرض ۴۵ درجه برابر ۷۸.۴۸ کیلومتر و در عرض ۷۰ درجه برابر ۳۸.۱۸۷ کیلومتر و در قطب معادل صفر است. چون هر ۱۵ درجه طول جغرافیایی معادل ۱ ساعت است از این‌رو با در دست داشتن اختلاف میان زمان محلی و زمان متوسط گرینویچ می‌توان طول جغرافیایی هر نقطه از سطح زمین را تعیین نمود.

عرض جغرافیایی^۳ عبارت است از زاویه‌ای که رأس آن در مرکز کره زمین واقع شده و پاره قوسی از دایره نصف‌النهار واقع بر نقطه موردنظر را در حدفاصل نقطه مزبور و خط استوا برابر صفر و در قطب‌ها معادل ۹۰ درجه است. دایره‌هایی که به موازات دایره استوا روی کره زمین رسم می‌شوند، مدارهای

1 Geographic coordinate

2 Longitude

3 Latitude

عرض جغرافیایی نام دارند و درواقع هرکدام از آن‌ها مکان هندسی نقاط هم‌عرض جغرافیایی هستند. به‌طور متوسط هر درجه عرض جغرافیایی معادل ۱۱۱.۰۴۲ کیلومتر یا ۶۹ مایل است. سیستم تصویر مرکاتور^۱ گونه‌ای سیستم تصویر استوانه‌ای که برای تهیه نقشه جهان‌نما به‌کار می‌رود. در این سیستم که نخستین بار به‌وسیله Gerhard Mercator در سال ۱۵۶۹ برای نقشه جهان‌نما به‌کار گرفته شده است. نصف‌النهارها به‌صورت خط‌های راست و عمودی و متساوی‌الفاصله و مدارها نیز به شکل خط‌های مستقیم و مختلف‌الفاصله تصویر می‌گردد. به‌طوری‌که هر چه از استوا دور شویم به فاصله میان آن‌ها افزوده می‌شود. این سیستم در پیرامون خط استوا که محل تماس کره زمین با استوانه تصویر است دارای دقت کافی بوده و هر چه از آن دور شویم از دقت آن از نظر شکل و مساحت کاسته می‌شود. به‌طوری‌که به‌عنوان مثال قطعه زمینی به ابعاد ۱*۱ درجه که در مدار ۶۰ درجه عرض جغرافیایی واقع شده است، هم از نظر پهنا و هم از نظر درازا به دو برابر اندازه حقیقی و چهار برابر مساحت واقعی تصویر گردیده است. به همین دلیل در واقع از این سیستم برای تصویر مناطق بالاتر از ۸۰ درجه استفاده نمی‌شود. یکی از موارد استعمال این سیستم تهیه چارت‌های دریانوردی و هواشناسی است.

۲.۵.۱ قابلیت ورود و پذیرش داده‌ها

یکی از مواد اصلی هر پایگاه داده‌ای، داده‌های آن است و در اصل نوع داده، حجم داده و ساختارهای تعریف و استفاده از آن در معماری پایگاه داده اثر به‌سزایی دارد. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی نیز از این قانون مستثنا نیستند. با توجه به ماهیت اطلاعات جغرافیایی و نحوه تولید آن، داده یکی از مهم‌ترین قسمت‌های یک سامانه اطلاعات جغرافیایی است. یک نرم‌افزار GIS باید قابلیت پذیرش و ورود داده‌ها را داشته باشد. از آنجایی‌که منابع تولیدکننده اطلاعات جغرافیایی منابعی متنوع هستند و این اطلاعات گاه در حالت خام توسط کامپیوتر قابل استفاده نیستند، باید به طریقی این داده‌ها را وارد کامپیوتر و به‌طور خاص وارد نرم‌افزار GIS کرد تا قابل استفاده گردد. برای جلوگیری از پراکندگی و گستردگی غیرقابل کنترل مطالب، مباحث تفصیلی در مورد روش‌های تولید و پذیرش داده‌های جغرافیایی در فصل دوم آمده است.

۳.۵.۱ پشتیبانی از ساختار توپولوژیک داده‌ها

به مفهومی می‌توان توپولوژی را دانشی دانست که به مطالعه پیوستگی می‌پردازد. با آغاز از پیوستگی فضا یا شکل، به سمت تعمیم حرکت می‌کند و سپس از روی قیاس و شبیه‌سازی خود را به درکت

1 Mercator's Projection

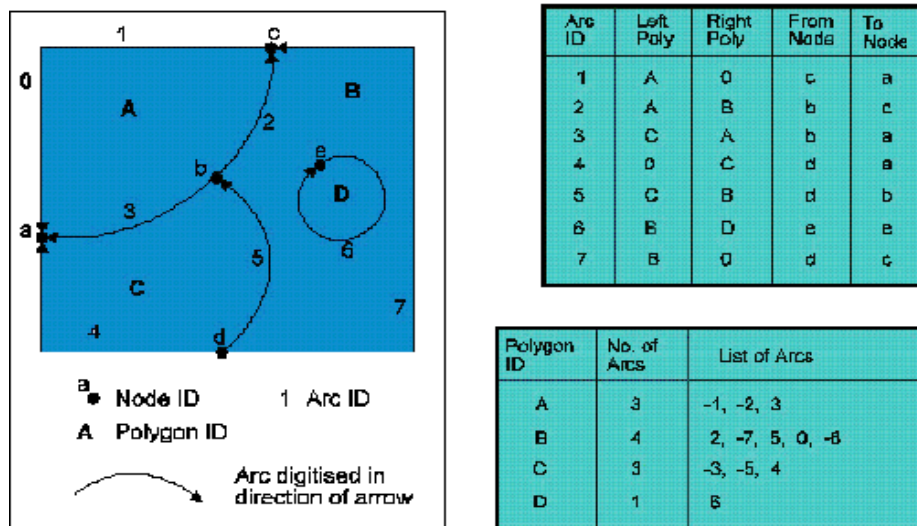
تازه‌ای از مفهوم پیوستگی می‌رساند و در نتیجه از تصویری که درباره فضای عادی در ذهن خود داریم، به کلی دور می‌شود.

توپولوژی، به ویژگی‌های چیزهایی که به اندازه کافی پایدار باشند اطلاق می‌گیرد؛ یعنی ویژگی‌هایی که ضمن تغییر شکل چیز با کش دادن و به هم فشردن آن تغییر نکند. تنها تغییر شکل‌هایی در توپولوژی مجاز است که پیوستگی شیء را از بین نبرد و آن چه را از هم جداست به هم نپیوندد. برای درک بهتر موضوع مفتولی را در نظر بگیرید که به شکل دایره درآمده است و دو انتهای آن به هم متصل است. می‌توان این مفتول را بدون پاره کردن به یک مربع یا مثلث تبدیل کرد. حال فرض کنید روی این مفتول نقاطی را نشانه و نام‌گذاری کرده‌ایم. در تبدیل اشیاء به یکدیگر این نشانه‌ها ثابت می‌مانند و توالی آن‌ها نیز حفظ می‌شود. حال اگر به جای مفتول از یک سیم لاستیکی استفاده کنیم، باز هم نشانه‌ها هستند و توالی خود را حفظ می‌کنند. حتی اگر با کشیدن سیم لاستیکی، فاصله آن‌ها را از هم بیشتر کنیم. در واقع ویژگی توپولوژی چنین است که علی‌رغم تغییر، شکل ثابت باقی می‌مانند. این تعریف و ارائه ذهنیتی از توپولوژی در ریاضیات است. با درک دقیق‌تر مفهوم توپولوژی، معنای آن را در جغرافیا نیز درک می‌کنیم. در جغرافیا نقشه‌هایی به نام نقشه‌های توپولوژیک وجود دارند که در آن اندازه و موقعیت واقعی چندضلعی‌ها مدنظر نیست. بلکه مهم ارتباط‌ها، همسایگی‌ها و دیگر روابط چندضلعی‌ها در کنار یکدیگر است. با این مقدمه به سراغ تعریف توپولوژی و روابط مکانی در GIS می‌رویم.

در حوزه سیستم اطلاعات جغرافیایی، توپولوژی به معنای اتصال و داشتن روابط مکانی اشیای مختلف موجود در سیستم با یکدیگر است. یکی از قابلیت‌های GIS امکان تعریف روابط مکانی میان اشیای مختلف جغرافیایی است. به کارگیری یک ساختار توپولوژیکی در GIS سیستم را قادر می‌سازد تا قابلیت انجام بسیاری از تجزیه و تحلیل‌ها و جواب‌گویی به پرسش‌ها را دارا شود. به عنوان مثال، برای تعیین بهترین مسیر بین دو نقطه، از روابط توپولوژیک بین راه‌ها استفاده شده و بهترین مسیر انتخاب می‌شود. شکل ۶.۱ نمونه‌ای از یک ساختار توپولوژیک داده‌های مکانی را نشان می‌دهد.

۴.۵.۱ تبادل داده با دیگر نرم‌افزارها

سیستم اطلاعات جغرافیایی، علاوه بر دریافت داده، در فرمت‌های متنوع و از منابع اطلاعاتی مختلف، باید بتواند اطلاعات موجود در پایگاه داده خود را در فرمت‌های مختلف به خروجی بفرستد. با توجه به این که برای انجام بعضی پردازش‌ها، نرم‌افزارهای خاصی وجود دارد، GIS باید بتواند اطلاعات مورد نیاز آن نرم‌افزارها را با فرمت قابل قبول نرم‌افزار تولید کند و سپس بعد از انجام پردازش مورد نیاز، اطلاعات را دریافت و به فرمت قابل پذیرش برای خود تبدیل کند. در این تبادل داده، می‌بایست حداقل اطلاعات ممکن از دست برود.



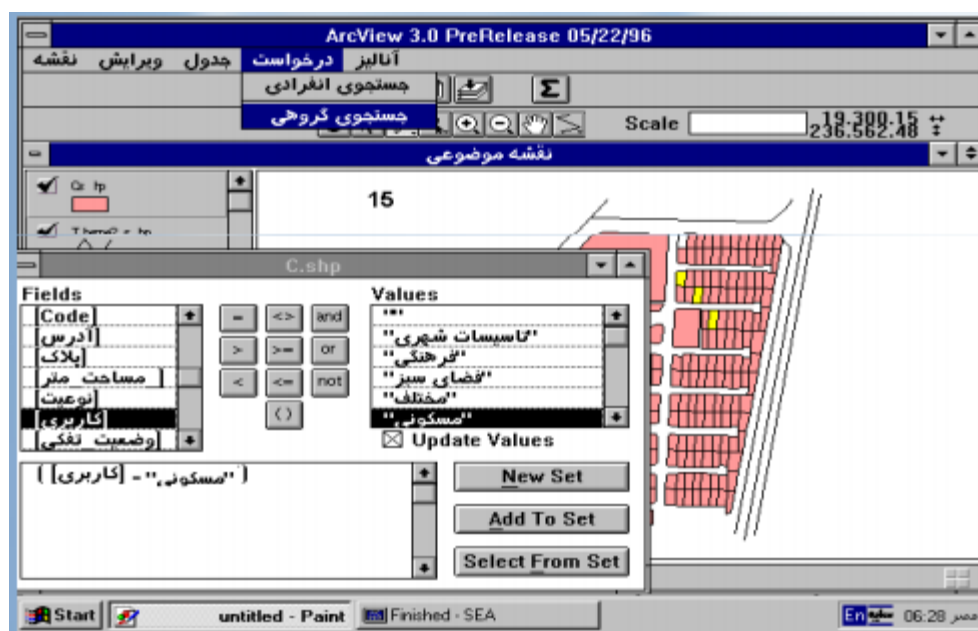
شکل ۶.۱ نمونه‌ای از یک ساختار توپولوژیک داده‌های مکانی

۵.۵.۱ توانایی انواع پرسش و پاسخ

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی این قابلیت را در اختیار کاربر قرار می‌دهند تا بر اساس اطلاعات مکانی و توصیفی ذخیره‌سازی شده در سیستم، اقدام به انجام پرسش و پاسخ‌های موردنظر خود نماید. انواع این پرسش و پاسخ‌ها شامل پرسش‌های مکانی، پرسش‌های توصیفی، پرسش‌های تابعی/شرطی، پرسش‌های روند تغییرات و پرسش‌های ترکیبی است.

پرسش‌های مکانی، این پرسش‌ها بر اساس اطلاعات مکانی و عوارض موجود در پایگاه داده GIS صورت می‌پذیرد. به عنوان نمونه، می‌توان به جست‌وجوی پست‌های برق واقع در محدوده یک استان یا رودخانه‌های واقع در یک حوزه آبریز اشاره نمود. پرسش‌های توصیفی، این پرسش‌ها بر اساس اطلاعات توصیفی ذخیره‌شده در پایگاه داده برای هر عارضه، صورت می‌پذیرد. به عنوان نمونه، می‌توان به یافتن یک رودخانه و یا یک حوزه آبریز، بانام مشخص، اشاره نمود. پرسش‌های تابعی/شرطی، این پرسش بر اساس معرفی یک شرط به عنوان معیار پرسش، صورت می‌پذیرد. به عنوان نمونه می‌توان به جست‌جوی حوزه‌های آبریز که حجم بارندگی در آن‌ها در طول سال بیش از یک مقدار مشخص است، اشاره نمود. پرسش‌های روند تغییرات، این پرسش‌ها بر اساس پارامترها و اطلاعات متغیر که با یک پریود زمانی در سیستم ذخیره می‌شوند، انجام می‌شود. به عنوان نمونه، می‌توان به انجام پرسش به منظور بررسی روند تغییرات میزان بارش یک حوزه آبریز در طی چندین سال گذشته، اشاره نمود. پرسش‌های ترکیبی، این پرسش‌ها به صورت ترکیبی از پرسش‌های مکانی، توصیفی و شرطی، انجام می‌شوند.

زبان پرسش و پاسخ^۱، ابزاری قدرتمند است که ویژوال بیسیک و موتور Microsoft Jet از آن برای دسترسی به انواع پایگاه داده استفاده می‌کنند. SQL در دهه ۱۹۷۰ توسط IBM به منظور استاندارد کردن روش‌های استخراج داده از پایگاه‌های داده مختلف، توسعه داده شد. هدف از اختراع این زبان، آرایه وسیله‌ای مستقل از برنامه‌نویسی بود. در واقع SQL مجموعه دستوراتی است که به شما اجازه می‌دهد به پایگاه‌های مختلف وصل شد و روی آن اعمالی مانند ثبت، حذف و تغییر را انجام داد. ساختار دستورات SQL توسط موسسه استانداردهای ملی آمریکا^۲ و در کمیته ANSI-SQL مشخص می‌شود. دستورات SQL به دو بخش کلی زبان پردازش داده^۳، زبان تعریف داده^۴ تقسیم می‌شود. دستورات DML، برای استخراج، مرتب‌سازی، خلاصه‌سازی و محاسبه روی جدول به کار می‌رود. دستورات DDL کاربر را قادر می‌سازد تا در یک پایگاه داده، جدول، اندیس و رابطه تعیین کنند؛ اما SQL Server نام یک پایگاه داده مانند Access است که دستورات SQL در ابتدا برای این پایگاه داده نوشته شده بود.



شکل ۷.۱ نمایش نحوه پرسش مکانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی

- 1 Structured Query Language (SQL)
- 2 ANSI
- 3 Data Manipulation Language (DML)
- 4 Data declaration Language (DDL)

SQL Server 2000، یکی از قوی‌ترین بانک‌های اطلاعاتی است و خیلی از شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ امروزه از آن به‌عنوان پایگاه داده خود استفاده می‌کنند، چند محدودیت هم دارد. یکی از محدودیت‌ها SQL2000 Server در طریقه قفل کردن^۱ است. در MS SQL 2000 مانند اوراکل می‌توان دسترسی همزمان به پایگاه را محدود کرد و آن را به اصطلاح قفل نمود. ولی در MS SQL 2000 امکان Deadlock خیلی زیاد است، به‌خصوص در^۲ Correct Transactional Flows. از طرف دیگر، اعمال تغییر در بانک‌های اطلاعاتی به‌صورت برخط یکی دیگر از محدودیت‌های آن است. البته با استفاده از DBCC Indexdefrag در SQL Server 2000 می‌توان قسمتی از ایندکس‌ها را به‌صورت برخط تغییر داد اما نه به‌صورت کامل. لازم به ذکر است که این مشکل تا حدی در SQL Server 2005 حل شده است. در اوراکل از نسخه ۸.۱ تا به حال امکان تغییر و جابه‌جایی جداول و ایندکس‌ها وجود دارد؛ بدون این‌که به exclusive lock نیاز داشته باشد. البته ناگفته نماند که نسخه ۹.۲ اوراکل دارای اشکالاتی و باگ‌هایی بود، ولی این اشکالات در نسخه آخر اوراکل برطرف شده است.

۶.۵.۱ تحلیل اطلاعات

یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی که آن را از دیگر سیستم‌های اطلاعات متمایز می‌کند؛ قابلیت تحلیل اطلاعات است. با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان اطلاعات توصیفی موجود در پایگاه اطلاعاتی را استخراج نمود و آن‌ها را به عوارض کارتوگرافیک نقشه مرتبط کرد. در واقع با به کاربران توابع تحلیل مکانی و اعمال مختلف و منطقی مانند مدیریت پایگاه اطلاعاتی آماده جوابگویی به پرسش‌ها و نیازهای کاربران می‌گردد. برخی از این توابع تحلیلی نظیر ویرایش‌ها، تبدیلات هندسی، فرمت و غیره برای ایجاد پایگاه داده لازم است و داده‌ها را آماده برای تجزیه و تحلیل‌های کاربردی بعدی می‌سازد. توابع تحلیلی از لحاظ نوع عملیات خاص بر روی انواع مختلف داده‌ها در سه بخش توابع تحلیلی داده‌های مکانی، توابع تحلیلی داده‌های توصیفی و توابع تحلیلی داده‌های مکانی و توصیفی قابل دسته‌بندی است. در ادامه به تشریح هر یک از این توابع می‌پردازیم.

توابع تحلیلی داده‌های مکانی به‌طور معمول برای انتقال داده‌های مکانی، ویرایش آن‌ها و توانایی تبدیل ساختار داده‌ها به ساختار مورد استفاده در سیستم به‌کار می‌روند. این توابع اصول با داده‌های مکانی ارتباط دارند و ممکن است در بعضی موارد به داده‌های توصیفی و غیرمکانی نیز رجوع داشته باشد. در GIS راه‌های فراهم کردن این توابع متفاوت است، ولی در تمام آن‌ها توانایی تبدیل ساختار داده‌های اصلی به ساختار داده‌های مورد استفاده در سیستم و ویرایش آن فایل‌ها و امکان ایجاد ارتباط (فرمت-های ورودی و خروجی) با GIS وجود دارد.

1 Locking Strategy

2 CTF

جدول ۱.۱. تاریخچه SQL Server 2005

سال	نگارش	شرح
۱۹۹۳	SQL SERVER 4.2	یک پایگاه داده رومیزی بود که می توانست به نیازهای ذخیره سازی و پردازش داده های یک واحد کوچک اداری ، پاسخ گوید . امکانات این نگارش بسیار محدود بودند اما استقبال بازار نشان داد که مفهوم یکپارچه سازی پایگاه داده ها با محیط ویندوز ، علاقه مندان زیادی دارد .
۱۹۹۵	SQL SERVER 6.5	هسته اصلی موتور پایگاه داده ها به صورت کامل باز نویسی شد . این اولین نسخه جدی SQL SERVER بود و در آن امکانات فراوانی در جهت افزایش کارایی و توانایی ، تعبیه شده بودند . اگر چه هنوز راه زیادی تا رسیدن به کارایی و امکانات کافی مانده بود ولی این نگارش قادر بود نیازهای برنامه های کاربردی کوچک تجارت الکترونیکی و اینترنتی را با قیمت بسیار کمتری نسبت به رقیب ، بر آورده سازد .
۱۹۹۸	SQL SERVER 7.0	این نگارش هم با باز نویسی اساسی دستورات موتور پایگاه داده ها همراه بود . این نگارش نسخه ی برجسته ای بود که یک پایگاه داده ی قدرتمند را در اختیار کسب و کارهای کوچک و متوسط قرار می دهد . این نسخه ، در جایی بین پایگاه داده های رومیزی مانند اکسس و پایگاه داده های بزرگ سازمانی گران قیمتی مانند اوراکل و DB2 قرار می گرفت . به خاطر سهولت استفاده و ابزارهای قدرتمند تجاری که در دل آن قرار داشتند ، این نگارش به سرعت جایگاه مناسبی را به دست آورد . به خصوص که در محصولات رقیب ، این امکانات رایگان ، باید جداگانه خریداری می شدند .
۲۰۰۰	SQL SERVER 2000	با بهبود اساسی مقیاس پذیری و اعتماد پذیری در این نسخه ، SQL SERVER به یک بازیگر اصلی در بازار پایگاه داده های سازمانی تبدیل شد . به شکلی که در حال حاضر عملیات تجاری شرکت های بزرگی مثل NASDAQ و Dell پر دوش این محصول قرار دارد . اگر چه به دلیل قیمت بالای این محصول ، در ابتدا سرعت رشد فروش آن کند بود ولی وجود ابزارهای مناسب مدیریت ، تحلیل و توسعه ، باعث شد تا به تدریج مجموعه مشتریان این محصول ، بزرگتر شود .

توابع تحلیلی بر روی داده های توصیفی، این گروه از توابع به منظور ویرایش و بررسی و تجزیه و تحلیل داده های توصیفی و غیرممکنی مورد استفاده قرار می گیرند. بسیاری از تجزیه و تحلیل ها را می توان به کمک این توابع با سرعت بالایی انجام داد. برخی از این دسته توابع شامل توابع ویرایشی داده های توصیفی، توابع پرسشی داده های توصیفی در مورد اطلاعات توصیفی است.

توابع ویرایش داده های توصیفی این امکان را می دهند که مشخصات توصیفی را بازیابی، بررسی و تغییر داد. اضافه کردن آیتم ها و سطرهای جدول یا اضافه کردن جداول تشریحی جدید یا اتصال فایل ها به وسیله فرامین مختلف، در سیستم های نرم افزاری قابل اجرا خواهند بود. اتصال فایل ها از قابلیت مهم این توابع است. توابع پرسشی، اطلاعات موجود در پایگاه داده های توصیفی را به وسیله فرد استفاده کننده بر اساس شرایط انتخاب شده، بازیابی می کنند. جستجوهای انتخابی را می توان در یک تا چند لایه از اطلاعات انجام داد و نتایج، به صورت گزارشی از جدول باشد که این جداول را می توان ذخیره کرد و پس از آن مورد استفاده قرار داد. به طور کلی دو نوع جستجو مکانی و غیر مکانی به وسیله GIS انجام می شود. به عنوان مثال این سوال که تعداد پایان نامه های مرتبط با موضوع حمل و نقل چقدر است؟