



درآمدی بر
سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

(رشته جغرافیا)

دکتر منیژه قهرودی تالی
دکتر ام‌السلمه بابایی فینی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمرهٔ کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک‌درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ای بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدفهای رفتاری.....	۱
مقدمه.....	۲
۱. ۱. تاریخچه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی.....	۳
۲. ۲. تعریف سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS).....	۴
۳. ۱. ۳. ضرورت مطالعه (GIS) در جغرافیا.....	۶
۴. ۱. ۴. مؤلفه های (GIS).....	۸
۵. ۱. ۵. ضرورت ایجاد پایگاه داده یکپارچه (Geodatabase).....	۱۲
۶. ۱. ۶. زیر ساختار ملی داده های مکانی.....	۱۵
۱. ۱. ۱. قوانین و مقررات.....	۱۵
۲. ۲. استانداردها و دستور العمل ها.....	۱۵
۳. ۳. ابزارهای جستجو در تبادل داده های مکانی.....	۱۶
۴. ۴. لایه های اطلاعات مکانی.....	۱۶
۷. ۱. ۷. بررسی استانداردهای اشتراک داده ای در GIS.....	۱۶
خودآزمایی ۱.....	۱۸
پاسخ ۱.....	۱۹
فصل دوم: داده های جغرافیایی در GIS.....	۲۱
هدف کلی.....	۲۱
هدفهای رفتاری.....	۲۱
مقدمه.....	۲۲

۲۳	۱. ۲. داده جغرافیایی
۲۶	۲. ۲. ساختار مکانی داده های جغرافیایی
۲۶	۱. ۲. ۲. مدل برداری
۲۸	قواعد توپولوژی در Geodatabase
۲۸	۱. توپولوژی در یک لایه خطی
۲۹	۲. توپولوژی عوارض خطی با خطی
۳۰	۳. توپولوژی عوارض خطی با لایه های سطح و نقطه
۳۰	۴. توپولوژی در یک لایه سطحی
۳۱	۵. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های خط و نقطه
۳۱	۶. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های سطحی
۳۲	۷. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های خطی و بالعکس
۳۳	۸. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های نقطه
۳۳	۲. ۲. ۲. مدل (سلولی) رستری
۳۷	۲. ۲. ۳. مدل شبکه نامنظم مثلثی (TIN)
۳۹	۲. ۲. ۴. ساختار شیء گرا
۴۱	۲. ۳. ساختار توصیفی داده ها جغرافیایی
۴۱	۱. ۳. ۲. ساختار داده تخت
۴۲	۲. ۳. ۲. ساختار سلسه مراتبی داده
۴۴	۲. ۳. ۳. ساختار شبکه ای
۴۵	۲. ۳. ۴. ساختار ارتباطی (رابطه ای)
۴۶	خودآزمایی ۲
۴۸	پاسخ ۲
۴۹	فصل سوم: منابع و ابزار ورود داده های جغرافیایی در GIS
۴۹	هدف کلی
۴۹	هدفهای رفتاری
۵۰	مقدمه
۵۰	۳. ۱. منابع داده های جغرافیایی
۵۰	۳. ۱. ۱. نقشه های کاغذی
۵۵	۳. ۱. ۲. منابع سنجش از دور

۵۵	۳. ۱. ۳. تصاویر ماهواره ای
۵۹	۳. ۲. ابزار ورودی داده های جغرافیایی
۵۹	۳. ۲. ۱. رقم گر
۶۱	۳. ۲. ۲. اسکنر
۶۳	۳. ۲. ۳. سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)
۶۷	خودآزمایی ۳
۶۸	پاسخ ۳
۶۹	فصل چهارم: درون یابی
۶۹	هدف کلی
۶۹	هدفهای رفتاری
۷۰	مقدمه
۷۱	۴. ۱. مفاهیم درون یابی
۷۳	۴. ۲. روشهای درون یابی
۷۳	۴. ۲. ۱. روشهای درون یابی جبری یا قطعی
۷۴	۴. ۲. ۲. روشهای درون یابی زمین آماری
۷۶	۴. ۳. تحلیلهای اولیه در درون یابی
۷۶	۴. ۳. ۱. نمونه گیری و توزیع داده های فضایی
۸۱	۴. ۳. ۲. پلیگون های تیسن یا نقشه ورونوی
۸۵	۴. ۳. ۳. سمی واریوگرام
۹۱	۴. ۴. روشهای درون یابی
۹۱	۴. ۴. ۱. روش IDW (Inverse Distance Wighted)
۹۵	۴. ۴. ۲. روش Kriging
۱۰۰	مدلهای مختلف کریجینگ
۱۰۱	کریجینگ معمولی
۱۰۲	کریجینگ فراگیر
۱۰۵	خودآزمایی
۱۰۶	پاسخ ۴
۱۰۷	فصل پنجم: توابع تحلیل فضایی
۱۰۷	هدف کلی

۱۰۷	هدفهای رفتاری.....
۱۰۸	مقدمه.....
۱۰۹	۵. ۱. توابع رویهم قرار گیری.....
۱۰۹	۵. ۱. ۱. رویهم قرار گیری برداری.....
۱۱۰	Identity.....
۱۱۰	Intersect.....
۱۱۱	Symmetrical difference.....
۱۱۱	Union.....
۱۱۱	Update.....
۱۱۱	۵. ۱. ۲. رویهم قرار گیری رستری.....
۱۱۳	Zonal Statistics.....
۱۱۹	Combine.....
۱۲۱	۵. ۱. ۳. رویهم قرار گیری وزنی.....
۱۲۳	۵. ۲. توابع مجاورت.....
۱۲۴	۵. ۲. ۱. توابع مجاورت برداری.....
۱۲۴	Buffer.....
۱۲۴	Near (نزدیکی).....
۱۲۵	Point Distance.....
۱۲۶	ایجاد پلیگونهاى تیسن.....
۱۲۷	Network distance.....
۱۲۸	۵. ۲. ۲. توابع مجاورت رستری.....
۱۲۸	Euclidean.....
۱۳۰	Cost.....
۱۳۰	Corridor.....
۱۳۲	Surface Length.....
۱۳۳	۵. ۳. توابع ریاضی.....
۱۳۳	۵. ۳. ۱: توابع حسابی.....
۱۳۳	تابع قدر مطلق.....
۱۳۴	توابع گرد کردن.....
۱۳۴	توابع تبدیل عددی.....

۱۳۵	تابع تعیین سلولهای بدون داده.....
۱۳۶	۵. ۳. ۲: توابع لگاریتمی.....
۱۳۶	تابع نمایی.....
۱۳۷	تابع لگاریتمی.....
۱۳۷	۵. ۳. ۳: توابع توانی.....
۱۳۹	۵. ۳. ۴: توابع مثلثاتی.....
۱۳۹	سینوس.....
۱۳۹	کسینوس.....
۱۳۹	تانژانت.....
۱۴۰	۵. ۴: عملگرهای ریاضی.....
۱۴۱	۵. ۴. ۱: عملگرهای حسابی.....
۱۴۱	عملگر mod.....
۱۴۱	Div.....
۱۴۲	۵. ۴. ۲: عملگرهای بولین.....
۱۴۲	And.....
۱۴۳	Or.....
۱۴۳	Not.....
۱۴۴	Xor.....
۱۴۵	۵. ۴. ۳: عملگرهای رابطه ای.....
۱۴۵	=.....
۱۴۵	<.....
۱۴۵	>.....
۱۴۵	≤.....
۱۴۶	≥.....
۱۴۶	≠.....
۱۴۷	خودآزمایی ۵.....
۱۴۸	پاسخ ۵.....
۱۴۹	فصل ششم: مدل‌های سه بعدی در GIS.....
۱۴۹	هدف کلی.....

۱۴۹	هدفهای رفتاری.....
۱۵۰	مقدمه.....
۱۵۰	۶. ۱. تعریف.....
۱۵۱	مدل ارتفاعی رستری (Raster).....
۱۵۲	مدل TIN.....
۱۵۵	۶. ۲. کاربرد مدل‌های ارتفاعی.....
۱۵۶	۶. ۳. روشهای تولید مدل‌های ارتفاعی.....
۱۵۶	۶. ۳. ۱. درون یابی.....
۱۵۶	درون یابی همسایگی طبیعی.....
۱۵۸	۶. ۳. ۲. مثلث بندی (TIN).....
۱۵۸	اجزاء مدل داده تین (TIN).....
۱۵۹	گره ها.....
۱۵۹	لبه ها.....
۱۵۹	مثلث ها.....
۱۵۹	پوسته.....
۱۶۰	۶. ۴. تبدیل مدل‌های سه بعدی.....
۱۶۰	تبدیل رستر به تین.....
۱۶۲	تبدیل تین به محدوده سه بعدی.....
۱۶۲	تبدیل مدل تین به رستر.....
۱۶۳	تبدیل تین به وکتور های سه بعدی.....
۱۶۵	۶. ۵. نقشه های حاصله از مدل‌های سه بعدی.....
۱۶۵	منحنی های میزان یا کتور.....
۱۶۶	شیب.....
۱۶۸	جهت شیب.....
۱۷۰	سایه روشن.....
۱۷۳	خودآزمایی ۶.....

فصل اول

مقدمه ای بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با تاریخچه و ضرورت مطالعه GIS در جغرافیا آشنا می شوید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. تاریخچه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را بیان کنید.
۲. روابط فضایی را بیان کنید.
۳. مفهوم سیستم و یک نوع ساده آن را بیان کنید.
۴. سیستمهای اطلاعات را تعریف کنید.
۵. سیستمهای اطلاعات مکانی را تعریف کنید.
۶. سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را بیان کنید.
۷. داده جغرافیایی را تعریف کنید و وجه مشترک بین آنها را بیان کنید.

۸. ضرورت مطالعه (GIS) در جغرافیا را تشریح کنید.
۹. نظر ریچارد موریل یکی از نظریه پردازان مکتب جغرافیا علم فضایی در مورد گرایش انسان به سه اصل مطرح شده بیان کنید.
۱۰. توانمندی های مهم GIS را از نظر متخصصین علوم زمینی بیان کنید.
۱۱. مؤلفه های (GIS) را شرح دهید.
۱۲. مهمترین مؤلفه GIS را بیان کنید.
۱۳. ضرورت ایجاد پایگاه داده یکپارچه (Geodatabase) را توضیح دهید.
۱۴. زیر ساختار ملی داده های مکانی را بیان کنید.
۱۵. ۴ رکن اساسی زیر ساختار ملی داده های مکانی را بیان کنید.
۱۶. سیستمی به نام Clearinghouse را شرح دهید.
۱۷. استانداردهای اشتراک داده ای در GIS را توضیح دهید.
۱۸. متادیتا را توضیح دهید.
۱۹. پروتکل استاندارد وب http را بیان کنید.
۲۰. سازمان استاندارد سازی بین المللی را شرح دهید.
۲۱. امکانات نرم افزار ArcGIS را بیان کنید.

مقدمه

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای مهم در تحلیلهای جغرافیایی می باشد. به علت ظهور رایانه در تحقیقات جغرافیایی در طی دهه ۱۹۸۰ و آغاز دهه ۱۹۹۰، تحلیل های جغرافیایی تحت تأثیر تکنیک جدید سیستمهای اطلاعات جغرافیایی قرار گرفتند (بهمروز، ۱۳۷۸: ۲۰۰). نقش سیستمهای اطلاعات جغرافیایی علاوه بر جنبه های تعلیم و تربیت دانشگاهی، از لحاظ پیشرفت نظریه، روشها و فن آوریهای تحلیل جغرافیایی حائز اهمیت می باشد. Dobson

(۱۹۹۳) معتقد است که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی دارای نقش مهم فن شناختی و علمی در انقلاب جغرافیایی می باشد. Marble و Peuquet (۱۹۹۳) بر نقش

فن آوری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در تحقیقات نظام جغرافیا تأکید کردند (همان منبع: ۲۳۶). در حال حاضر جغرافیدانان علاوه بر استفاده گسترده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی، در توسعه GIS نیز نقش مهمی ایفا می نمایند.

۱. ۱. تاریخچه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

اولین داده مکانی در ۲۰۰ سال قبل از میلاد توسط اراتوستن^۱ از جغرافیدانان قدیم یونان که ساکن اسکندریه بود ارائه شد (دایرة المعارف دانش بشری، ۱۳۴۹: ۱۰۰۰). با تأسیس ناسا^۲ و پرتاب ماهواره تیروس^۳، انسان از اواخر دهه ۱۹۶۰، برای اولین بار کره زمین را از فضا مشاهده کرد (گودرزی نژاد، ۱۳۷۳: ۵۳) و ثبت مشخصات زمین، حفظ و مبادله آن تولید داده های مکانی را بنیان نهاد. از این زمان تفسیر اتوماتیک عکسهای هوایی با رایانه های بزرگ^۴ برای شناسایی و نقشه سازی آغاز شد. از دهه ۱۹۷۰ به دلیل امکان دسترسی به رایانه های مناسب، تکنولوژی لازم برای کار با داده های مکانی^۵ به وجود آمد و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای افزایش توان تحلیل حجم زیادی از داده های جغرافیایی بوجود آمد (آرنوف ۱۳۷۵: ۷). اولین GIS در مقیاس ملی در کشور کانادا (CGIS) شکل گرفت که در این سیستم عکسهای هوایی، نقشه های موجود و سایر اطلاعات کشاورزی، جنگلداری، خاک، زمین شناسی و . . . مورد استفاده قرار گرفت تا به امروز که توسعه این تکنیک تجسم جغرافیا به عنوان علم فضایی را امکان پذیر نمود و به فضای جغرافیایی عینیت بخشیده است.

تاریخچه GIS را از دو جنبه می توان بررسی نمود، از نظر جنبش نرم افزاری و تحولات رایانه ای که جهان شاهد پیشرفت چشمگیر این تکنولوژی می باشد. جنبه دیگر این تکنیک، همکاری آن با سایر علوم است که به نحوی با داده های مکانی کار

^۱ Erathosthenes

^۲ Nasa

^۳ TIROS^۱

^۴ Main Frame

^۵ Spatial Data

می کنند. این علوم با بکارگیری این تکنیک توانسته اند زمینه های کاربردی را برای خود فراهم نمایند، از جمله جغرافیا، زمین شناسی، محیط زیست، هیدرولوژی، آبخیزداری، عمران و

جغرافیا به دلیل ماهیت غالب فضای جغرافیایی در تحلیل‌هایش بیشتر از سایر علوم به تکنولوژی GIS نزدیک شده، ضمن پیشرفت خود درغناى بیشتر این تکنولوژی سهیم شده است. زیرا جغرافیا قادر به تعریف و تولید داده جغرافیایی، تحلیل و مدلسازی آن در چارچوب فضای جغرافیایی می باشد. شکویی (۱۳۶۹: ۱۰) فضای جغرافیایی را در مکان قابل تعیین می داند. گرچه موقعیت هر مکان در فضا تعیین شدنی است. ولی آنچه در این میان حائز اهمیت است، موقعیت این مکان در مجموعه ای است که خود در آن قرار می گیرد و مناسباتی است که با محیط های مختلف که خود جزئی از آن است، برقرار می سازد این روابط و مناسبات در چارچوب عینی، یعنی در سطح سیاره زمین، استقرار می یابد که فضای جغرافیایی را شکل می دهد. شکویی در همان منبع فضای جغرافیایی را فضایی می داند که از مجموعه ای روابط و مناسبات ترکیب می پذیرد و متحول می شود و "روابط فضایی" یعنی تأثیر فضا و فاصله گیری در تصمیمات مکانی و رفتارهای انسانی را مخصوص به علم جغرافیا مطرح می کند.

۱.۲. تعریف سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم^۱ مجموعه ای از اجزاء محدود است که برای رسیدن به هدف خاصی همکاری می کنند. به بیانی دیگر سیستم شامل عناصر اصلی و روابط بین آنها و مجموعه ای از روابط میان سیستم و محیط آن است (گودرزی نژاد، ۱۳۷۳: ۹۸). سیستم حرارتی یک ساختمان، یک سیستم ساده است که ورودی آن سوخت و خروجی آن انرژی است و بازده آن میزان گرمایی است که قابل اندازه گیری است. بررسی هر سیستم با تعریف جزئیات و روابط بین آنها شناخته می شود، بنابراین داده پایه و اساس هر سیستم است

^۱ System

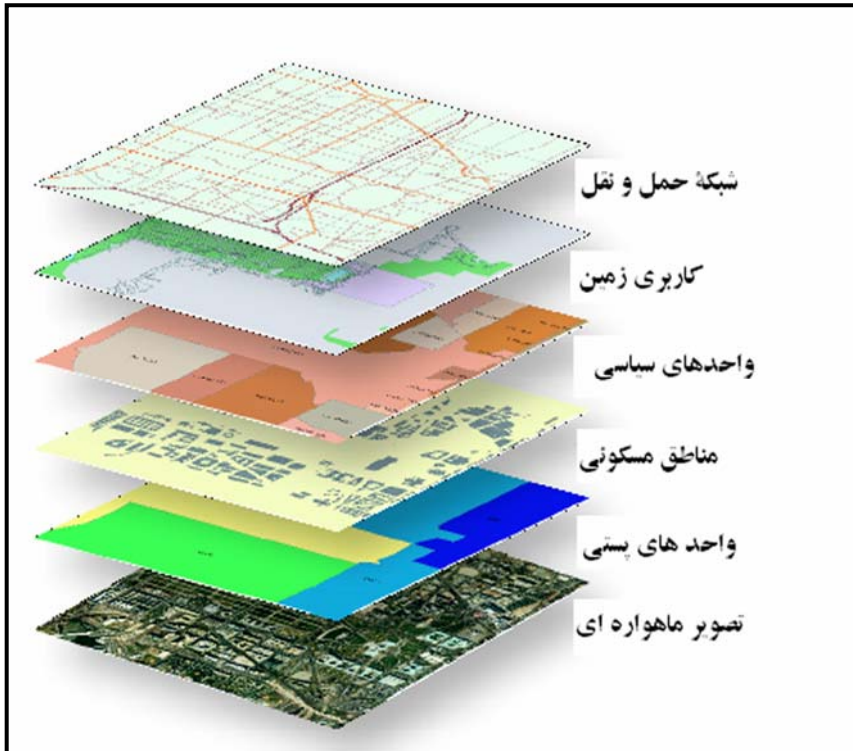
و کوچکترین جزء یک سیستم است. داده های خام در سیستمها پردازش می شوند تا برای تولید اطلاعات جهت تصمیم گیری های صحیح به کار روند.

سیستمهای اطلاعات^۱ سیستمهای رایانه ی هستند که داده ها یا اطلاعات را نگهداری و پردازش می کنند. نوع داده مهمترین عنصر در سیستم اطلاعات است. بخشی از این سیستمها علاوه بر اعداد و حروف با نقشه نیز کار می کنند که این سیستمها را، سیستمهای اطلاعات مکانی^۲ می نامند (یوسفی، ۱۳۸۰: ۱۲). در این سیستمها اطلاعات مکانی به هر نوع فضایی اشاره می کند. اگر داده های مکانی مربوط به سطح زمین و یا نزدیک به آن باشد، داده جغرافیایی نامیده می شود که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی^۳ (GIS) با داده هایی که به نحوی با موقعیت جغرافیایی مرتبط است، کار می کند، به عبارت دیگر GIS به جمع آوری، تولید، نگهداری، بازیابی، تجزیه و تحلیل داده هایی می پردازد که در دنیای واقعی فضایی را اشغال نموده اند. بنابراین کلیه رشته هایی که بخشی از داده های خود را از زمین به دست می آورند از کاربران GIS محسوب می شوند. جغرافیا به دلیل یکپارچگی و جامع نگری در داده های جغرافیایی استفاده از نگرش سیستمی، علاوه بر استفاده از GIS در تحلیلهای جغرافیایی به غنای این سیستم نیز می افزاید. Harvey در ۱۹۹۶ لزوم بکارگیری تحلیل سیستمی در جغرافیا را مطرح می سازد و آن را روشی نیرومند برای پاسخ به سؤالات پیچیده طبیعت می داند (شکویی، ۱۳۶۴: ۱۵۱). Burrough (۱۹۸۲: ۲۵) GIS را ابزاری توانمند در جمع آوری، ذخیره سازی، استخراج، تبدیل و نمایش داده های مکانی تعریف می کند. شکل ۱-۱ مفهوم داده جغرافیایی را نمایش می دهد. همانطور که این شکل نشان می دهد، داده جغرافیایی ماهیت های متفاوتی را دارند از داده های مستخرج از تصاویر ماهواره ای تا داده های پستی، حمل و نقل و غیره را شامل می شوند که وجه مشترک آنها، زمین مرجع بودن آنها است. به بیانی دیگر داده های جغرافیایی دارای مختصات است که در قالب یک سیستم تصویر تعریف شده است.

^۱ Information System

^۲ Spatial Information System

^۳ Geography Information System



شکل ۱-۱: مفهوم داده جغرافیایی در GIS (Esri, ۲۰۰۴: ۷)

۱.۳. ضرورت مطالعه (GIS) در جغرافیا

در نگرشی جامع GIS ابزاری است که به منظور ایجاد و تحلیل داده های مکانی از تمامی اطلاعات نظیر آبهای زیر زمینی، نقشه های زمین شناسی، منابع جنگلی، آبهای سطحی و . . . تا داده های انسانی نظیر جمعیت، داده های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی و . . . بهره می برد. GIS از یک طرف توانایی تلفیق داده هایی را دارد که

ماهیت متفاوتی دارند، از منابع مختلف تولید شده اند، دارای واحد و مقیاس یکسان نیستند، از نظر هندسی اختلافات ساختاری دارند و . . . جغرافیا نیز در نگاهی کلی، علم مطالعه رابطه انسان و محیط است. انسان با محیطش دو نوع رابطه سیستمی برقرار می کند سیستم اکولوژیکی که مردم و محیطشان را به هم می پیوندد و سیستم فضایی که نواحی را ضمن مبادله پیچیده جریانها به یکدیگر مربوط می سازد (گودرزی نژاد، ۱۳۷۳: ۶) که هر کدام از این سیستم ها نیز در تعامل با هم می باشند. جغرافیدانان به ساختمان و روابط متقابل این دو سیستم توجه می کنند. امکان تعریف و بازسازی روابط داده های تشکیل دهنده این دو سیستم در محیط GIS فراهم می شود. به بیانی دیگر GIS قادر است فضای جغرافیایی را عینیت بخشد، روابط سیستمی را در یک فضای واقعی به طور دقیق تعریف نماید و انسان را در بهره گیری از فضا یاری دهد. ریچارد موریل یکی از نظریه پردازان مکتب "جغرافیا علم فضایی" گرایش انسان به سه اصل زیر را مطرح می سازد (شکویی، ۱۳۶۹: ۹):

الف - حداکثر سود یابی، تولید و یا حداکثر بهره گیری انسان از مکانها با حداقل تلاش

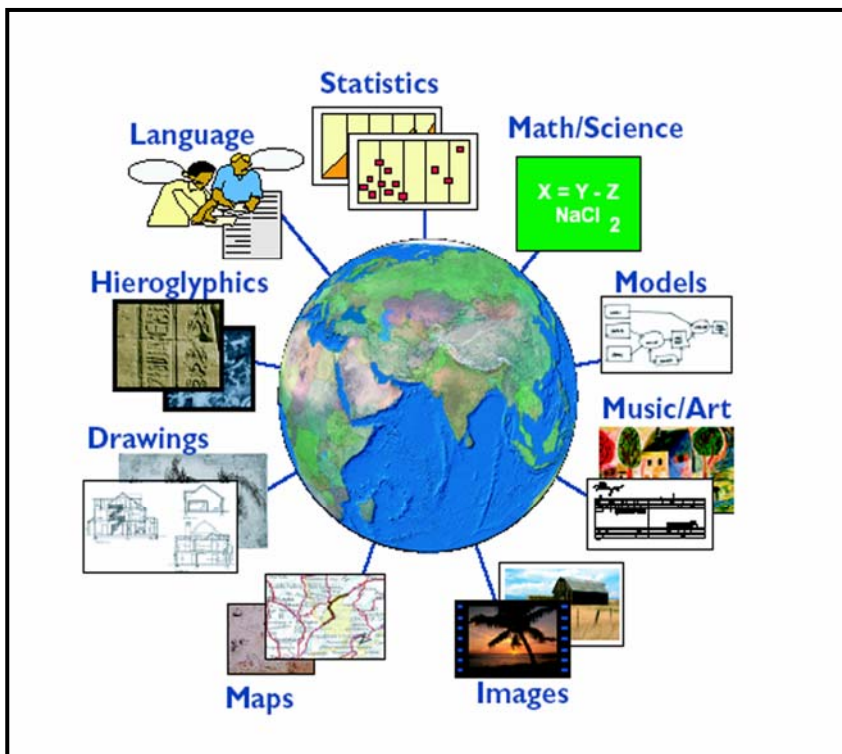
ب- حداکثر تعامل فضایی با حداقل تلاش و هزینه

ج- قرار دادن فعالیتهای اقتصادی وابسته در مجاورت هم

بررسی و تحلیل سه اصل فوق در محیطی امکان پذیر است که فضای جغرافیایی را شکل دهد، ارتباط بین عناصر و عوامل جغرافیایی تعریف نماید، اثر عوامل را تفسیر کند و تنها به معادلات و مدلها اکتفا ننماید. در نتیجه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای جغرافیدان به عنوان ابزار تولید و پرورش اندیشه های خوب مطرح می شود و نه تنها برای اجرای معادلات ریاضی، که دگرگونیهای اساسی در جامعه بشری از اندیشه های خلاق سرچشمه می گیرد.

تلفیق داده های غیر مکانی و داده های مکانی از توانمندی های مهم GIS درنظر متخصصین علوم زمینی است اما جغرافیدانان، برای تلفیق داده های اکولوژیکی به داده های فضایی یا تلفیق دو سیستم اکولوژیک و سیستم فضایی ناحیه ای از این تکنولوژی استفاده می کنند. جهت گیری GIS در این راستا نیازمند تلاشهای مستمر جغرافیدانان است.

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می تواند با توجه به ماهیت داده هایش و تعریف جغرافیا به عنوان علم توصیف و تحلیل تفاوتهای ناحیه ای سطح زمین (بهفروز، ۱۳۷۸: ۶۳)، روشهای تحلیل و مدلسازیهای مناسب را به کار گیرد و توانمندی های جغرافیدانان را در حل مسائل محیطی افزایش دهد. شکل ۱-۲ عناصری از علوم انسانی و علوم پایه را در یک فضای مشترک نشان می دهد که تنها جغرافیا می تواند به همیاری GIS، جامع نگری در تحلیلهای فضایی را به کار گیرد.



شکل ۱-۲: فضای جغرافیایی در GIS (Esri, ۲۰۰۴: ۱۰۴)

۱. ۴. مؤلفه های (GIS)

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی یک سیستم رایانه ای می باشد که مانند سایر سیستمهای رایانه ای از مؤلفه های ورود داده، مدیریت داده، تجزیه و تحلیل داده و خروجی داده تشکیل می شود با این تفاوت که مؤلفه های GIS در ارتباط باهم بوجود آمده و شکل می گیرند. به عنوان مثال اگرچه نقشه های رقومی ورودی GIS محسوب می شود اما نوع تجزیه و تحلیل، فرمت ورودی داده را تعریف می کند یا نوع پردازش، روش خروجی را تعیین می نماید.

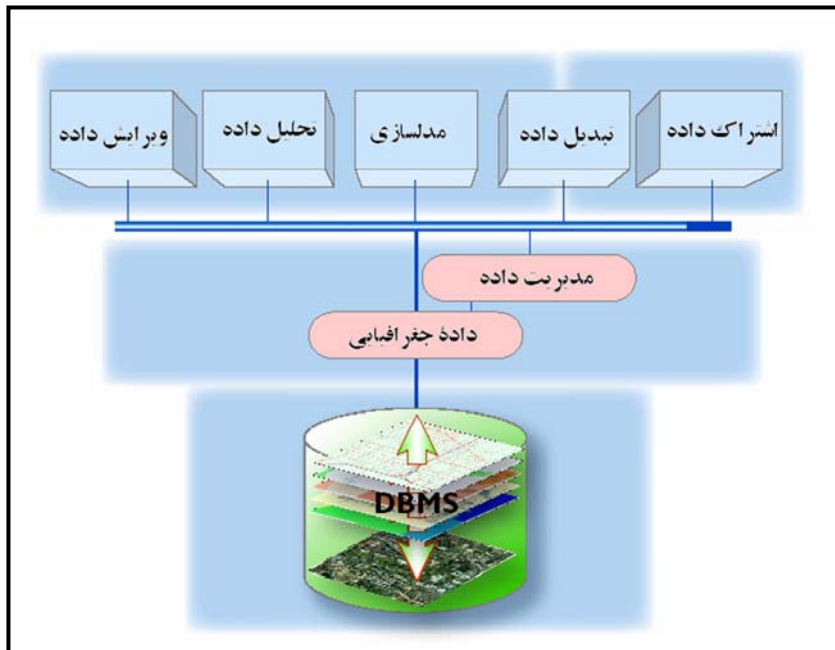
- ورودی داده: ورودی داده در GIS از منابع مختلف تأمین می شود. منابع داده در GIS می تواند شامل نقشه های توپوگرافی، عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره ای، داده های اندازه گیری شده مانند هیدرومتری و اقلیمی و ... این داده ها به هر فرمت و شکلی باشند، GIS ابزار تبدیل آن را فراهم می سازد. روشهای ورود داده به محیط GIS به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها شامل: مدل تحلیل، هدف از بکارگیری GIS، مقیاس مورد مطالعه و نوع منابع داده می باشند.

- مدیریت داده: مدیریت داده مهمترین مؤلفه GIS می باشد که تمام مراحل را در بر می گیرد. به محض ورود داده در GIS، ضرورت مدیریت آن مطرح می شود. شکل گیری روش مدیریت داده، به عواملی از جمله ساختار داده^۱، ذخیره سازی و حفاظت داده، بازیابی و به اشتراک گذاری آن بستگی دارد. امروزه مدیریت بانکهای داده ای^۲ (DBMS) توسط ساختار Geodatabase در تولید داده های جغرافیایی توانمند تر شده است (شکل ۱-۳) زیرا این ساختار بر پایه یکپارچه سازی داده های مختلف از نظر سیستم تصویر و مختصات، ماهیت و روش تولید، تک فایل بودن،

^۱ Data Structure

^۲ Database Management System

ارتباط سهل با صفحات وب، حجم کم و . . . استوار است (Esri , ۲۰۰۳). این ساختار در فصول بعد بررسی خواهد شد.

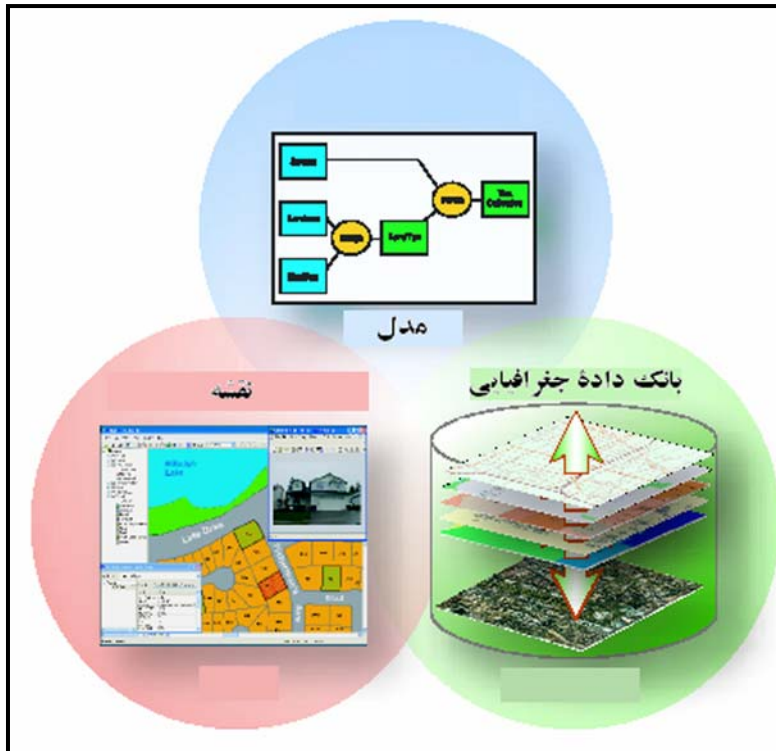


شکل ۱-۳: نقش مدیریت داده در GIS

- کاوش^۱ و پردازش داده: عملیات کاوش، داده ها را برای تجزیه و تحلیل آماده می کند، لذا شامل توابعی است که داده ها را مورد بررسی و جستجو قرار می دهد. در این مرحله با پرسش، اندازه گیری و آزمون قابلیت داده برای انجام تحلیل مورد نظر، سنجیده می شود. عملیات پردازش داده ها را از فرمت اولیه خارج می کند و

^۱ Explore

به داده هایی با ماهیت های متفاوت تبدیل می کند. برای مثال تبدیل داده های ارتفاعی به مدل رقومی ارتفاع و انطباق نتایج حاصل از آنالیز داده های ماهواره ای با آن. نوع تجزیه و تحلیل و مدلسازی نیز در روش پردازش مؤثر است.



شکل ۱-۴: مؤلفه های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (Esri, ۲۰۰۴:۲)

- تجزیه و تحلیل و مدل سازی داده ها: در این مرحله داده، پردازش را طی نموده است و توسط توابعی آماده برای پذیرش مدل می شوند برای مثال درون یابی داده های اقلیمی، تهیه لایه شیب از مدل رقومی ارتفاع یا لایه تغییرات یک پدیده در واحد سطح. در تجزیه و تحلیل داده روابط متغیرهای نیز بررسی می شود و آماده پذیرش مدل می شود. برای مثال در اجرای یک پروژه پهنه بندی یا یک پروژه مکان یابی، روش مناسب وزن گذاری سطوح مختلف لایه ها یا اعمال ضریب بر لایه ها تعیین می گردد. در GIS توابع مختلفی برای اعمال ضریب و وزن وجود دارد که در

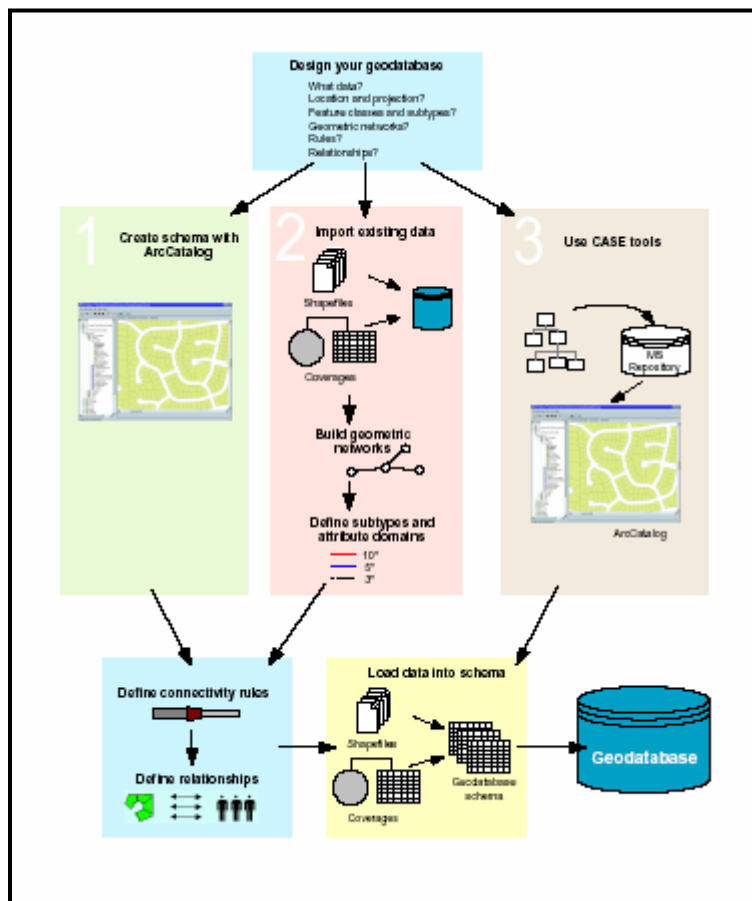
فصول بعد مورد بررسی قرار می گیرد. در فرآیند مدل سازی روشهای گوناگونی مورد استفاده قرار می گیرد اما در هر حال مدل به صورت یک فرمول ریاضی اجرا می گردد. آزمونهای پس از اجرا توسط توابع مختلفی بر نتایج به دست آمده، اعمال می شود و صحت تجزیه و تحلیل و مدلسازی اثبات می گردد.

- خروجی داده ها: سیستم های اطلاعات جغرافیایی توانمندی ویژه ای در ارائه خروجی دارد. این سیستم قادر است تا نتایج خود را به فرمت بانک داده، نقشه، تصویر، جدول، فیلم و . . . ارائه نماید. خروجی GIS می تواند ورودی سیستمهای دیگر قرار گیرد. برای مثال بانک داده جغرافیایی می تواند در نرم افزارهای مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد. ابزارهای خروجی در GIS نیز می تواند بر اساس فرمت های خروجی متنوع باشند که در فصول بعد بررسی می شود.

۱.۵. ضرورت ایجاد پایگاه داده یکپارچه (Geodatabase)

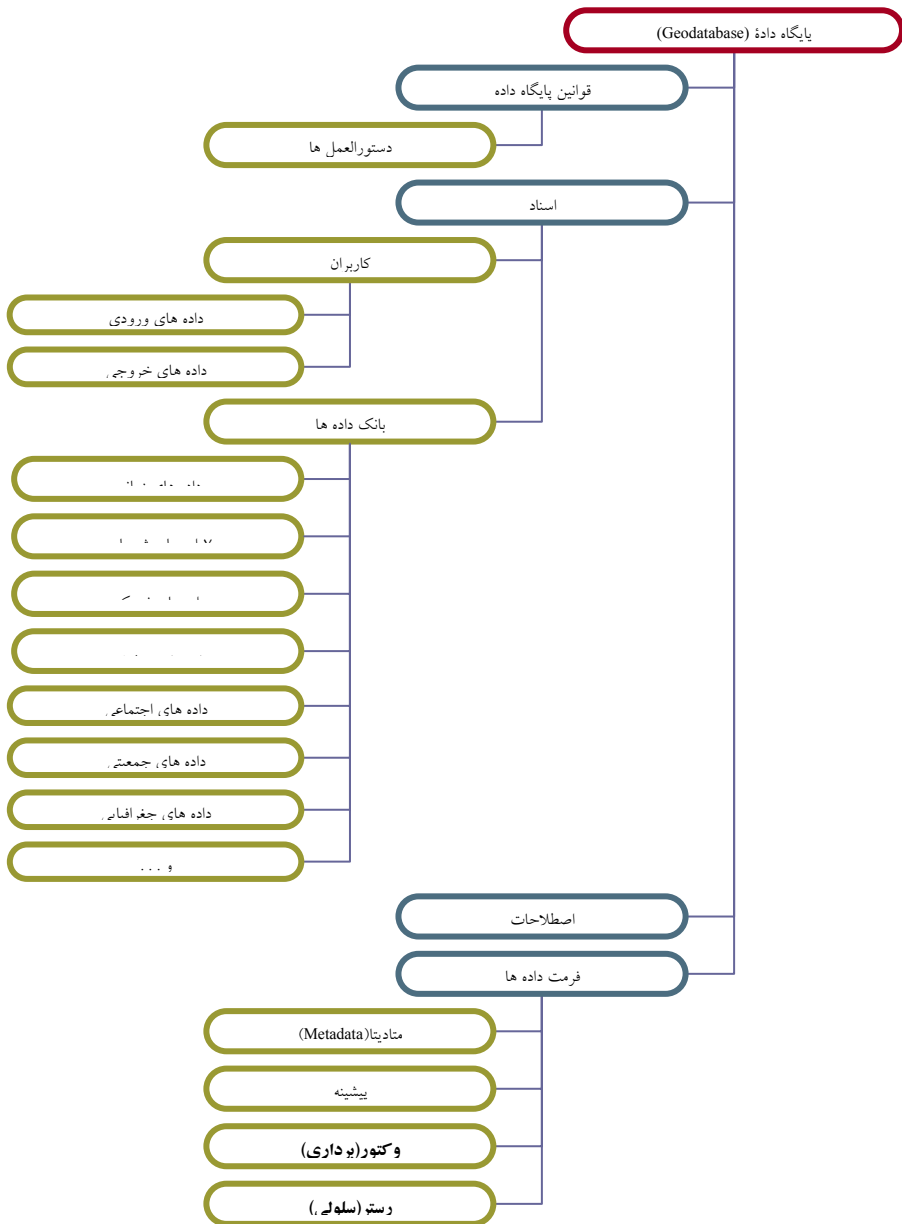
بیش از یک دهه است که سازمانهای مختلف در ایران به تولید داده های رقومی می پردازند. داده های رقومی از منابع یکسان تولید شده که بیشتر آنها را نقشه های کاغذی تشکیل داده است. این داده ها در فرمتهای گوناگون تولید شده اند. به عبارت دیگر در ایران طی گسترش GIS داده های مکانی رقومی برحسب نیاز سازمانی تولید شدند و چون تمام سازمانها نیاز به داده های مکانی پایه داشتند. لذا نقشه های توپوگرافی کاغذی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ و ۱:۵۰,۰۰۰ در سطح کشوری توسط سازمانهای مختلف رقومی گردید و لایه های رقومی در محیط های متفاوت تولید شدند، فرمتهای متفاوت داشته اند و چون به طور یکپارچه تولید نشدند، لذا نتوانستند که زیر ساختار داده های مکانی ایران گردند. اگر همین داده ها به نحوی تولید می شدند که ساختاری مشخص و تعریف شده ای داشتند و در قالب فرمت یکسان توسط سازمانی مسئول در اختیار مصرف کنندگان اطلاعات مکانی قرار می گرفت. مسلماً GIS ایفای نقش بهتری در ایران داشت. شکل ۱-۵ منابع تولید Geodatabase را نشان می دهد. همانطور که در این شکل ملاحظه می شود. روشهای تولید Geodatabase بر اساس منبع داده ها تفاوت می کند اما منابع متفاوت به یک نوع ساختار یکپارچه و منسجم ختم می

شود. این بانک داده می تواند به اشتراک گذاشته شود و پایه ای برای مطالعات جغرافیایی باشد.



شکل ۱-۵: منابع تولید Geodatabase (Esri, ۲۰۰۰)

تولید داده های رقومی بخشی از ایجاد Geodatabase می باشد. تدوین قوانین، استفاده از بانک های داده ای، فرمت داده ها، تعریف داده ها از نظر تولید کنندگان، اصطلاحات مورد استفاده در داده ها و بسیاری از موارد دیگر ضرورت دارد. شکل ۱-۶ ساختار دادهای سلسله مراتبی را برای Geodatabase نشان می دهد.



شکل ۱-۶: ساختار داده ای در Geodatabase

۱.۶. زیر ساختار ملی داده های مکانی

در مطالعات و برنامه ریزی های ملی، اطلاعات مکانی از پیش نیازها و عوامل ضروری به شمار می آید با توجه به اهمیت تولید داده های مکانی و هزینه های سنگین آن لازم است که در این زمینه سیاستگذاری اساسی در سطح ملی صورت گیرد. بزرگترین مقیاسی که در سطح ملی داده های مکانی رقومی تولید شده است. نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ می باشد که این مقیاس برای بعضی از مطالعات مناسب نمی باشد. لذا می توان مطالعات جغرافیایی را از نظر داده های مکانی سطح بندی نمود و در سطوح متفاوت از مقیاسهای مختلف استفاده نمود. بنابراین امر تولید، توزیع و مدیریت بهینه داده های مکانی در کشور نیاز به خط مشی ها و تدوین قوانین و استانداردهای ملی دارد و اجرای سیاستگذاری یکسان در کل کشور نتایج مطلوبی چون صرفه جویی اقتصادی و زمانی، جلوگیری از دوباره کاری، تسهیل تبادل اطلاعات، جلب مشارکت بخش خصوصی و توسعه پایدار در کل کشور را به همراه دارد.

زیر ساختار ملی داده های مکانی ۴ رکن اساسی ذیل را در بر می گیرد (قوامیان،

۱۳۷۹)

۱. قوانین و مقررات: نظام مند نمودن فعالیتهای داده ای در بکارگیری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی نیاز به تدوین قوانینی فراگیر دارد که حدود وظایف و نحوه ارتباط بخشهای مختلف را مشخص نماید. این قوانین باید شامل مسائلی از قبیل نوع داده های پایه ای تولید شده، نحوه مشارکت ملی سازمانهای مختلف در تولید و نگهداری داده ها، جنبه های مدیریتی تبادل داده ها و نرخ گذاری آن و ... باشد.

۲. استانداردها و دستور العمل ها: استانداردسازی در اطلاعات مکانی نقش مهمی در مشخصات فنی و کیفیت داده ها و سیستمها دارد. این استانداردها شامل مشخصات لازم داده ها و سیستمها، ویژگی های مربوط به عوارض، نحوه مدل سازی و مستند سازی می باشد. عبارت دیگر اعمال استانداردها در سطح سبب تسهیل تبادل اطلاعات بین سازمان های مختلف می شود و همچنین رعایت استانداردهای بین المللی GIS

امکان تبادل داده ها را در سطح بین المللی نیز فراهم می سازد , (West and Traci , ۲۰۰۱).

۳. ابزارهای جستجو در تبادل داده های مکانی: امروزه کشور های پیشرفته سیستمی به نام Clearinghouse را روی سایتهای اینترنت مستقر می نمایند. این سیستم شامل مجموعه استانداردها، نرم افزارها، سخت افزارها و دستورالعمل هایی برای تسهیل سفارش داده های مکانی می باشد. یک Clearinghouse می تواند آگاهی های لازم در زمینه داده های موجود در سازمان های مختلف و یا برنامه ریزی برای تولید داده های مکانی را در اختیار جامعه قرار دهد و در نتیجه از دوباره کاری ها و صرف هزینه های اضافی جلوگیری نماید.

۴. لایه های اطلاعات مکانی مهمترین رکن زیر ساختار ملی داده های مکانی می باشد. این لایه های اطلاعاتی باید در زمینه های موضوع، پوشش و کیفیت مشخص باشند تا بتوانند به عنوان بستری مشترک در تصمیم گیری ها مورد استفاده قرار گیرند. این لایه ها زیرساختار مطالعات جغرافیایی قرار می گیرند که با سیاست های کلان کشوری هماهنگ است و توسعه پایدار و هماهنگ برای تمام کشور را ممکن می سازد.

۱.۷. بررسی استانداردهای اشتراک داده ای در GIS

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی از طریق طراحی متادیتا، امکان به اشتراک نهادن بانک داده جغرافیایی Geodatabase را فراهم ساخته است و تصمیم گیری Online بر مبنای داده های به هنگام را برای کاربران ممکن می سازد. بانک داده GIS شبیه سایر داده ها نیست و طراحی دسترسی آن از طریق وب الگوی ویژه ای دارد که متادیتا نامیده می شود.

متادیتا سند خلاصه شده ای است که مندرجات، کیفیت، نحوه ایجاد داده های فضایی و ... را برای مجموعه ای از داده ها فراهم می سازد و حجم آن در مقایسه با کل داده ها بسیار ناچیز است. متادیتا به آسانی بر روی وب قرار می گیرد و قابلیت سهم شدن برای جستجوگران داده را فراهم می سازد. سرویس متادیتا با پروتکل^۱ ویژه ای بر

^۱ Protocol

روی شبکه ها قرار می گیرد و با سرویس های گیرنده^۱ و سرویس دهنده ها^۲ مرتبط می شود (شهریاری، ۱۳۷۵).

امروزه پروتکل استاندارد وب http^۳ می باشد بعبارت دیگر http قرار داد انتقال فوق متن می باشد که تبادل اطلاعات در وب توسط آن صورت می گیرد. متادیتا با پروتکل استاندارد Z۳۹.۵۰ بر روی وب قرار می گیرد و منابع داده را به اشتراک می گذارد. الگوهای استاندارد تولید متادیتا در WebGIS به شرح داده های جغرافیایی مرتبط^۴، داده های غیر الکترونیکی مثل یک نقشه کاغذی و داده های الکترونیکی بدون ارتباط^۵ مثل داده های روی یک CD می پردازد.

اولین استاندارد جهانی متادیتا در سال ۱۹۹۸ از ایالت متحده امریکا توسط سازمانی به نام FGDC انتشار یافت. که مخفف Federal Geographic Data Committee می باشد. این استاندارد برای تبادل داده های فضایی ملی^۶ بر روی اینترنت قرار گرفت و به نام NSDI، (National spatial Data Infrastructure) شناخته شد که با متقاضیان داده ها در وب توسط سرویس دهنده ها مرتبط می شوند.

سازمان استاندارد سازی بین المللی (International Organization for Standard - ISO) استاندارد دیگری را برای متادیتا طراحی می نماید که تفاوتی ساختاری با استانداردهای FGDC دارد اما آنچه مسلم است استاندارد سازی متادیتا بدون توجه به ساختار ملی داده های مکانی و سیستم تخصصی مطالعات جغرافیایی امری غیر اصولی می باشد. لذا وجود زیر ساختار ملی داده ای اشتراک مهم استانداردهای تولید متادیتا می باشد

نرم افزار ArcGIS امکان تولید و تألیف متادیتا را از طریق ArcCatalog به فرمت های استاندارد موجود فراهم می سازد، ArcIMS سرویس دهنده متادیتا و ArcSDE رابط بین سرویس دهنده ها و منبع ذخیره داده ها از طریق پروتکل Z۳۹.۵۰ می باشند (Esri، ۲۰۰۰).

^۱ Clients

^۲ Server

^۳ Hypertext Transfer Protocol

^۴ On-line

^۵ Off-line

^۶ Natinal Geospatial Data Clearinghouse

خودآزمایی ۱

۱. به علت ظهور رایانه در تحقیقات جغرافیایی در طی دهه ۱۹۸۰ و آغاز دهه ۱۹۹۰، تحلیل های جغرافیایی تحت تأثیر کدام تکنیک جدید قرار گرفتند؟
 الف) فن آوری اطلاعات
 ب) جنبش نرم افزاری
 ج) سیستمهای اطلاعات جغرافیایی
 د) روابط فضایی
۲. با پرتاب کدام ماهواره ناسا، انسان از اواخر دهه ۱۹۶۰، برای اولین بار کره زمین را از فضا مشاهده کرد؟
 الف) تیروس ۱
 ب) لندست ۱
 ج) اسپات ۱
 د) سی ست ۱
۳. پایه و اساس هر سیستم که کوچکترین جزء یک سیستم همچنین است چه نام دارد؟
 الف) اطلاعات
 ب) عنصر
 ج) داده
 د) سلول
۴. اگر داده های مکانی مربوط به سطح زمین و یا نزدیک به آن باشد، چه نوع داده نامیده می شوند؟
 الف) داده مکانی
 ب) داده فضایی
 ج) داده توصیفی
 د) داده جغرافیایی
۵. یکی از توانمندی های مهم GIS در نظر متخصصین علوم زمینی چیست؟
 الف) تلفیق داده های توصیفی و داده های غیر مکانی
 ب) تلفیق داده های مکانی و داده های غیر مکانی
 ج) تلفیق داده های ارزشی و داده های توصیفی
 د) تلفیق داده ها با اطلاعات
۶. در اجرای یک پروژه پهنه بندی یا یک پروژه مکان یابی، روش مناسب وزن گذاری سطوح مختلف لایه ها یا اعمال ضریب بر لایه ها تعیین می گردد.
 الف) وزن گذاری
 ب) مدل سازی
 ج) فرمت های گذاری
 د) گدبندی
۷. امروزه مدیریت بانکهای داده ای (DBMS) توسط چه ساختاری در تولید داده های جغرافیایی توانمندتر شده اند؟
 الف) Geodatabase
 ب) Clearinghouse
 ج) Online
 د) http
۸. این زیر ساختار ملی داده های مکانی نقش مهمی در مشخصات فنی و کیفیت داده ها و سیستمها دارد؟
 الف) قوانین و مقررات
 ب) استانداردها و دستور العمل ها

ج) ابزارهای جستجو در تبادل داده های مکانی (د) لایه های اطلاعات مکانی
۹. امروزه پروتکل استاندارد وب که تبادل اطلاعات در آن صورت می گیرد کدام است؟

الف) WebGIS ب) NSDI ج) http د) ISO

۱۰. اشتراک مهم استانداردهای تولید متادیتا کدام است؟

الف) تبادل داده های فضایی ب) ساختار ملی داده ای
ج) پروتکل استاندارد د) سرویس متادیتا

۱. سیستم را تعریف نموده و یک سیستم ساده را بیان کنید؟

۲. سیستم های اطلاعات جغرافیایی را تعریف کنید؟

۳. انسان با محیط اطرافش چه نوع رابطه سیستمی برقرار می کند نام برده و تعریف کنید؟

۴. منابع ورودی داده در GIS را نام برده و بنویسید روشهای ورود داده به محیط GIS به چه عواملی بستگی دارد؟

۵. متادیتا را تعریف کرده و قابلیت های آن را بنویسید؟

پاسخ ۱

۱. ج	۲. الف	۳. ج	۴. د	۵. الف
۶. ب	۷. الف	۸. ب	۹. ج	۱۰. ب

فصل دوم

داده های جغرافیایی در GIS

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با داده های جغرافیایی در GIS، ساختار و پایگاه داده های جغرافیایی و مدیریت آن آشنا می شوید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. تفاوت داده و داده های رقومی را شرح دهید.
۲. تفاوت داده و اطلاعات را شرح دهید.
۳. چهار شرط اینکه عناصر به عنوان داده جغرافیایی ثبت شوند را توضیح دهید.
۴. پایگاه داده جغرافیایی را بیان کنید.
۵. سیستم مدیریت پایگاه داده را شرح دهید.
۶. ساختار مکانی داده های جغرافیایی را توضیح دهید و مدل های داده ای مکانی را بیان کنید.
۷. مدل بُرداری را بیان کنید.

۸. اجزاء یک ساختار بُرداری را بنویسید.
۹. ساختار های روابط مکانی بین عوارض در مدل بُرداری را بیان کنید.
۱۰. ساختاری که برای بیان روابط فضایی بین پدیده های زمینی استفاده می شود را بیان کنید.
۱۱. قواعد توپولوژی در Geodatabase را شرح دهید.
۱۲. توپولوژی عوارض خطی با خطی را بیان کنید.
۱۳. توپولوژی عوارض خطی با لایه های سطح و نقطه را توضیح دهید.
۱۴. توپولوژی دریک لایه سطحی را بیان کنید.
۱۵. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های سطحی را شرح دهید.
۱۶. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های خطی و بالعکس را توضیح دهید.
۱۷. مدل رستری را بیان کنید و توضیح دهید که ارزش هر یک از سلولها نمایانگر چه چیزی است.
۱۸. اصطلاح بازتاب طیف رنگی را شرح دهید.
۱۹. نحوه تبدیل داده های وکتور به رستر را توضیح دهید.
۲۰. مدل شبکه نامنظم مثالی را شرح دهید و ساختار این مدل را بیان کنید.
۲۱. مدل ارتفاعی نقشه برداری پستی و بلندی را شرح دهید.
۲۲. نگرش ساختار شیء‌گرا در سیستم های اطلاعات جغرافیایی را نسبت به عوارض جهان واقعی بیان کنید.
۲۴. در ساختار توصیفی داده های جغرافیایی ساختار داده تخت را بیان کنید.
۲۵. ساختار سلسه مراتبی داده را شرح دهید.
۲۶. ساختار شبکه ای را توضیح دهید.
۲۷. ویژگی های ساختار ارتباطی را بیان کنید.

مقدمه

داده جغرافیایی از منابع مختلف بدست می آیند و به شیوه های مشخص وارد رایانه می شوند و داده جغرافیایی به عنوان یک داده رایانه ای مطرح است و GIS در بعد عملی نرم افزاری رایانه ای می باشد لذا شکل و ساختمان داده ها برای استفاده در سیستم

GIS شرایط ویژه ای می یابد. داده های جغرافیایی از طرفی داده هایی هستند که دارای ارزش مکانی اند، بدین معنا که برای نشان دادن ویژگی های مکانی به کار می روند مانند موقعیت جاده ها، شهرها و روستاها، واحدهای منطقه ای، پوشش گیاهی، محصولات زراعی، توزیع جمعیت و... از طرفی دیگر دارای ارزش توصیفی هستند یعنی بر ارزشهایی چون اندازه، وسعت، شدت، تراکم، تعداد، کیفیت، طبقه یا گروه و غیره دلالت می کنند. مانند نوع جاده، وسعت شهر، نوع خاک یا محصول، تراکم جمعیت و ارزشهای دیگر. لذا GIS نیازمند دو نوع ساختار مکانی و توصیفی می باشد که در قالب ساختار بزرگتر به نام پایگاه داده جغرافیایی شکل می گیرد.

۲. ۱. داده جغرافیایی

داده ۱، عبارت است از تشریح کمی و کیفی های ویژگی های پدیده یا به بیانی دیگر توصیف پدیده ها با عدد، متن، گرافیک، مختصات و ... اما داده های رقومی، اطلاعات کد شده و ساختار یافته برای پردازش های خاص است که عموماً در یک سیستم رایانه ای شکل می گیرد و به تنهایی ارزش کمی ندارند بلکه آگاهی های خامی هستند که هنوز عملیات محاسبه ای و منطقی (به ویژه توسط رایانه) روی آنها انجام نشده است. بنابراین برخی آگاهی های نامرتب اولیه را داده و آگاهی های مرتب شده را اطلاعات ۲ می گویند (فیضی، ۱۳۷۴: ۲۸-۲۹). به بیانی دیگر اعداد، گزارش ها، شکل ها، نقشه ها، جداول و نمودارهایی که هیچ گونه پردازش روی آن صورت نگرفته و به صورت خام نگهداری شده باشند را داده می نامند (جهانی و مسگری، ۱۳۸۰: ۲۲-۲۳).

داده جغرافیایی، داده هایی هستند که دارای ارزش مکانی اند، بدین معنا که این داده ها برای نمایش ویژگی مکانی مانند موقعیت جاده ها، شهرها و روستاها، و همچنین برای تعریف و توصیف ارزشهای غیر مکانی مانند، اندازه، وسعت، شدت، تراکم، تعداد، کیفیت، طبقه یا گروه و غیره به کار می روند. داده های جغرافیایی از طریق نقشه برداری، عکس برداری و تصویری برداری از دور، شمارش، اندازه گیری،

پرسشنامه و ... جمع آوری می گردند. از لحاظ تجهیزات، دوربین، سنجنده ها، سنسورها، سیستم های ثبت جغرافیایی و ادوات اندازه گیری از وسایل جمع آوری داده های جغرافیایی هستند. بنابراین عناصری می توانند به عنوان داده جغرافیایی ثبت شوند که:

۱. دارای موقعیت مکانی باشند به این معنا که در روی کره زمین حضور داشته باشند، برای مثال شهر تهران داده جغرافیایی است زیرا مکانی را به خود اختصاص داده است.

۲. قابل تعریف باشند، اینکه با عدد تعریف شوند یا با متن فرقی نمی کند. تهران شهری زلزله خیز است یا تهران دارای ۹ میلیون جمعیت است. هر دو عبارت تعریف از تهران است.

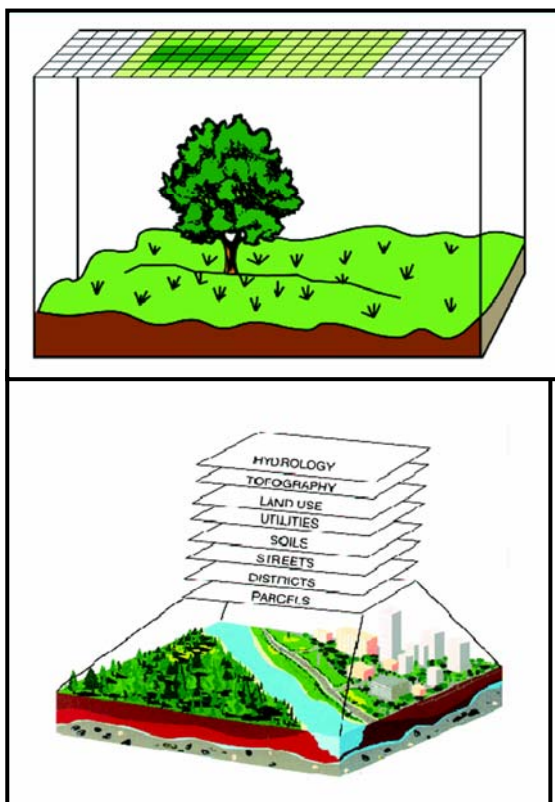
۳. دارای مقیاس باشد. تهران در مقیاس ۱:۱۰۰۰,۰۰۰ به عنوان یک نقطه تعریف می شود. اما در مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ به عنوان سطحی که خود دارای عوارض مختلف است، تعریف می شود.

۴. قابل طبقه بندی باشد یا به عبارتی قابل پهنه بندی باشد. جمعیت، کاربری، اشتغال و ... در تهران قابل طبقه بندی است.

با توجه به تعریف فوق در داده جغرافیایی نباید موقعیت مکانی را از ویژگی های توصیفی یک پدیده تفکیک نمود، در طراحی داده جغرافیایی لازم است ساختاری را دنبال نمود که داده ها به طور منسجم تولید و استفاده شوند. سیستم های اطلاعات جغرافیایی قادرند مجموعه ای از داده های توصیفی تشریح کننده پدیده های مکان دار دنیای واقعی را در یک رایانه به نحوی سازمان دهی نمایند که امکان ویرایش، بهنگام سازی و بازیابی داده ها و مدیریت داده ها میسر شوند و در تحلیل ها به سرعت بازیابی شوند، این مجموعه داده ها را، پایگاه داده جغرافیایی^۱ می نامند (مخدوم و دیگران، ۱۳۷۰: ۷۰). بنابراین سیستم های اطلاعات جغرافیایی در درجه اول سیستم های مدیریت اطلاعات می باشند که به هماهنگ کردن اطلاعاتی که توسط بخشهای مختلف جمع آوری می شوند کمک می کنند (نوریان، ۱۳۸۰: ۶۸).

^۱ Geodatabase

یک سیستم مدیریت پایگاه داده^۱ ترکیبی است از یک مجموعه برنامه ای که داده های درون یک پایگاه داده را اداره و نگهداری می کند. این سیستم ها برای مدیریت اشتراک داده ها در حالتی منظم، و برای حصول اطمینان از صحت پایگاه داده ها ایجاد می شود (آرنوف، ۱۳۷۵: ۱۳۶-۱۳۸). مدیریت داده ها که قلب یک سیستم اطلاعات جغرافیایی است شامل جمع آوری داده ها، پیش پردازش آنها، فراهم آوری داده ها جهت ذخیره سازی و سپس استفاده آنها می باشد که مدیریت داده ها باید به نحوی داده ها را در اختیار کاربر قرار دهد که نیازی به آموزش جزئیات مربوط به خود بانک اطلاعاتی نباشد (ثنایی نژاد، ۱۳۷۸: ۱۲۲).



شکل ۱-۲: داده جغرافیایی: (McCoy and Johnston, ۲۰۰۱: ۵۶-۸۳)
(عوارض طبیعی و انسانی را شامل است)

^۱ Database management system

۲.۲. ساختار مکانی داده های جغرافیایی

محیط GIS، قادر به طراحی دنیای واقعی می باشد زیرا که داده های مکان مرجع، پیکره اصلی این سیستم را تشکیل می دهد. این داده ها از نظر تئوریک دارای ساختارهای متعددی می باشند اما در بعد عملی داده های مکانی بر حسب نوع و منبع برداشت در سیستم های اطلاعات جغرافیایی دارای ساختارهای ویژه ای هستند. در ساختارهای مکانی اشیاء و پدیده های جهان توسط مدل های داده ای مکانی نمایش داده می شوند. مهمترین مدلها به شرح ذیل است:

۲.۲.۱. مدل برداری^۱

در مدل برداری اشیاء یا عوارض در جهان واقعی به وسیله عناصر هندسی نمایش داده می شوند. بدین معنا که موقعیت هر شی به وسیله مختصات آن و توسط نقاط، خطوط و سطوح مشخص می شود. در این مدل موقعیت هر نقطه به طور دقیق با یک جفت مختصات (x,y) در یک سیستم مختصات معین ارائه می گردد که روابط همسایگی را نیز می توان به آن افزود، بدین معنا که نقاط آغاز و پایان یک خط و همچنین سطوح مجاور آنها را تعیین نمود. این ساختار در ارائه موقعیت پدیده ها دقت بالایی دارد و بنابر این برای تشریح موقعیت مکانی پدیده های نقطه ای، خطی و سطحی بسیار مناسب می باشد.

اجزاء یک ساختار برداری عبارت است از:

۱. نقطه^۲ که موقعیت هندسی یک پدیده بدون بُعد را نشان می دهد و دارای موقعیت x و y می باشد.

۲. خط^۱ برای نمایش پدیده تک بُعدی بکار می رود، بدین معنا که از نقطه ای شروع و به نقطه ای دیگر ختم می شود. و شامل مجموعه ای از نقاط به هم پیوسته (x,y) است که هیچ فضایی میان آنها وجود ندارد.

^۱ Vector Model

^۲ Point

۳. سطح^۲ از مجموعه ای از خطوط ساخته شده و برای نمایش پدیده های دو بُعدی بکار می رود. این خطوط محدوده بوده و یک چند ضلعی را تشکیل می دهند. روابط مکانی بین عوارض در مدل برداری در ساختار های نامنظم^۳ و منظم^۴ شکل می گیرد. در ساختار نامنظم نقاط به صورت مختصات زوجی، خطوط به شکل زنجیره ای از مختصات زوجی و سطوح نیز در قالب خطوطی که سطوح بسته را تشکیل می دهند نشان داده می شود. عوارضی که از طریق میز رقومی ساز^۵ وارد سیستم می شود در ساختار نامنظم ذخیره می شوند. این عوارض به عنوان عناصر گرافیکی مورد استفاده قرار می گیرند و دارای انعطاف پذیری مناسبی برای مقیاس دهی، تبدیل به سیستم های تصویری مختلف نمایش روی صفحه نمایشگر و اخذ خروجی می باشند.

از ساختار منظم داده های مکانی یا توپولوژی برای بیان روابط فضایی بین پدیده های زمینی و انجام عملیات تحلیلی GIS مانند همپوشانی لایه ها، مدل سازی و ... استفاده می شود. در این ساختار، مرز پولیگون ها بصورت یک سری از نقاط و گره ها شکسته و رابطه مکانی بین آنها بطور صریح در جدول توصیفات تعریف می شوند. پس از ساخت توپولوژی، پولیگون های چپ و راست که توسط یک طاق از همدیگر جدا می شوند تعریف می گردند (جهانی و مسگری، ۱۳۸۰: ۲۳-۳۰).

مدل برداری می تواند ساختار اطلاعاتی را به شکل مطلوب نمایش دهد، زیرا اطلاعات با دقت بیشتری به صورت دستی و برداری وارد سیستم می گردد. در این مدل بازیافت و بهنگام سازی و تعمیم کلی بهتر انجام می شود و خروجی های دقیق قواعد توپولوژی در **Geodatabase**. امروزه الگوی Geodatabase جدیدترین مدل بانک داده جغرافیایی می باشد، چون این الگو دارای ساختار یکپارچه است و لایه های داده های مکانی متعددی در یک Geodatabase قرار می گیرند، لذا تعریف توپولوژی

۱ Arc

۲ Polygon

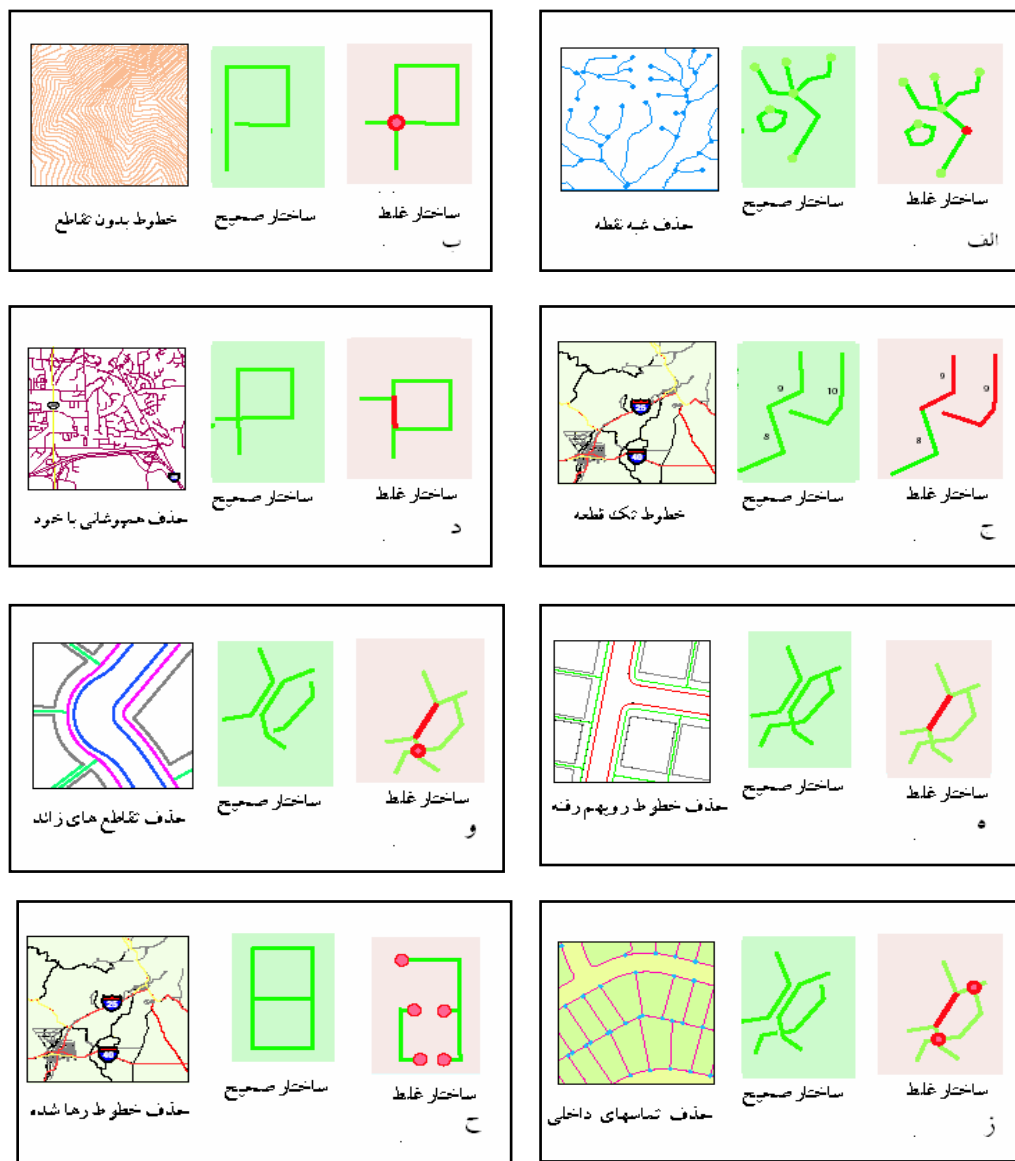
۳ Spaghetti

۴ Topology

۵ Digitizer Table

وابسته به ماهیت داده های ورودی می باشد و ساده تر انجام می پذیرد. تعریف توپولوژی در این ساختار شامل تعاریفی در داخل یک لایه یا بین دو لایه به شرح ذیل انجام می شود.

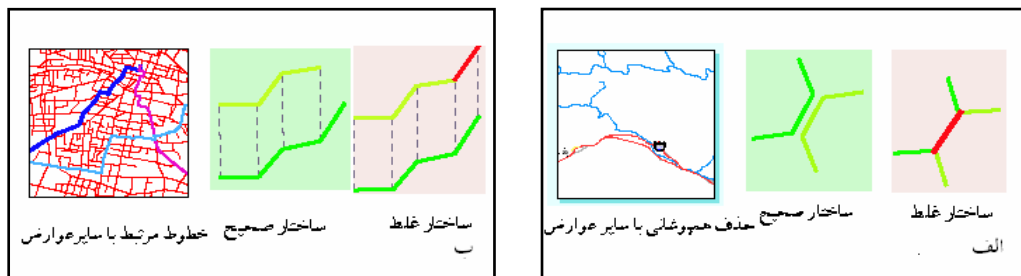
۱. **توپولوژی در یک لایه خطی.** شبکه آبها پدیده ای خطی است، لذا ضرورت دارد که هر خط یک انشعاب رود را شامل شود، به عبارت دیگر در لایه شبکه رود یک انشعاب، و به عنوان یک واحد قابل تعریف است. به عنوان مثال توسط ویژگیهای نام، مقدار دبی، عرض و طول کانال و غیره. در نتیجه هر شبکه به عنوان خطی با ابتدا و انتها تعریف می شود و استفاده بیشتر از یک خط برای تعریف یک آبراهه ساختار غلط در توپولوژی شبکه آب می باشد (شکل ۲-۲ الف) اما شبکه منحنی میزان، خطوطی هستند که هیچگاه خود، یا همدیگر را قطع نمی کنند (شکل ۲-۲ ب) شبکه هایی که ماهیت های متفاوتی دارند اما از نظر مکانی به هم متصل هستند، لازم است که با دو عارضه تعریف شوند. مانند جاده فرعی که به یک جاده اصلی می رسد (شکل ۲-۲ ج) یک عارضه خطی تنها یک بار از مسیری عبور می کند و با خود همپوشانی ندارد (شکل ۲-۲ د). برخورد عوارض در یک لایه نیز از قواعد خاصی برخوردار است از جمله اینکه باریکی یک عارضه نباید سبب رویهم قرارگیری آنها شود (شکل ۲-۲ ه) عبور عوارض خطی از همدیگر مانند عبور پل از خیابان، نباید تقاطع اضافی تولید کند (شکل ۲-۲ و) و همچنین در توپولوژی، اتصال عوارض پیوسته باید حفظ شود (شکل ۲-۲ ز، ح).



شکل ۲-۲: توپولوژی در لایه های خطی

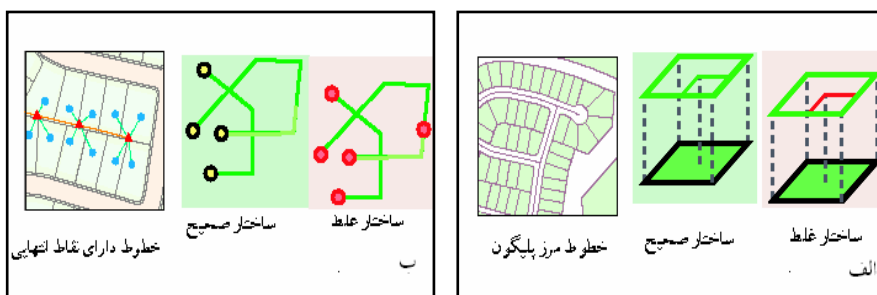
۲. توپولوژی عوارض خطی با خطی. هنگام ایجاد دو لایه خطی لازم است که به عدم همپوشانی دو لایه توجه نمود. برای مثال ارتباط دو لایه شبکه آبها و شبکه جاده ها در طبیعت به گونه ای است که معمولاً مسیر عبور جاده ها از داخل دره و در

کنار رودها است که این عوارض نباید هم پوشانی مختصاتی داشته باشند (شکل ۲-۳ الف) گاهی یک پدیده در دو لایه خطی تعریف می شوند برای مثال دامنه ای را در نظر بگیرید که در دو بریدگی شیب در امتداد یک دامنه، دو عارضه قرار گرفته اند که یکپارچگی این عوارض پدیده را نمایان می سازد که لازم است به پیوستگی آن توجه شود (شکل ۲-۳ ب).



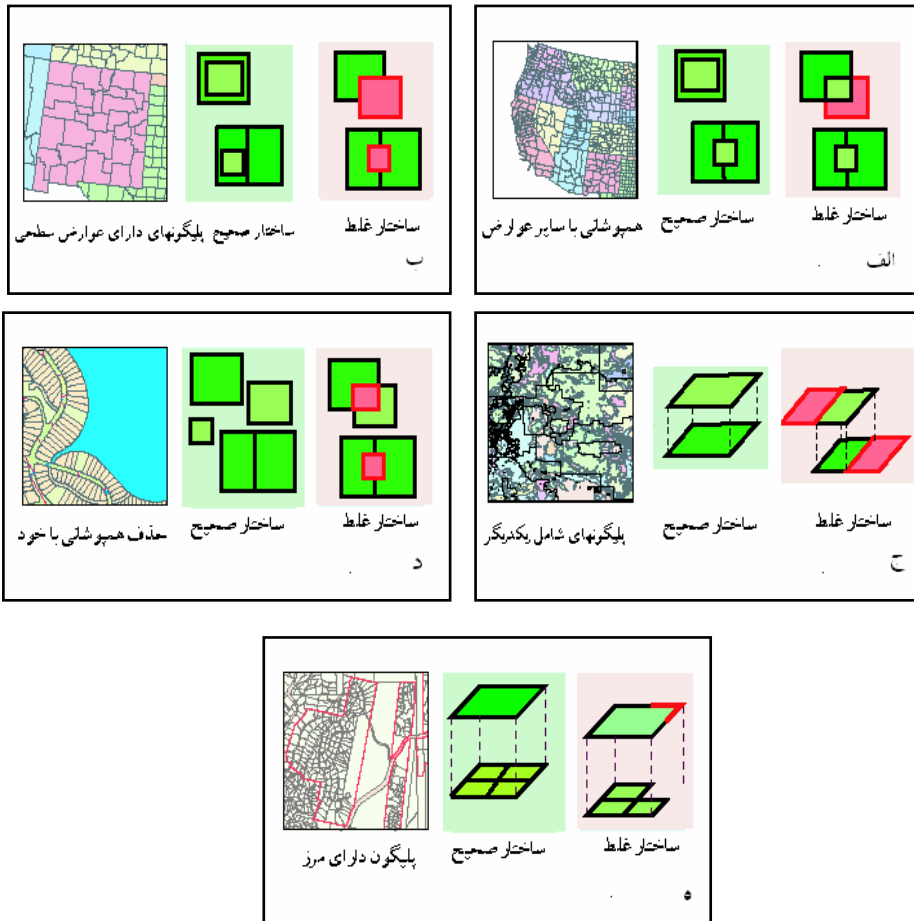
شکل ۲-۳: توپولوژی در لایه های خطی

۳. توپولوژی عوارض خطی با لایه های سطح و نقطه. هنگامی که عوارض خطی به عنوان محدوده پلیگونها تعریف می شوند، لازم است تا یکپارچگی آنها حفظ شوند (شکل ۲-۴ الف) و همچنین هنگامی که انتهای عوارض خطی در ارتباط با عوارض نقطه قرار می گیرند، در حفظ یکپارچگی عوارض خطی توجه شود (شکل ۲-۴ ب).



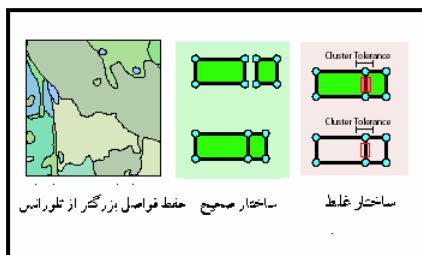
شکل ۲-۴: توپولوژی در لایه خطی با لایه پلیگون و نقطه

۴. توپولوژی در یک لایه سطحی. بیشتر مشکلات لایه های سطحی یا پلیگون مربوط به ایجاد پلیگونها اضافی که از رویهم قرارگیری سایر پلیگونها ایجاد می شود



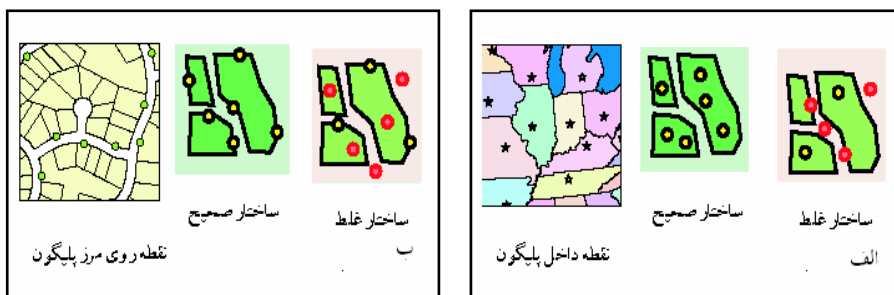
شکل ۲-۷: توپولوژی لایه سطحی با سطحی

۷. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های خطی و بالعکس. این حالت هم برای لایه های سطحی و هم برای لایه های خطی پیش می آید و هنگامی است که فواصل عوارض از میزان تلورانس رسم کمتر است، که لازم است همیشه این میزان کمتر از فاصله بین عوارض در دو لایه خطی یا سطحی باشد (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸: توپولوژی لایه سطحی با خطی و بالعکس

۸. توپولوژی عوارض سطحی با لایه های نقطه. رابطه مکانی عوارض نقطه ای با لایه های پلیگونی این است که این عوارض داخل سطوح و یا روی مرز سطوح قرار می گیرد. شکل ۲-۹ الف و ب ساختار صحیح آن را نشان می دهند.



شکل ۲-۹: توپولوژی لایه سطحی با نقطه

۲.۲.۲. مدل (سلولی) رستری^۱

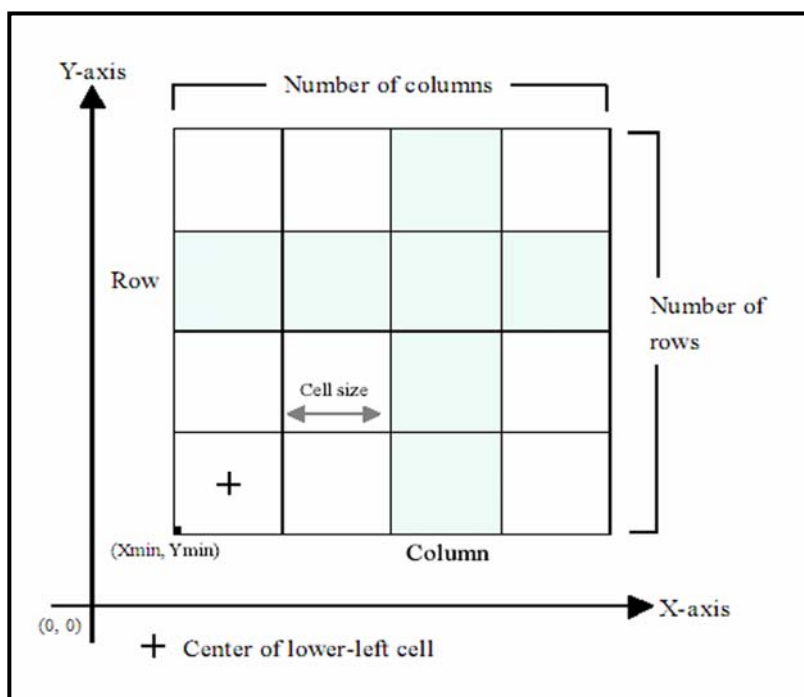
رستر شامل مجموعه ای از نقاط یا سلولهایی است که عوارض زمین را در یک شبکه منظم می پوشاند و به کمک شماره های ردیف و ستون آنها، آدرس دهی می شوند. کوچکترین عنصر تشکیل دهنده رستر، پیکسل^۲ یا سلول نامیده می شود که ارزش هر یک از آنها، نمایانگر اطلاعات طیفی^۳ یا توصیفی عارضه زمینی است. بین سلول های

^۱ Raster Model

^۲ Pixel

^۳ Spectral Information

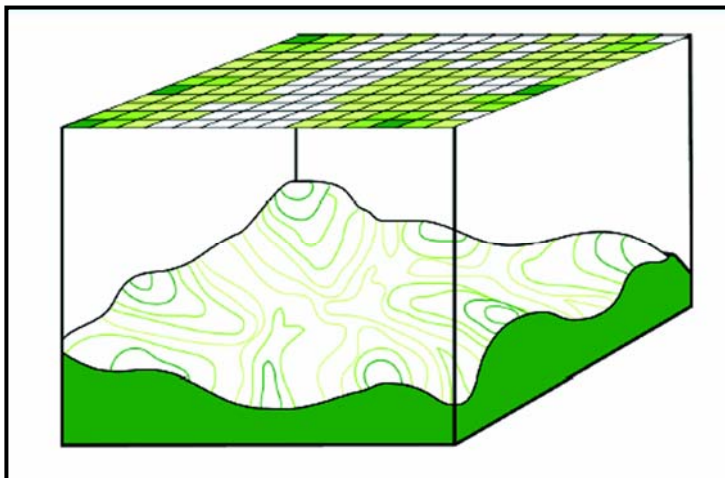
یک داده رستری هیچ رابطه منطقی وجود ندارد و هر سلول تنها دارای یک ارزش است که نمایانگر یک ویژگی مانند جمعیت، کاربری، نوع خاک و ... خواهد بود. داده های حاصل از اسکن کردن و تصاویر ماهواره ای دارای ساختار رستری می باشند (شکل ۲-۱۰) (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰: ۳۱).



شکل ۲-۱۰: اجزاء لایه های رستری (McCoy and Johnton, ۲۰۰۱: ۷۸)

در مدل رستری به هر سلول یک کد یا مقدار ارزش اختصاص داده می شود که در حقیقت این مقدار معرف نوع عارضه است. به علاوه هر سلول نمایشگر مساحتی از سطح زمین است که این مقدار مساحت به ضریب تفکیک پذیری مدل بستگی دارد. مثلاً اگر یک سلول، سطح به مساحت 100×100 متر را روی زمین نشان دهد، فاصله یک کیلومتر مربع بوسیله ۱۰۰ سلول نمایش داده می شود. در این مدل هر چه مساحت زمینی که هر سلول نمایش می دهد کمتر باشد، مدل از ضریب تفکیک پذیری بیشتری

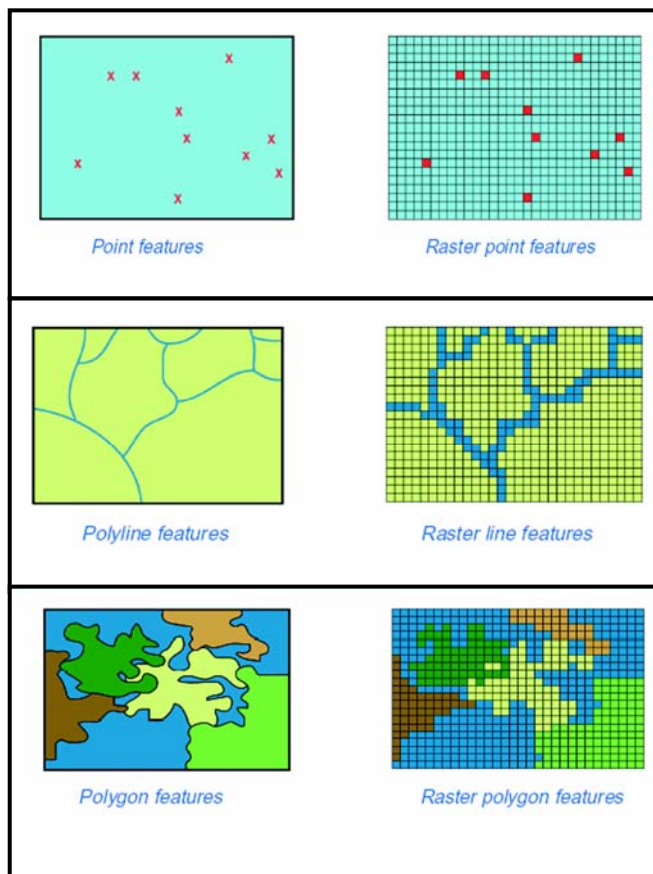
برخوردار است. اما مشکل عمده در این مدل این است که هر سلول همگن و مستقل از سایر سلولهاست و دارای یک ارزش می باشد و در مثال فوق اگر کاربری ها در یک منطقه وسعتی کمتر از یک هکتار داشته باشند این مدل قادر به تفکیک و جداسازی تفاوت کاربری ها نخواهد بود. بنابراین همیشه منطقه غالب تمام سلول را به خود اختصاص می دهد و اطلاعات جزئی از بین می رود. ساختار داده های رستری یکی از ساده ترین ساختارهای داده های فضایی می باشند. در این ساختار هر سلول یا پیکسل می تواند دارای یک یا چند داده اطلاعاتی باشد که این داده می تواند عدد DN^1 یا بازتاب طیف رنگی ابزار ورودی مانند اسکنر باشد. به طور کلی ساختار داده رستری ساده است. ترکیب آن با داده های نقشه ای یا داده های دورسنجی آسان است و فن آوری آن ارزان و کارآیی آن بالاست و با تصاویر ماهواره ای تطابق دارد اما فضای بیشتری از حافظه رایانه را اشغال می کند. اطلاعات با دقت کمتری وارد رایانه می شود و در مرزهای اشیا و نقاط دقت کافی وجود ندارد. تبدیل سیستم های تصویر در این ساختار نیز مشکل است. شکل ۲-۱۱ برداشت داده رستری را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۱: نحوه تولید لایه رستری (McCoy and Johnston, ۲۰۰۱: ۷۸)

¹ Digital Number

در محیط GIS امکان تبدیل لایه های وکتوری به رستری وجود دارد و این لایه ها به فرمت grid می باشند و سلولها ارزش DN یا خود را از لایه وکتور می گیرند. هدف از تولید لایه های رستر از وکتور، استفاده از آنان در تحلیل های کمی است. شکل ۲-۱۲ لایه های رستر که از لایه های نقطه، خط و سطح تولید شده اند را نشان می دهد. داده های این لایه ها با داده های لایه های وکتور انطباق مکانی دارند و هر قسمت از لایه های وکتور تعریف نشده در لایه رستری ناشناخته^۱ باقی می ماند.



شکل ۲-۱۲: رسترهای تولید شده از وکتور (Mccoy and Johnton, ۲۰۰۱: ۷۹)

^۱ Unknown

۳.۲.۲. مدل شبکه نامنظم مثلثی^۱ (TIN)

شبکه نامنظم مثلث بندی، اولین بار در سال ۱۹۷۸ به وسیله پیوکر^۲ و همکارانش (۱۹۷۵) برای مدلسازی رقومی ارتفاع مطرح شد. این مدل دارای یک ساختار توپولوژیک برداری شبیه ساختار شبکه های چند ضلعی می باشد. محور اصلی پایگاه اطلاعاتی در این ساختار، گره ها در رئوس مثلثها می باشد و این شبکه بندی مجبور به در نظر گرفتن جزایر و حفره ها نیست. اما امکان قرار دادن آنها وجود دارد.

روابط توپولوژیک در داخل پایگاه داده TIN، با تعریف شاخصی برای گره ها ایجاد می شود. فهرست گره های مجاور در پیرامون هر گره از سمت شمال در جهت عقربه های ساعت ذخیره می شود. پدیده ای که با شبکه نامنظم مثلثی مدل سازی شده است، با یک گره ساختگی، مخالف گره های توپولوژیک، نشان داده می شود. این گره، تعریف و پردازش نقاط مرزی را آسان می کند.

شبکه نامنظم مثلثی یا TIN مدلی با ساختار توپولوژی است که برای نمایش عوارض سطح زمین به کار می رود. TIN برای نمایش عوارض ارتفاعی در سطح زمین از سطوح مثلثی پیوسته استفاده می کند و نقاط نمونه برداری را در رئوس مثلث ها قرار می دهد. بنابراین هر مثلث با ۳ گره که طول و عرض و ارتفاع هر یک از آنها معلوم است، مشخص می شود. هنگامی که برای TIN ها توپولوژی ساخته می شود، ارتباطهای فضایی سطوح تعریف و ذخیره می شوند و ۴ جدول برای آنها ساخته می شود. جدول مختصات^۳ شامل مقادیر مختصات نمونه های ارتفاعی می باشد. در جدول گره^۴، مثلثها و گره هایی که در رئوس آنها می باشند، قرار می گیرند و در جدول لبه^۵، همسایه های هر مثلث ذخیره می شوند. الگوریتم هایی برای تولید شبکه مثلثی وجود دارند که هر کدام می توانند مدلهایی با تفاوت جزئی برای مجموعه نقاط یکسان تولید کنند. مثلث بندی هایی که در آنها اکثر مثلثها متساوی الاضلاع باشند، سطح زمین را دقیقتر توصیف می کنند (شکل ۲-۱۳).

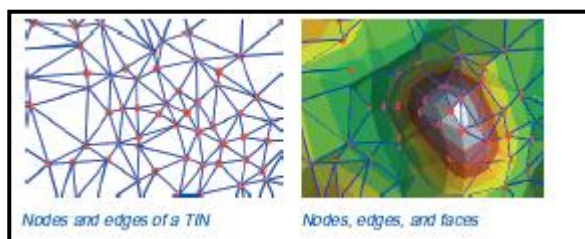
^۱ Triangulated Irregular Network Model

^۲ -Peucker, T.K

^۳ - x,y Coordinate Table

^۴ - Node Table

^۵ - Edge Table



شکل ۲-۱۳: روش نمایش اشکال به وسیله

TIN (Booth, ۲۰۰۰: ۳)

از ۹ الگوریتم ذیل برای ساختن TIN استفاده می شود که اگر ۳ مشخصه دقت در برداشت، پراکندگی مناسب و تراکم نقاط در تغییر شبیها رعایت شود، اختلافات عمده در خصوصیات ژئومرفولوژیکی سطح زمین برای الگوریتم های متفاوت رخ نمی دهد (قهرودی، ۱۳۸۴: ۴۹).

Vertex - Vertex
Edge - Vertex
Triangle - Vertex

Vertex - Edge
Edge - Edge
Triangle - Edge

Vertex - Triangle
Edge - Triangle
Triangle - Triangle

داتون^۱ (۱۹۸۲: ۲۶-۳۹) روش جالبی برای مدل سازی پستی و بلندی زمین ابداع

کرده است که بر مبنای موزاییک ۸ یا ۲۰ وجهی منظم و پی در پی می باشد و بر اضلاع مثلث متساوی الاضلاع قرار می گیرد. این روش به نام مدل ارتفاعی نقشه برداری پستی و بلندی^۲ معروف است. از این روش در نرم افزارها برای مدل سازی پستی و بلندی ها استفاده می شود. داده های ارتفاعی به شکل رقمی به وسیله آنالیز فتوگرامتری از زوج عکسهای هوایی یا ماهواره ای تولید می شوند. در جایی که امکان نمونه برداری فراهم نباشد و شبکه نمونه ها نامنظم باشد، می توانیم نقاط مجهول را تخمین بزنیم.

در ایجاد فایل های رستری از داده های ارتفاعی، توجه به اندازه واحد سلولها^۳ مهم است. سلولهای کوچک برای مناطق پرعارضه و سلولهای بزرگ برای سطح کم عارضه استفاده می شود. از طرف دیگر، سلولهای کوچک، فایل داده بزرگ ایجاد می کنند، لذا تعیین اندازه سلولها با توجه به شرایط زمین ضرورت دارد.

TIN ها بر اساس نقاط ارتفاعی و طبق الگوریتم Vertex-Vertex ساخته می

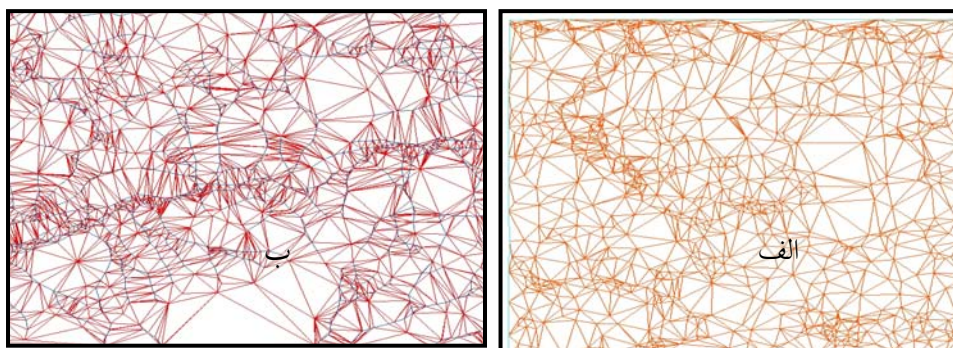
شوند. به این ترتیب که نقاط ارتفاعی در رئوس مثلثها قرار می گیرند و اضلاع مثلث،

^۱ -Dutton

^۲ - Geodetic Elevation Model of Planetary Relief

^۳ Cell Size

بین رئوس کشیده می شوند. مشکل عمده ای که در این الگوریتم ایجاد می شود این است که لبه های مثلث، هنگام ساخت سطوح هم ارتفاع، قادر به نشان دادن پدیده های ژئومرفولوژیکی نیستند. برای مثال، این گونه از الگوریتمها، دره ها را نمایش می دهند، اما قادر به نمایش دقیقی از خط القعر ها نیستند و یا بریدگی شیب ها را به صورت تغییر شیب هایی نمایش می دهند که شباهتی به نمونه اصلی ندارد. برای حل این مشکل می توان از پدیده های طبیعی یا انسانی در ساخت TIN استفاده نمود. برای ساخت TIN می توان از شبکه خط القعر و خطوط تقسیم آب و یا شبکه جاده ها استفاده نمود. شکل ۲-۱۴ الف بر اساس داده های ارتفاعی یکسان ایجاد شده است، اما در شکل ب از خط القعر برای ترسیم دره استفاده شده است.



شکل ۲-۱۴: شبکه نامنظم مثلثی

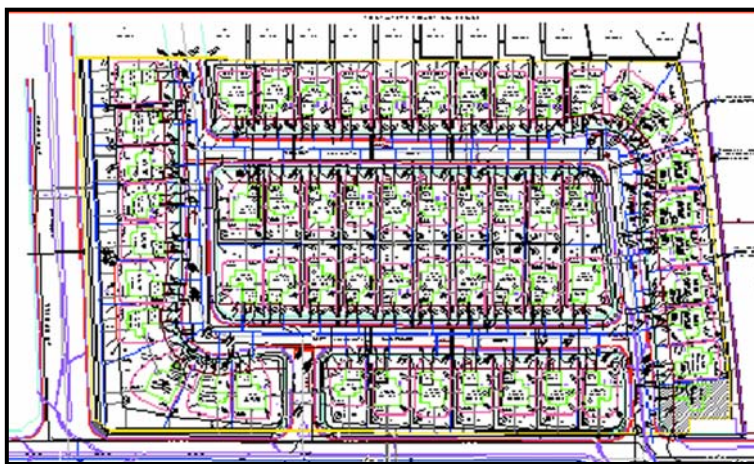
۲.۲.۴. ساختار شیء گرا^۱

ساختار شیء گرا در سیستم های اطلاعات جغرافیایی جهان را به مثابه مجموعه ای از اشیاء منفرد می داند به طوریکه برای هر شیء رفتار خاصی قائل است و آن را قابل کد بندی و ذخیره در GIS می داند. در این ساختار داده جغرافیایی بر اساس ماهیت ژئومتری در لایه های جدا تقسیم نمی شوند بلکه در رده ها و سلسه مراتب اشیاء گروه

^۱ Object Oriented Structure

بندی می شوند. این امر مزیت خاصی در مدل سازی جغرافیایی جهان واقعی دارد زیرا از دقت بیشتر و زبان طبیعی، عوارض مکانی را گروه بندی می کند. ساختار شیء گرا برای داده های جغرافیایی مناسب تر است، زیرا این روش مدل سازی جهان واقعی را میسر می سازد و میان داده های مکانی و توصیفی تمایز نمی گذارد. نگرش این مدل به عوارض دنیای واقعی، به شکل خلاصه سازی آن ها در قالب نقاط، خطوط و سطوح نیست بلکه آنها را اشیاء واقعی در نظر می گیرد و در نتیجه اطلاعات بیشتری را در مورد آن ها به غیر از هندسه، توپولوژی و احیاناً یک سری خصوصیات توصیفی ذخیره می کند، برای مثال اشیاء مانند دنیای واقعی در گروه های با معنی طبقه بندی می شوند (تجویدی، ۱۳۸۱: ۱۵-۶۷).

ساختار شیء گرا ویژگی های اشیاء و روابط بین آن ها را حفظ می کند. بنابراین رویکرد شیء گرا به جای آنکه به عوارض جهان واقعی به روش انتزاعی بپردازد آن ها را به مثابه اشیاایی در نظر می گیرد که داده های بیشتری را می توان در باره آنها ثبت کرد مدل شیء گرا اطلاعاتی در باره رفتار اشیاء در جهان واقعی و عملکرد شیء در جهان رایانه را فراهم می سازد. شکل ۲-۱۵ یک پدیده یا شیء را نشان می دهد که از نقطه، خط و پلیگون ساخته شده است اما در GIS به عنوان یک عارضه تعریف می شود.



شکل ۲-۱۵: ساختار شیء گرا (محدودیت هندسی ندارد)

۲.۳. ساختار توصیفی داده ها جغرافیایی

داده های توصیفی تشریح کننده پدیده های مکان دار دنیای واقعی می باشند. به بیانی دیگر داده های مکانی توسط حرف یا رقم تعریف می شوند و معنی پیدا می کنند. سازمان دهی این داده ها به گونه ای است که ویرایش، گسترش، بهنگام سازی، بازیابی داده ها و تحلیل داده ها میسر می شود. ساختار بندی داده های توصیفی به اندازه ساختار داده های مکانی در سیستم های اطلاعات جغرافیایی اهمیت دارد. نامگذاری و توانمندی پایگاه داده جغرافیایی بر ساختار داده های توصیفی استوار است. تنوع زیادی در ساختار داده های توصیفی وجود دارد که عمدتاً از تکامل یکدیگر حاصل شده اند که مهمترین آنها به شرح زیر است:

۲.۳.۱. ساختار داده تخت^۱:

این مدل ساده ترین روش ذخیره داده می باشد. در این مدل هر عارضه جغرافیایی، توسط یک رکورد تعریف می شود که رکوردها نیز دارای ویژگیهای توصیفی هستند که در ستونها یا فیلدها^۲ قرار می گیرند. یکی از ستونها، کلید یا شناسه می باشد که داده های توصیفی را به داده های مکانی ارتباط می دهد. سادگی و سرعت در بازیابی داده ها از طریق ستون شناسه^۳ از ویژگی های مهم این ساختار می باشد، به همین دلیل زبان پرسش در این ساختار کارا است (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰: ۷۱). شکل ۲-۱۶ مدل داده تخت را در منطقه بندی تهران نشان می دهد. شماره منطقه نقش کلید شناسه را در شناسایی داده های مکانی بازی می کند.

^۱ Flat file
^۲ Fields
^۳ Identify

کد منطقه ناحیه	مساحت	محیط	
4	1003529.006	11152.295	13
5	4141102.690	9868.049	3
3	3457001.598	9241.361	3
3	3596919.947	7826.921	16
6	2466499.110	6454.660	16
3	2755832.532	8935.726	20
1	2488091.469	7444.426	20
5	5902635.363	17599.827	20
4	3334535.058	7906.503	20
4	6492726.866	11847.689	15
6	3325188.048	10039.024	15
5	2940495.898	8035.701	15
3	6510386.356	10788.527	15
2	4853701.747	8873.875	15
1	4432852.983	8762.820	15
4	1755296.872	5940.856	14
5	2927854.910	7523.637	14

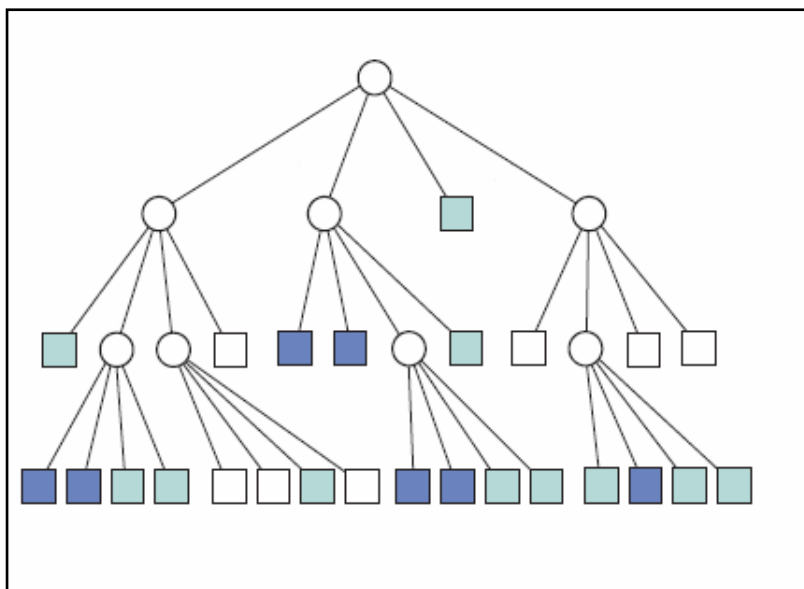
شکل ۲-۱۶: مدل داده تخت در منطقه بندی تهران

۲.۳.۲. ساختار سلسه مراتبی داده^۱:

این نوع ساختار برای داده هایی به کار می رود که ماهیت طبقه بندی دارد یا به عبارت دیگر در یک سری از ویژگی ها مشترک هستند و در خصوصیات دیگری افتراق دارند؛ لذا برای پدیده ها در این مدل بیش از یک رکورد تعریف می شود. عارضه ها دارای یک رکورد اصلی یا مادر^۲ که ارتباط آنها را با رکورد سطح بالاتر فراهم می سازد و ویژگیهای توصیفی را دریافت می کند. از طرف دیگر با رکورد های سطوح پایین تر مرتبط می شود و اطلاعات را به آنها انتقال می دهد. لذا ارتباط در این نوع ساختار از بالا به پایین "یک به چند"^۳ است و از پایین به بالا "یک به یک"^۴ است. به عبارت دیگر ارتباط از پایین به بالا شبیه ارتباط فرزندان به والدین است، به طوری که فرزندان ویژگیهای خود را از والدین به ارث می برند (اصل وراثت) اما بر عکس آن صادق نیست. در این ساختار ویژگیهای توصیفی از سطوح بالا به سطوح پایین منتقل می شود

^۱ Hierarchical Structure
^۲ Parent
^۳ One-To-Many
^۴ One-TO-One

و نیازی به ذخیره سازی اطلاعات تکراری در سلسله مراتب پایین تر نیست. این ساختار داده در علوم زیستی و مدیریت محیط زیست کاربردهای بیشتری دارد. رده بندی در مدل داده بر اساس کلید و یا مجموعه ای از معیارهای مشخص و از پیش تعیین شده صورت می گیرد لذا بازیابی داده ها نیز در قالب همان روابط انجام می شود؛ خارج از روابط تعریف شده، ساختار داده کارایی ندارد لذا امکان جستجو در فیلدهای توصیفی و اصلاح رابطه داده ها عملی نمی باشد. و همچنین در این مدل امکان ارتباط "چند-به-چند"^۱ نیز مجاز نمی باشد (آرنوف، ۱۳۷۵: ۱۴۴-۱۴۵). شکل ۲-۱۷ نمایی از ساختار این مدل را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۷: ساختار سلسله مراتب برای داده مکانی

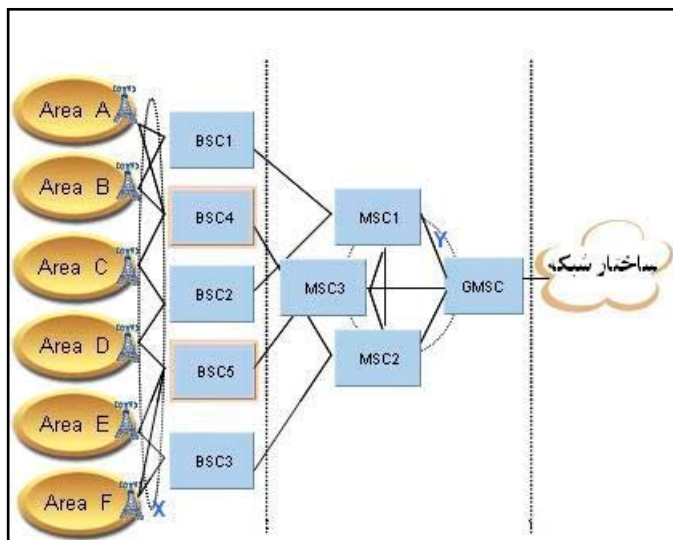
^۱ Many-To-Many

۲.۳.۳. ساختار شبکه ای^۱:

این ساختار برخلاف ساختار سلسله مراتبی ارتباط "چند به چند"^۲ را برای عوارض فراهم می سازد به این صورت که رکوردهای جزء به بیش از یک رکورد اصلی مرتبط می شوند به عبارت دیگر با بکارگیری اشاره گرهایی که رکوردهای فایل های مرتبط را به هم متصل می کند ساختار شبکه ایجاد می شود (نوریان، ۱۳۸۰: ۷۷). در ساختار شبکه ای یک شیء علاوه بر ارتباط موجود در سلسله مراتبی می تواند با سطوح بالاتر چندین ارتباط را برقرار سازد. در نتیجه رکوردهای داده می توانند مستقیماً و بدون پیمایش تمامی سلسله مراتب بالای رکورد جستجو شوند. ساختار شبکه ای در واقع شکل توسعه یافته ای از ساختار داده سلسله مراتبی می باشد (Tor, ۱۹۹۹: ۱۴۷).

ساختار شبکه های بزرگ دارای ارتباطات منطقی بسیار و حجم اطلاعات زیاد می شوند به طوریکه حجم فضای ذخیره برای نگهداشت اشاره گرهای سیستم از ذخیره خود داده فراتر می رود. لذا این مدل نسبت به مدل سلسله مراتبی دارای پیچیدگی بیشتری بوده و قابلیت انعطاف پذیری کمتری دارد (نوریان، ۱۳۸۰: ۷۷-۷۹). شکل ۲-۱۸ ارتباط های داخلی این مدل را نشان می دهد

^۱ Network Structure
^۲ Many-To-Many



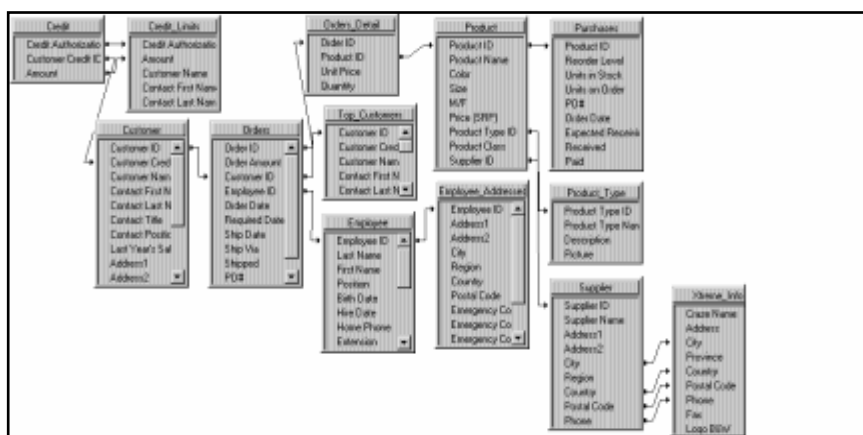
شکل ۲-۱۸: ارتباط های داخلی در ساختار شبکه

۲.۳.۴. ساختار ارتباطی (رابطه ای)^۱

این ساختار دارای ارتباط ماتریسی می باشد که در قالب یک جدول^۲ ارائه می شود. هر جدول مجموعه ای از ردیف ها است که رکورد^۳ نامیده می شود. رکوردها توسط ستونها (Fields) تعریف می شوند؛ سلسله مراتب در آنها وجود ندارد و هر ستون می تواند نقش شناسه را بازی کند. این ساختار نسبتاً ساده بوده و برای هر فایل نوع بسط یافته مدل داده تخت است. این مدل برای ثبت پدیده ها، از ردیف ها یا رکورد ها استفاده می کند به بیانی دیگر هر عارضه دارای یک رکورد در جدول داده های توصیفی است. داده های توصیفی در ستونها یا فیلدها قرار می گیرند و تعداد آنها محدودیتی ندارد. (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰: ۷۲).

^۱ Relational Structure
^۲ Table
^۳ Record

بنابراین ساختار ارتباطی شامل روابطی است که بین مجموعه ای از فایل های جدولی برقرار می شوند. جداول می توانند توسط یک ستونهای مشترک به هم مرتبط یا متصل شوند بنحوی که یک جدول کاملاً جدید شکل بگیرد. این ساختار انعطاف پذیری نامحدودی برای ایجاد ارتباط بین داده ها فراهم کنند و هیچگونه محدودیتی برای پردازشهای بین فایل به وجود نمی آورد (نوریان، ۱۳۸۰: ۸۰). شکل ۲-۱۹ ارتباط های مختلف بین جداول داده های توصیفی را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۹: ساختار ارتباطی داده های توصیفی

خودآزمایی ۲

۱. اطلاعات کد شده و ساختار یافته برای پردازش های خاص است که به تنهایی ارزش کمی ندارند بلکه آگاهی های خامی هستند که هنوز عملیات محاسبه ای و منطقی روی آنها انجام نشده است را چه می گویند؟

الف) داده جغرافیایی (ب) داده های رقومی (ج) داده (د) اطلاعات

۲. داده های که دارای ارزش مکانی اند و برای نمایش ویژگی مکانی مانند موقعیت ... و ویژگی های توصیفی مانند اندازه ... به کار می رود چه نام دارد؟

الف) داده (ب) داده های رقومی (ج) داده جغرافیایی (د) اطلاعات

۳. ترکیبی از یک مجموعه برنامه ای که داده های درون یک پایگاه داده را اداره و نگهداری می کند چه نام دارد؟

الف) شبکه نامنظم مثلث بندی (ب) توپولوژی

ج) ساختارهای مکانی اشیاء (د) سیستم مدیریت پایگاه داده

۴. از این ساختار برای بیان روابط فضایی بین پدیده های زمینی و انجام عملیات تحلیلی GIS مانند همپوشانی لایه ها، مدل سازی و ... استفاده می شود؟

الف) توپولوژی (ب) ساختارهای نامنظم

ج) ساختارهای مکانی (د) ساختارهای منظم

۵. هنگامی که عوارض خطی به عنوان محدوده پلیگونها تعریف می شوند، لازم است کدام مورد حفظ شود؟

الف) عدم انطباق پلیگونها (ب) محدوده پلیگونها

ج) رویهم قرارگیری (د) یکپارچگی آنها

۶. بیشترین مشکل لایه های سطحی یا پلیگونها مربوط به کدام نوع پلیگونی است که رویهم قرارگیری سایر پلیگونها ایجاد می شود؟

الف) عدم انطباق پلیگونها (ب) رویهم قرارگیری

ج) محدوده پلیگونها (د) یکپارچگی آنها

۷. داده های حاصل از اسکن کردن و تصاویر ماهواره ای دارای چه ساختار رستری می باشند؟

الف) توپولوژی (ب) برداری (ج) رستری (د) شیء گرا

۸. این مدل دارای ساختار توپولوژی است؟

الف) شبکه نامنظم مثلثی (ب) شیء گرا (ج) رستری (د) شبکه نامنظم

۹. در ایجاد فایل های رستری از داده های ارتفاعی، توجه به چه چیزی از واحد سلولها مهم است؟

الف) عنصر (ب) اندازه (ج) حجم (د) کیفیت

۱۰. نگرش شیء گرا به عوارض دنیای واقعی در چه قالبی می باشد؟

الف) قالب نقطه (ب) قالب خط (ج) قالب سطح (د) قالب اشیا واقعی

۱. چهار خصوصیتی که باعث می شوند عناصر به عنوان داده جغرافیایی محسوب شوند را بنویسید؟
۲. اجزاء یک ساختار برداری را نام برده و بنویسید روابط مکانی بین عوارض در این مدل در چه ساختار های شکل می گیرد؟
۳. در تعیین محدوده پلیگونها توسط لایه های خطی لازم است کدام مسئله در نظر گرفته شود؟
۴. مشکل عمده در ساختار رستری چیست؟
۵. ساختار شیء گرا در سیستم های اطلاعات جغرافیایی جهان را به مثابه چه چیزی می داند و در آن ساختار داده جغرافیایی بر چه اساسی گروه بندی می شوند؟

پاسخ ۲

۱. ب	۲. ج	۳. د	۴. الف	۵. د
۶. الف	۷. ج	۸. الف	۹. ب	۱۰. د

فصل سوم

منابع و ابزار ورود داده های جغرافیایی در GIS

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با منابع داده و ابزارهای ورود داده های جغرافیایی در GIS را می آموزید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. مفهوم نقشه و انواع آن را بیان کنید.
۲. اهمیت نقشه های توپوگرافی را از میان نقشه های عمومی بیان کنید.
۳. تفاوت بین نقشه های توپوگرافی و نقشه های الگو را بیان کنید.
۴. نقشه های موضوعی یا ویژه را شرح دهید.
۵. نقشه های ناوبری هوایی را از میان نقشه های موضوعی توضیح دهید.
۶. نقشه های ناوبری دریایی را بیان کنید.
۷. نقشه های بهره برداری از زمین را شرح دهید.
۸. نقشه های ثبت املاکی یا کاداستر را با توجه به اهمیت آنها شرح دهید.
۹. خاصیت نقشه های پراکندگی و انواع آن را توضیح دهید.
۱۰. منابع سنجش از دور را به عنوان یک منبع داده بیان کنید.
۱۱. دو گروه از ماهواره ها که به عنوان منبع مهم داده در GIS هستند را شرح دهید.

۱۲. اختلاف بین سنجنده های ماهواره های نسل اول لندست را با نسل دوم لندست ها را توضیح دهید.
۱۳. اختلاف بین لندست ۷ و دیگر لندست ها را بیان کنید.
۱۴. ماهواره های IRS هندوستان را بیان کنید.
۱۵. ماهواره ایکونوس را توضیح دهید.
۱۶. ابزار های ورودی داده در GIS را بیان کنید.
۱۷. دیجیتایزر را شرح دهید.
۱۸. انواع اسکنرها را با هم مقایسه کنید.
۱۹. تاریخچه GPS و نحوه اخذ داده را توسط آن بیان کنید.
۲۰. اختلاف بین گدهای P و CA را شرح دهید.
۲۱. کاربردهای متعدد GPS را بیان کنید.

مقدمه

منابع ورود داده های جغرافیایی در حال حاضر بسیار متنوع می باشند، زیرا هر نوع برداشت مکانی از داده ها می تواند به عنوان داده ورودی در GIS به کار رود. لذا در این فصل دانشجویان با منابع مهم داده های جغرافیایی و ضرورت به کار بردن آنها آشنا می شوند. همچنین در این فصل ابزار ورودی داده های و چگونگی استفاده از آنها همراه با تمرینهای عملی شرح داده می شوند.

۳. ۱ منابع داده های جغرافیایی

۳. ۱. ۱. نقشه های کاغذی

نقشه تصویری است از قسمتی یا تمامی کره زمین با یک مقیاس معین بر روی صفحه افقی، که عوارض و پدیده های مختلف بوسیله یک سری از علائم قراردادی بر روی آن نشان داده شده است. انواع نقشه ها با توجه به محتوای آن در دو گروه نقشه های عمومی و نقشه های موضوعی قرار دارند.

نقشه های عمومی: در نقشه های عمومی پدیده های فیزیکی نسبتاً ثابت طبیعی (کوهها، رودها، جنگل ها،...) و انسانی (شهرها، جاده ها، سکونتگاهها،...) که شکل مشخص دارند دیده می شوند. نقشه های عمومی عبارتند از: نقشه های توپوگرافی، نقشه های کشوری، نقشه های منطقه ای، نقشه های قاره ها و نقشه های جهانی می باشند.

از بین این نقشه ها، نقشه های توپوگرافی، دارای اهمیت بیشتری است. در واقع نقشه های توپوگرافی مادر تمام نقشه های مربوط به زمین است. این نقشه ها یا بطور مستقیم (نقشه برداری زمینی) و یا بطور غیر مستقیم (استفاده از عکس های هوایی) تهیه می شوند. این نقشه ها به علت نمایش جزئیات زیاد دارای مقیاس بزرگ هستند که مقیاس آنها بین ۱: ۲۵۰۰ تا ۱: ۵۰۰,۰۰۰ است. شکل ۱-۳ نقشه توپوگرافی برجسته از آسیا می باشد و شکل ۲-۳ نوعی دیگر از نقشه های توپوگرافی می باشد که هدفش بیانگر طبیعت زمین می باشد. سایر نقشه های عمومی از روی نقشه های توپوگرافی موجود تهیه می شوند که در آنها الگوی جغرافیایی یک ناحیه یا منطقه خاص مورد نظر است و تفاوت آنها با نقشه های توپوگرافی در مقدار اطلاعات و کیفیت آنها می باشد (عیوضی، ۱۳۸۶: ۱۱۶-۱۲۰).



شکل ۱-۳: نقشه توپوگرافی آسیا

نقشه های موضوعی یا ویژه^۱: این نقشه ها یا برای استفاده در یک زمینه ویژه تهیه شده اند و یا محتوی آنها برای نمایش موقعیت نسبی یا پراکندگی یک یا چند عنصر یا پدیده خاص است. مهمترین نقشه های ویژه عبارتند از:

- نقشه های ناوبری هوایی^۲ که این گونه نقشه ها چه در امور حمل و نقل هوایی و چه در امور نظامی مورد استفاده قرار می گیرند و محتوای آنها، شامل اطلاعات مربوط به خشکی ها، دریاها و اقیانوسها است.
- نقشه های ناوبری دریایی که عمدتاً جهت ناوبری دریایی و کشتیرانی در اقیانوسها، حمل و نقل دریایی، جهانگردی و سفرهای تفریحی دریایی، ماهیگیری، اهداف نظامی و اقیانوس شناسی به کار می رود.
- نقشه راه ها که راههای ارتباطی بین شهری و درون شهری را نشان می دهند و عموماً در مقیاس کوچک تهیه شده و در آنها موقعیت مکانی تأسیسات خدماتی بین راهی مشخص می گردد.
- نقشه های هواشناسی و اقیانوس شناسی که به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود برای پیش بینی اوضاع جوی و بررسی های اقلیمی این چنین نقشه های تهیه می شوند.
- نقشه های زمین شناسی که این نقشه ها بر اساس تفاوت های سنی، فسیلی و یا زمانی متشکل از سازندهای مختلف هستند.
- نقشه های ژئومورفولوژی که نمایشی از لندفرمهای زمین می باشند. که این نقشه ها با توجه به فرآیندهای اولیه شکل زایی و فرآیندهای حمل طبقه بندی از اشکال زمین را در بر دارند.
- نقشه های هیدرولوژی که این نقشه ها محدده حوضه های آبریز و عناصر حوضه های آبریز شامل رودهای دائمی، فصلی و اتفاقی، خطوط تقسیم آب، موقعیت ایستگاههای اندازه گیری را شامل است.

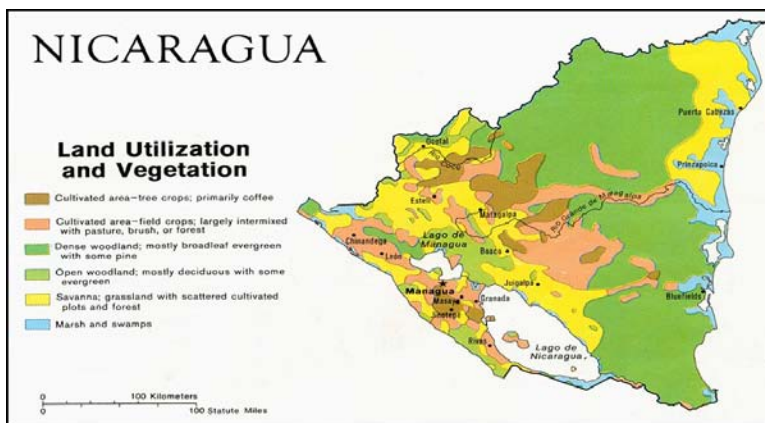
- نقشه های بهره برداری از زمین^۱ که در این نوع نقشه ها نوع استفاده از قطعات زمین تعیین می گردد و زمینها بر حسب نوع کاربریشان مانند زمینهای مزروعی، بایر، جنگلها، مراتع... مجزا می شوند. مقیاس این نقشه ها بزرگ و متوسط می باشد و کشورهایی که چنین نقشه هایی را دارا می باشند به راحتی قادر به امور برنامه ریزی و مکان یابی صحیح از اراضی خود برای فعالیتهای عمرانی هستند. شکل ۳-۳ نوعی نقشه کاربری اراضی را نشان می دهد.
- نقشه های ثبت املاکی^۲ یا نقشه های کاداستر که بیشتر بزرگ مقیاس اند و برای امور مالیاتی، ثبت مالکیت و تقسیم اراضی مورد استفاده قرار می گیرند. این نقشه ها به لحاظ کاربرد و اهمیتی که دارند از قدیمی ترین نقشه ها به شمار می روند.
- نقشه های شهری و شهرسازی که در محدوده های شهری تهیه می شوند و این نقشه ها کاربرد وسیعی در مطالعات شهری، برنامه ریزی شهری و طراحی شهری دارند.
- نقشه های جمعیتی که شامل موضوع هایی از جمله ترکیب جنسی، ساختمان جنسی، پراکندگی و توزیع جمعیت، تراکم جمعیت، باروری، میزان مرگ و میر، رشد جمعیت، الگوهای و ... می باشند.
- نقشه های پراکندگی که این نقشه ها نحوه پراکندگی یک موضوع خاص را نمایش می دهند و شامل: نقشه های پراکندگی مکانی از جمله نقشه های کروکروماتیک^۳، نقشه های کروپلیت^۴، نقشه های ایزوپلیت^۵، نقشه نقطه^۶ و نقشه های پدیده های متحرک (دینامیک) مانند توزیع مکانی مهاجرت انسانها، میزان صادرات و واردات و جهت باد می باشد و همچنین نقشه های الگو که به منظور نمایش طرحی از

^۱ Land use maps
^۲ Cadastre maps
^۳ Chorochromatic Maps
^۴ Choropleth Maps
^۵ Isopleth Maps
^۶ Dot Maps

پراکندگی عناصر و پدیده های جغرافیایی تهیه می شوند (رضوانی، ۱۳۷۴: ۲۵-۵۰).



شکل ۳-۲: نقشه طبیعی ایران



شکل ۳-۳: نقشه موضوعی از کاربری اراضی

۳. ۱. ۲. منابع سنجش از دور

عکسهای هوایی: اولین روش تولید داده از طریق دور سنجی، عکس برداری هوایی بوده است که توسط دوربین های عکس برداری تعبیه شده در هلیکوپتر یا هواپیما تهیه می شدند. این عکسها با مقیاس معین و در مسیر از پیش تعیین شده به گونه ای برداشت می شدند که حدود ۶۰ درصد در طول خط پرواز پوشش مشترک داشته باشند. ابزاری به نام استریوسکوپ به کمک این پوشش مشترک امکان برجسته بینی عوارض زمین را فراهم می ساخت.

عکسهای هوایی در انواع مختلف به صورت سیاه و سفید معمولی، سیاه و سفید مادون قرمز، رنگی حقیقی و رنگی مجازی موجود می باشد که از منابع مورد استفاده در GIS می باشد. متداول ترین عکسهای هوایی در ابعاد ۲۳×۲۳ سانتی متر است که در ایران نیز به طور سراسری در مقیاسهای ۱:۵۵,۰۰۰، ۱:۲۰,۰۰۰ و ۱:۴۰,۰۰۰ موجود می باشد و به شکل پراکنده در مقیاسهای بزرگتر نیز تهیه شده است (زبیری، مجد، ۱۳۷۸:۱۲۴). برای استفاده از این منابع در GIS نیاز به ابزار رقومی ساز از جمله اسکنر و عملیات تصحیح هندسی می باشند که در بخشهای بعدی توضیح داده می شود.

۳. ۱. ۳. تصاویر ماهواره ای

تصاویر ماهواره ای توسط سنجنده های الکترونیکی که در ماهواره ها قرار دارد، تهیه می شود. دو گروه از ماهواره های منابع زمینی و ماهواره های هواشناسی از منابع مهم داده در GIS به شمار می رود. اکثر این ماهواره ها دارای مدار خورشید آهنگ^۱ و نزدیک قطبی می باشند، بدین معنا که ماهواره در ارتفاع ثابتی از سطح زمین (۴۰۰ تا ۹۰۰ کیلومتری) در امتداد نصف النهاری به دور زمین می چرخد و نواری با پهنای معین که در میدان دید سنجنده قرار دارد را تصویر برداری می کند که پس از طی چند روز یک پوشش کامل از زمین تصویر برداری می شود. برای مثال ماهواره لندست در طی ۱۶ روز تصویر برداری کامل از جهان می کند و عرض نوار برداشت آن حدود ۱۸۵ کیلومتر است (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰:۱۰۱).

^۱ Sun-Synchronous

تعدادی از مهمترین ماهواره هایی که منابع داده در GIS را فراهم می سازند، عبارتند از:

- ماهواره لندست: ماهواره لندست که توسط سازمان ملی فضانوردی ناسا^۱ در مدار زمین قرار گرفته است. در هر ۹۹ دقیقه یکبار به دور زمین گردش می کند و در ساعت ۹:۴۵ دقیقه به وقت محلی از بالای خط استوا می گذرد. در هر گذر نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر را تصویر برداری می کند و پوشش کامل سطح زمین را ۱۶ روز برداشت می نماید.
- ماهواره های لندست نسل اول (لندست های ۱، ۲ و ۳) دارای سنجنده^۲ MSS بود که در ۴ باند تصویر برداری می کرد و دارای تفکیک مکانی ۵۶×۷۹ متر بود به عبارت دیگر تصاویر این سنجنده حداقل عارضه ای را که نشان می دهد به ابعاد ۵۶×۷۹ متر است. که به آن یک پیکسل^۳ یا قدرت تفکیک مکانی^۴ می گویند.
- لندست ۴ و ۵ از نسل دوم علاوه بر سنجنده فوق دارای سنجنده TM^۵ نیز می باشند که این سنجنده دارای ۷ باند با قدرت تفکیک مکانی ۳۰×۳۰ متر می باشد. باند حرارتی این ماهواره دارای تفکیک مکانی ۱۲۰ متر است (شکل ۳-۴).
- لندست ۷ دارای سنجنده^۶ ETM⁺ است که در مقایسه با سنجنده TM قابلیت های ویژه ای دارد از جمله وجود باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر و افزایش قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی به ۶۰ متر می باشد.
- ماهواره اسپات: ماهواره های اسپات ۱، ۲، ۳ و ۴ که از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ به ترتیب به فضا پرتاب شدند، دارای دو

^۱ NASA

^۲ Multi Spectral Scanner

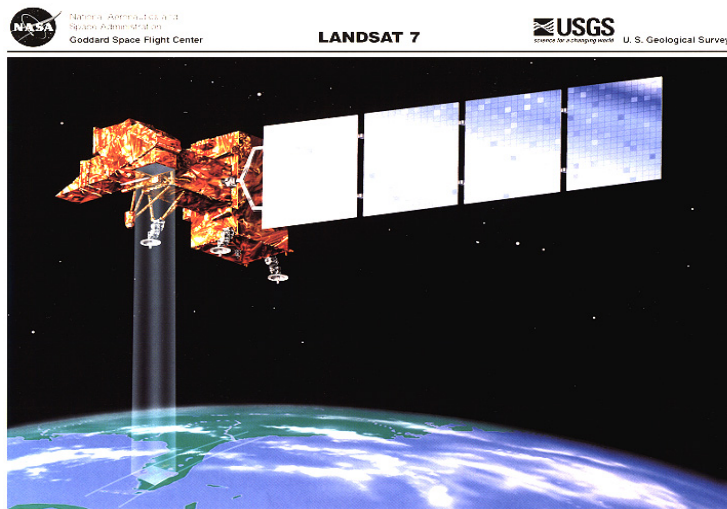
^۳ Pixel(Picture Element)

^۴ Spatial Resolution Element

^۵ Thematic Mapper

^۶ Enhanced Thematic Mapper Plus

سنجنده^۱ HRV_۱ و HRV_۲ می باشند که به طور همزمان کار می کنند. سنجنده های فوق در سه باند سبز، قرمز و مادون قرمز دارای تفکیک مکانی ۲۰ متر، و در باند پانکروماتیک دارای تفکیک مکانی ۱۰ متر است (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۴: ماهواره لندست ۷



شکل ۳-۵: تصویری از ماهواره اسپات

^۱ High Resolution Visible

- ماهواره IRS هندوستان: ماهواره های IRS هندوستان شامل IRS-1A, IRS-1B, IRS-1C, IRS-1D و IRS-P1 طی سالهای ۱۹۹۷ الی ۲۰۰۳ در مدار زمین قرار گرفتند. این ماهواره ها دارای سنجنده LISS با پوشش طیفی ۴ باند می باشد که از نظر تفکیک مکانی از ۷۲٫۵ متر تا ۲۳٫۵ متر می باشند و در باند پانکروماتیک به ۵٫۸ متر می رسد.
- ماهواره ایکونوس IKONOS: ماهواره ایکونوس در سال ۱۹۹۲ در مدار زمین قرار گرفت و تصاویر چند طیفی در باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز با تفکیک مکانی ۴ متر تهیه می کند و دارای باند پانکروماتیک با قدرت طیفی ۱ متر می باشد. جدول شماره مشخصات ماهواره هایی که در حال حاضر فعال هستند را نشان می دهد. شکل ۳-۶ تصویری از ارگ بم را بعد از زلزله سال ۲۰۰۳ نشان می دهد که توسط ماهواره ایکونوس گرفته شده است.



شکل ۳-۶: تصویر ماهواره ایکونوس از ارگ بم بعد از زلزله ۲۷ دسامبر ۲۰۰۳

۳.۲. ابزار ورودی داده های جغرافیایی

امروزه با گسترش تولید داده های رقومی مفهوم ابزار داده های ورودی در GIS تغییر کرده است. نقشه هایی که سابقاً به صورت کاغذی تولید می شد در حال حاضر در اکثر کشورها به صورت رقومی تهیه می شود و از طرف دیگر تصاویر ماهواره ای برداشت شده توسط سنجنده ها به صورت فایل های رقومی می باشد. نقشه های موجود کاغذی و عکسهای هوایی قدیمی تنها در شرایط خاص مورد استفاده قرار می گیرد. و برای رقومی سازی آنها از دو ابزار رقم گر^۱ و اسکنر^۲ استفاده می شود.

در کشور ما در حال حاضر نقشه های رقومی توپوگرافی ۱:۲۵,۰۰۰ در پوشش سراسری در حال تکمیل است و اکثر نقشه های توپوگرافی کاغذی در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۵۰,۰۰۰ ایران در سازمانهای مختلف توسط دستگاههای رقم گر و اسکنر رقومی شده است.

داده های توصیفی اغلب به صورت دستی و به کمک صفحه کلید در محیط GIS وارد می شود. و نتایج حاصله از عملیات میدانی توسط GPS برداشت می شوند. لذا در این بخش این سه ابزار شرح داده می شوند.

۳.۲.۱. رقم گر

رقم گر یا دیجیتایزر وسیله ای استاندارد جهت تبدیل نقشه های کاغذی به نقشه های رقومی با ساختار برداری می باشد. این ابزار از یک صفحه مغناطیسی حساس تشکیل شده و دارای مکان نمایی به شکل قلم است (شکل ۳-۷). کاربر نقشه را روی صفحه دیجیتایزر قرار می دهد و با حرکت دادن مکان نمای دستگاه روی نقشه مختصات نقاط را به صورت X,Y به کامپیوتر وارد می کند و به این ترتیب شکل های پیچیده و متنوع به صورت مختصات نقطه ای برداشت می شوند. دقت برداشت مختصات در رقم گر به یک هزارم اینچ (۰/۰۲۵ میلی متر) می رسد که عبارت از کمترین تغییر مختصاتی

است که رقم گر قادر به ثبت آن می باشد. صحت^۱ ورود داده در رقم گر به اندازه تفکیک، دقت در ثبت موقعیت مکانی و همچنین خطای انسان در برداشت نقاط، بستگی دارد (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰: ۳۶).

با توجه به اینکه پدیده های جغرافیایی از نظر ژئومتری به سه صورت نقطه، خط و سطح می باشند لذا عملیات رقومی سازی و ساختن لایه روند متفاوتی را طی می کنند.

برای هر پدیده نقطه ای، یک جفت مختصات x,y به ازای هر بار فشار دادن دکمه ماوس برداشت می شود و پس از انجام عمل رقومی سازی برای کل لایه، بر اساس مؤلفه point لایه نقطه ساخته می شود و جدول توصیفی نقاط^۲ برای ورود داده های توصیفی آماده می شود.

پدیده های خطی (مانند جاده ها یا رودخانه ها) به صورت مجموعه ای از نقاط وارد می شود و پاره خط ها را می سازد و آنها نیز به هم متصل می شوند و عوارض خطی را تشکیل می دهند. مؤلفه Line برای آنها توپولوژی خطی و جدول توصیفی نقاط^۳ ساخته می شود (تجویدی، ۱۳۸۱: ۹۴).

پدیده های سطحی (چند ضلعی): پدیده های سطحی مانند سطوح کاربری به صورت مجموعه ای از نقاط به هم مرتبط به وسیله خطوط مانند پدیده های خطی رقومی می شوند. اتصال نقطه شروع و پایان برای ایجاد یک سطح کامل ضروری است (تجویدی، ۱۳۸۱: ۹۴). به عبارت دیگر چند ضلعی ها با رقومی سازی کمانهای محیطشان و یک نقطه اختیاری در داخل آنها رقومی می شوند. برای رقومی سازی آنها ترتیب لازم نیست. پس از برداشت داده ها با بکارگیری Poly لایه ساخته شده و جدول توصیفی^۴ آنها آماده می شود (ثنایی نژاد، فرجی سبکبار، ۱۳۷۸: ۳۳-۳۴).

^۱ Accuracy
^۲ Point Attribute Table
^۳ Arc Attribute Table
^۴ Arc Attribute Table



شکل ۳-۷: رقم گر یا دیجیتایزر

۳.۲.۲. اسکنر:

اسکنرها از سخت افزارهای ورودی داده در GIS می باشند. یک اسکنر کلیه داده های موجود بر روی یک نقشه شامل پدیده ها (نقطه، خط و سطح)، متن ها و نشانه ها به صورت رقمی با ساختار رستری تبدیل می نماید (شکل ۳-۸). حاصل این فرایند نقشه ای خواهد بود با ساختار رستری که مجموعه ای از سلول هاست و هر سلول دارای ارزشی خواهد بود که نمایانگر رنگ و یا درجه خاکستری علائم گرافیکی پدیده هاست که می توانند به عنوان زمینه در نمایش داده ها به کار روند. هر چند که داده های رستری را می توان به طور اتوماتیک به داده های برداری تبدیل نمود اما این امر در شرایط فعلی فن آوری فقط برای نقشه های ساده با حداقل علائم، نظیر نقشه منحنی

میزان عملی است. روند تکاملی نرم افزارهای کارتوگرافیکی تشخیص دهنده الگو^۱، تهیه نقشه های پیچیده اسکن شده را سهل تر می نماید. این نرم افزارها قادر خواهند بود اعداد، متن، علائم، خطوط و پدیده ها را شناسائی نمایند (مخدوم و دیگران، ۱۳۸۰: ۳۸-۴۱).

به لحاظ سخت افزاری دو دسته اسکنر وجود دارند، اسکنرهای تخت^۲ و استوانه ای^۳. اصول کار اسکنر تخت شبیه دستگاه فتوکپی می باشد. معمولاً نقشه بر روی یک صفحه مسطح و ثابت قرار گرفته و سنجنده اسکنر به گونه ای حرکت می کند که بتواند تمامی نقشه را در اندازه های بسیار کوچک برداشت نماید. در اسکنر استوانه ای، استوانه و نقشه نصب شده بر روی آن دوران نموده و سنجنده، در طول استوانه حرکت می کند.

توان تفکیک اسکنر به نقطه در اینچ^۴ بیان می گردد. انواعی از اسکنرها دارای توانی تا ۶۰۰۰ نقطه در اینچ می باشند، تفکیک ۳۰۰ دارای کاربردهای فراوان هستند. هر چه اندازه تفکیک کوچکتر انتخاب شود، جزئیات بیشتری از نقشه برداشت خواهد شد و بالعکس. با افزایش توان تفکیک حجم پرونده حاصل از عمل اسکنر بیشتر خواهد بود.



شکل ۳-۸: تصویری از اسکنر

^۱ Pattern
^۲ Flat- Bed
^۳ Drum
^۴ Dot Per Inch

۳.۲.۳. سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)^۱

GPS پیشرفته ترین سیستم ثبت موقعیت بر روی زمین است. به بیانی دیگر GPS یک سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای می باشد که بر اساس زمان سنجی و تعیین فاصله کار می کند. این سیستم امکان ثبت موقعیت را در تمام ۲۴ ساعت شبانه روز از هر مکانی فراهم می سازد.

به طور کلی تعیین موقعیت بر مبنای فضا از دهه ۱۹۶۰ توسط ناسا (NASA) با سیستم داپلر^۲ آغاز شد این سیستم دارای ۷ ماهواره در ارتفاع ۱۱۰۰ کیلومتری سطح زمین بود و برای تعیین موقعیت از اختلاف فرکانس موج دریافتی و ارسالی زمانی که فرستنده و گیرنده نسبت به هم در حرکت بودند، استفاده می شد. عیب این سیستم دقت کم در تعیین موقعیت و تعداد کم ماهواره ها بود. به تدریج از سال ۱۹۷۴ نیاز به سیستم تعیین موقعیت جهانی مطرح شد و در سال ۱۹۸۳ با پرتاب اولین ماهواره GPS به فضا سیستم ثبت موقعیت مکانی بوجود آمد و تا سال ۱۹۹۵ تنها در خدمت امور نظامی بود و از آن سال به بعد هم در امور نظامی و هم در امور غیر نظامی مورد استفاده قرار گرفت.

در حال حاضر سیستم تعیین موقعیت جهانی متشکل از ۲۴ ماهواره (به انضمام چند ماهواره کمکی) در شش مدار که هر چهار ماهواره در یک صفحه قرار دارند. در ارتفاع ۲۰۲۰۰ کیلومتری (۱۰۹۰۰ مایلی) از سطح زمین با زاویه ۵۵ درجه نسبت به خط استوا که هر ۱۲ ساعت یکبار کره زمین را دور می زنند، جهان را پوشش می دهند و اطلاعات به صورت کد، شامل کدهای دقیق (p)^۳، کدهای دستیابی غیر دقیق (CA)^۴ و اطلاعات وضعیت ماهواره ارسال می کنند.

ماهواره های GPS کد p را روی دو موج رادیویی با فرکانس های مختلف که L_1 و L_2 نامیده می شوند، ارسال می دارند. گیرنده های مرغوب نظامی هر دو فرکانس را ردیابی می کنند و اختلاف ورودی بین L_1 و L_2 را اندازه می گیرند و تصحیحات لازم را برای تاخیر یونسفر انجام می دهند. کد های p پیچیده تر از CA هستند و فقط

^۱ Global Position System

^۲ Doppler

^۳ Percision

^۴ Coarse Acquisition

کاربران نظامی می توانند آنها را شناسایی کنند. زیرا گیرنده های آنها برای مقایسه سیگنال ورودی، ارزش کدهای p را در حافظه نگه می دارند و اختلاف زمانی بین کدهای p با دقت بیشتری نسبت به کدهای CA اندازه گیری می شوند. بنابراین گیرنده های نظامی با دقت بیشتری نسبت به گیرنده های شخصی اندازه گیری را انجام می دهند. این گیرنده ها دقتی تا یک متر دارند در حالیکه گیرنده های شخصی با دقتی حدود سه متر داده ها را برداشت می کنند.

برای انتقال داده از گیرنده های GPS به کامپیوتر نرم افزارهای متعددی از جمله Map Source, Map Point, GPS Utility,... توسط شرکت های تولید کننده GPS تهیه شده است. در حال حاضر تبادل بین دو سیستم GPS و GIS سهل تر انجام می شود و نرم افزارهای مختلفی در این راستا تولید شده اند (شکل ۳-۹) (صادقی، غیور، ۱۳۸۲: ۵۴-۵۵).

سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS علاوه بر تعیین مختصات، کاربردهای متعدد دیگری را نیز دارد از جمله:

- تعیین موقعیت نقطه ای عوارض زمین که جهت تعیین مختصات (X,Y,Z) یک مکان حداقل با چهار ماهواره یا بیشتر.
- انتقال موقعیت یک نقطه از روی نقشه به حافظه GPS و هدایت زمینی.
- انتقال موقعیت یک نقطه از حافظه GPS به نقشه و محاسبه دقیق موقعیت محل استقرار آن بر روی نقشه.
- برای مراجعت مجدد به نقطه محل استقرار، ذخیره اطلاعات مربوط به موقعیت اول را در گیرنده و استفاده برای یافتن مسیر بازگشت.
- جهت یابی برای رفتن از یک نقطه به نقطه دیگر و یا از یک نقطه به چند نقطه دیگر.
- استفاده از آن در نقشه برداری، کاداستر، کنترل حمل و نقل و ترافیک، کنترل حرکات تکتونیکی زمین، نشستهای زمین و مشکلات شهری.
- استفاده از آن در کارهای دریایی شامل، ناوبری، هیدروگرافی، تعیین موقعیت سکوهای دریایی شرکت نفت، تعیین موقعیت جزیره های مرجانی، مین یابی و اسکن کردن دریا.

- استفاده از آن در کارهای هوایی شامل، فتوگرامتری، کنترل حمل و نقل هوایی و کنترل ماهواره های سنجش از دور.



شکل ۳-۹: موبایل GIS-GPS در سیستم های به هنگام

جدول ۳-۱: مهمترین ماهواره های فعال

سنجنده ها	کشور	تاریخ پرتاب	ماهواره
MSS, RBV	امریکا	۱۹۷۲-۱۹۷۸	لندست ۱ لندست ۲ لندست ۳
TM, MSS	امریکا	۱۹۸۲-۱۹۸۴	لندست ۴ لندست ۵
ETM ⁺	امریکا	۱۹۹۳-۱۹۹۸	لندست ۶ لندست ۷
HRV	فرانسه	۱۹۸۶-۱۹۹۳	اسپات ۱ اسپات ۲ اسپات ۳
HRVIR	فرانسه	۱۹۹۶-۲۰۰۲	اسپات ۴ اسپات ۵
LISS-I, LISS-II, LISS-III	هند	۱۹۸۸-۱۹۹۱	IRS-۱A IRS-۱B IRS-۱C IRS-۱D
MEOSS, LISS-II	هند	۱۹۹۳-۱۹۹۴	IRS-P۱ IRS-P۲
LISS-III	هند	۲۰۰۰-۲۰۰۴	IRS-۲A IRS-۲B
SMMR, ALT, SASS, SAR, VIRR	امریکا	۱۹۷۸	SEASAT-۱
SAR	کانادا	۱۹۹۴	RADARSAT
AVHRR/۳	امریکا	۲۰۰۲	NOAA ۱۷
PANCHROMATIC	امریکا	۱۹۹۹	IKONOS
Multi-Spectral	امریکا	۲۰۰۱	QUICKBIRD
MODIS CERES ASTER MISR MOPITT	آمریکا- ژاپن- کانادا	۱۹۹۹	TERAA

خودآزمایی ۳

۱. این نقشه ها یا بطور مستقیم (نقشه برداری زمینی) و یا بطور غیر مستقیم (استفاده از عکس های هوایی) تهیه می شوند و به علت نمایش جزئیات زیاد دارای مقیاس بزرگ هستند؟

الف) پراکندگی (ب) کاداستر (ج) موضوعی (د) توپوگرافی
۲. مقیاس این نقشه ها بزرگ و متوسط می باشد و کشورهایی که چنین نقشه هایی را دارا می باشند به راحتی قادر به امور برنامه ریزی و مکان یابی صحیح از اراضی خود برای فعالیتهای عمرانی هستند؟

الف) بهره برداری از زمینی (ب) کاداستر (ج) موضوعی (د) پراکندگی
۳. اولین روش تولید داده که از طریق دور سنجی انجام گرفت چه نام داشت؟
الف) تصویر برداری ماهواره ای (ب) سنجش از دور
ج) عکس برداری هوایی (د) الکترونیکی

۴. ماهواره لندست در طی چند روز تصویر برداری کامل از جهان می کند و عرض نوار برداشت آن حدود چند کیلومتر است؟

الف) ۱۶ روز - ۱۰۰ کیلومتر (ب) ۱۶ روز - ۱۸۵ کیلومتر
ج) ۹۹ دقیقه - ۱۰۰ کیلومتر (د) ۱۶ روز - ۸۰۰ کیلومتر

۵. این سنجنده حداقل عارضه ای را که نشان می دهد به ابعاد ۵۶×۷۹ متر است. که به آن یک پیکسل یا قدرت تفکیک مکانی می گویند؟

الف) TM (ب) ETM (ج) MSS (د) HRV_r
۶. این ابزار از یک صفحه مغناطیسی حساس تشکیل شده و دارای مکان نمایی به شکل قلم است؟

الف) ماهواره (ب) رقم گر (ج) اسکنر (د) GPS
۷. سخت افزار ورودی داده در GIS می باشند که کلیه داده های موجود بر روی یک نقشه شامل پدیده ها متن ها و نشانه ها را به صورت رقومی با ساختار رستری تبدیل می نماید؟

الف) اسکندر (ب) رقم گر (ج) GPS (د) سنجنده
۸. لندست ۷ دارای کدام سنجنده زیر است که در مقایسه با لندست های دیگر قابلیت های ویژه ای از جمله باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر می باشد؟
الف) TM (ب) HRV_۲ (ج) ETM⁺ (د) HRV_۱

۹. به طور کلی تعیین موقعیت بر مبنای فضا از چه دهه توسط ناسا (NASA) با سیستم دایر آغاز شد؟

الف) ۲۰۰۰ (ب) ۱۹۸۰ (ج) ۲۰۰۲ (د) ۱۹۶۰
۱۰. این کدها پیچیده تر هستند و فقط کاربران نظامی می توانند آنها را شناسایی کنند؟
الف) p (ب) CA (ج) L_۱ (د) L_۲

۱. نقشه را تعریف نموده و انواع آن را با توجه به محتوا نام ببرید؟
۲. تفاوت نقشه های توپوگرافی را با نقشه های الگوی جغرافیایی یک ناحیه را بیان کنید؟
۳. کاربرد نقشه های ثبت املاکی یا نقشه های کاداستر را بنویسید؟
۴. ماهواره ایکونوس در چه سالی در مدار زمین قرار گرفت و تصاویر را در چه باندهای تهیه می کند و توان تفکیک مکانی آن چند متر می باشد؟
۵. سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS علاوه بر تعیین مختصات، چهار کاربرد مهم دیگر آن را بنویسید؟

پاسخ ۳

۱. د	۲. الف	۳. ج	۴. ب	۵. ج
۶. ب	۷. الف	۸. ج	۹. د	۱۰. الف

فصل چهارم

درون یابی

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با روشهای درون یابی آشنا می شوید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید

۱. چهره های داده های جغرافیایی را از نظر روشهای تحلیل در GIS نام برده و توضیح دهید.
۲. درون یابی را تعریف کنید.
۳. در چه موردی و در کدام موضوعات از درون یابی استفاده می شود.
۴. میزان صحت نتایج درون یابی به چه عواملی بستگی دارد و بهترین نتایج چه زمانی بدست می آید.
۵. روشهای درون یابی برای پیش بینی مقادیر نامعلوم کدام مدلها را بکار می گیرد.
۶. پایه روشهای درون یابی چیست.
۷. در یک دسته بندی کلی روشهای درون یابی به چند رده بزرگ تقسیم می شود.
۸. درون یابی جبری برای درون یابی از کدام تابع استفاده می کند. فرض آن چیست و چه نوع درون یابی است.
۹. درون یابی جبری به چند گروه تقسیم می شود.

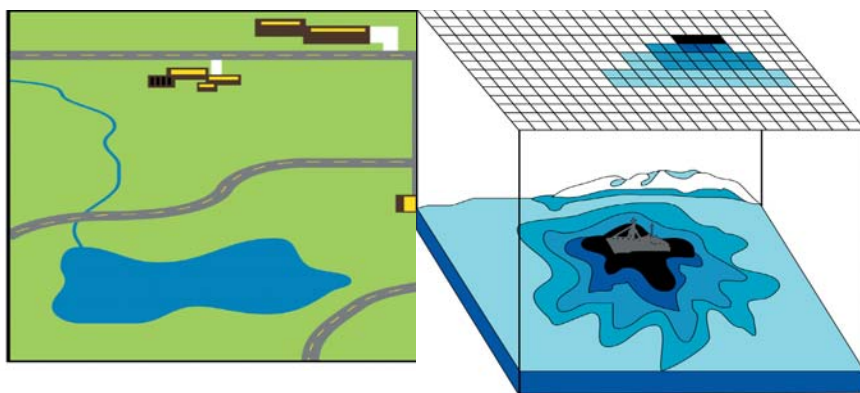
۱۰. روشهای زمین آمار کدام توابع را در درون یابی به کار می گیرند و بر کدام پایه ویزگیهای داده ها می باشند.
۱۱. روشهای زمین آمار نقاط مجهول را بر چه اساسی پیش بینی می کند.
۱۲. درون یابی زمین آمار نیز به چند گروه تقسیم می شود توضیح دهید.
۱۳. ضریب چولگی مثبت و منفی و پخی کمتر و بیشتر از ۳ را بیان کنید.
۱۴. تبدیل های مورد استفاده برای نرمال نمودن داده ها در GIS را نام برده و توضیح دهید.
۱۵. ساختار فضایی پلیگونهاى تيسن به چه عاملی وابسته است بیان کنید و انواع آنرا را نام ببرید.
۱۶. آماره های توصیفی مد، میانگین، گروه یا طبقه، آنتروپی، میانه، انحراف معیار و دامنه چارک را شرح دهید.
۱۷. ایزوتروپی و انیزوتروپی را با مقایسه کرد و شرح دهید.
۱۸. اجزاء یک سمی واریوگرام را بیان کنید.
۱۹. مؤلفه های جهت دار مؤثر بر درونیابی را توضیح دهید.
۲۰. روش درونیابی IDW را شرح دهید و بیان کنید چرا این مدل این نام را گرفته است.
۲۱. دو روش متداول در مدل IDW را بیان کنید.
۲۲. بیان کنید مدل کریجینگ برای کدام داده ها مناسب است.
۲۳. دو مدل پیشنهادی کریجینگ برای تخمین در درونیابی را بیان کنید.
۲۴. بهترین مدل کریجینگ کدام است بیان کنید.

مقدمه

روش اندازه گیری یا برداشت مکانی داده ها، پدیده های طبیعی را در محیط GIS شکل می دهند. زمانی که پدیده ها به صورت نقطه ای برداشت می شوند؛ روشهای خاصی برای شکل دادن یا لایه ساختن از آنها به کار می رود که درون یابی نام دارد. درون یابی یک نوع تحلیل ریاضی و آماری است که در این فصل شرح داده می شود.

۴. ۱. مفاهیم درون یابی

داده های جغرافیایی از نظر روشهای تحلیل در GIS دارای دو چهره هستند که درک آنها اهمیت ویژه ای دارند. داده هایی که گسسته^۱ یا منفصل^۲ نامیده می شوند، عموماً داده های مطلق^۳ می باشند. به این معنا که مرز این داده ها در طبیعت به طور دقیق قابل تعریف است و در هر دو شکل رستر یا وکتور قابل ذخیره می باشند، مانند یک دریاچه، یک ساختمان، یک جاده و . . . اما داده های پیوسته^۴ در طبیعت از یکپارچگی برخوردارند و هر موقعیتی در سطح زمین اندازه ای از آن را دارا می باشد. برای مثال درجه حرارت یک نوع داده پیوسته می باشد که امکان اندازه گیری آن در هر نقطه ای امکان پذیر است. جهت شیب عوارض نوعی دیگر از داده های پیوسته است که با جهت شمال، جنوب و . . . قابل اندازه گیری است، پدیده های مایع مانند رواناب نیز از داده های پیوسته ای است که علاوه بر قابلیت اندازه گیری دارای جهت نیز می باشد.



شکل ۴-۱: داده پیوسته در طرف راست و داده گسسته در طرف چپ

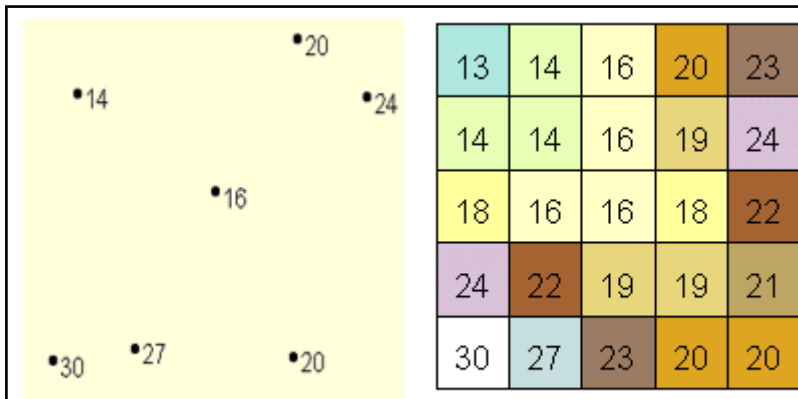
^۱ Discrete

^۲ Discontinuous

^۳ Categorical

^۴ Continuous

داده های پیوسته به دلیل پیوستگی که دارند قابل اندازه گیری در تمام سطوح نیستند، لذا به طور نمونه ای برداشت می شوند. برآورد میزان متغیر پیوسته را در مناطق نمونه گیری نشده در داخل ناحیه ای که مشاهدات نقطه ای پراکنده شده اند، درونیابی^۱ می گویند. در واقع درونیابی، تغییرات فضایی متغیری پیوسته را نمایش می دهد. به عبارت دیگر درون یابی روش برآورد ارزش پدیده ها در مکانهای نمونه برداری نشده با استفاده از مقادیر معلوم در نقاط همسایه است. نقاط همسایه ممکن است به طور منظم یا نامنظم در آن ناحیه پراکنده شده باشند. بنابراین برای تبدیل داده ها از نقاط مشاهده شده در موضوعات پیوسته از درون یابی استفاده می شود. خروجی درون یابی می تواند به عنوان یک نقشه یا لایه در تحلیل GIS مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴-۲: موقعیت و ارزش نقاط معلوم در درون یابی

میزان صحت نتایج درون یابی به دقت مکانی، تعداد و توزیع نقاط معلوم و مدل مورد استفاده بستگی دارد. بهترین نتایج هنگامی بدست می آیند که رفتار تابع ریاضی با رفتار پدیده مورد نظر مشابه باشد. به عنوان مثال تغییرات دمای هوا در یک منطقه هموار، ممکن است یکسان باشد، در نتیجه مدلی که می تواند بر اساس میانگین گیری درون یابی کند، مناسب است. اما در مورد یک زمین با تغییرات شدید ارتفاعی نیاز به مدلی است که تغییرات شدید دما را پیش بینی کند (آرنوف، ۱۳۷۵: ۲۲۷-۲۳۰) از طرف دیگر چون درون یابی برآورد ارزش توصیفی نقاط نامعلوم در یک منطقه بر پایه

^۱ Interpolation

تعدادی نقاط معلوم می باشد لذا روش نمونه گیری براساس پدیده مورد نظر انتخاب می شود. بیشتر داده های پیوسته در طبیعت جهت دار هستند و تمرکز آنها یکسان نیست. برای مثال درون یابی عناصر آلوده کننده هوا در شهری را در نظر بگیرید که دارای مراکز آلوده کننده و همچنین دارای بادی است که در جهتی خاص آلودگی را پخش می کند، لذا توزیع نقاط معلوم به طور قطعی تابع پدیده مورد نظر است.

۴.۲. روشهای درون یابی

روشهای درون یابی مجموعه ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری را برای پیش بینی مقادیر نامعلوم بکار می گیرند. آنچه مسلم است شباهت نقاط مجهول به نزدیکترین نقاط معلوم یا اصل نزدیکترین همسایه پایه روشهای درون یابی است و اینکه چگونه این اصل مورد استفاده قرار می گیرد بستگی به مدل انتخابی دارد که جزئیات آن شرح داده می شود. در یک دسته بندی کلی روشهای درون یابی به دو رده بزرگ تقسیم می شوند:

۴.۲.۱. روشهای درون یابی جبری یا قطعی^۱

درون یابی جبری بر نقاط اندازه گیری شده متکی است و برای درون یابی از توابع ریاضی استفاده می کند. این درون یابی فرض می کند که تخمین پدیده مورد نظر قطعی انجام می شود و با خطا مواجه نیست، بنابراین درون یابی جبری یک درون یابی غیر احتمالی است. این درون یابی به کمک اندازه گیریهای نقطه ای دقیق انجام می شود و اگر فرض شود که این اندازه گیریها بدون خطا انجام گرفته اند آنگاه تابع درون یابی به گونه ای تعیین می شود که مقادیر برآوردی دقیقاً با مقادیر اندازه گیری شده برابر شوند. این گونه درون یابی دقیق^۲ است و مقدار برآوردی تنها تابعی از ساختار مکانی متغیر مورد نظر است و در آن نشانی از تغییرات تصادفی وجود ندارد.

^۱ Deterministic

^۲ Exact

درون یابی جبری بر دو گروه همگانی^۱ و محلی^۲ تقسیم می شود. در درون یابی همگانی برای برآورد نقاط مجهول از داده های همه نقاط اندازه گیری شده استفاده می شود، اما در مدل محلی از داده های همه نقاط برداشت شده برای برآورد مقدار نقطه مجهول استفاده نمی شود. در این روش ممکن است، تعداد نقاط محدودی که تا نقطه مورد نظر کمترین فاصله را دارند در درون یابی بکار گرفته شوند یا از داده هایی استفاده شود که تا نقطه مورد نظر کمترین فاصله را دارند به بیانی دیگر در این روش نقاط همسایه بر اساس تعداد یا فاصله تعریف می شوند. اگر تغییرات مکانی متغیر زیاد باشد مدل های محلی نتایج بهتری بدست می دهد. با این حال تعداد نقاط همسایه که برای برآورد در یک نقطه معین بکار گرفته می شوند در کیفیت نتایج تأثیر بسزایی دارد. از آنجا که اندازه گیری ها همواره با مقداری خطا همراهند و برآوردها نمی توانند دقیقتر از اندازه گیری ها باشند، لذا روش های درون یابی جبری تنها زمانی سودمند خواهند بود که مقدار خطای اندازه گیری به اندازه کافی کوچک باشد. از این گذشته اگر تغییرات مکانی خیلی زیاد باشد، مدل های زمین آماری نتایج بهتری دارند.

۴.۲.۲. روش های درون یابی زمین آماری^۳

علم زمین آمار از آماره ها در علوم مربوط به زمین مانند زمین شناسی و جغرافیا استفاده می کند به بیانی دیگر علم آمار فضایی می باشد. روش های زمین آمار توابع ریاضی و آماری را در درون یابی به کار می گیرند و بر پایه ویژگی های آماری داده ها می باشند. این تکنیک نقاط مجهول را بر اساس خود همبستگی بین نقاط اندازه گیری شده و ساختار فضایی آنها پیش بینی می کند. در واقع درون یابی زمین آماری، یک درون یابی غیر دقیق^۴ یا احتمالی است که در آن نقاط پیش بینی شده با اندازه های واقعی تفاوت دارد. این روش می تواند از تأثیر داده های نادر مثل حداکثر ها و حداقل های مطلق

^۱ Global

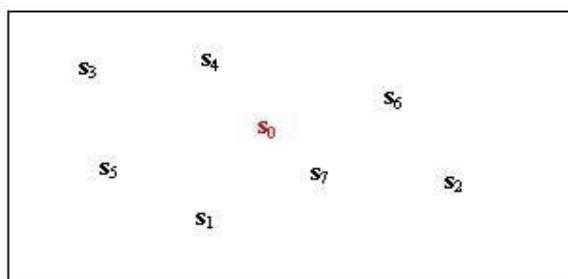
^۲ Local

^۳ Geostatistical

^۴ INexact

جلوگیری کند. برای درک مفهوم درون یابی زمین آمار به شکل ۴-۳ توجه کنید. این شکل توزیع نمونه هایی را نشان می دهد که در موقعیت های s_1, \dots, s_7 قرار دارد. برای مثال اگر مقدار نمونه ها، باران به میلی متر باشد این مقدار در نقطه s_0 مجهول است. از آنجا که نمونه ها دارای پیوستگی مکانی هستند لذا نقطه s_0 دارای مقداری بارندگی است که اندازه گیری نشده است و از طرف دیگر تمام نقاطی که داده های آن مجهول است، ارزشی را به خود اختصاص می دهند اما این مقدار برداشت نشده است. بنابراین مفهوم پیوستگی در مکان است. اگر مقدار ارزش نمونه ها دارای توزیع چند متغیری نرمال و خود همبستگی باشد از درون یابی های زمین آماری می توان بهره برد.

متغیر هایی که پیوستگی مکانی دارند فقط با اعداد واقعی پیوسته^۱ تعریف نمی شوند بلکه می توانند با اعداد صحیح^۲ مانند ۱، ۲، ۱، ۲، ۲ و . . . یا با حروف رتبه ای^۳ مانند کم، زیاد و متوسط یا با حروف غیر رتبه ای^۴ مانند جنگل، مرتع، زمین کشاورزی و . . . و اعداد دو دویی^۵ مانند صفر و ۱ تعریف شوند.



شکل ۴-۳: توزیع نمونه ها در درون یابی

درون یابی زمین آمار نیز بر دو دسته چند جمله ای همگانی^۶ و چند جمله ای محلی^۷ تقسیم می شود. همانطور که در شکل ۴-۴ ملاحظه می شود درون یابی چند

^۱ Continuous—any real number

^۲ Integer

^۳ Ordered categorical

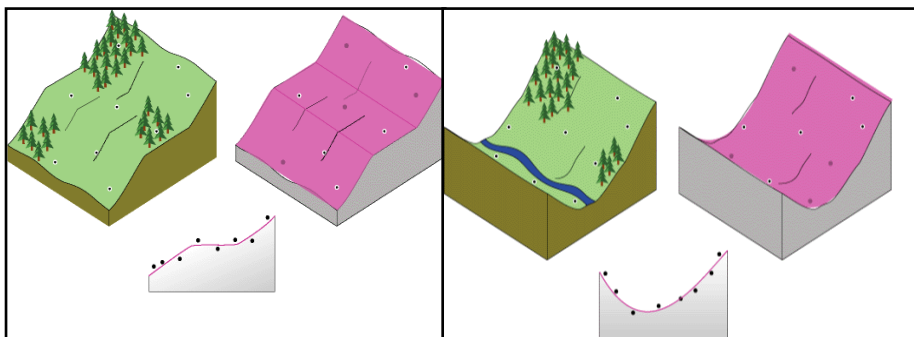
^۴ Unordered categorical

^۵ Binary

^۶ Global Polynomial

^۷ Local Polynomial

جمله ای همگانی یک معادله چند جمله ای را به یک سطح واحد پیوسته برازش می کند. که در سمت راست این شکل معادله درجه ۲ به یک سطح برازش شده است. اما در چند جمله ای محلی بر یک سطح پیوسته چند معادله چند جمله ای برازش می شود. به بیانی دیگر تغییرات پدیده مورد نظر با یک معادله ساخته نمی شود لذا بر اساس نمونه ها به عنوان همسایه های نقاط مجهول، پیش بینی انجام می شود.



شکل ۴-۴: نمایشی از درون یابی دوجمله ای همگانی و محلی

در این بخش ابتدا تحلیل‌های مقدماتی و لازم در درون یابی شرح داده می شود سپس به توضیح روش فاصله معکوس وزنی^۱ از مدل‌های دقیق یا جبری و مدل کریجینگ از مدل‌های غیردقیق یا زمین آماری پرداخته می شود.

۴.۳. تحلیل‌های اولیه در درون یابی

۴.۳.۱. نمونه گیری و توزیع داده های فضایی

نمونه گیری صحیح در کیفیت درون یابی نقش ویژه ای دارد. روش‌های رایج نمونه گیری نمی تواند کاربرد قطعی در درون یابی داشته باشد. زیرا از یک طرف عامل موقعیت مکانی یا توزیع مکانی مطرح است و از طرف دیگر پدیده های جغرافیایی

^۱Inverse Distance Weighted

ماهیتی متفاوت دارند؛ برای مثال دمای هوا و آلودگی هوا را به یک روش نمی توان نمونه گیری کرد، آلودگی هوا متغیری است که در جهت خاصی گسترش می یابد و تابع متغیر های مداخله گر مانند جهت باد است. لذا برای نمونه گیری یک داده جغرافیایی پیوسته لازم است بررسی شود که پیوستگی و تغییرات این پدیده تابع چه شرایطی است سپس با توجه به شرایط نمونه گیری انجام شود.

برای مثال پدیده ای مانند بارش را در نظر بگیرید برای نمونه گیری از این متغیر لازم است به شرایط مکانی آن توجه شود. اگر مکان مورد نظر در دامنه قرار دارد، ارتفاع زمین می تواند یک متغیر مداخله گر باشد، لذا نمونه ها ضمن دارا بودن توزیع فضایی یکنواخت، پیوستگی ارتفاعی را نیاز دارد.

ارزیابی توزیع داده ها پس از نمونه گیری در انتخاب روش درون یابی کمک می نماید. برای این منظور هیستوگرام نمونه ها ترسیم می شود. شکل ۴-۵ هیستوگرام فراوانی نمونه ها را در طبقات مشخص نشان می دهد، برای مثال شکل اخیر توزیع نمونه ها را در ۱۰ طبقه نشان می دهد. این بررسی همچنین موقعیت^۱، پراکنش^۲ و شکل^۳ توزیع نمونه ها را از طریق آماره های توصیفی فراهم می سازد.

موقعیت نمونه ها، توزیع داده ها را بیان می دارد برای مثال میانگین حسابی^۴ داده ها، اندازه مرکز توزیع را نشان می دهد. در داده های منظم، ۵۰ درصد نمونه ها در پایین تر از میانه و ۵۰ درصد داده ها بالاتر از میانه قرار دارند. چارک اول^۵ و چارک سوم^۶ به ترتیب ۲۵ و ۷۵ درصد داده ها را نشان می دهند یا به عبارت دیگر ۲۵ درصد داده ها پایین تر از چارک اول قرار دارند و ۲۵ درصد داده ها بالاتر از چارک سوم قرار دارند. چارک بر اساس فرمول ذیل محاسبه می شود.

$$N / ۰,۵ - (i) = \text{چارک}$$

^۱Location

^۲Spread

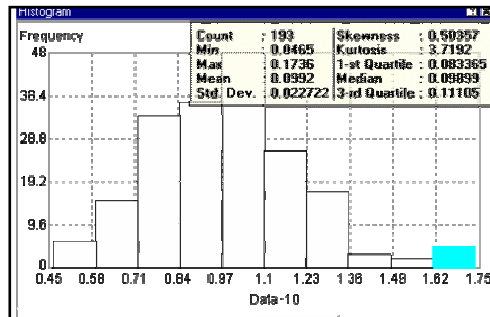
^۳ Shape

^۴ Arithmetic Average

^۵ ۱st Quartiles

^۶ ۳rd Quartiles

در فرمول فوق (i) معادل i^{th} یا مرتبه نمونه و N تعداد نمونه ها است .
 انحراف معیار^۱ می تواند پراکنش نمونه ها را در اطراف میانگین نشان دهد. شکل ۶-۴ دو توزیع با دو انحراف معیار متفاوت را نشان می دهد. منحنی کوتاه تر دارای انحراف معیار بیشتر، در نتیجه پراکندگی بیشتری نسبت به منحنی دیگر نشان می دهد.
 ضریب چولگی^۲ و پخی^۳ شکل توزیع یا تقارن نمونه را بیان می دارد. ضریب چولگی برای توزیع متقارن صفر است. اگر عدم تقارن به سمت داده های بزرگتر باشد، ضریب چولگی مثبت و به سمت داده های کوچکتر، این ضریب منفی است. شکل ۴-۷ نمونه هایی با چولگی مثبت را نشان می دهد. ضریب پخی برای توزیع نرمال برابر ۳ است. این ضریب برای توزیع هایی که پخ^۴ تر از نرمال، بیشتر از ۳ است و برای توزیع های باریک^۵ کمتر از ۳ است. منحنی کوتاهتر در شکل ۴-۶ دارای ضریب پخی بزرگتر از ۳ است.



شکل ۴-۵: هیستوگرام نمونه ها

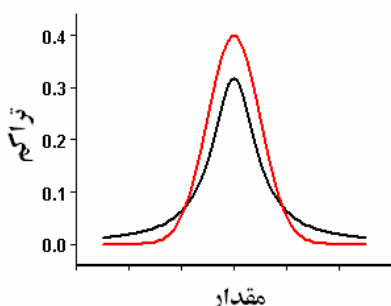
^۱ Standard deviation

^۲ Skewness

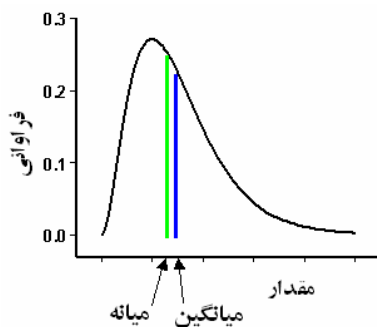
^۳ kurtosis

^۴ leptokurtic

^۵ Platykurtic



شکل ۴-۶: دو توزیع با انحراف معیار های متفاوت



شکل ۴-۷: منحنی توزیع با چولگی مثبت

اگر توزیع داده ها نرمال نباشد با استفاده از تبدیل های مختلف می توان آن را به نرمال نزدیک نمود. تبدیل های مورد استفاده در GIS به شرح ذیل است.

- تبدیل باکس-کاکس^۱: این تبدیل بر اساس فرمول ذیل عمل می کند.

$$Y(s) = (Z(s)\lambda - 1)/\lambda,$$

اگر $\lambda \neq 0$ باشد، فرض می شود که نمونه ها ترکیبی از چند پدیده است. برای این نوع داده ها واریانس ها به میانگین وابسته است. برای مثال اگر توزیع متغیر یکنواختی مکانی نداشته باشد. در قسمتی از ناحیه مورد مطالعه که تعداد نمونه های کمتری برداشت شده واریانس نمونه ها کمتر از قسمتی می شود که نمونه های بیشتری

^۱ Box-Cox transformation

وجود دارد لذا این تبدیل کمک می کند تا واریانس نمونه ها در تمام ناحیه مورد مطالعه یکسان تر شود.

- تبدیل لگاریتمی^۱: هنگامی که $\lambda=0$ باشد، تبدیل باکس-کاکس به کار نمی آید و از فرمول ذیل استفاده می شود.

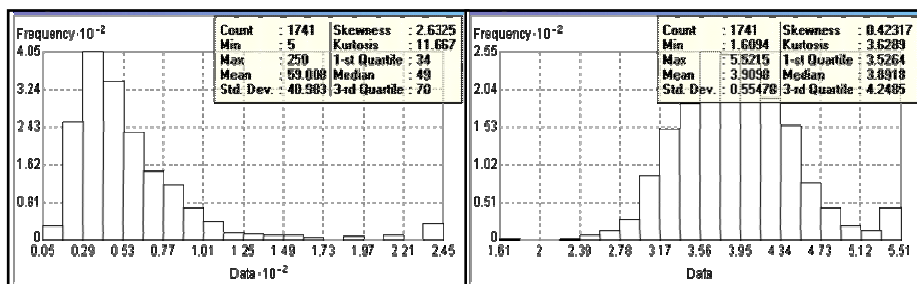
$$Y(s) = \ln(Z(s)),$$

وقتی که $Z(s) > 0$ باشد \ln لگاریتم طبیعی است. تبدیل لگاریتمی برای توزیعی به کار می رود که دارای چولگی و تعداد نمونه های بزرگ کم باشد یا در قسمتی متمرکز باشند در این صورت این تبدیل می تواند توزیع واریانس را یکنواخت کرده و داده ها را به توزیع نرمال نزدیک کند. شکل ۴-۸ نمونه ای را نشان می دهد که دارای چولگی زیادی می باشد که توسط تبدیل لگاریتمی نرمال شده است.

- تبدیل آرک سین^۲: معادله این تبدیل به شرح ذیل است:

$$Y(s) = \sin^{-1}(Z(s)),$$

وقتی که $Z(s)$ بین صفر و ۱ است از این تبدیل استفاده می شود. در واقع برای داده هایی که کسری یا درصد است بکار می رود. تبدیل آرک سین نیز توزیع واریانس داده ها را یکنواخت می سازد.



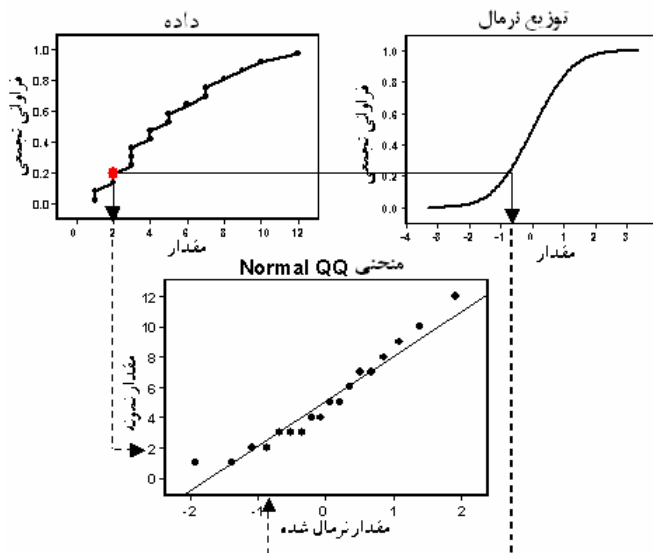
شکل ۴-۸: تبدیل لگاریتمی در توزیع نرمال

پس از نرمال نمودن داده ها با تهیه نمودار احتمال نرمال^۱ می توان داده های نرمال شده را بانمونه های برداشت شده مقایسه نمود. در واقع نمودار احتمال نرمال مقادیر به

^۱ Log transformation

^۲ Arcsine transformation

دست آمده از یک توزیع نرمال استاندارد را در مقابل داده های نرمال نشده قرار می دهد. لذا با این نمودار فاصله نمونه ها از توزیع نرمال یا داده های تبدیل شده به دست می آید. شکل ۴-۹ نمودار توزیع نرمال و منحنی تجمعی داده ها را مقایسه می نماید.



شکل ۴-۹: نمودار احتمال توزیع نرمال و منحنی تجمعی داده ها

۴.۳.۲. پلیگون های تیسن^۲ یا نقشه ورونوی^۳

پلیگونهای تیسن که به نام هواشناس آمریکایی آلفرد تیسن^۴ نامگذاری شده است. از روشهایی است که در آن ارزش موقعیتهای نمونه برداری نشده با ارزش نزدیکترین نقطه نمونه برداری شده برابر است. در این روش، مرزهای پلیگون از نقاط همسایه

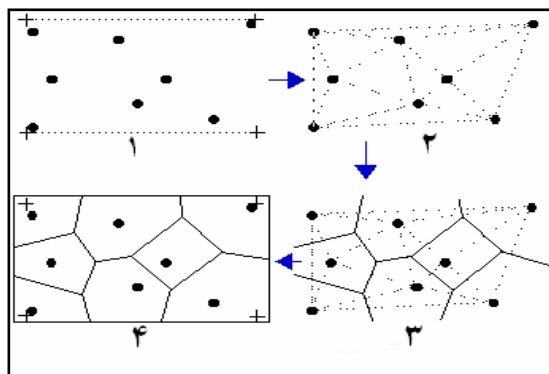
^۱ Quartile-quartile(Q-Q)

^۲ Thiessen Polygons

^۳ Voronoi

^۴ Alfred H. Thiessen (۱۸۷۲-۱۹۳۱)

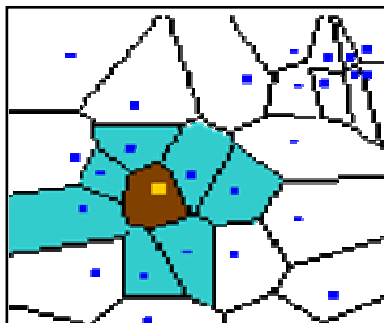
فاصله یکسان دارد و هر نقطه در داخل پلیگون به نقطه مرکزی آن پلیگون نسبت به هر نقطه دیگر نزدیکتر است. پلیگون های تیسن با توجه به برداشت های نقطه ای به این ترتیب ایجاد می شود که نقاط نمونه به وسیله خطوط مثالی به نزدیکترین همسایه شان متصل می شوند سپس عمود منصف کشیده شده برای هر ضلع با دو عمود منصف دیگری که آنرا قطع می کند، گره پلیگون تیسن را می سازد. در خاتمه، خطوط اولیه بین نقاط برداشته می شود (شکل ۴-۱۰) و تقسیم یک ناحیه به پلیگون های تیسن به وسیله قرار گیری نقاط نمونه به طور کامل تعیین می گردد. ساختار فضایی پلیگونهای تیسن به پراکنش نقاط نمونه وابسته است اگر نقاط نمونه بر روی یک شبکه منظم قرار گرفته باشند، پلیگون های تیسن با اندازه و شکل یکنواخت ساخته می شود در حالیکه نقاط نمونه توزیع فضائی نامنظم داشته باشند پلیگون های تیسن نامنظم بوجود می آیند (Johnston, ۱۹۹۸: ۱۳۴).



شکل ۴-۱۰: مراحل ایجاد پولیگونهای تیسن

پلیگون های تیسن برای پیش بینی مقادیر در نقاط اطراف یک نقطه نمونه برداری شده، مورد استفاده قرار می گیرند. زمانی که یک پلیگون ساخته می شود، همسایه های آن پلیگونهایی هستند که با آنها مرز مشترک دارند. برای مثال شکل ۴-۱۱ نمونه ای را نشان می دهد که توسط پلیگون تیره رنگی احاطه شده است. پلیگونهای اطراف با این پلیگون در یک مرز اشتراک دارند یا به عبارت دیگر همسایه های آن محسوب می شوند. ارزش هر پلیگون بر اساس ارزشهای پلیگونهای همسایه محاسبه می شوند. بنابراین با تعریف همسایه ها یا یلیگونهای مجاور یک پلیگون، تنوعی از توابع محلی قابل محاسبه است. برای مثال ارزش میانگین پلیگون تیره رنگ بر اساس آن پلیگون و

پلیگونیهای روشنتر مجاور محاسبه می شود در واقع میانگین ارزش هر پلیگون به ترتیب محاسبه می شود. بنابراین پلیگونها با رنجی از رنگها ارزش آماره ها را نشان می دهند. به خروجی چنین درون یابی نقشه ورونویی می گویند (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۱: پلیگونیهای تیسن

نقشه های ورونویی در GIS نقشه های رستری می باشند که با رنجی از رنگها، بیانگر آماره های توصیفی، به شرح ذیل می باشند:

- مد^۱: تمام سلولها به چند طبقه با فاصله های مساوی تقسیم می شوند. مد هر سلول حداکثر فراوانی آن سلول با سلولهای همسایه است.

- میانگین: میانگین هر سلول، میانگین ارزش آن سلول و سلولهای همسایه است.

- گروه یا طبقه^۲: تمام سلولها به چند طبقه با فاصله های مساوی تقسیم می شوند. فاصله طبقه هر سلول با سلولهای همسایه متفاوت است. این آماره فاصله طبقه را نشان می دهد.

- آنتروپی^۳: تمام سلولها بر اساس توزیع نرمال و فراوانی ها طبقه بندی می شوند و آنتروپی هر سلول بر اساس آن سلول و سلولهای همسایه محاسبه می شود. معادله آنتروپی عبارتند از:

$$\text{Entropy} = - \sum (p_i \times \log p_i),$$

^۱ Mode

^۲ Cluster

^۳ Entropy

که در آن p_i نسبت سلولها در هر کلاس است. برای مثال اگر تعداد کلاسها ۵ و فراوانی آنها به مانند جدول ۴-۱ باشد، میزان p_i از تقسیم فراوانی آن کلاس بر کل نمونه ها به دست می آید در نتیجه بر اساس معادله فوق آنتروپی هر سلول برابر است با:

$$E = -[0,6 \times \log_2(0,6) + 0,2 \times \log_2(0,2) + 0,2 \times \log_2(0,2)] = 1,371$$

حداقل و حداکثر آنتروپی وقتی که سلول در یک طبقه قرار می گیرد به ترتیب زیر حساب می شود.

$$E_{\min} = -[1 \times \log_2(1)] = 0$$

$$E_{\max} = -[0,2 \times \log_2(0,2) + 0,2 \times \log_2(0,2) + 0,2 \times \log_2(0,2) + 0,2 \times \log_2(0,2)] = 2,322$$

جدول ۴-۱: محاسبه p_i در معادله آنتروپی

طبقه	فراوانی	p_i
۱	۳	۳/۵
۲	۰	۰
۳	۱	۱/۵
۴	۰	۰
۵	۱	۱/۵

- میانه: میانه هر سلول موقعیت آن سلول و سلولهای همسایه در توزیع فراوانی است.

- انحراف معیار: این آماره در هر سلول بر معادل انحراف معیار آن سلول و سلولهای همسایه است.

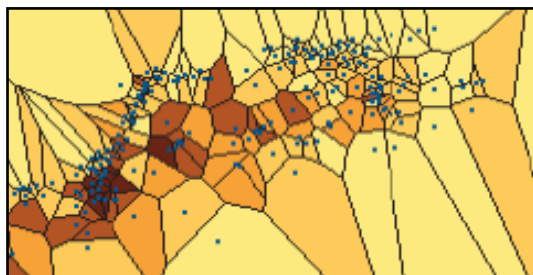
- دامنه چارک^۱: برای هر سلول و سلولهای همسایه چارک اول و سوم محاسبه می شود و این آماره اختلاف چارکهای اول و سوم می باشد.

بررسی آماره های فوق در یک نقشه ورونویی می تواند اطلاعات ارزشمندی را از نمونه های برداشت شده برای درون یابی فراهم سازد، معمولاً از پلیگونهای تیسن به

^۱ Interquartile Range

عنوان یک روش درون یابی در GIS استفاده نمی شود، بلکه از تحلیلهای اولیه درون یابی می باشد.

محدودیت‌های این روش زمانی که به عنوان مدل درون یابی مورد استفاده قرار گیرد، متعدد است. به عنوان مثال تقسیم بندی یک منطقه به پلیگون های تیسن بر اساس موقعیت نقاط برداشت شده است و در نتیجه شکل پلیگون ها ربطی به چگونگی توزیع طبیعی پدیده مورد مطالعه ندارد زیرا مقدار نسبت داده شده به یک پلیگون فقط با استفاده از یک نمونه، یعنی نقطه مشاهده تخمین زده می شود و در نتیجه میزان خطای آن قابل محاسبه نمی باشد. بالاخره در پلیگون های تیسن اصل همسایگی در نظر گرفته نمی شود که نقاط نزدیکتر به یکدیگر شبیه تر از نقاط دور از هم خواهند بود. یعنی فرضی که معمولاً در تجزیه و تحلیل های جغرافیایی مناسب می باشد (آرنوف، ۱۳۷۵: ۲۲۶-۲۲۷).



شکل ۴-۱۲: نقشه ورونویی

۴.۳.۳. سمی واریوگرام^۱

برای درک بهتر ساختار فضایی نمونه های برداشت شده و انتخاب بهترین روش در درون یابی، خود همبستگی فضایی^۲ بین نمونه ها مطالعه می شود. این بررسی را

^۱ Semivariogram
^۲ spatial autocorrelation

می توان با ترسیم فاصله بین نمونه ها و واریانس ارزش نمونه ها یا به عبارت دیگر سمی واریوگرامها به دست آورد.

واریانس بین نقاطی که به اندازه h از هم فاصله دارند، ارتباط متقابل آن دو را نسبت به هم بیان می کند و وابستگی نقاط نزدیک به هم، دلیلی بر وجود ساختار فضایی می باشد، به طوری که اگر واریانس بین نقاطی به فاصله h کوچک باشد، وابستگی بین آن نقاط زیاد است. واریانسی را که وابسته به فاصله است را واریوگرام یا تغییر نما می نامند و آن را با نماد $\gamma(h)$ نشان می دهند که معمولاً به جای واریوگرام، از سمی واریوگرام^۱ با نماد $\gamma(h)$ استفاده می شود.

سمی واریوگرام، براساس نصف میانگین مربع واریانس بین نقاط بر اساس فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Y(s_i, s_j) = \frac{1}{2} \text{var}(Z(s_i) - Z(s_j)),$$

که مفهوم آن این است که:

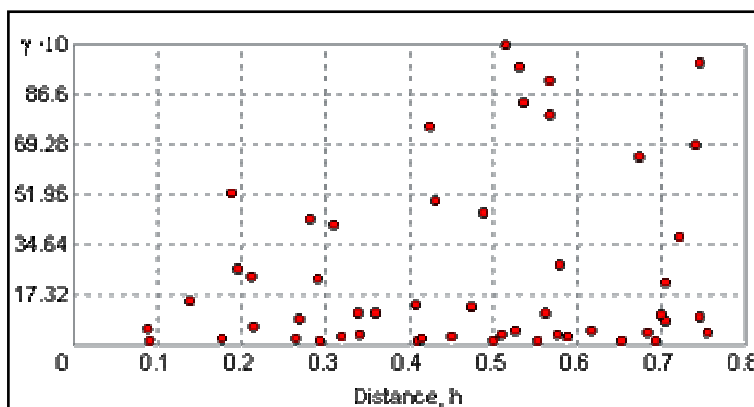
$$\text{Semivariogram (distance } h) = 0.5 \times \text{average}[(\text{value at location } i - \text{value at location } j)^2]$$

سمی واریوگرام، بر اساس این تفکر که خواص پدیده ها در مکانهای نزدیکتر شباهت بیشتری دارند تا در فاصله های دورتر، درجه وابستگی یا همبستگی بین نقاط را اندازه گیری می کند (Chrisman, ۲۰۰۲: ۱۹۸). در محور طولی (X) یک سمی واریوگرام فاصله بین نمونه ها و در محور عرضی (Y) مربع اختلاف بین مقدار یا واریانس نمونه ها ترسیم می شود و هر نقطه در نمودار سمی واریوگرام موقعیتی از دو نقطه را نشان می دهد (شکل ۴-۱۳). اگر همبستگی فضایی بین داده ها وجود داشته باشد دو جفت به هم نزدیک در قسمت چپ محور X و پایین محور Y قرار می گیرند همانطور که نقاط از هم دور می شوند به طرف راست محور X حرکت می کنند و به طور کلی مربع اختلافات بیشتر شده و در سمت بالای محور Y قرار می گیرد. فرض اساسی در این تحلیل آن است که نمونه های جفت که فاصله و جهت مشابه دارند دارای واریانسی های مشابه نیز می باشند که این رابطه ایستایی^۲ نامیده می شود. خود

^۱ -Semivariogram

^۲ Stationarity

همبستگی فضایی به فاصله بین نمونه های جفت وابسته است و با تغییر فاصله تغییر می کند که چنین تغییرات فضایی پایدار در خود همبستگی را ایزوتروپی^۱ می نامند. امکان دارد که خود همبستگی فقط به فاصله بستگی نداشته باشد و با تغییر جهت نیز تغییر کند. اثر تغییر جهت در سمی واریوگرام ایزوتروپی^۲ نامیده می شود. ایزوتروپی از آن جهت اهمیت دارد که کمک به کشف تغییر جهت در خود همبستگی می کند که توسط مدل سمی واریوگرام قابل محاسبه است.

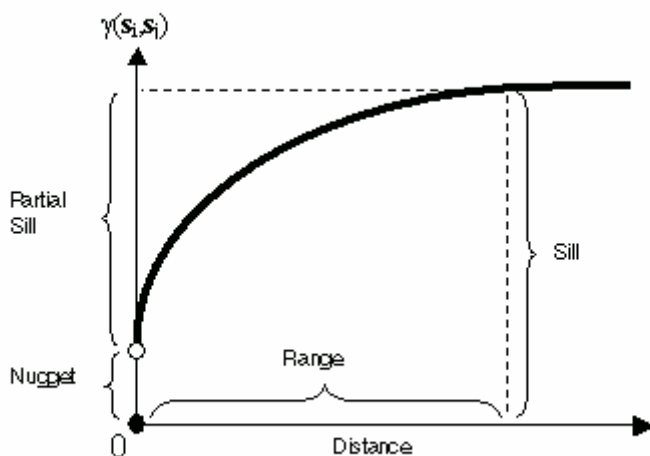


شکل ۴-۱۳: نمودار سمی واریوگرام

اجزاء یک سمی واریوگرام همانطور که شکل ۴-۱۴ نشان می دهد شامل: Partial Sill، واریانس ساختار فضایی؛ Nugget، واریانس تصادفی (بدون ساختار)؛ Sill، سقف سمی واریوگرام و Range، دامنه تأثیر می باشد.

^۱ Ssotropy

^۲ Anisotropy



شکل ۴-۱۴: اجزاء سمی واریوگرام

Partial Sill یا واریانس ساختار فضایی، تغییرات درونی یک متغیر را نشان می دهد، اما اگر سمی واریوگرامها به یک واریانس تصادفی (Nugget) یا آستانه تغییرات برسند، پهن می گردند و در این حالت هیچ وابستگی فضایی در داده ها وجود ندارد، لذا درون یابی با خطای زیادی مواجه خواهد بود. دامنه تاثیر یا شعاع تاثیر، فاصله ای است که در ماورای آن، نمونه ها بر هم اثری ندارند زیرا توزیع یک متغیر جغرافیایی با ساختار فضایی، به گونه ای است که تشابه آنها برای نقاط نزدیک به هم نسبت به نقاط دور از هم بیشتر است. بدیهی است که دامنه تاثیر بزرگتر دلالت بر ساختار فضایی گسترده تر دارد (حسنی پاک، ۱۳۷۷: ۹۹).

همچنانکه میزان واریانس نمونه ها افزایش می یابد مقدار سمی واریوگرام از مقادیر کم شروع و پس از تغییرات متعدد به سمت مقدار ثابت می رسد و بعد از آن هر چه فاصله بیشتر شود مقدار سمی واریوگرام تغییر نمی کند، به این مقدار نسبتاً ثابت که تغییرات آن تصادفی است، Sill یا سقف واریوگرام گویند (حسنی پاک، ۱۳۷۷: ۹۹). تفسیر سمی واریوگرام برای بدست آوردن ساختار داخلی تغییرات یک پدیده پیوسته مکانی است. در بیشتر موارد تغییرات با افزایش فاصله افزایش می یابد. با محاسبه و رسم سمی واریوگرام در امتداد های مختلف به آسانی می توان به وجود تغییرات در خود همبستگی ها پی برد (مدنی، ۱۳۷۳: ۱۵۲).

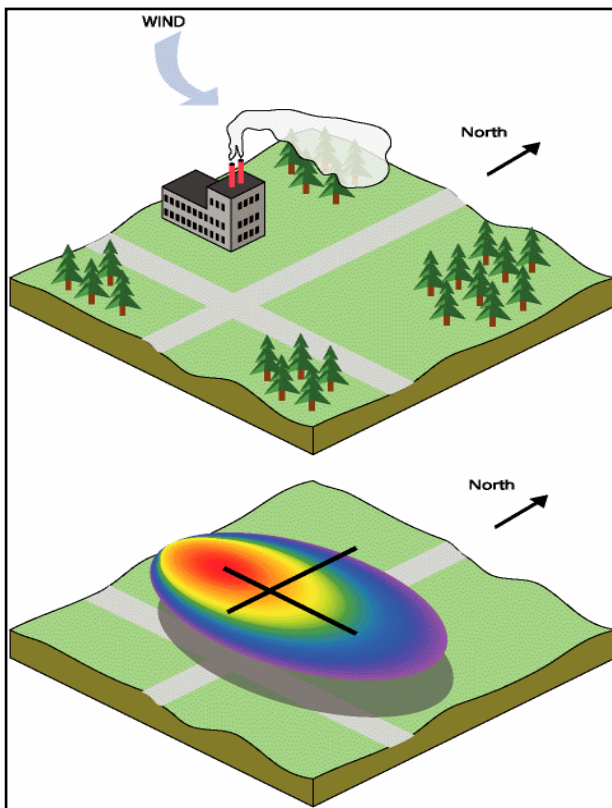
روند یابی^۱ نقش ویژه ای بر سمی واریو گرام دارد. به طور کلی دو نوع مولفه جهت دار موثر بر درون یابی وجود دارند که عبارتند از روندهای کلی^۲ و جهت های موثر بر سمی واریوگرام (انیزوتروپی) است.

روندهای کلی فرآیندی مهم است که بر تمام اندازه های یک مدل قطعی تأثیر می گذارد که با معادله های رگرسیونی قابل تشخیص است و می توان آن را حذف نمود. شکل ۴-۱۵ روند کلی آلودگی هوا را توسط باد غالب در ناحیه ای را نشان می دهد. همانطور که این شکل نشان می دهد تغییرات آلودگی در جهت شرق به غرب کمتر از جهت شمال به جنوب است زیرا جهت شرقی- غربی موازی باد غالب است اما جهت شمالی- جنوبی عمود بر جهت باد است. در این نمونه منحنی سمی واریوگرام ممکن است بعد از حذف روند کلی، انیزوتروپی را نشان دهد زیرا روند کلی تحت تأثیر یک عامل فیزیکی (در اینجا باد غالب) است و توسط معادله های ریاضی مدلسازی می شود. اما انیزوتروپی یک فرآیند قطعی نیست که بتواند با معادله ریاضی مدله بشود. زیرا منبع مشخص ندارد و قابل پیش بینی نیست بلکه یک فرآیند تصادفی است که خود همبستگی بین نمونه ها را در یک جهت بیش از جهات دیگر نشان می دهد بنابراین انیزوتروپی با خطای تصادفی^۳ مدلسازی می شود. شکل ۴-۱۶ تغییرات آلودگی در منطقه ای را نشان می دهد. نوسانات آلودگی در یک جهت بیش از جهات دیگر است، که در آن جهت خود همبستگی ها افزایش می یابد. بنابراین اگر انیزوتروپی در متغیر وجود داشته باشد، شکل سمی واریوگرام با تغییر جهت تغییر می کند. اما اگر شکل سمی واریوگرام با جهت تغییر نکند، داده ها دارای ایزوتروپی هستند که این دو حالت نقش مهمی در انتخاب مدل درون یابی دارند.

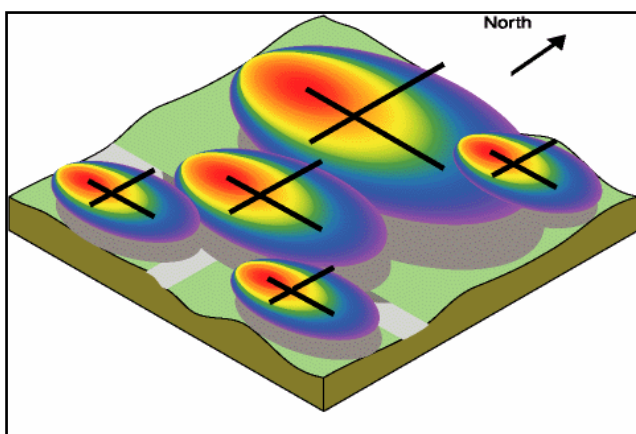
^۱ Trend

^۲ global trends

^۳ random error



شکل ۴-۱۵: روند کلی آلودگی توسط باد غالب



شکل ۴-۱۶: وجود اینزوتروپی در آلودگی

۴. روشهای درون یابی

۴. ۱. روش (Inverse Distance Wighted) IDW

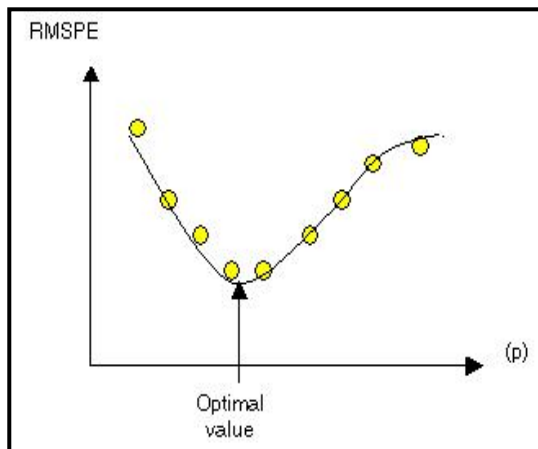
این روش بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می یابد به بیانی دیگر پدیده پیوسته در نقاط اندازه گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیکترین نقاط برداشت شده دارد، لذا برای تخمین نقاط مجهول، نمونه های اطراف باید مشارکت بیشتری نسبت به آنهایی که در فاصله دورتر قرار دارند، داشته باشند. در این مدل از فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در پیش بینی نقاط اندازه گیری نشده استفاده می شود زیرا نقش متغیر پیوسته در تأثیرگذاری با فاصله از مکان نقطه مجهول کاهش می یابد. بنابراین هر چه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش می یابد، لازم است وزنها بر اساس فاصله کاهش یابد، بنابراین فاصله ها معکوس می شود به بیان دیگر از معکوس فاصله به عنوان وزن نقاط اندازه گیری شده در پیش بینی نقاط مجهول استفاده می شود به همین دلیل است که این مدل Inverse Distance Wighted نام گرفته است از طرف دیگر تأثیر شدت وابستگی مکانی در داده ها را با استفاده از توان در معکوس فاصله می توان اعمال نمود. توان دوم معکوس فاصله از این مدل به طور مکرر توسط پژوهشگران استفاده شده است.

درون یابی در این شیوه به این ترتیب برآورد می شود که محدوده مورد نظر تبدیل به ماتریسی با سلولهای هم اندازه می شود. مختصات مکانی این ماتریس روشن است و دارای واحد اندازه گیری می باشد. برای مثال دارای سلولهای ۵۰×۵۰ متری است. در این شبکه مقدار متغیر در سلول هایی معلوم است یا به عبارتی اندازه گیری شده است و در سایر سلولها این میزان نامعلوم است. سلولهایی که ارزش آن نامعلوم است با استفاده از سلولهای اطراف در یک شعاع مشخص بر اساس فرمول زیر برآورد می شود (Booth, Bob, ۲۰۰۰: ۱۱۷).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

که در آن $Z(s_i)$ مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i^{th} است و λ_i وزن مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i^{th} است. S_i موقعیت پیش بینی و N تعداد نقاط اندازه گیری شده یا معلوم می باشد. λ_i تابعی از فاصله بین آنها می باشد یا به عبارتی هرچه فاصله کمتر است، تأثیر نقطه مجهول بیشتر است لذا معکوس فواصل بین آنها به عنوان وزن در مدل به کار می رود (Philip, G.M., and D.F. Watson, ۱۹۸۵).

افزایش یا کاهش وابستگی سلولهای مجهول به سلولهای معلوم اطراف بر اساس توان معکوس فاصله تنظیم می شود. توان مناسب (p) با محاسبه حداقل میزان $RMSPE^1$ تعیین می شود که مربع حداقل خطای پیش بینی می باشد و بهترین توان (p) مقداری است که بهترین برآورد را از سلولهای مجهول داشته باشد. یا به عبارتی دارای حداقل خطای پیش بینی باشد. خطای پیش بینی را با مقایسه اندازه های واقعی با اندازه های پیش بینی در توانهای مختلف به دست می آید^۲. شکل ۴-۱۷ برآورد توان مناسب را نشان می دهد. نقاط موجود در روی منحنی، مقدار مربع خطای پیش بینی با توانهای (p) متفاوت است، حداقل مقدار $RMSPE$ در روی منحنی، بهترین توان را برای مدل IDW تخمین می زند.



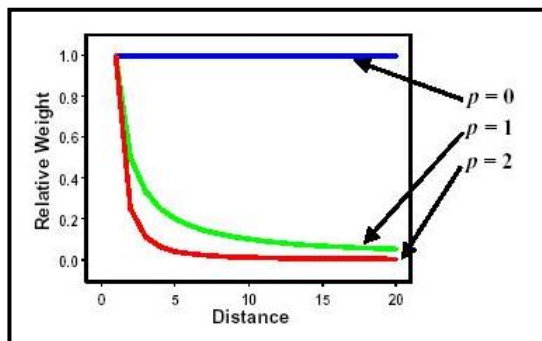
شکل ۴-۱۷: رابطه توان و میزان $RMSPE$ در مدل IDW (Johnston, Kevin: ۱۱۴)

^۱ Root Mean Square Prediction Error

^۲ Cross-validation

توان مناسب ارتباط نزدیکی با نقش فاصله در برآورد نقاط مجهول دارد یا به بیانی دیگر افزایش توان تأثیر فاصله را در درون یابی بیشتر می کند. بدین معنا که شباهت نقاط مجهول به همسایه های معلوم نزدیکتر با افزایش توان در مدل بیشتر می شود. شکل ۴-۱۸ این ارتباط را نشان می دهد.

هنگامی که توان صفر است ($p=0$)، نقش فاصله یکسان می شود و مقدار نامعلوم، از میانگین نقاط همسایه به دست می آید و اگر توان (p) افزایش یابد، تأثیر فاصله افزایش می یابد و فاصله های نزدیکتر، وزنه های بالاتری می یابند (Philip, G.M., and D.F. Watson, ۱۹۸۵).



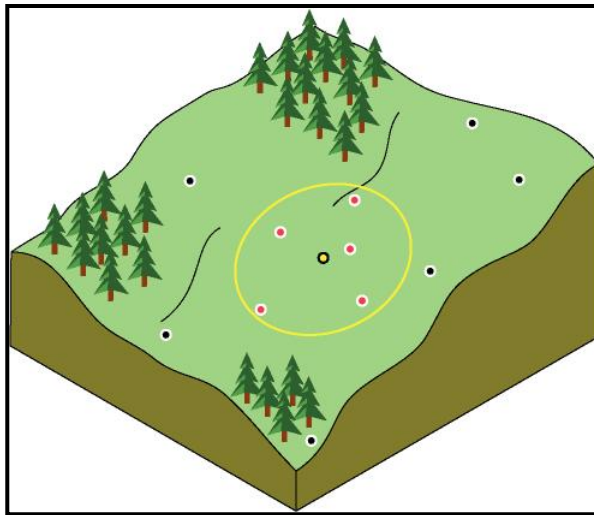
شکل ۴-۱۸: رابطه توان، میزان وزن و فواصل نقاط در مدل IDW

در مدل IDW، معمولاً از توان بالاتر از ۱، مانند ۲ استفاده می شود، به همین علت، به آن مربع فاصله معکوس^۱ نیز می گویند. همسایگی در این مدل به دو روش تعریف می شود. در روش شعاع جستجو^۲، دایره ای در نظر گرفته می شود و نقطه نامعلوم، در مرکز آن قرار دارد. به شکل ۴-۱۹ توجه کنید. نقطه ای که در مرکز دایره قرار دارد، ارزش آن مجهول است. برای محاسبه میزان آن، نقاط داخل دایره مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر، فاصله هر یک از ۵ نقطه ای که داخل

^۱ Inverse Distance Square Weighted

^۲ Search Radius

دایره قرار دارد، اندازه گیری می شود. سپس معکوس آن فواصل به توان محاسبه شده می رسند و میانگین آن برای نقطه مجهول در نظر گرفته می شود. مقدار توان، در واقع وزنی است که به فواصل داده می شود. زیرا معکوس فاصله ها به توان می رسد و برای افزایش وزن دهی به فواصل، کافی است که میزان توان افزایش یابد، بنابر این هر چه فواصل نقاط از نقطه مجهول افزایش می یابند، وزن کمتری در تخمین نقاط مجهول دارند. تعیین اندازه شعاع جستجو برای مداخله نقاط همسایه، بستگی به فاصله نقاط از یکدیگر و نحوه تغییرات پدیده پیوسته دارد. اگر آهنگ تغییرات پدیده نامنظم باشد، به جای روش شعاع جستجو می توان از روش تعداد همسایه استفاده نمود. اجرای این روش مانند روش قبلی است با این تفاوت که حداقل تعداد همسایه ها در درون یابی مشارکت می کنند یا به عبارتی همسایگی با تعداد تعریف می شود.



شکل ۴-۱۹: نقش شعاع جستجو در تخمین نقاط مجهول

۴. ۲. روش Kriging

این روش که مهمترین و گسترده ترین روش درونیابی آماری می باشد، به افتخار یکی از پیشگامان علم زمین آمار به نام دی جی کریگ^۱، نامگذاری شده است. کریجینگ روش درونیابی پیشرفته ای است که برای داده هایی که دارای روندهای موضعی تعریف شده ای باشند، مناسب است و با کمترین واریانس تخمین درونیابی می کند که میزان خطای آن تابع مشخصات واریوگرام (ساختار فضایی) است. اگر مطالعات مربوط به واریوگرافی و تشخیص مدل واریوگرام با دقت کافی انجام شود درونیابی به روش کریجینگ، با دقت بالایی همراه خواهد بود.

مدل کریجینگ در حالت کلی شبیه مدل IDW یعنی به شرح زیر است.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

که در آن $Z(s_i)$ مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i^{th} است و λ_i وزن مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i^{th} است. s_0 موقعیت پیش بینی و N تعداد نقاط اندازه گیری شده یا معلوم می باشد. در مدل IDW، λ_i فقط تابعی از فاصله می باشد اما در مدل کریجینگ وزن نه فقط تابع فاصله بین نقاط مشاهده شده و پیش بینی شده است بلکه به ساختار فضایی نقاط نیز وابسته است؛ به این دلیل درون یابی کریجینگ از مدلهای درون یابی زمین آمار است.

اساس مدل کریجینگ بر تئوری متغیر ناحیه ای^۲ است. متغیر ناحیه ای، متغیری تصادفی است که مقدار آن در هر نقطه از فضا، تابع مختصات آن نقطه باشد. به عبارت دیگر، تفاضل مقدار متغیر ناحیه ای در دو نقطه از فضا، به فاصله آن دو از هم بستگی دارد. بنابراین تغییرات متغیر ناحیه ای در فضا به ۳ مؤلفه تجزیه می شود (قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۱: ۹۶).

^۱ - D.G.Krige

^۲ regionalized variable theory

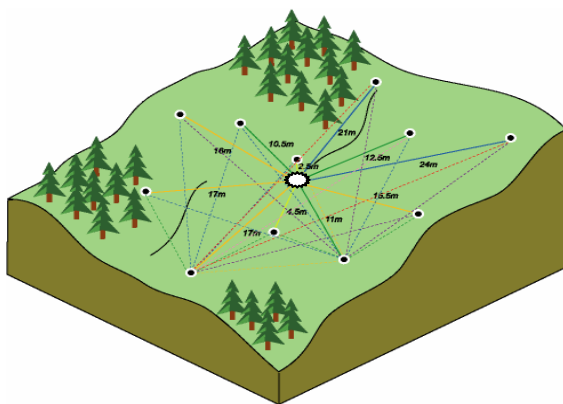
$$Z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon''$$

که در آن $m(x)$ ، تابع مشخص کننده مؤلفه ساختاری Z در نقطه x می باشد، $\varepsilon'(x)$ تابع بیان کننده مؤلفه تصادفی می باشد که از نظر فضایی وابسته و از نظر محلی متغیر است و ε'' ، باقیمانده یا خطای تصادفی می باشد که میانگین آن صفر و واریانس آن ثابت بوده و از نظر فضایی مستقل می باشد.

تغییرات فضایی متغیر ناحیه ای توسط سمی واریوگرام اندازه گیری می شود. معادله سمی واریوگرام همانطور که در قسمتهای قبلی ملاحظه کردید، به شرح زیر است:

$$\text{Semivariogram}(\text{distance } h) = 0.5 \times \text{average}[(\text{value at location } i - \text{value at location } j)^2]$$

برای تمام نمونه های جفت که به اندازه h از هم فاصله دارند، واریانس آنها محاسبه می شود. به بیانی دیگر مربع اختلاف مقادیر نمونه ها به صورت جفتی محاسبه می شود. به شکل ۴-۲۰ توجه کنید، موقعیت یکی از نقاط که با دایره بزرگتر مشخص شده با تمام نمونه های دیگر، جفتهایی را تشکیل داده است. در سمی واریوگرام هر نمونه با هر نمونه دیگر می تواند جفتی را تشکیل دهد زیرا که بین آنها یک فاصله مشخص وجود دارد، لذا برای مدیریت بهتر بر سمی واریوگرام به جای رسم تمام جفت ها، بر اساس فاصله آنها را گروه بندی می کنند. به عنوان مثال می توان تمام جفتهایی که بیشتر از ۴۰ متر و کمتر از ۵۰ متر فاصله دارند، را در یک گروه قرار داد.

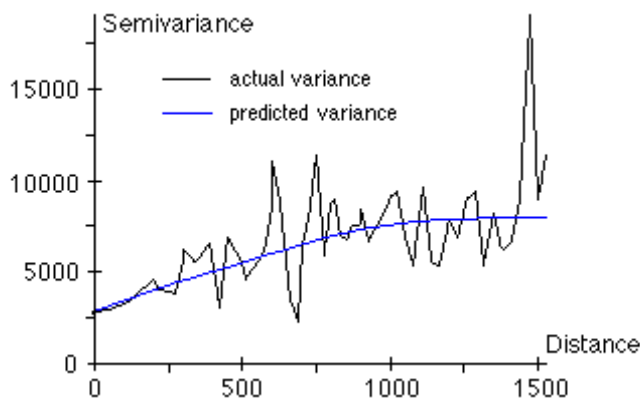


شکل ۴-۲۰: تشکیل جفت ها در واریوگرافی

پس از ترسیم سمی واریو گرام مدل رگرسیونی مناسب به آن برازش می شود (شکل ۴-۲۱). این مدل روند تغییرات واریانس را نشان می دهد.

کریجینگ برای تخمین در درون یابی دو مدل کریجینگ معمولی^۱ و کریجینگ فراگیر^۲ را پیشنهاد می کند. کریجینگ معمولی بیانگر مدل های کروی^۳، دایره ای^۴، نمایی^۵، گوسی^۶ و خطی^۷ در سمی واریوگرام است. شکل های شماره ۴-۲۱ تا ۴-۲۶ نمودار و معادلات مربوط به سمی واریوگرامها را نشان می دهد. به بیانی دیگر روند تغییرات فضایی یا ساختار فضایی داده ها بر اساس مدل های برازش شده به سمی واریوگرام تعیین می شود (McBratney and Webster ۱۹۸۶).

در بعضی موارد ممکن است که تغییرات فضایی متغیر روندی محلی داشته باشد. بعضی از محققین مطرح کرده اند که تغییرات محلی شکل منحنی سمی واریوگرام را مقعر رو به بالا^۸ می نماید.



شکل ۴-۲۱: سمی واریوگرام

^۱ Ordinary Kriging

^۲ Universal Kriging

^۳ SPHERICAL

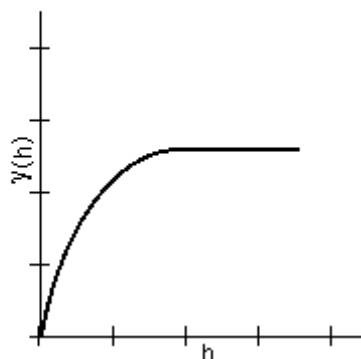
^۴ CIRCULAR

^۵ EXPONENTIAL

^۶ GAUSSIAN

^۷ LINEAR

^۸ concave-upward

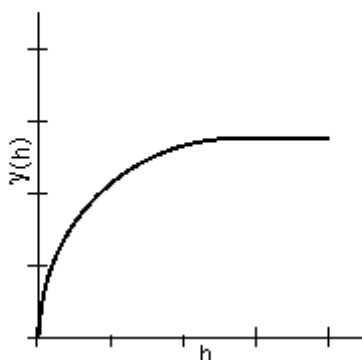


$$\gamma(h) = c_0 + c \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$\gamma(0) = 0$$

شکل ۴-۲۲: سمی واریوگرام کروی (SPHERICAL) (Press et al., ۱۹۸۶)

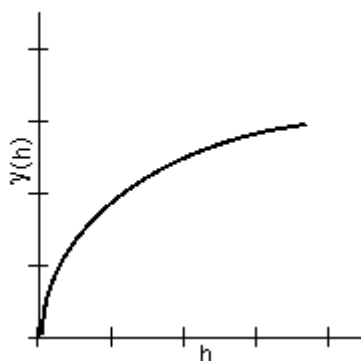


$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{h}{a} \right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{a^2}} \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$\gamma(0) = 0$$

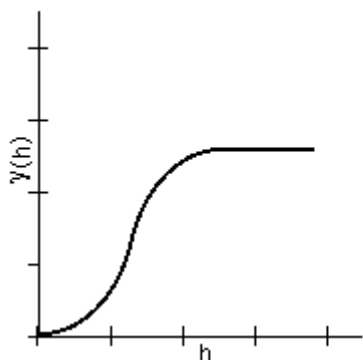
شکل ۴-۲۳: سمی واریوگرام دایره ای (CIRCULAR) (Press et al., ۱۹۸۶)



$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - \exp \left(-\frac{h}{r} \right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

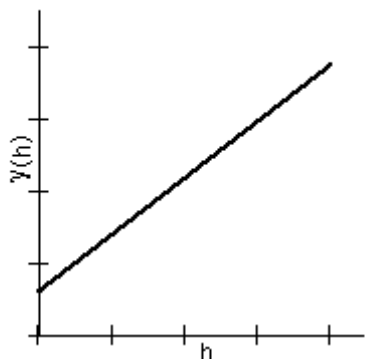
شکل ۴-۲۴: سمی واریوگرام نمایی (EXPONENTIAL) (Press et al., ۱۹۸۶)



$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h^2}{\alpha^2}\right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

شکل ۴-۲۵: سمی واریوگرام گوسی (GAUSSIAN) (Press et al., ۱۹۸۶)



$$\gamma(h) = c_0 + c \left(\frac{h}{\alpha} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

شکل ۴-۲۶: سمی واریوگرام خطی (LINEAR) (Press et al., ۱۹۸۶)

مدلهای مختلف کریجینگ

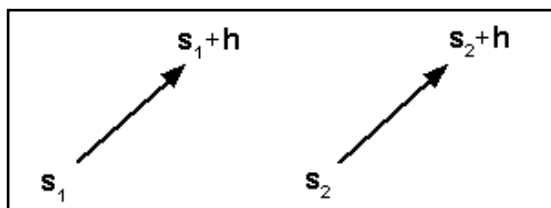
کریجینگ به مدل‌های ریاضی و آماری وابسته است. در مدل کریجینگ پیش بینی‌ها با احتمال آماری همراه است به عبارت دیگر قطعی نیست بنابر این می‌توان میزان احتمال و مقدار خطای ممکن را برآورد نمود. مدل‌های کریجینگ به خود همبستگی‌ها استناد می‌کنند و همبستگی نیز گرایش دو متغیر به هم وابسته را نشان می‌دهد. برای مثال بازار بورس تمایل دارد که تغییرات مثبتی با کاهش نرخ بهره ایجاد نماید. بر اساس این گفته بین آنها همبستگی منفی وجود دارد. هر چند بازار بورس خود همبستگی مثبت دارد به این معنا که با تغییرات خود، همبستگی دارد. بدین معنا که بهای بورس در بازار اگر یک روز از هم فاصله داشته باشند، شباهت بیشتری به هم دارند و تا هنگامیکه قیمت آنها با یکسال فاصله در نظر گرفته شود، یعنی هر چقدر ارزش سهام از نظر زمان به هم نزدیکتر باشند، شباهت بیشتری به هم دارند. این یک اصل جغرافیایی است که چیزهای نزدیکتر به هم شباهت بیشتری دارند. این همبستگی می‌تواند به عنوان تابع فاصله به کار رود. به بیانی دیگر خود همبستگی تابعی از فاصله است. در واقع این یک تعریف از زمین آمار است. در آمار کلاسیک مشاهدات مستقل از یکدیگر فرض می‌شوند. یعنی همبستگی ندارند در حالیکه در زمین آمار داده‌ها در موقعیت‌های مکانی اجازه محاسبه فاصله را می‌دهند و خود همبستگی‌ها به عنوان تابعی از فاصله مدله می‌شود. در مثال اخیر باید توجه شود که بهای بورس با گذشت زمان ترقی می‌کند. بدین معنا که تغییرات آن جهت دار است که روند نامیده می‌شود که برای داده‌های زمین آماری همانطور که ذکر شد توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s),$$

که $Z(s)$ متغیر مورد نظر به $\mu(s)$ روند قطعی و $\varepsilon(s)$ روند تصادفی یا خطای خود همبستگی می‌باشد. موقعیت داده‌هایی که دارای خطا می‌باشند به راحتی قابل شناسایی است. متغیرها در این معادله اساس مدل‌های مختلف کریجینگ را تشکیل می‌دهند.

در معادله فوق $\mu(s)$ به طور دقیق پیش بینی نمی‌شود، فرضیاتی در مورد $\varepsilon(s)$ ساخته می‌شود بدین معنا که انتظار می‌رود که میانگین خطای آنها صفر باشد و خود همبستگی آنها بین $\varepsilon(s)$ و $\varepsilon(s+h)$ باشد و فقط وابسته به موقعیت واقعی s نباشد

بلکه به جابجایی بین آندو (h) نیز بستگی داشته باشد. به شکل زیر توجه کنید خطای تصادفی در دو موقعیت s_1 و s_2 با دو خط جهت دار خود همبستگی را نشان می دهند که دارای ضریب ثابت برای تمام موقعیت های s و مقدار مجهول $\mu(s)$ که به تابع خطی زیر تجزیه می شود بنابراین مدل آن کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) است.



شکل ۴-۲۷: مفهوم روند در مدل کریجینگ معمولی

$$\mu(s) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 x^2 + \beta_4 y^2 + \beta_5 xy,$$

اگر معادله روند چند جمله ای درجه ۲ باشد مدل کریجینگ فراگیر (Universal Kriging) است و هرزمان که پارامتر های روند کاملاً شناخته شده باشد مدل کریجینگ ساده (Simple Kriging) است.

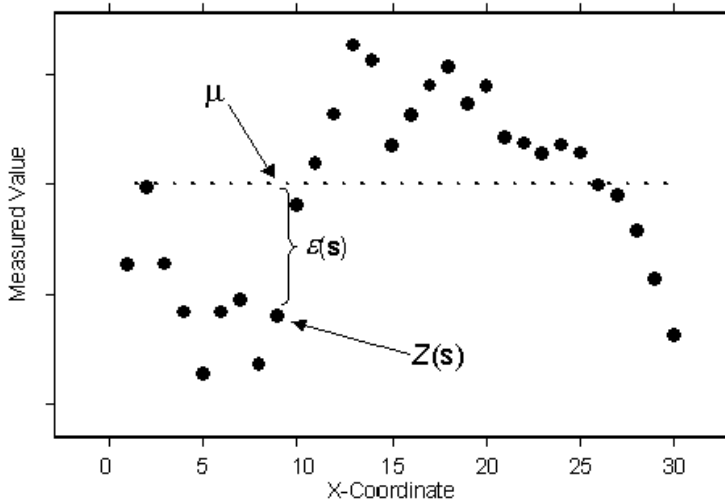
کریجینگ معمولی

کریجینگ معمولی از معادله زیر استفاده می کند.

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s),$$

که در آن μ ضریب ثابت مجهول می باشد. این مدل فرض می کند که میانگین ضریب مدل ثابت و قابل قبول است. این مدل به عنوان روش پیش بینی ساده قابلیت انعطاف قابل توجهی دارد. شکل ۴-۲۸ داده های ارتفاعی از برش عرضی یک دره و یک کوهستان را نشان می دهد. همانطور که در این شکل ملاحظه می کنید تغییرات ارتفاع در طرف چپ نمودار زیاد است در حالیکه سمت راست نمودار هموارتر به نظر می رسد. در واقع این مجموعه داده توسط مدل کریجینگ معمولی شبیه سازی شده و دارای میانگین ثابت μ می باشد که به صورت خط چین در شکل نشان داده شده است. بنابراین کریجینگ معمولی در داده هایی که دارای روند محلی یا مقطعی هستند می

تواند مورد استفاده قرار گیرد. در شکل اخیر $\varepsilon(s)$ مقدار خطا در میانگین ثابت μ می باشد و $\mu(s)$ روند داده با تغییرات s می باشد.



شکل ۴-۲۸: تغییرات ارتفاع برش عرضی یک ناهمواری در مدل کریجینگ معمولی

کریجینگ فراگیر

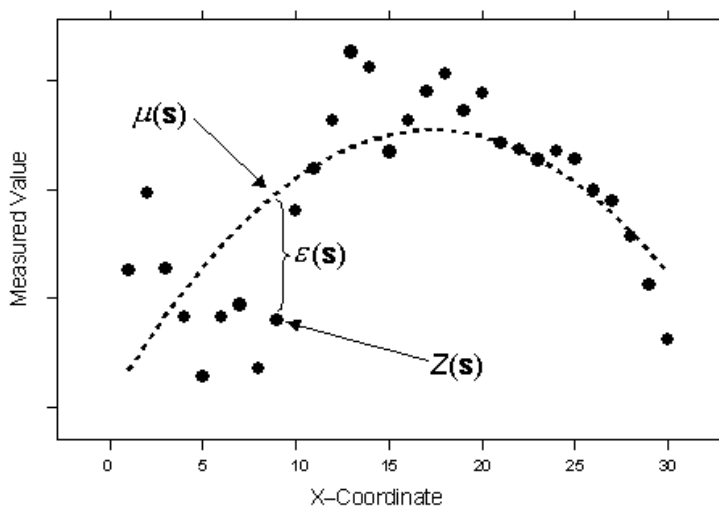
معادله این مدل به شرح زیر است.

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s),$$

که $\mu(s)$ تابع قطعی می باشد. به شکل ۴-۲۹ توجه کنید. دایره های کوچک توپر نمونه های اندازه گیری شده می باشند که مدل چند جمله ای درجه ۲^۱ روند داده ها را نشان می دهد. مقدار $\mu(s)$ به صورت منحنی منقطع می باشد. اگر منحنی درجه ۲ از داده های مشاهده شده کم شود. خطای مدل $\varepsilon(s)$ به دست می آید که تصادفی فرض می شود. میانگین همه خطاها $\varepsilon(s)$ صفر می باشد و مدل مشاهده شده به طور مفهومی خود همبستگی را نشان می دهد که می تواند مدل خطی یا درجه ۳ و یا هر تابع

^۱ second-order polynomial

دیگری باشد. در این روش تخمین نقاط مجهول بر اساس مدل برازش شده بر سمی واریوگرام انجام می شود و تابع تغییرات تصادفی نیست. در صورتیکه مدل کریجینگ فراگیر را برای داده ها مناسب نباشد، می توان روند را از سری داده ها حذف نمود.



شکل ۴-۲۹: تغییرات ارتفاع برش عرضی یک ناهمواری در مدل کریجینگ فراگیر

معادله حذف روند^۱ به شرح زیر است.

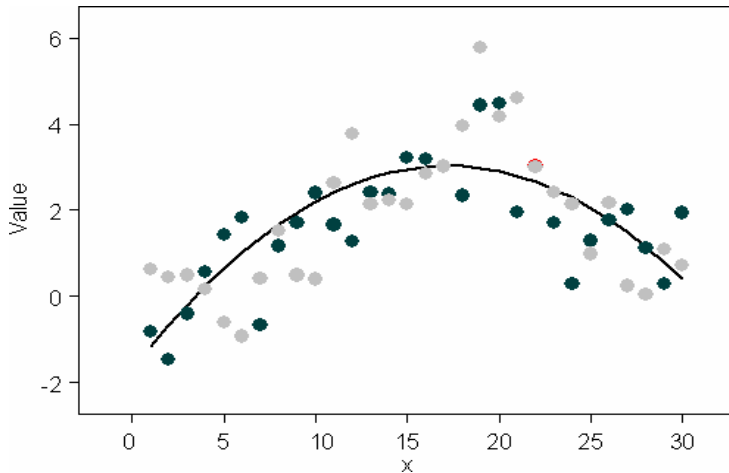
$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s)$$

که در آن $\mu(s)$ روند است و $\varepsilon(s)$ خطای خود همبستگی فضایی است. روند همیشه ثابت است و هیچگاه تغییر نمی کند زیرا میانگین داده های شبیه سازی شده است. نوساناتی که در روند دیده می شود، خطاهای خود همبستگی می باشد.

برای مثال به شکل ۴-۳۰ توجه کنید. نمونه های این مثال با دو روش مدلسازی شده است. یکی کریجینگ معمولی $Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$ است و $\varepsilon(s)$ خطای خود همبستگی می باشد. در این محاسبه $\mu=0$ است و سمی واریو گرام آن نمایی است. و دیگری کریجینگ فراگیر $\mu(s) = \beta_0 + \beta_1 x(s) + \beta_2 x^2(s)$ است که با مدل آن با خط سیاه

^۱ detrended

نشان داده شده است خطا ها در این مدل مستقل با میانگین آنها صفر و واریانس ۱ می باشند. نمونه های با رنگ روشن با کریجینگ معمولی و نمونه های با رنگ تیره با کریجینگ فراگیر مدلسازی شده است. در این مثال تصمیم گیری در مورد مدل مناسب بسیار سخت است زیرا هر دو مدل برای داده ها مناسب به نظر می رسد. بهترین روش مدلی است که اولاً ساده تر است در ثانی قابل توجیه است. اگر از این سری داده ها روند حذف شود لازم است برای توجیه تغییرات متغیر، دلایل دیگری پیدا نمود. برای مثال محصولات کشاورزی با عرض جغرافیایی تغییر می کنند. این تغییر به علت تغییر مختصات آنها نیست بلکه به علت تغییر رطوبت، دما، باران و غیره با عرض جغرافیایی است.



شکل ۴-۳۰: محاسبه روند با مدل های کریجینگ معمولی (نقطه های روشن) و کریجینگ فراگیر (نقطه های تیره)

خودآزمایی ۴

۱. میزان صحت نتایج درون یابی علاوه بر دقت مکانی، تعداد و توزیع نقاط معلوم به چه عامل دیگری بستگی دارد؟
 الف) مدل مورد استفاد (ب) تابع ریاضی (ج) رفتار پدیده (د) مختصات محل
۲. علم زمین آمار نقاط مجهول را بر چه اساسی بین نقاط اندازه گیری شده و ساختار فضایی آنها پیش بینی می کند؟
 الف) توزیع چند متغیری (ب) توابع ریاضی (ج) توابع آمار (د) خود همبستگی
۳. ضریب چولگی و پخی چه شکلی از توزیع نمونه ها را بیان می دارد؟
 الف) پراکندگی نمونه ها (ب) تقارن نمونه
 ج) عدم تقارن نمونه ها (د) انحراف معیار نمونه ها
۴. ساختار فضایی پلیگونیهای تیسن به چه عاملی وابسته است؟
 الف) پراکندگی نقاط نمونه (ب) عمود منصف نمونه
 ج) مرزهای پلیگون (د) نقاط همسایه
۵. برای درک بهتر ساختار فضایی نمونه های برداشت شده و انتخاب بهترین روش در درون یابی چه موردی مطالعه می شود؟
 الف) واریوگرام نمونه ها (ب) آنالیز نمونه ها
 ج) همبستگی فضایی بین نمونه ها (د) سمی واریوگرام نمونه ها
۶. اثر تغییر جهت در سمی واریوگرام چه می نامیده می شود؟
 الف) ایستایی (ب) واریانس (ج) ایزوتروپی (د) انیزوتروپی
۷. در این مدل از فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در پیش بینی نقاط اندازه گیری نشده استفاده می شود زیرا نقش متغیر پیوسته در تأثیرگذاری با فاصله از مکان نقطه مجهول کاهش می یابد؟
 الف) مدل کروی (ب) مدل IDW (ج) مدل Kriging (د) مدل زمین آماری
۸. اساس مدل کریجینگ بر پایه تئوری چه متغیری است که مقدار آن در هر نقطه از فضا، تابع مختصات آن نقطه باشد؟
 الف) متغیر محلی (ب) متغیر جهانی (ج) متغیر ناحیه ای (د) متغیر وابسته

۹. مدل‌های کریجینگ به چه چیزی استناد می‌کنند؟
 الف) خود همبستگی ها (ب) روند (ج) خطای خود همبستگی ها (د) تابع خطی
 ۱۰. هرزمان که پارامتر های روند کاملاً شناخته شده باشد با کدام مدل از کریجینگ
 روبرو هستیم؟
 الف) کریجینگ فراگیر (ب) کریجینگ معمولی
 ج) کریجینگ ناحیه ای (د) کریجینگ ساده

۱. درون یابی را تعریف کنید؟
 ۲. روشهای درون یابی از چه توابعی استفاده می‌کنند و نقاط مجهول را چگونه اندازه
 گیری می‌کنند؟
 ۳. نحوهٔ ایجاد پلیگون های تیسن را توضیح دهید؟
 ۴. روندهای کلی به عنوان مؤلف جهت دار موثر بر درون یابی را تعریف کنید؟
 ۵. اساس مدل کریجینگ بر پایه ای کدام تئوری است؟

پاسخ ۴

الف. ۱	د. ۲	ب. ۳	الف. ۴	ج. ۵
د. ۶	ب. ۷	ج. ۸	الف. ۹	د. ۱۰

فصل پنجم

توابع تحلیل فضایی

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با توابع تحلیل فضایی در GIS آشنا می شوید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. توابع رویهم قرار گیری در GIS را بنویسید.
۲. چهره های لایه های بُرداری را بنویسید.
۳. کاربرد تابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور را بنویسید.
۴. تابع Identity را در تابع رویهم قرار گیری بُرداری بنویسید.
۵. تابع Intersect را در تابع رویهم قرار گیری بُرداری توضیح دهید.
۶. تابع Symmetrical difference را در تابع رویهم قرار گیری بُرداری توضیح دهید.
۷. تابع Union را در تابع رویهم قرار گیری بُرداری بنویسید.
۸. تابع Update را در تابع رویهم قرار گیری بُرداری بیان کنید.
۹. تابع Zonal Statistics را در تابع رویهم قرار گیری رستری بنویسید.

۱۰. تابع Combine را در تابع رویهم قرار گیری رستری بنویسید.
۱۱. تابع رویهم قرار گیری وزنی را بیان کنید.
۱۲. توابع مجاورت را نام ببرید.
۱۳. تابع Buffer را در توابع مجاورت بُرداری بیان کنید.
۱۴. تابع Near را در توابع مجاورت بُرداری بیان کنید.
۱۵. تابع Point Distance را در توابع مجاورت بُرداری بیان کنید.
۱۶. ایجاد پلیگونیهای تیسن را توضیح دهید.
۱۷. تابع Network distance را در توابع مجاورت بُرداری بیان کنید.
۱۸. تابع Euclidean را در توابع مجاورت رستری بیان کنید.
۱۹. تابع Cost را در توابع مجاورت رستری بیان کنید.
۲۰. تابع Corridor را در توابع مجاورت رستری بیان کنید.
۲۱. تابع Surface Length را در توابع مجاورت رستری بیان کنید.
۲۲. توابع ریاضی را نام برده و بنویسید.
۲۳. تابع تعیین سلولهای بدون داده را در تابع حسابی بنویسید.
۲۴. عملگرهای ریاضی را بنویسید.
۲۵. عملگر And را در عملگرهای بولین بنویسید.
۲۶. عملگر Or را در عملگرهای بولین بنویسید.
۲۷. عملگر Not را در عملگرهای بولین بنویسید.
۲۸. عملگر Xor را در عملگرهای بولین بنویسید.

مقدمه

توابع در GIS ابزار های اجرایی هستند که عملیات از پیش تعیین شده، را اجرا می نمایند. طراحی فرمت داده های جغرافیایی در انتخاب توابع اهمیت ویژه ای دارد. برای درک این مطلب اگر GIS را یک زبان فرض کنیم، داده های جغرافیایی، اسمهای آن

زبان و توابع، افعال آن هستند. طبیعتاً شناخت ماهیت اسامی، استفاده بهتری از افعال را فراهم می‌سازد. در این فصل توابع پرکاربرد در GIS برحسب نوع داده‌ها شرح داده شده است.

۵. ۱. توابع رویهم‌قرار گیری^۱

از سوالات اساسی که در GIS مطرح می‌شود این است که چه پدیده‌ای بر روی چه نوع مکانی قرار گرفته است. به این مثالها توجه کنید: چه نوع کاربری بر روی چه نوع زمینی قرار گرفته است؟ یا چه جاده‌هایی در داخل فرض‌های ما قرار گرفته‌اند؟ برای پاسخ دادن به این سوالات، GIS از توابع رویهم‌قرار گیری استفاده می‌کند و توابع نقشه‌هایی تولید می‌کند که می‌تواند به سوالات مورد نظر پاسخ دهد. بر اساس اینکه چه نوع داده‌ای مورد استفاده قرار گیرد و رویهم‌قرار گیری چه هدفی را دنبال می‌کند، انواع روشهای رویهم‌قرار گیری وجود دارد که به شرح تعدادی از آنها پرداخته می‌شود.

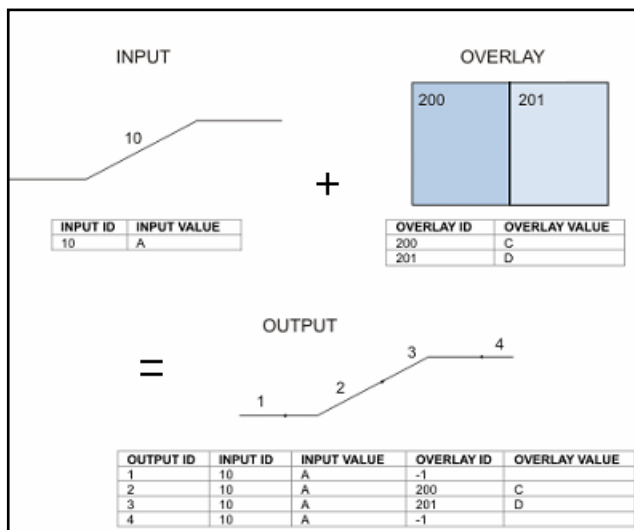
۵. ۱. ۱. رویهم‌قرار گیری بُرداری^۲

همانطور که توضیح داده شد لایه‌های بُرداری دارای سه چهره نقطه، خط و پلیگون هستند و توسط رکورد‌ها و فیلدها تعریف می‌شوند یا به بیانی دیگر داده‌های بُرداری یا وکتوری دارای جدول داده‌های توصیفی هستند. بنابر این توابع نیز بر روی جداول داده‌های توصیفی نیز اعمال می‌شود. به شکل ۵-۱ توجه کنید، اجرای تابع رویهم‌قرار گیری را در لایه‌های وکتور نشان می‌دهد. در این شکل لایه ورودی خطی است و دارای یک عارضه با دو فیلد است. پس از رویهم‌قرار گیری با یک لایه پلیگون، ضمن اینکه از نظر هندسی از یک عارضه تبدیل به ۴ عارضه شده است، از نظر داده‌های توصیفی هم ویژگی خود و لایه دیگر را دارد و هم ویژگی‌های ترکیبی هر دو لایه را

^۱ Overlay

^۲ Feature overlay

دارد. بنابراین در این نوع رویهم قرار گیری عوارض جدیدی تولید شده که ضمن دارا بودن ماهیت عوارض قبلی، ویژگی های جدیدی را نیز شامل است.



شکل ۵-۱: تابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور

تابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور برای انتقال ویژگی پدیده که از نظر هندسی بر مکانی تحمیل می شود به کار می رود. برای مثال شهرک مسکونی را در نظر بگیرید که قرار است بر روی یک مسیل ایجاد شود. این شهرک بر اساس ویژگی های هندسی خود پدیده مسیل را تکه تکه می کند، ماهیت مسیل را با ویژگی های خود تغییر می دهد، برای مثال ممکن است شیب مسیل را تغییر دهد. تابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور از نظر عملکرد به چند صورت زیر می باشد (جدول ۵-۱).

• **Identity:** در این تابع رویهم قرار گیری به نحوی انجام می شود که لایه

خروجی از نظر ابعاد به اندازه لایه ورودی است. لایه ورودی هر نوعی می تواند باشد اما لازم است لایه رویی پلی گون باشد.

• **Intersect:** این تابع بر عکس تابع فوق عمل می کند به این ترتیب که لایه

ورودی به اندازه ابعاد لایه رویی بریده می شود و نوع لایه ها تفاوتی در اجرای تابع ندارد.


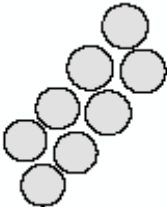


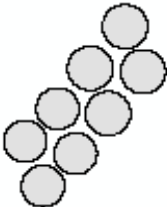

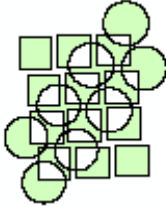
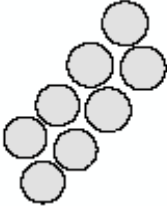

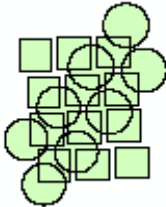
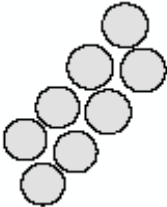

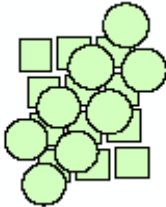
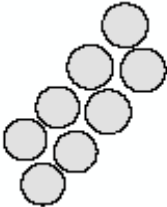

- **Symmetrical difference:** این تابع به نحوی بین دو لایه عمل می کند که اشتراک آنها را نادیده می گیرد و تنها بر روی لایه های پلیگون عمل می کند.
- **Union:** این تابع به عبارتی دیگر جمع دولایه یا اجتماع دو لایه است و ضرورت پلیگونی بودن لایه ورودی وجود دارد.
- **Update:** در این تابع لایه رویهم قرار گیری از نظر مکانی و توصیفی در اشتراک های هندسی جایگزین لایه ورودی می شود.

۵. ۱. ۲. رویهم قرار گیری رستری^۱

توابع رویهم قرار گیری هنگامی که در لایه های رستر عمل می کند همانند توابع ریاضی می باشد. زیرا در لایه های رستر هر سلول دارای یک ارزش می باشد که هنگام رویهم قرار گیری در صورت استفاده از تابع جمع، ارزش سلولها در موقعیت های یکسان با هم جمع زده می شود و لایه خروجی دارای جمع ارزش دو لایه است (شکل ۵-۲). اگر لایه های رستری دارای ارزش های غیر عددی باشد، بر اساس مقیاس خاصی رده بندی شده و سپس توابع رویهم قرار گیری روی آنها عمل می کند. به شکل ۵-۳ توجه کنید سه لایه رستر در مقیاس ۱ تا ۷ رده بندی شدند و سپس تابع جمع روی آنها عمل کرده است و لایه خروجی دارای مقیاس ۳ تا ۲۱ است.

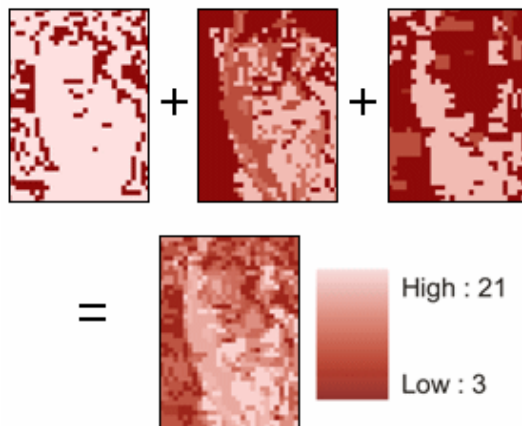
^۱ Raster overlay

جدول ۵-۱: توابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور

نتیجه	تابع	لایه بُرداری رویهم قرار گیری	لایه بُرداری ورودی
	Identity		
	Intersect		
	Symmetrical difference		
	Union		
	Update		

INPUT 1				INPUT 2		
3	3	1	+	11	12	10
4	2	2		12	12	10
3	1	1		14	12	11
OUTPUT						
14	15	11				
16	14	12				
17	13	12				

شکل ۵-۲: تابع رویهم قرار گیری در لایه های رستر

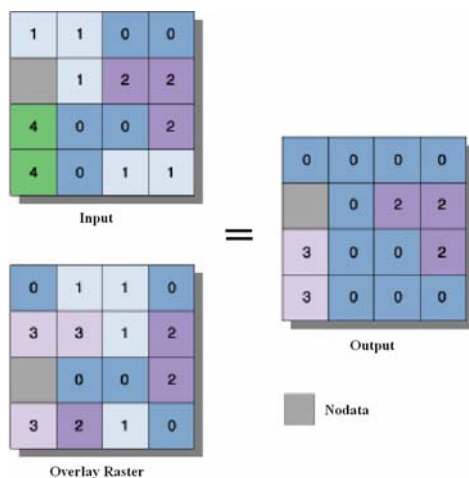


شکل ۵-۳: تابع رویهم قرار گیری در لایه های رستر رده بندی شده

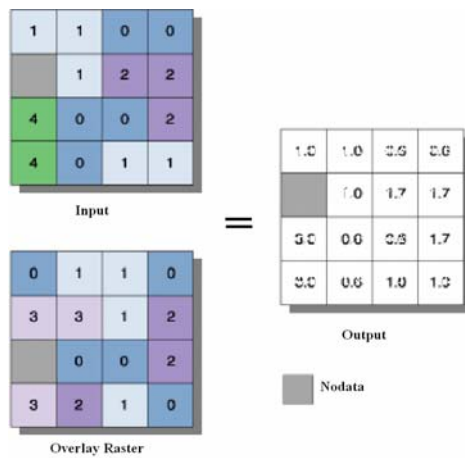
توابع رویهم قرار گیری در لایه رستری دارای انواع زیر است.

- **Zonal Statistics:** در این تابع لایه ورودی توسط لایه رویهم قرار گیری به چندین زون تبدیل می شود و آماره های زیر برای زونها محاسبه می شود.

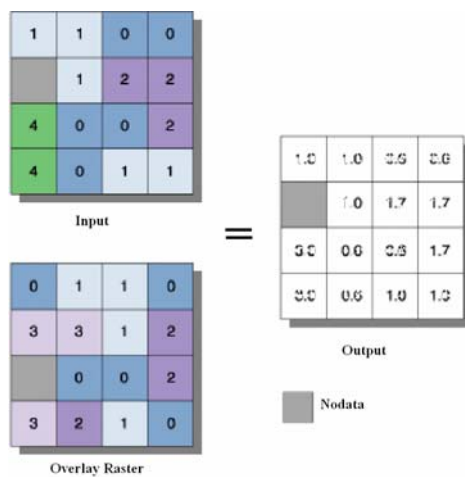
برای درک این تابع به این مثال توجه کنید که لایه ورودی شیب است و لایه رویهم قرار گیری کاربری زمین است. برای به دست آوردن میانگین شیب یا هر آماره دیگر از شیب در واحد های کاربری از این تابع استفاده می کنند. تحلیل با این تابع را تحلیل ناحیه ای نیز می نامند. در این تحلیل لازم است که ارزش سلولها اعداد صحیح باشد. این تابع در تحلیلهای فضایی کاربرد بسیاری دارد به طوری که اهداف یک پروژه را برآورد می نماید. شکلهای ۴-۵ تا ۱۳-۵ ، آماره رویهم قرار گیری را در لایه های رستر نشان می دهد. در اشکال زیر لایه ورودی و لایه رویهم قرار گیری یکسان است. نوع آماره در هر شکل تغییر نموده و لایه رستری تولید شده، اجرای آماره را در این تابع نشان می دهد.



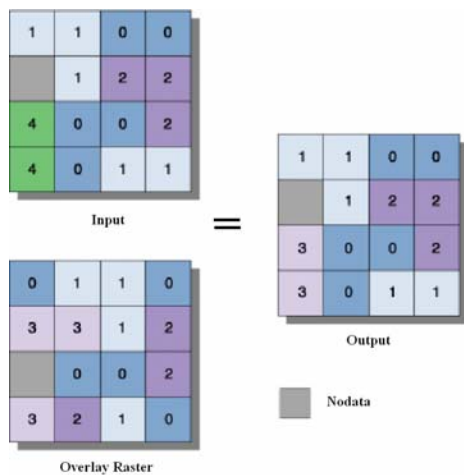
شکل ۴-۵: آماره Majority در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



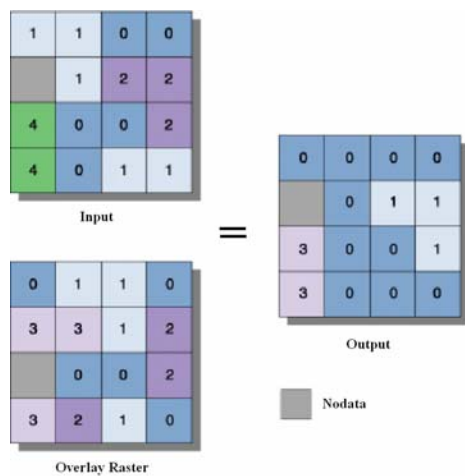
شکل ۵-۵: آماره **Maximum** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



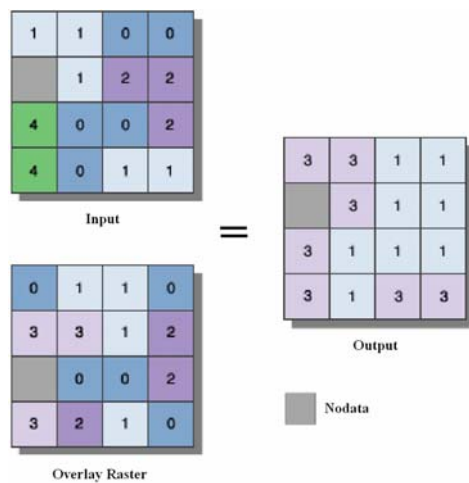
شکل ۵-۶: آماره **Mean** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



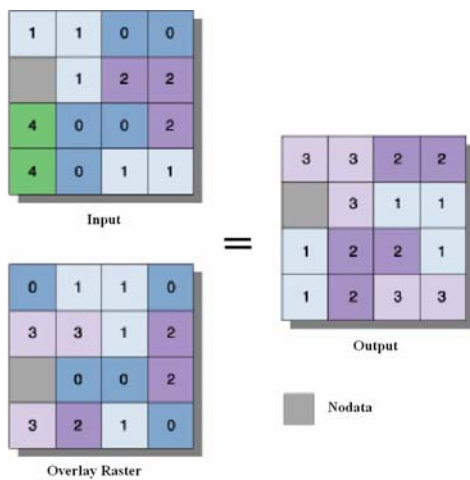
شکل ۵-۷: آماره **Median** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



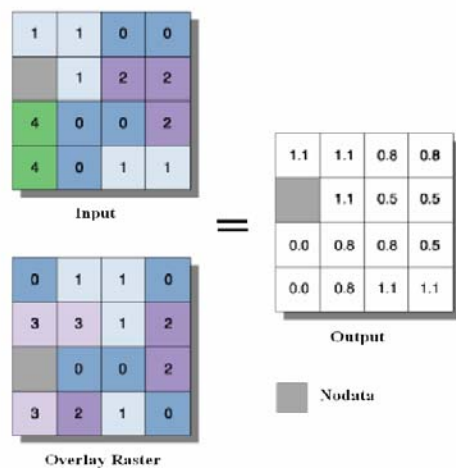
شکل ۵-۸: آماره **Minimum** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



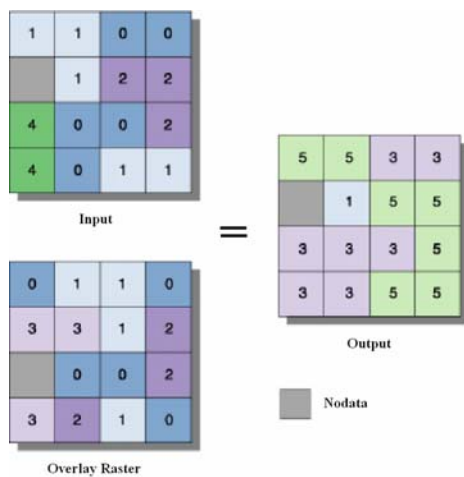
شکل ۵-۹: آماره **Minority** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



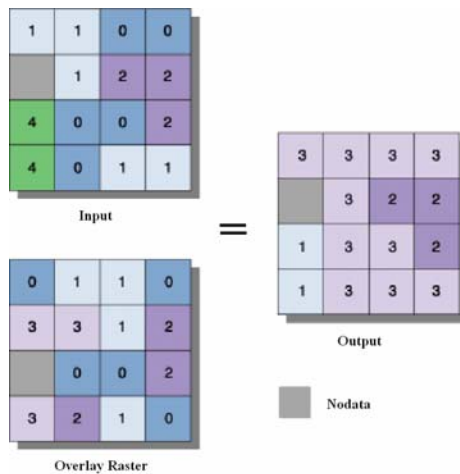
شکل ۵-۱۰: آماره **Range** در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



شکل ۵-۱۱: آماره STD (انحراف معیار) در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



شکل ۵-۱۲: آماره Sum در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری



شکل ۵-۱۳: آماره Variety در تابع رویهم قرار گیری بین لایه های رستری

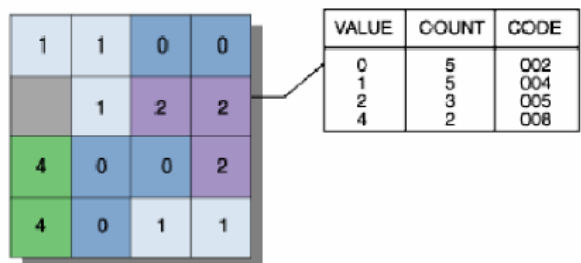
- **Combine**: نوعی رویهم قرار گیری لایه های رستری است که چگونگی ترکیب لایه ها، خروجی را می سازد. در ساده ترین حالت تغییری در ماهیت ارزش سلولها بوجود نمی آورد و داده های مربوط به سلولهای ورودی را در لایه خروجی می آورد. جدول ۵-۲ دو لایه رستری را نشان می دهد که ارزش یک لایه بین صفر تا ۱۰ است و لایه دیگر بین صفر و ۲۰ است. پس از اجرای تابع **Combine**، لایه رستری خروجی در حالتی تغییر نکرده و ترکیبی از دو لایه است و در نوع دیگر شامل ارزشهای تغییر یافته از هر دو لایه می باشد (جدول ۵-۳) این تابع فقط روی اعداد صحیح اعمال می شود. اگر ورودی ها اعداد اعشاری داشته باشند به طور خودکار به اعداد صحیح تبدیل می شوند. اگر سلولی بدون داده باشد در خروجی نیز بدون داده خواهد بود.
- شکل ۵-۱۴ به طور گرافیکی اجرای تابع **Combine** را نشان می دهد. همانطور که در شکل ملاحظه می کنید در همه شرایط این تابع بر فیلدهای مشترک اعمال می شود و فیلدهای غیر مشترک به عنوان اطلاعات لایه ای در نتیجه ظاهر می شود.

جدول ۵-۲: دو لایه رستری قبل از Combine

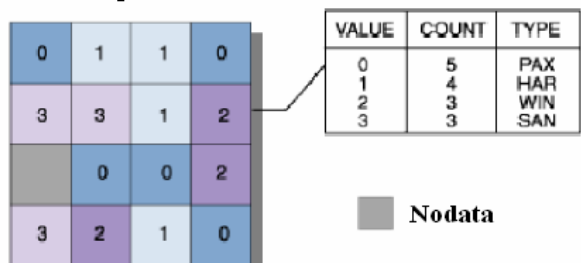
Value	Count	Input	Overlay
1	23	7	5
2	67	0	13
3	34	7	0
4	51	8	12
5	35	5	19
.	.	.	.
.	.	.	.

جدول ۵-۳: لایه های رستری پس از اجرای دو نوع Combine

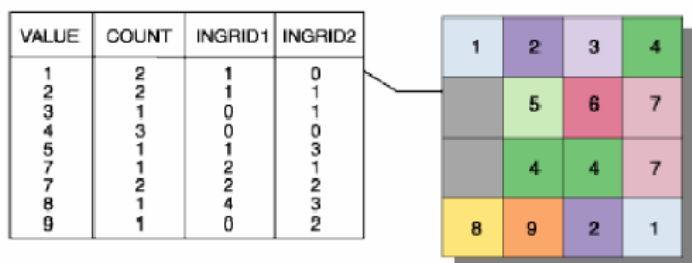
VALUE	COUNT	INGRID1	INGRID2	VALUE	COUNT	INGRID1	INGRID2
1	12	0	153	1	23	7	5
2	43	100	151	2	67	0	13
3	28	110	159	3	34	7	0
4	57	103	0	4	51	8	12
5	2	100	156	5	35	5	19
.
.
.



Input



Overlay Raster



Output

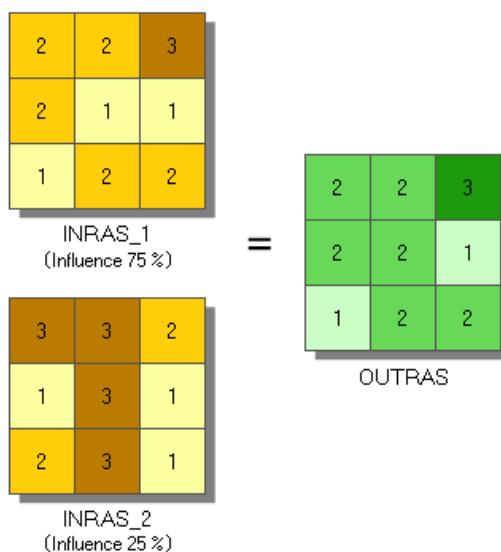
شکل ۵-۱۴: اجرای تابع **Combine** در لایه های رستری

۵.۳۱. رویهم قرار گیری وزنی^۱

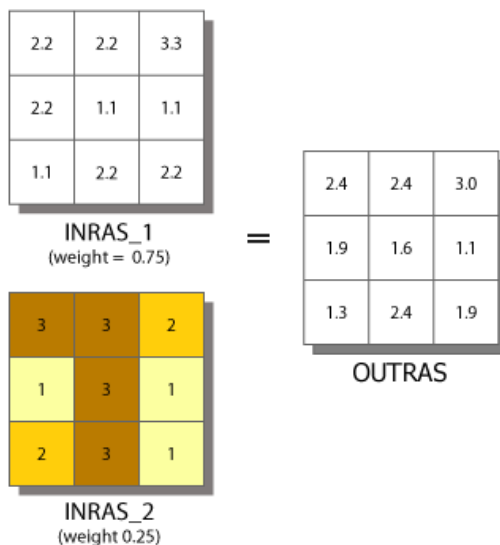
در این نوع رویهم قرار گیری لایه های رستری می توانند بیش از دو لایه باشند و بر حسب اهمیت و نحوه چگونگی شرکت در تحلیل، وزنی را به خود اختصاص می دهند. بازه وزن آنها می تواند بین ۱ تا ۱۰۰ یعنی بر حسب درصد و یا بین صفر تا ۱

^۱ Weighted Overlay

باشند. از این نظر دو نوع رویهم قرار گیری وجود دارد. در نوع اول اهمیت لایه های رستری بر حسب درصد بیان می شود. به شکل ۵-۱۵ توجه کنید. دو لایه سمت چپ دارای داده های بین ۱ تا ۳ هستند. برای مثال در این نوع رویهم قرار گیری نتایج مربوط به سلول سمت چپ بالا این چنین می شود ($2 \times 75 = 150$) و ($3 \times 25 = 75$) و مجموع آن دو ($150 + 75 = 225$) می شود اما چون این تابع در صورت استفاده از درصد از اعداد صحیح استفاده می کند، لذا حاصل آن ۲ می شود.



شکل ۵-۱۵: اجرای تابع رویهم قرار گیری وزنی (**Weighted Overlay**) بر لایه های غیر اعشاری اگر لایه ها دارای اعداد اعشار بودند و یا اینکه خروجی رویهم قرار گیری با اعداد واقعی مورد نظر بود، وزن دهی به لایه ها بر اساس بازه صفر تا ۱ انجام می شود. به سلول چپ بالا در شکل ۵-۱۶ توجه کنید. حاصل خروجی آنها بر اساس وزنهای داده شده به این ترتیب است که ($2 \times 75 = 150$) و ($3 \times 25 = 75$) و مجموع آنها ($150 + 75 = 225$) می شود.



شکل ۵-۱۶: اجرای تابع رویهم قرار گیری وزنی (Weighted Overlay) بر لایه های اعشاری

۵.۲. توابع مجاورت^۱

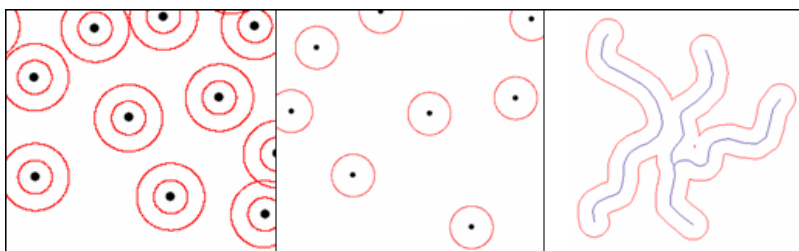
مفاهیم نزدیکی، فاصله، همسایگی و مجاورت همه تحت عنوان Proximity در GIS مطرح هستند. این توابع به سؤالاتی که به گونه ای در آن مفاهیم فاصله مستتر باشد پاسخ می دهند. برای مثال، چقدر این مکان به گسل نزدیک است؟ کدام جاده تا رودخانه ۱۰۰۰ متر فاصله دارد؟ بین آن دو مکان چقدر فاصله است؟ نزدیکترین یا دورترین جا به آن مکان کدام است؟ و ...

این توابع بر اساس نوع داده جغرافیایی در دو دسته قرار می گیرند.

^۱ Proximity

۵. ۲. ۱. توابع مجاورت بُرداری^۱

• **Buffer:** بافر برای تعیین فاصله یا حریم اطراف یک پدیده به کار می رود همچنین بافرها را می توان ابزاری برای تعیین محدوده تحت نفوذ یک پدیده به کار برد (شکل ۵-۱۷). برای مثال برنامه ریزی سرویس رفت و برگشت دانش آموزان یک مدرسه که بر اساس بافر در فاصله های خاصی قرار گرفته اند. تمام اشکال وکتوری در لایه ها می توانند تحت تأثیر این تابع قرار گیرند اما خروجی بافر تنها یک لایه پلیگونی است. این تابع نیز می تواند به صورت چند تایی نیز مورد استفاده قرار گیرد قسمت چپ شکل ۵-۱۷ دو بافر را در اطراف یک لایه نقطه ای نشان می دهد.

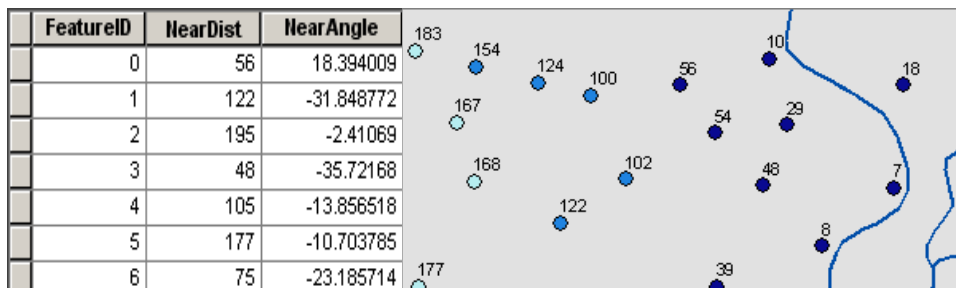


شکل ۵-۱۷: اجرای تابع بافر

• **Near (نزدیکی):** این تابع نزدیکترین عارضه نقطه ای یا خطی را به عارضه مورد نظر شناسایی می نماید. برای مثال می توان نزدیکترین آبراهه را تا مجموعه حیات وحش مشاهده شده یا نزدیکترین ایستگاه اتوبوس تا اقامتگاه توریستی را تعیین نمود. شکل ۵-۱۸ را ملاحظه کنید. نقطه ها عارضه هایی هستند که تابع نزدیکی نسبت به عارضه خطی در سمت راست

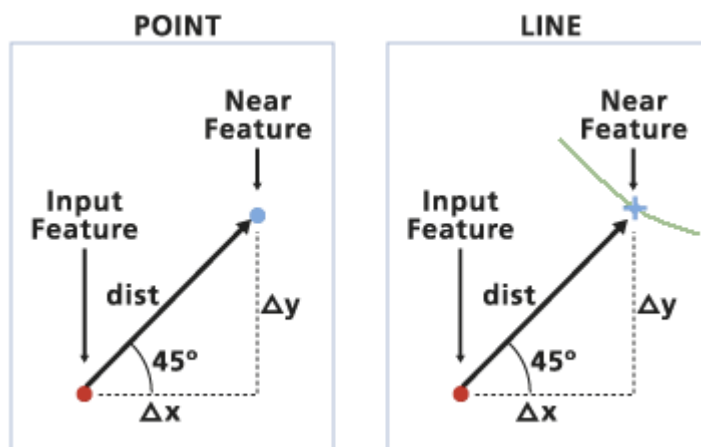
^۱ Feature-based proximity

تصویر بر آنها اجرا شده است. برای همه نقاط فواصل و زوایا نسبت به خط مورد نظر محاسبه شده است.



شکل ۵-۱۸: اجرای تابع نزدیکی (Near)

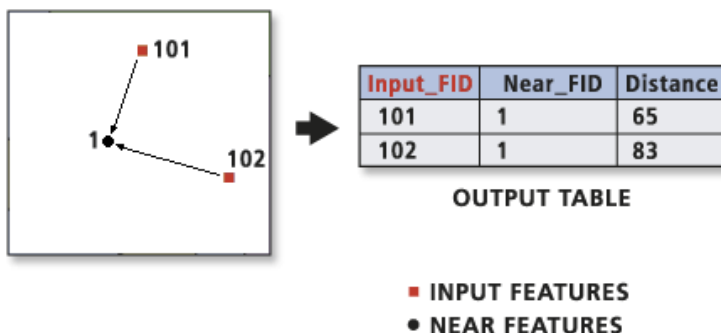
برای درک نحوه محاسبه فاصله و زاویه به شکل ۵-۱۹ توجه کنید. شکل سمت چپ تابع نزدیکی نسبت به نقطه و سمت راست تابع نزدیکی نسبت به خط محاسبه شده است. لازم به ذکر است که بدلیل چنین محاسباتی تابع نزدیکی فقط بر روی لایه های نقطه ای نسبت به لایه های نقطه ای دیگر یا نسبت به لایه های خطی قابل اجرا است.



شکل ۵-۱۹: محاسبه فاصله و زاویه در تابع نزدیکی (Near)

- **Point Distance:** این تابع فاصله هر نقطه در یک لایه را تا تمام نقاط دیگر در داخل یک دایره با شعاع جستجو محاسبه می نماید و آن را جزء داده

های توصیفی منظور می‌کند. به شکل ۵-۲۰ توجه کنید نقطه ای که با دایره کوچک مشخص شده با استفاده از این تابع فاصله، با دو نقطه مجاور ۱۰۱ و ۱۰۲ محاسبه شده است و در جدول داده توصیفی این اطلاعات وارد شده است.

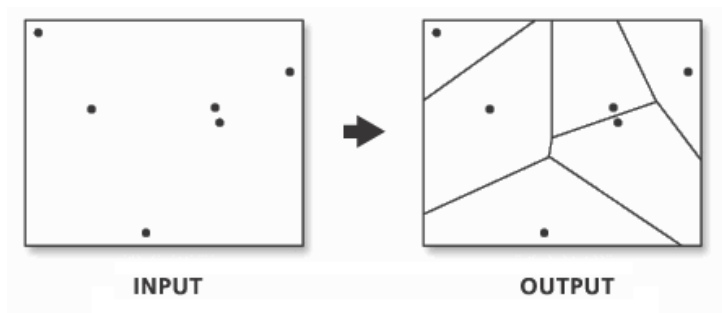


شکل ۵-۲۰: عملکرد تابع **Point Distance**

با این تابع می‌توان روابط در مجاورت پدیده‌ها را ارزیابی نمود. به عنوان مثال می‌توان فواصل بین دو مجموعه از شغلها را در یک مکان بدست آورد و از طریق جداول آنها شاخص‌های رابطه‌ای از جمله همبستگی را برای آنها محاسبه نمود و از نظر آماری یا ریاضی به روابط آنها پی برد.

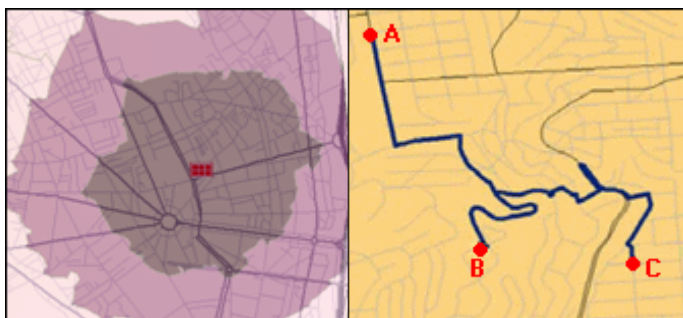
• **ایجاد پلیگونهاى تيسن^۱:** پلیگونهاى تيسن که به **Proximal polygons** نیز معروف است از توابع مهم مجاورت محسوب می‌شود. با استفاده از این تابع فضای در دسترس هر عارضه مشخص می‌شود (شکل ۵-۲۱). گاهی پلیگونهاى تيسن به عنوان درون‌یابی برای تولید واحد‌های هم‌ارزش به کار می‌رود. این تابع بیشتر برای ناحیه اطراف یا مجاور به ایستگاههای اندازه‌گیری کلیماتولوژی به کار می‌رود.

^۱ Create Thiessen Polygons



شکل ۵-۲۱: عملکرد تابع Create Thiessen Polygons

- توابع Network distance: این توابع تحلیل فاصله در شبکه را انجام می دهند. برای مثال برای به دست آوردن نزدیکترین فاصله از یک عارضه با تعدادی از عوارض دیگر در داخل شبکه خیابانها به کار می رود. به شکل ۵-۲۲ توجه کنید در سمت راست نزدیکترین فاصله در امتداد جاده که سه نقطه را به هم متصل ساخته است، شناسایی و محاسبه شده است. اما در سمت چپ در اطراف یک پلیگون کوچک تعیین شده است. همه اطلاعات شبکه های حمل و نقل در داخل این دو محدوده، فاصله و جهت آنها نسبت به پلیگون مورد نظر در جدول داده های توصیفی ذکر می شود.



شکل ۵-۲۲: عملکرد تابع Network distance در دو شرایط

۵. ۲. ۲. توابع مجاورت رستری^۱.

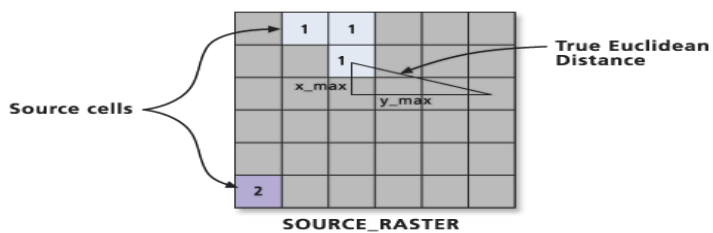
• Euclidean: این تابع روابط هر سلول با یک عارضه (که از یک یا چند سلول تشکیل شده است) را به صورت فاصله، جهت و موقعیت بیان می دارد. فواصل اطراف عوارض به صورت فاصله های مساوی تعیین می شود. به این معنا که کمترین فاصله واقعی هر سلول تا عارضه مورد نظر محاسبه می شود. به شکل ۵-۲۳ توجه کنید. از حداکثر عرض و طول تا مرکز هر سلول مثلثی ساخته می شود که تابع فاصله وتر آن را به عنوان حداقل فاصله محاسبه می نماید. غیر از فاصله برای همه سلولها جهت آنها نسبت به سلول مورد نظر تعریف می شود. شکل ۵-۲۴ عملکرد این تابع را نشان می دهد. شکل سمت چپ لایه رستری را با ۴ سلول یا دو عارضه نشان می دهد. سه لایه رستری پس از اجرای تابع در سمت راست تصویر ملاحظه می شود. عوارض مورد نظر در سه لایه دارای ارزش صفر است. سایر سلولها روابط هندسی خود را با آنها بیان می دارند. لایه های سمت راست تصویر به ترتیب از بالا شامل فاصله از عوارض^۲، جهت نسبت به عوارض^۳ و تخصیص به عوارض^۴ می باشد. مفهوم اخیر به این معنا است که هر سلول به کدام عارضه نزدیکتر است و یا همسایه کدام عارضه محسوب می شود. مثال فوق شامل دو عارضه است در نتیجه در خروجی آن سلولها بر اساس نزدیکی به عوارض دارای دو ارزش ۱ و ۲ می باشند. این تابع از پرکاربردترین توابع مجاورت می باشد که در مکان یابی، پهنه بندی و به طور کلی مدلسازی ها به کار می رود.

^۱ Raster-based distance

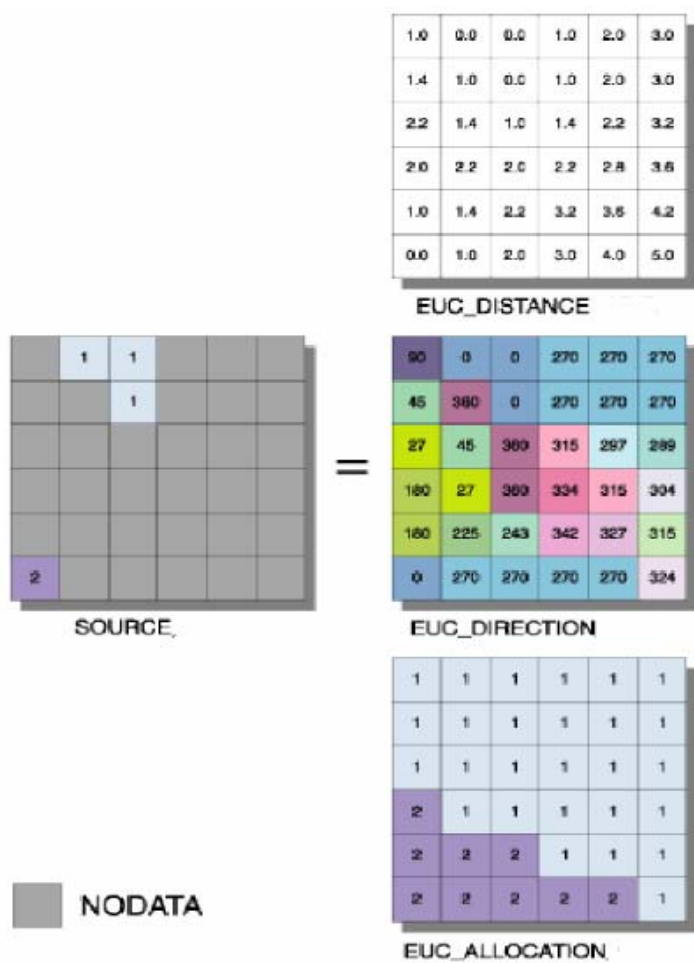
^۲ Euc-distance

^۳ Euc-direction

^۴ Euc-allocation



شکل ۵-۲۳: عملکرد تابع Euclidean distance



شکل ۵-۲۴: عملکرد تابع Euclidean

• **Cost**: این تابع ارزش فواصل^۱ را برای هر سلول تا عوارض مورد نظر بر اساس لایه دیگری محاسبه می نماید. واحد محاسبه در این تابع واحد مختصات نیست، بلکه ارزش دیگری مانند هزینه انرژی و یا هزینه های مربوط به مخاطرات می باشد که ارزش سلولها را از لایه رستر دیگری می گیرد. برای مثال خسارت تخریب در مقابل زلزله براساس مقاومت سکونتگاهها برای منطقه ای به تومان در متر محاسبه شده است. پس از رخداد زلزله، میزان خسارت بر اساس نزدیکی به مرکز زلزله افزایش می یابد. بر اساس این تابع مقدار هزینه در سلول در اندازه سلول و فاصله از مرکز زلزله ضرب شده و میزان خسارت در سلول به دست می آید. علاوه بر محاسبه ارزش فاصله، همچنین تخصیص به هزینه های نزدیکی به عوارض^۲ و حداقل هزینه از هر سلول تا عارضه مورد نظر^۳ را محاسبه می نماید (شکل ۵-۲۵).

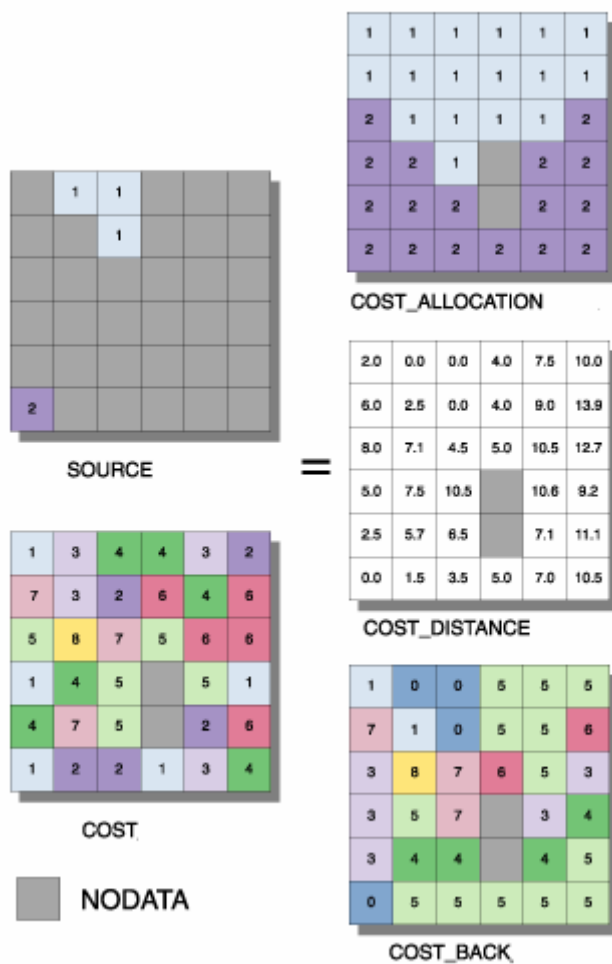
• **Corridor**: اجرای تابع **Cost** زمینه را برای گسترش توابع مجاورت فراهم می سازد. تابع **Corridor** از توابعی است که پس از محاسبه ارزشهای فاصله قابل اجرا است. برای درک این تابع به شکل ۵-۲۶ توجه کنید. ارزش گذاری فواصل در لایه ای که دارای ۲ عارضه می باشد بر اساس لایه شیب و کاربری زمین انجام شده است. انتخاب بهترین مسیر از نظر هزینه و سایر مسائل بین دو عارضه مورد نظر توسط این تابع تعیین می شود. در شکل ۵-۲۶ در قسمت پایین ارزشگذاری فواصل مسیر بهتر را مشخص نموده است.

^۱ Cost Distance

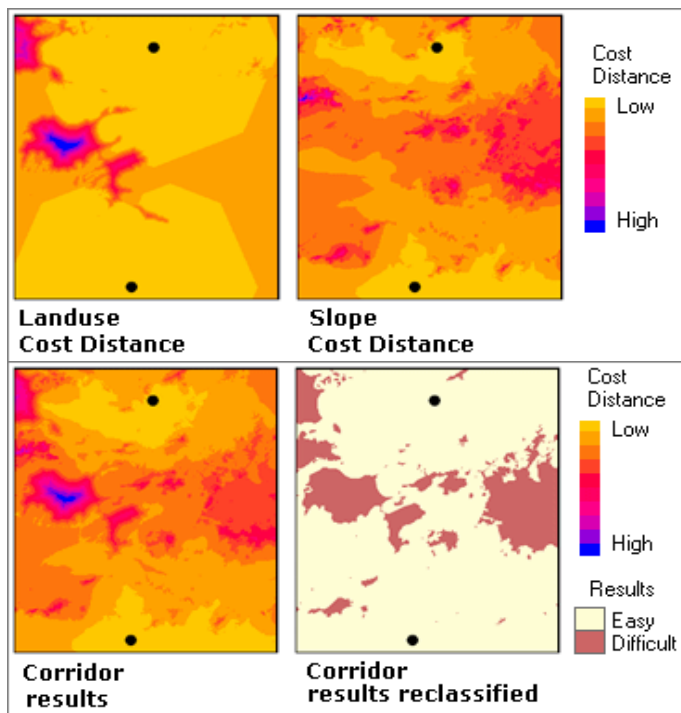
^۲ Cost Allocation

^۳ Cost Back

تابع **Cost** و **Corridor** از توابع تحلیل های مکانی هستند و کاربردهای ویژه ای در تعیین تفاوت های مکانی دارند.

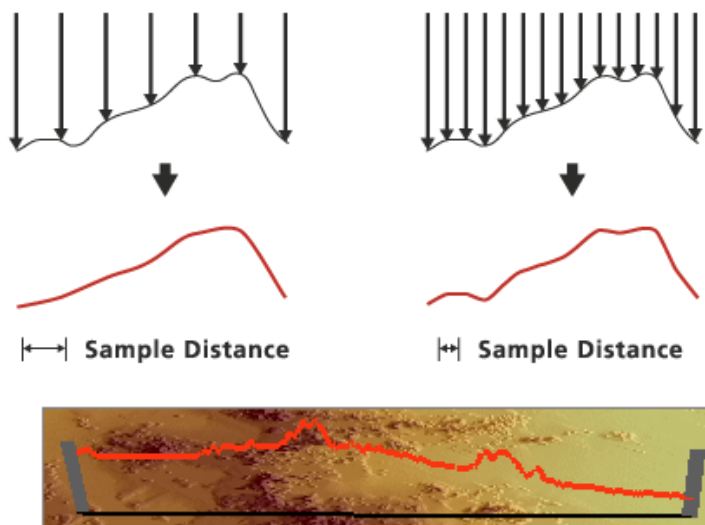


شکل ۵-۲۵: عملکرد تابع **Cost**



شکل ۵-۲۶: نتایج تابع Corridor

- **Surface Length:** یکی از توابعی که در مدل‌های سه بعدی کاربرد دارد. تابع تهیه نیمرخ طولی یا پروفیل در مسیر مشخصی می باشد. دقت پروفیل ها به اندازه سلول و یا به عبارتی به دقت ارتفاعی بستگی دارد (شکل ۵-۲۷). آنچه در اجرای این تابع اهمیت دارد یکسان سازی واحد مختصات با داده ارتفاعی می باشد. برای مثال اگر واحد اندازه گیری مساحت متر مربع باشد، ارتفاع لازم است که به متر باشد. پروفیل مناسب زمانی به دست می آید که برش عرضی عمود بر جهت ناهمواری ها باشد.



شکل ۵-۲۷: تهیه نیمرخ طولی با اجرای تابع **Surface Length**

۵.۳. توابع ریاضی^۱

توابع ریاضی در GIS بر لایه های رستری به طور منفرد اعمال می شود. این توابع ارزش سلولها را بر حسب نوع توابع تغییر می دهند و می توان آنها را تبدیل کننده های ریاضی نیز محسوب نمود زیرا بازه اعداد لایه های رستری را بر اساس نوع توابع تبدیل می کند. به طور کلی این توابع شامل چهار دسته زیر است.

۵.۳.۱: توابع حسابی^۲:

- شش تابع ریاضی در حال حاضر در نرم افزارهای GIS مورد استفاده قرار می گیرد.
- **تابع قدر مطلق^۳** که علامت منفی داده ها را حذف می نماید (شکل ۵-۲۸) این تابع ماهیت اعداد را تغییری نمی دهد.

^۱ Mathematical functions

^۲ Arithmetic functions

^۳ Abs function

1	1	0	0
	1	2	-2
4	0	0	2
-4	0	1	-1

INGRID1

=

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

OUTGRID

شکل ۵-۲۸: اجرای تابع قدر مطلق

- توابع گرد کردن^۱ که در دو حالت کف و سقف^۲ میزان اعداد سلولها را رُند می کند. به شکل ۵-۲۹ توجه کنید. گرد کردن اعداد منفی از مرز صفر محاسبه می شود.

1.3	1.2	0.1	0.8
	1.8	2.5	2.7
4.4	0.9	0.7	2.9
4.6	0.0	1.7	1.5

INGRID1

=

floor

1.0	1.0	0	0
	1.0	2.0	2.0
4.0	0	0	2.0
4.0	0	1.0	1.0

OUTGRID

1.3	1.2	0.1	0.8
	1.9	2.5	2.7
4.4	-1.9	-0.5	2.9
4.6	0.0	1.7	1.5

INGRID1

=

ceil

2.0	2.0	1.0	1.0
	2.0	3.0	3.0
5.0	-1.0	0.0	3.0
5.0	0.0	2.0	2.0

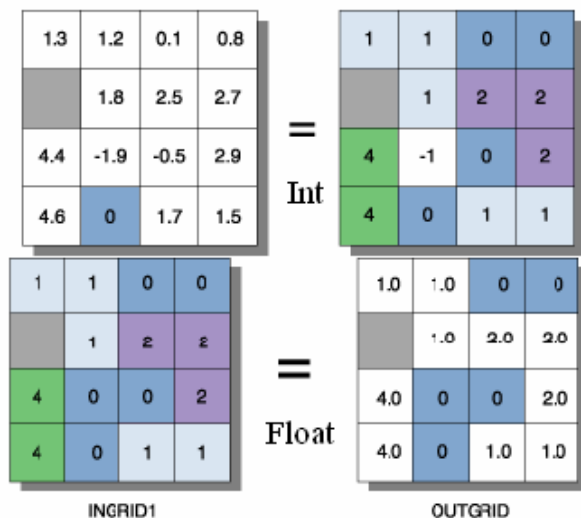
OUTGRID

شکل ۵-۲۹: اجرای تابع گرد کردن

- توابع تبدیل عددی^۱ که شامل تابع Int برای تبدیل اعداد حقیقی به اعداد صحیح و تابع Float برای تبدیل ارزش سلولها به اعداد حقیقی به کار می رود (شکل ۵-۳۰)

^۱ rounding functions

^۲ Floor and Ceil

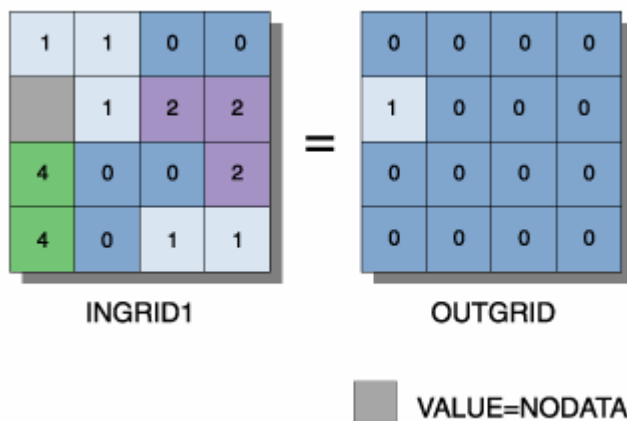


شکل ۵-۳۰: اجرای توابع تبدیل عددی

- تابع تعیین سلولهای بدون داده^۲: لایه های رستری گاهی دارای سلولهای بدون داده می شوند که جستجوی آنها در مجموع داده ها با این تابع انجام می شود. همانطور که در شکل ۵-۳۱ ملاحظه می کنید در سمت چپ شکل لایه ای با یک سلول بدون داده وجود دارد که پس از اجرای لایه سلول بدون داده با عدد ۱ مشخص شده است.

^۱ Int and Float convert

^۲ Is Null



شکل ۵-۳۱: اجرای تابع تعیین سلولهای بدون داده

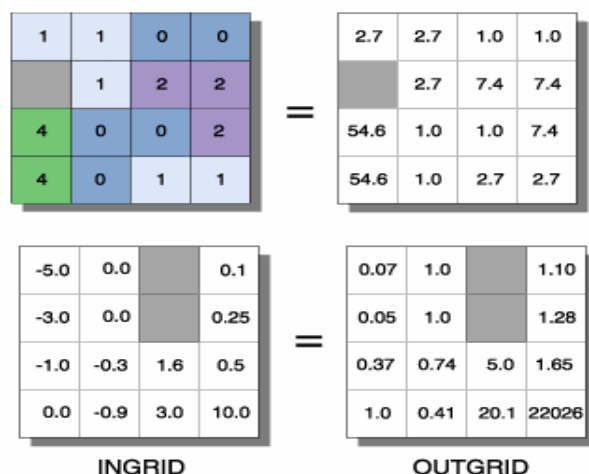
۵.۳.۲: توابع لگاریتمی^۱

این توابع محاسبات نمایی و لگاریتمی را بر داده های رستری اعمال می کنند و شامل توابع زیر است:

- تابع نمایی^۲: خروجی این تابع عددی حقیقی است که برابر پایه به توان ورودی است. این تابع در GIS با دو توان ۲ و ۱۰ عمل می کند. اگر ارزش سلولی مساوی یا کمتر از ۷۴۵- باشد در خروجی به صورت سلول بدون داده ظاهر می شود زیرا برای نمایش آن بیش از ۳۲ بیت لازم است. شکل ۵-۳۲ اجرای این تابع را در دو لایه رستری با اعداد صحیح و حقیقی نشان می دهد.

^۱ Logarithmic functions

^۲ exponential



شکل ۵-۳۲: اجرای تابع نمایی

- تابع لگاریتمی: این تابع لگاریتم به سه صورت اجرا می کند. لگاریتم طبیعی^۱ را برپایه e برای سلولهای لایه رستری محاسبه می کند. این تابع بر سلولهایی که صفر یا اعداد منفی هستند اعمال نمی شود، لذا سلولهای بدون داده محسوب می شود. شکل ۵-۳۳ اجرای این تابع را در دو لایه رستری با اعداد صحیح و حقیقی نشان می دهد. همچنین این تابع لگاریتم بر مبنای ۲ و مبنای ۱۰ را نیز محاسبه می نماید.

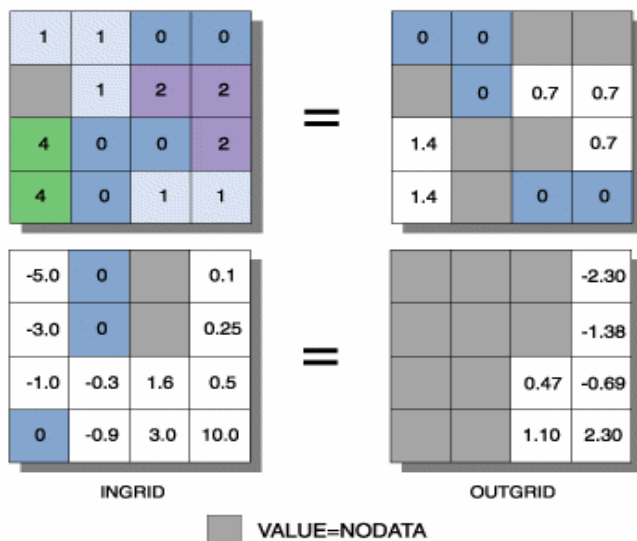
۵. ۳. ۳. توابع توانی^۲

این توابع شامل گرفتن جذر^۳ از سلولهای لایه رستری و به توان رساندن آنها می باشد. این تابع بر سلولهای با ارزش بیشتر از صفر عمل می کند. شکل ۵-۳۴ اجرای تابع جذر و توان ۲ را نشان می دهد.

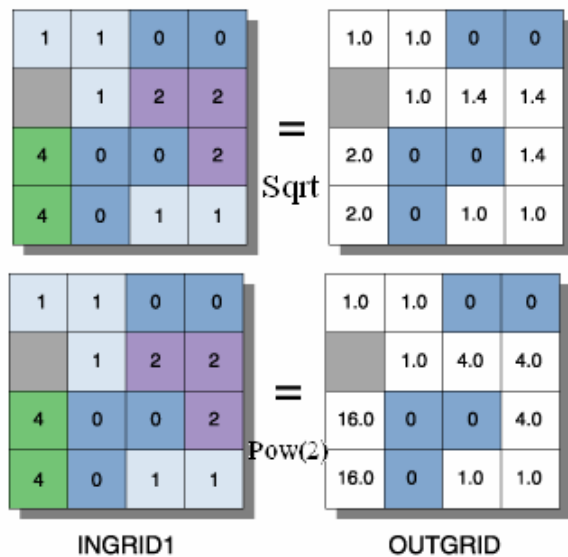
^۱ natural logarithm(Ln)

^۲ Power functions

^۳ square root(sqrt)



شکل ۳۳-۵: اجرای تابع لگاریتم طبیعی



شکل ۳۴-۵: اجرای توابع توانی

۵. ۳. ۴. توابع مثلثاتی ۱

- سینوس^۲: که برای سلولهای رستری محاسبه می شود و بازه آن بین ۱ تا ۱- می باشد. مقدار ارزش سلولها در این تابع به رادیان^۳ در نظر گرفته می شود که لازم است به درجه تبدیل شود. هر 180π برابر با ۵۷,۲۹۶ درجه می باشد (شکل ۵-۳۵). تابع $ASin$ معکوس تابع سینوس است.
- کسینوس^۴: که برای داده رستری محاسبه می شود و بازه آن مانند سینوس بین ۱ تا ۱- می باشد. مقدار ارزش سلولها در این تابع نیز به رادیان در نظر گرفته می شود که لازم است به درجه تبدیل شود (شکل ۵-۳۵). تابع $Acos$ معکوس تابع کسینوس است.
- تانژانت^۵: این تابع نیز از توابع رستری می باشد. مقدار ارزش سلولها در این تابع نیز به رادیان در نظر گرفته می شود که لازم است به درجه تبدیل شود (شکل ۵-۳۵). تابع $Atan$ معکوس تابع تانژانت است.

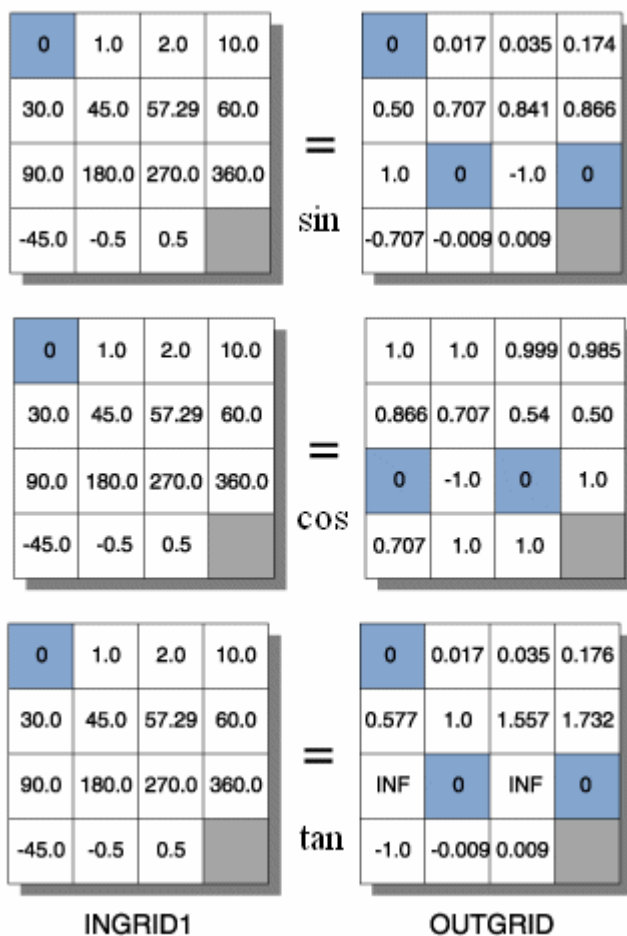
^۱ Trigonometric functions

^۲ Sine

^۳ radians

^۴ cosine

^۵ tangent



شکل ۵-۳۵: اجرای توابع مثلثاتی

۵. ۴. عملگرهای ریاضی^۱

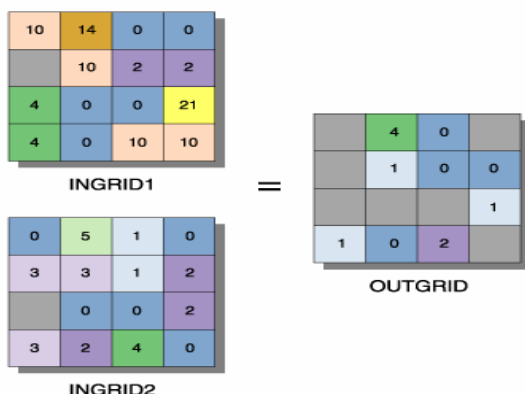
اجرای توابع ریاضی معمولاً بین دو لایه و در شرایط خاص اعمال می شود. عملگرهای ریاضی در GIS، بدون محدودیت عملیات ریاضی را بین دو یا چند لایه انجام می دهند. این عملگرها در چند دسته قرار می گیرند.

^۱ Mathematical operators

۵. ۴. ۱. عملگرهای حسابی^۱

این عملگرها شامل عملیات جمع، تفریق، ضرب، تقسیم بین لایه های رستری می باشد. غیر از عملیات فوق عملگر های زیر را نیز در بر می گیرد.

- عملگر mod : این عملگر باقیمانده تقسیم یک لایه رستری بر لایه دیگر را محاسبه می نماید. این عملیات در لایه مقسوم علیه دارای سلولهای به ارزش صفر عمل نمی کند و سلولها را بدون داده محسوب می کند (شکل ۵-۳۶).



شکل ۵-۳۶: عملگر mod در لایه های رستری

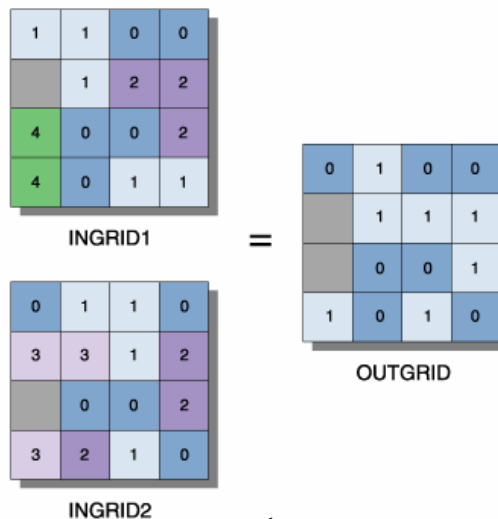
- Div: این عملگر مترادف تقسیم می باشد با این تفاوت که عملیات تقسیم بر اعداد صحیح عمل می کند اما این عملگر تقسیم اعشاری را نیز انجام می دهد. این عملگر هم سلولهای به ارزش صفر در لایه مقسوم علیه، سلولها را بدون داده محسوب می کند.

۵. ۴. ۲. عملگرهای بولین ۱

این عملگرها از منطق بولین یعنی درست و غلط در لایه های رستری استفاده می کند. سلولهای درست با ۱ و سلولهای غلط با صفر تعریف می شود. ۴ عملگر بولی به شرح زیر در رسترها اعمال می شود.

- **And**: این عملگر که بر منطق تقاطع استوار است در لایه های رستری به صورت زیر عمل می کند. بدین معنا که اگر هر دو لایه درست باشند، آن سلول در خروجی ۱ است و اگر یکی از آن دو غلط باشد. سلول مورد نظر در خروجی شامل صفر می شود (شکل ۵-۳۷).

Input_۱ ≠ ۰ and Input_۲ ≠ ۰, Output ۱
 Input_۱ ≠ ۰ and Input_۲ = ۰, Output ۰
 Input_۱ = ۰ and Input_۲ ≠ ۰, Output ۰
 Input_۱ = ۰ and Input_۲ = ۰, Output ۰



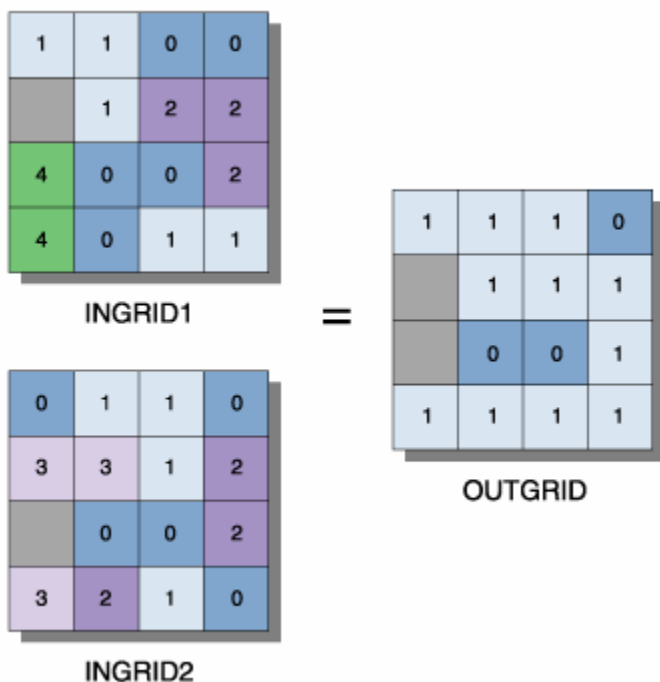
شکل ۵-۳۷: عملگر and در لایه های رستری

^۱ Boolean operators

^۲ Boolean logic

- Or: این عملگر در منطق بولی مفهوم اشتراک را شامل است و در لایه های رستری به ترتیب زیر عمل می کند. به این معنا که اگر سلول از یک یا دو لایه درست بود در خروجی عدد یک می گیرد و در شرایطی که هر دو سلول غلط بود، عدد صفر می گیرد (شکل ۵-۳۸).

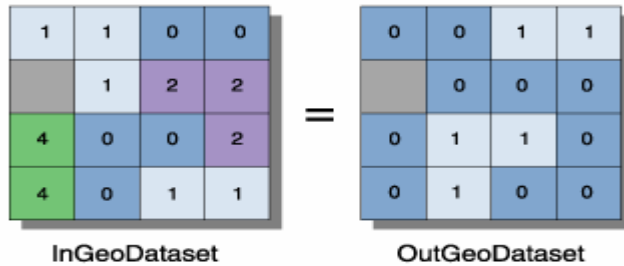
$\text{Input}_1 \neq 0 \text{ and } \text{Input}_2 \neq 0, \text{Output} = 1$
 $\text{Input}_1 \neq 0 \text{ and } \text{Input}_2 = 0, \text{Output} = 1$
 $\text{Input}_1 = 0 \text{ and } \text{Input}_2 \neq 0, \text{Output} = 1$
 $\text{Input}_1 = 0 \text{ and } \text{Input}_2 = 0, \text{Output} = 0$



شکل ۵-۳۸: عملگر or در لایه های رستری

- Not: مفهوم تکمیلی در منطق بولی اساس این عملگر را تشکیل می دهد. و بر اساس روابط زیر در لایه رستر عمل می کند. در این عملگر سلولهای درست در خروجی صفر و سلولهای غلط در خروجی ۱ را به خود اختصاص می دهند (شکل ۵-۳۹).

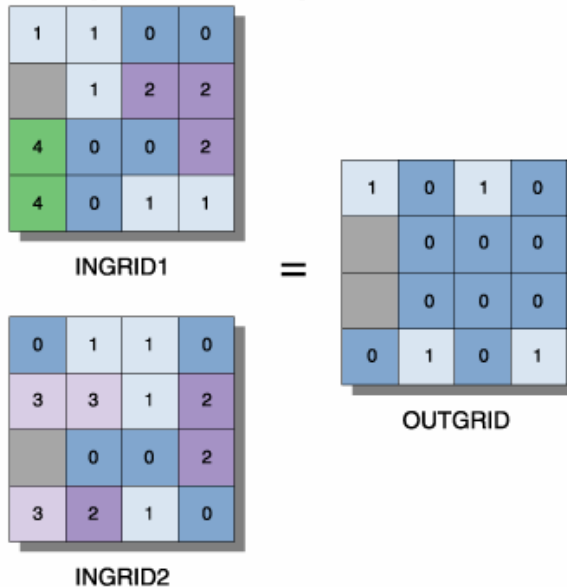
$\text{Input}_1 \neq 0, \text{Output} = 0$
 $\text{Input}_1 = 0, \text{Output} = 1$



شکل ۳۹-۵: عملگر Not در لایه رستری

• **Xor**: این عملگر بر منطق غیر بولی استوار است و بر اساس روابط زیر بین دو لایه عمل می کند. اگر سلولی در یک لایه درست و در لایه دیگری غلط باشد با این عملگر در خروجی ۱ می شود. سلولهایی که در دو لایه درست یا غلط باشند در خروجی شامل عدد صفر می شوند. به عبارت دیگر دو سلول غیر یکسان، صحیح یا ۱ تلقی می شود (شکل ۴۰-۵).

Input_۱ ≠ ۰ and Input_۲ ≠ ۰, Output = ۱
 Input_۱ ≠ ۰ and Input_۲ = ۰, Output = ۰
 Input_۱ = ۰ and Input_۲ ≠ ۰, Output = ۰
 Input_۱ = ۰ and Input_۲ = ۰, Output = ۰



شکل ۴۰-۵: عملگر xor در لایه رستری

۵. ۴. ۳. عملگر های رابطه ای^۱

این عملگر ها روابط سلولها را در شرایط ویژه بررسی می کنند. اگر شرایط تعیین شده درست باشد در خروجی آن سلول عدد ۱ را به خود اختصاص می دهد و اگر شرایط درست نباشد عدد صفر را شامل می شود.

- =^۲: این عملگر بر اساس روابط زیر کار می کند. اگر سلولهای دو لایه دارای ارزش یکسان باشند در خروجی ارزش یک و در غیر این صورت به آنها ارزش صفر تعلق می گیرد (شکل ۵-۴۱).

Input ۱ = Input ۲, Output ۱
Input ۱ ≠ Input ۲, Output ۰

- <^۳: طبق روابط زیر اگر سلولهای لایه اول بزرگتر از لایه دوم باشد در خروجی عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر به آن تعلق می گیرد (شکل ۵-۴۱).

Input ۱ > Input ۲, Output = ۱
Input ۱ = Input ۲, Output = ۰
Input ۱ < Input ۲, Output = ۰

- >^۴: این عملگر بر عکس < کار می کند.
- ≤^۵: اگر سلولهای لایه اول مساوی یا بزرگتر از لایه دوم باشد در خروجی عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر به آن تعلق می گیرد (شکل ۵-۴۱).

Input ۱ > Input ۲, Output = ۱
Input ۱ = Input ۲, Output = ۱
Input ۱ < Input ۲, Output = ۰

^۱ Relational operators

^۲ Equal To

^۳ Greater Than

^۴ Less Than

^۵ Greater Than Equal

• \geq : این عملگر برعکس \leq کار می کند (شکل ۵-۴۱).

Input^۱ < Input^۲, Output = ۱

Input^۱ = Input^۲, Output = ۱

Input^۱ > Input^۲, Output = ۰

• \neq : این عملگر بر اساس روابط زیر کار می کند. اگر سلولهای دو لایه دارای

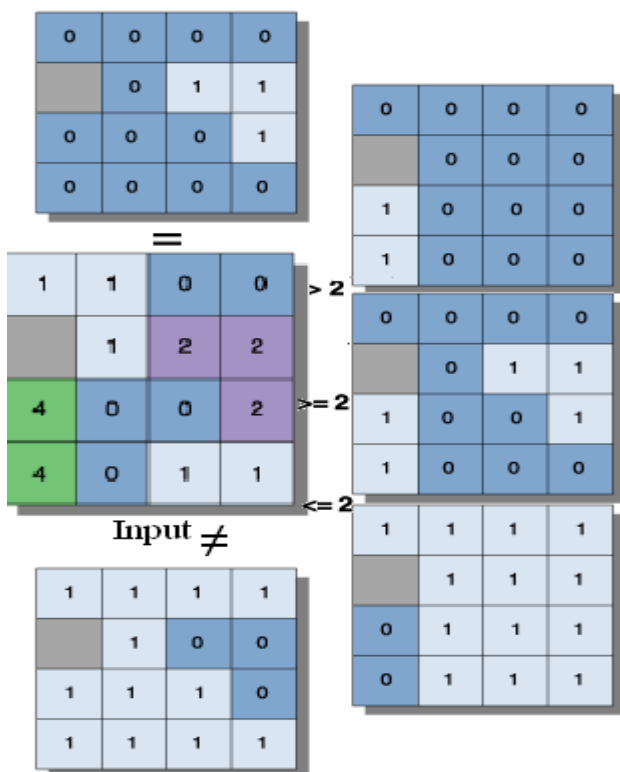
ارزش نابرابر باشند در خروجی ارزش یک و در غیر این صورت به آنها ارزش

صفر تعلق می گیرد (شکل ۵-۴۱).

Input^۱ \neq Input^۲, Output = ۱

Input^۱ = Input^۲, Output = ۰

نقشه حاصل از عملگرهای فوق شامل دو ارزش یک و صفر می باشد.



شکل ۵-۴۱: عملگرهای رابطه ای در لایه های رستری

^۱ Less Than Equal

^۲ Not Equal

خودآزمایی ۵

۱. در این تابع رویهم قرار گیری به نحوی انجام می شود که لایه خروجی از نظر ابعاد به اندازه لایه ورودی است؟

الف) Identity ب) Intersect ج) Union د) Update

۲. این تابع فقط روی اعداد صحیح اعمال می شود. و اگر ورودی ها اعداد اعشاری داشته باشند به طور خودکار به اعداد صحیح تبدیل می شوند؟

الف) Near ب) Buffer ج) Combine د) Euclidean

۳. این تابع برای تعیین فاصله یا حریم اطراف یک پدیده به کار می رود همچنین به عنوان ابزاری برای تعیین محدوده تحت نفوذ یک پدیده به کار برد؟

الف) Distance ب) Near ج) Euclidean د) Buffer

۴. در کدام تابع از طریق جداول پدیده ها می توان شاخص های رابطه ای از جمله همبستگی را پدیده ها محاسبه نمود و از نظر آماری یا ریاضی به روابط آنها پی برد؟

الف) Network distance ب) Point Distance

ج) Corridor د) Euclidean

۵. این تابع بیشتر برای ناحیه اطراف یا مجاور به ایستگاههای اندازه گیری کلیماتولوژی به کار می رود؟

الف) پلیگونهای تیسن ب) نزدیکی ج) همسایگی د) مجاورت

۶. این تابع از پرکاربرد ترین توابع مجاورت می باشد که در مکان یابی، پهنه بندی و به طور کلی مدلسازی ها به کار می رود؟

الف) Network distance ب) Near ج) Surface Length د) Euclidean

۷. در تابع نمایی که خروجی آن عددی حقیقی است در GIS با کدام توان عمل می کند؟

الف) ۲ و ۱۰ ب) ۱۰ و ۱۰ ج) ۵ و ۲ د) ۰ و ۲

۸. در تابع And اگر خروجی یکی از دو لایه غلط باشد. سلول مورد نظر در خروجی شامل چه عددی خواهد بود؟

الف) صفر ب) ۱ ج) صفر و ۱ د) صفر و صفر
۹. در تابع Not سلولهای درست در خروجی چه عددی را به خود اختصاص می دهند؟

الف) ۱ ب) ۱ و صفر ج) صفر و ۱ د) صفر
۱۰. در این عملگر اگر سلولهای دو لایه دارای ارزش یکسان باشند در خروجی ارزش

یک و در غیر این صورت به آنها ارزش صفر تعلق می گیرد؟

الف) # ب) < ج) > د) =

۱. تابع رویهم قرار گیری در لایه های وکتور برای انتقال چه چیزی به کار می رود با یک مثال توضیح دهید؟

۲. توابع رویهم قرار گیری هنگامی که در لایه های رستر عمل می کند همانند کدام توابع می باشد. چرا؟

۳. تابع بافر را در توابع مجاورت برداری با مثال توضیح دهید؟

۴. تابع تعیین سلولهای بدون داده را در توابع حسابی توضیح دهید؟

۵. عملگر Xor را در عملگرهای بولین توضیح دهید؟

پاسخ ۵

۱. الف	۲. ج	۳. د	۴. ب	۵. الف
۶. د	۷. الف	۸. الف	۹. د	۱۰. د

فصل ششم

مدلهای سه بعدی در GIS

هدف کلی

بعد از مطالعه این فصل با مدل‌های سه بعدی در GIS آشنا می شوید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) که در تهیه مدل توپوگرافیک سطح زمین به کار می‌روند را بیان کنید
۲. سه مدلی را که برای تولید مدل‌های ارتفاعی به کار می‌روند را بیان کنید.
۳. نحوه ایجاد مدل ارتفاعی رستری را بیان کنید و کاربرد آن را بنویسید.
۴. نحوه ساخت مدل تین (TIN) را بیان کنید و بنویسید این مدل برای مطالعه چه چیزی کاربرد دارد.
۵. کاربرد مدل‌های ارتفاعی را بیان کنید.
۶. روش‌های تولید مدل‌های ارتفاعی را بیان کنید.
۷. درون‌یابی همسایگی طبیعی را توضیح دهید.

۸. از روشهای مختلف مثلث بندی روش مثلث بندی دلونی را در ساختن مدل سه بعدی توضیح دهید.

۹. اجزاء مدل داده تین را بنویسید.

۱۰. مهمترین تبدیل مدل‌های سه بعدی را در GIS بنویسید.

۱۱. نقشه های حاصله از مدل‌های سه بعدی را بنویسید.

۱۲. نحوه محاسبه شیب را توضیح دهید.

۱۳. نقشه سایه روشن را توضیح داده و ویژگی آن را بیان کنید.

۱۴. زاویه آزمون را توضیح داده و جهت حرکت آن را بنویسید.

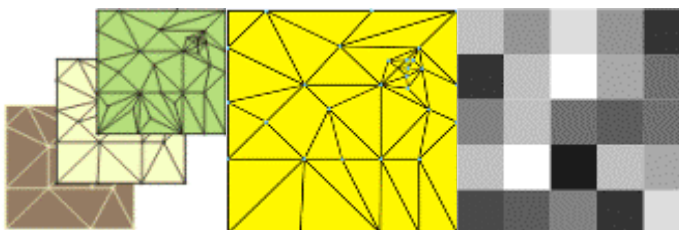
مقدمه

مفاهیم مدل‌های سه بعدی در GIS سه بحث عمده تولید مدل‌های سه بعدی، نمایش آنها و تحلیل در محیط سه بعدی را شامل می شود، که در این فصل بیشتر به نحوه ساخت لایه های سه بعدی و نقشه های حاصله از آنها پرداخته می شود. و در بخش عملی نمایش سه بعدی نیز آموزش داده می شود. در ساخت مدل‌های سه بعدی از دو روش اصلی درون یابی و مثلث بندی استفاده می کنند. درون یابی در فصل چهارم بحث شد و در این فصل مدل همسایگی طبیعی که در ساخت مدل‌های ارتفاعی کاربرد های خاصی دارد، شرح داده می شود. روش مثلث بندی در تولید مدل‌های ارتفاعی از عوارض زمین استفاده می نماید و در نمایش سطح زمین از مدل‌های رستری توانمندتر است نیز در این فصل شرح داده می شود. نقشه هایی متفاوتی بر اساس این مدل‌ها ایجاد می شود که در این فصل نقشه های پرکاربرد توضیح داده می شود.

۶.۱. تعریف

مدل رقومی ارتفاع (DEM) مجموعه ای از داده های رقومی می باشد که در تهیه مدل توپوگرافیک سطح زمین به کار می رود. بدین معنا که پدیده های سطح زمین را به

صورت مدل‌های واقعی یا فرضی می‌سازد. مدل‌های رقومی ارتفاع برای ساخت پوسته زمین از مدل برداری و رستری استفاده می‌کنند. به عبارت دیگر فرم‌های قابل استفاده برای DEM، در حالت رستری، شبکه سلولی منظم است که برای هر سلول مقدار ارتفاع موجود است و در حالت برداری یا وکتوری مجموعه مشاهدات نقطه‌ای منظم است که هر نقطه دارای مختصات جغرافیایی (X و Y) و مقدار ارتفاع (Z) می‌باشد. به طور کلی سه مدل Raster، TIN و Terrain برای تولید مدل‌های ارتفاعی به کار می‌روند (شکل ۶-۱) که دارای منابع داده متفاوت می‌باشند و از دو روش اصلی درون یابی و مثلث بندی استفاده می‌کنند. هر سه مدل زیر قابل تبدیل به یکدیگر هستند و توابع مخصوص به خود را دارند.

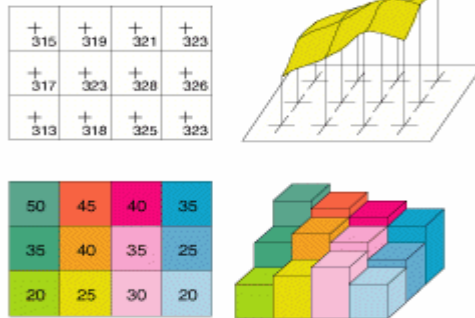


شکل ۶-۱: مدل ارتفاعی در سه فرمت Raster، TIN و Terrain

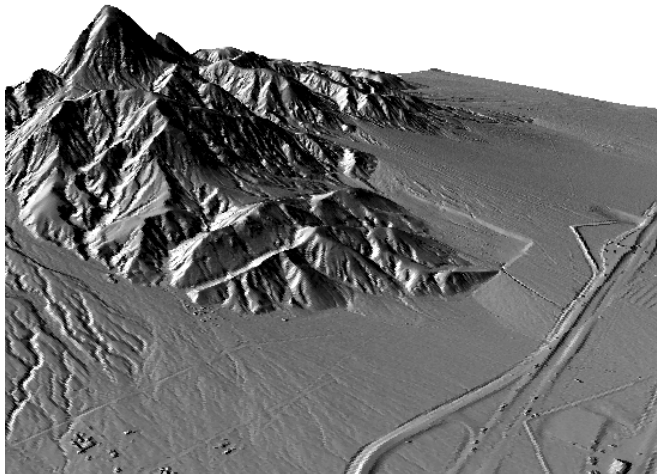
- **مدل ارتفاعی رستری (Raster):** مدل رستری، شبکه‌ای ماتریس مانند است که سلول‌ها یا پیکسل‌های آن دارای ارتفاع است که این ارتفاع برای مرکز سلول و یا برای کل یک سلول در نظر گرفته می‌شود (شکل ۶-۲). این مدل رستری ممکن است از درون یابی به دست آمده باشد و یا به صورت نقاط ارتفاعی توسط ماهواره ثبت شده باشد. این مدل‌ها که به DEM معروف می‌باشد به عنوان پایه در نمایش عوارض زمین و در تحلیل‌های وابسته به ارتفاع کاربرد دارد. شکل ۶-۳ مدل رقومی ارتفاع در حالت رستری است که از زاویه مشخصی سطح زمین را نشان می‌دهد.

^۱ Real

^۲ Hypothetical



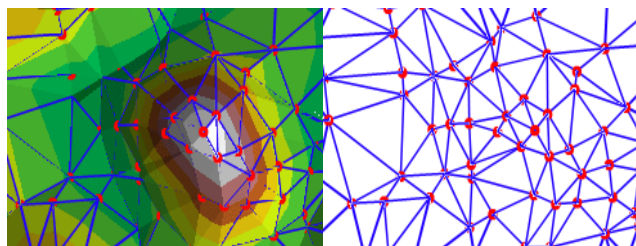
شکل ۶-۲: مدل سلولی برای ذخیره ارتفاع



شکل ۶-۳: مدل ارتفاعی به فرمت Raster

- **مدل TIN:** شبکه نامنظم مثلثها (TINs) سالهای زیادی است که برای مطالعه مورفولوژی سطح زمین به کار می رود. مدل TIN بر پایه داده های برداری ساخته می شود به این ترتیب که شبکه ای از نقطه ها به صورت ورتکس با خطوط به صورت اضلاع مثلث ساخته می شود که هر مثلث دارای ارتفاع مشخصی می باشد که این مثلث ها پستی و بلندی های سطح زمین را می سازد (شکل ۶-۴). مدل مثلث بندی در GIS براساس روش مثلث بندی

دلونی می باشد که به افتخار ریاضی دان روسی بوریس نیکولاویچ دلونی نامگذاری شده است. در این تکنیک بر اساس نقاط ارتفاعی شبکه مثلثهایی که همجوار هستند و روبهم قرار گیری ندارند ، به گونه ای ساخته می شوند که هیچ نقطه ارتفاعی در داخل مثلث ها قرار نمی گیرد.



شکل ۶-۴: مدل ارتفاعی به فرمت TIN

- ارتفاع که با رادار ، امواج صوتی و فتوگرامتری انجام می شود. تعداد این نقطه های ارتفاعی ممکن است به صدها هزار تا صد ها میلیون برسد بنابراین مدیریت و مدلسازی سه بعدی این داده ها برای سخت افزارها و نرم افزارهای کنونی بسیار سنگین است. در مدل Terrain که بر مبنای مثلث بندی ایجاد می شود داده های ارتفاعی جاسازی شده و به منابع ارتفاعی آنها ارجاع داده می شود. به این منظور برای کاهش حجم از این نوع مدل پیرامید ساخته می شود تا بتواند نمایش سه بعدی از یک مدل حجیم داشته باشد. به بیانی دیگر پیرامید نمایشی کم حجم از یک مدل حجیم است. شکل ۵-۶ نمایشی از تغییر مقیاس مدل رستری در پیرامید می باشد که در هنگام بزرگنمایی جزئیات آن

Delaunay triangulation

^۲ Boris Nikolaevich Delaunay

^۳ contiguous

^۴ nonoverlapping

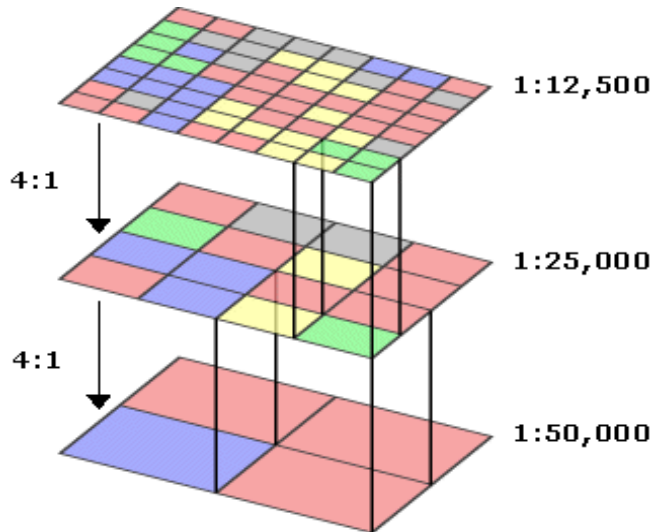
LIDAR

SONAR

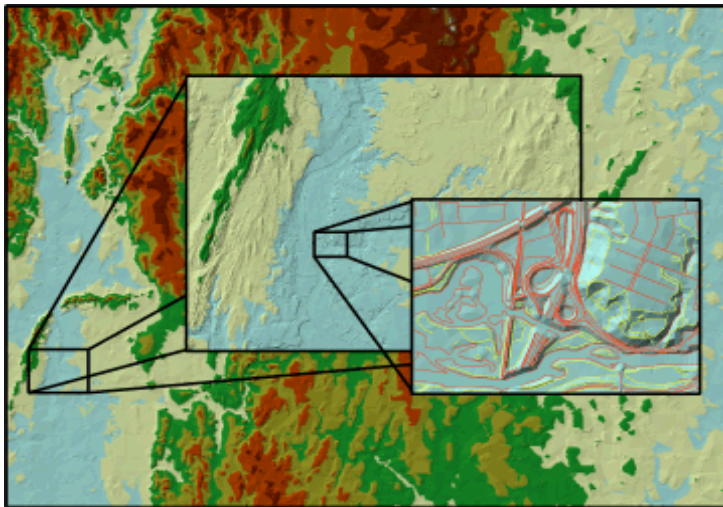
photogrammetric

pyramids

نمایش داده می شود. همانطور که در این شکل دیده می شود در هنگام ساخت پیرامید بزرگنمایی با افزایش مقیاس کاهش می یابد که در حالت گرافیکی در شکل ۶-۶ نمایان است.



شکل ۶-۵: مفهوم افزایش مقیاس در پیرامید



شکل ۶-۶: مدل ارتفاعی به فرمت Terrain

۶.۲. کاربرد مدل‌های ارتفاعی

مدل‌های رقومی ارتفاعی در ابتدا برای ذخیره سازی اطلاعات در باره ارتفاع و نمایش سه بعدی سطح زمین ابداع شد. اما امروزه از مدل رقومی ارتفاع در تهیه بسیاری از نقشه ها، اطلاعات مورد نیاز و تجزیه و تحلیل های مرتبط با زمین استفاده می شود که خلاصه ای از کاربردهای DEM به شرح زیر است (Thomson, Ken: ۲۰۰۵):

- پدیده های سطح زمین در حالت واقعی به صورت سه بعدی دیده می شوند لذا شبیه سازی چشم اندازهای سطح زمین از اهداف مهم مدل‌های سه بعدی است. در این راستا از مدل‌های رقومی ارتفاع به عنوان پس زمینه برای نمایش سایر منابع اطلاعاتی مانند پوشش جنگلی، کاربری زمین و پوشش گیاهی استخراج شده از عکس هوایی یا تصاویر ماهواره، استفاده می شوند.
- چون مدل‌های ارتفاعی دارای سه بعد طول، عرض و ارتفاع می باشد لذا امکان محاسبات مربوط به حجم فراهم است بنابراین از این مدل‌ها در محاسبات حجم آب دریاچه ها، حجم رسوب ذخیره شده یا از دست رفته، حجم عملیات خاکی به منظور تخمین زدن میزان خاک برداری و خاک ریزی در طول مسیر راهسازی و غیره استفاده می شود.
- چون توابع شیب و جهت آن در GIS بر اساس مدل‌های ارتفاعی محاسبه می شود. لذا حرکت بعضی از پدیده ها تابع این عامل هستند مانند آب‌های سطحی زمین، حرکت‌های دامنه ای، مسیر حرکت سیلاب. لذا مدل‌های سه بعدی در مطالعه این پدیده ها کاربرد زیادی دارد.
- پدیده های سطح زمین در هنگام روز تحت تأثیر حرکت ظاهری خورشید می باشند. لذا تفاوت هایی که آفتاب و سایه یا جهت تابش نور خورشید در پدیده ها ایجاد می کند، با این مدل‌ها قابل مطالعه است.
- مدل‌های رقومی ارتفاع در تحلیل های مشاهده ای کاربردهای ویژه ای دارد از جمله: از یک نقطه و یک زاویه بخصوص چه عوارضی و چگونه دیده خواهند شد، در مسیری مشخص کدام عوارض قابل رویت خواهند بود و ...

۶.۳. روشهای تولید مدل‌های ارتفاعی

۶.۳.۱. درون یابی

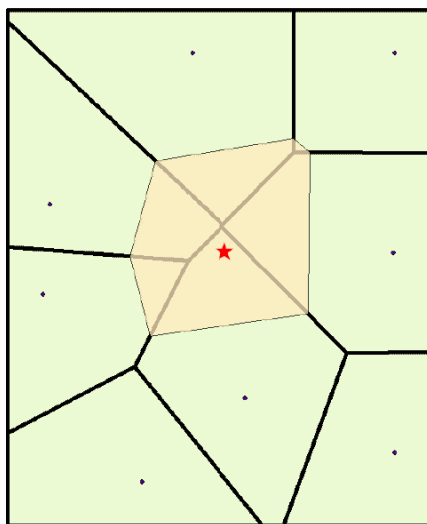
چون ارتفاع از متغیرهای پیوسته محسوب می شود لذا برای ساخت مدل تغییرات آن از روش های درون یابی نیز استفاده می شود. روشهای مهم و پرکاربرد درون یابی در فصل چهارم بحث شد در اینجا به شرح روشی در درون یابی پرداخته می شود که در ساخت مدل‌های سه بعدی کاربرد بیشتری دارد.

- درون یابی همسایگی طبیعی : همسایگی طبیعی از روشهای وزنی در درون یابی است. روش وزن دهی نقاط اندازه گیری شده یا معلوم به این ترتیب است که نزدیکترین مجموعه نقاط معلوم نسبت به نقطه مجهول وزن دهی می شود و بر اساس حاصلضرب وزن در مقدار نقطه معلوم، درون یابی انجام می شود (Sibson, ۱۹۸۱). این درون یابی به درون یابی سیسون یا درون یابی مساحت ربایی نیز معروف است. ویژگی اساسی این درون یابی محلی بودن آن و استفاده از نمونه های اطراف نقاط مجهول است. در این درون یابی مقدار برآورد شده برای نقطه مجهول در بازه نقاط نمونه گیری است و هیچگاه نقاطی مانند قله یا چاله در درون یابی ایجاد نمی شود. این روش هموار سازی برای تمام نقاط تخمینی انجام می دهد به بیانی دیگر در این روش تغییری در مقدار نمونه گیری های ارتفاعی رخ نمی دهد و استفاده از داده های برداری برای مشخص کردن عوارضی شبیه جاده ها، منابع آب و عوارض دست ساز انسان عملی نیست. این مدل بر اساس شعاع تعریف شده برای پیدا نمودن نزدیکترین نقاط عمل می کند و به نمونه گیری منظم یا نامنظم توجهی ندارد (Watson, ۱۹۹۲).

اجرای این روش به این ترتیب است که ابتدا برای تمام نقاط نمونه گیری که ارتفاع آنها معلوم یا مجهول است، پلیگون تیسن ترسیم می شود. پلیگون های

^۱ Natural Neighbor Interpolation
Sibson or "area-stealing"

نقاط معلوم که روی پلیگونهای نقاط مجهول قرار گرفته اند، براساس درصد مساحت وزن دهی می شوند و مقدار ارتفاع در نقطه مجهول برآورد می شود. برای درک این مطلب به شکل ۶-۷ توجه کنید. پلیگونهای تیسن در اطراف نمونه ها ترسیم شده است. نقطه ای که با ستاره مشخص است، مقدار ارتفاع آن مجهول است و برای آن پلیگون تیسن ترسیم شده که با سایر پلیگونهای معلوم رویهم قرار گیری دارد. نقطه های معلوم به اندازه مساحت پلیگون تحت اشغال خود، وزندهی می شوند. مقدار ارتفاع نقطه مجهول، میانگین وزنی نمونه هایی است که با آن دارای پلیگون مشترک می باشند.



شکل ۶-۷: درون یابی به روش همسایگی طبیعی

۶.۳.۲. مثلث بندی

شبکه نامنظم مثلث بندی (TIN) سالهای زیادی است که در GIS برای ساختن مدل ناهمواری زمین استفاده می شود. این روش اولین بار در سال ۱۹۷۸ به وسیله پیوکر^۱ و همکارانش (۱۹۷۵) مطرح شد. TIN یک نوع داده جغرافیایی برداری مبنا است ساختار توپولوژیک برداری آن شبیه ساختار شبکه های چند ضلعی می باشد که بر اساس مجموعه های نقطه شکل گرفته اند. مجموعه نقاط در مثلث بندی در رئوس مثلثها قرار می گیرند که گره نامیده می شود. این گره ها بوسیله اضلاع مثلث یا لبه ها^۴ به هم متصل شده و برای تولید شبکه مثلث ها بکار می روند.

روشهای مختلف مثلث بندی وجود دارد که روش مثلث بندی دلونی در ساختن مدل سه بعدی از سطح زمین در GIS کاربرد بیشتری دارد. در تکنیک دلونی نقاط ارتفاعی در رئوس مثلثها قرار می گیرد و لبه ها نقاط را به هم متصل می کند. چون مثلث بندی به تعداد نقاط نمونه بستگی دارد لذا اگر تعداد نقاط زیاد باشد TIN دارای بزرگنمایی بیشتری هستند زیرا مثلثهای بیشتری ساخته می شوند. قرار دادن عوارض سطح زمین به صورت نقطه، خط یا سطح، TIN را به نحوی تولید می کند که نمایش بهتری از پدیده های سطح زمین داشته باشد. شبکه های نامنظم مثلثی دقیق ترین مدل های سه بعدی هستند که در هر مقیاسی و با هر تعداد نمونه قابل تولید هستند و در تحلیل های سه بعدی کاربرد بیشتری دارند.

- اجزاء مدل داده تین (TIN): یک مدل داده تین ترکیبی از گره ها، لبه ها، مثلثها، پوسته پلیگونها و توپولوژی است. این مدل داده دارای ۷ فایل است که به صورت دودویی کدبندی شده و کدهای آن توسط ویرایشگر های متنی قابل خواندن نیست.

^۱ Peuker, T.K

^۲ Vector base

^۳ node

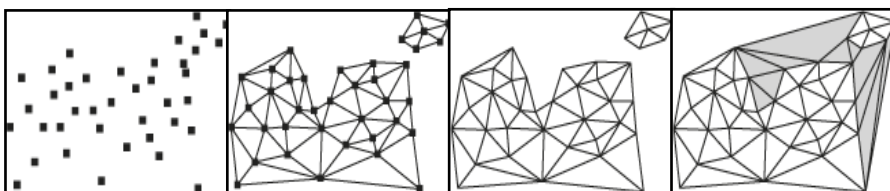
^۴ Edge

^۵ hull polygons

^۶ topology

^۷ binary format

- گره ها: گره ها اساس مثلث بندی را تشکیل می دهند زیرا بر اساس نقطه ها و خطوط ارتفاعی ساخته می شوند. هر گره دارای مقدار ارتفاع مشخص است و در یک مثلث ثبت می شوند.
- لبه ها: هر گره با یک لبه به نزدیکترین گره دیگر متصل می شود تا مثلث ها را تشکیل دهند. هر گره ممکن است دو یا بیشتر لبه داشته باشد اما هر لبه دارای دو گره است که هر گره ارتفاع مشخص دارد بنابراین امکان محاسبه شیب در امتداد یک لبه فراهم است. عوارض خطی شبیه جاده ها و رودها در این مدل ها در لبه ها قرار می گیرند.
- مثلث ها: هر سطح کوچک مثلثی رفتار تین را تشریح می کند. مختصات طول، عرض و ارتفاع هر گره برای محاسبه اطلاعاتی مانند شیب، جهت شیب و میزان ارتفاع هر مثلث استفاده می شود اما بررسی های کلی مثلثها، اطلاعات دیگری مانند محاسبه حجم، ایجاد نیمرخ ارتفاعی، تجسم سه بعدی و . . . را تولید می کند.
- پوسته: پوسته تین یک زون ارتفاعی است که از یک یا چند پلیگون ساخته شده است و میزان ارتفاع زونها با درون یابی مشخص می شود و پلیگونیایی که برجسته نیستند عموماً پوسته ها را تشکیل می دهند. پوسته های برجسته یا فرورفته پلیگونیایی با ماهیت خاصی هستند که لبه های مثلث ها با اتصال بین نقاط، سطوح برجسته را می سازند. شکل ۶-۸ اجزاء مثلث بندی را به ترتیب از چپ به راست نشان می دهد.



شکل ۶-۸: اجزاء مثلث بندی (گره ها، لبه ها، مثلثها و پوسته)

۶.۴. تبدیل مدل‌های سه بعدی

نوع داده مورد استفاده در انتخاب روش ساخت مدل سه بعدی اهمیت ویژه ای دارد. بعضی از مدل‌های سه بعدی با هدف نمایش سطح زمین ساخته می شوند. این مدل‌ها معمولاً از عوارض سطح زمین در تولید مدل ارتفاعی بهره می برند، برای نمونه اگر از خطوط تقسیم آب، خط القعرها و بریدگی های شیب در تولید مدل ناهمواری های سطح زمین استفاده شود، مدل سه بعدی به زمین شبیه تر می شود. از طرف دیگر چنین مدلی چون بر مبنای شبکه مثلث‌ها ایجاد می شود، قابل استفاده در تحلیل های مکانی نیست، لذا امکان تبدیل مدل‌های ارتفاعی به همدیگر و یا به نقشه های برداری فراهم است. دقت مکانی و ارتفاعی مدل‌های سه بعدی وابسته به داده های مورد استفاده است و هنگام تبدیل در صورت تغییر اندازه واحد تغییر می کند. مهمترین تبدیلهای مورد استفاده در GIS عبارتند از:

- **تبدیل رستر به تین:** امروزه مدل های ارتفاعی به فرمت رستر توسط سازمانهای مختلف از جمله سازمان زمین شناسی امریکا تولید می شود منابع ارتفاعی این مدل‌ها از تصاویر ماهواره ای زوج یا سنجنده های راداری مانند SRTM تأمین می شود. از مهمترین مدل های رقومی ارتفاع، DEM های هستند که در ابعاد $7,5 \times 7,5$ دقیقه یا به عبارتی 14×12 کیلومتر با بزرگنمایی 30×30 متر تولید می شوند و سیستم تصویر آنها UTM است (Mark, D.). برای به دست آوردن مدل ارتفاعی دقیق و شبیه به زمین می توان آنها را به تین تبدیل نمود و سپس با استفاده از عوارض زمینی به فرمت برداری آنها را اصلاح نمود.

مثلاً بندی ابتدا لایه رستر را به نقطه ارتفاعی تبدیل می کند به طوری که برای هر پیکسل یک نقطه در مرکز آن در نظر می گیرد. سپس بین نقطه ها سطوح پله ای در حد مقدار انحراف مجاز ارتفاع ایجاد می کند (شکل ۶-۹)

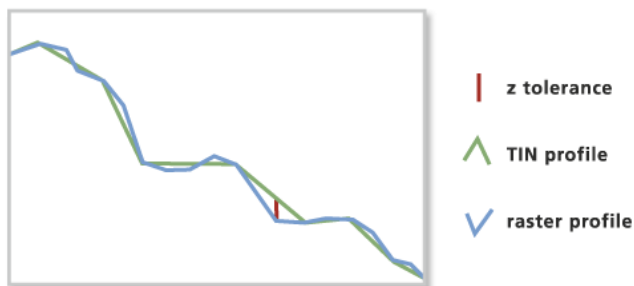
مقدار انحراف مجاز قابل تعریف است ولی اکثر نرم افزارها به طور پیش فرض از ۱/۱۰ استفاده می کنند. مثلث ها براساس زون های ارتفاعی رستر، در تین ایجاد می شوند (شکل ۶-۱۰). هر چقدر توپوگرافی سطح زمین ناهموارتر باشد استفاده از پیکسل های کوچکتر، در نتیجه نقاط ارتفاعی بیشتر الزامی است. ارتفاع در مدل های سه بعدی، بر حسب متر است و چون در تبدیل مدل ارتفاعی واحد طول و عرض با ارتفاع یکسان محسوب می شود لذا توجه به تبدیل واحد ضروری است. برای مثال اگر واحد مختصات رستر فوت باشد هنگام تبدیل آن به تین از ضریب ۰/۳۰۴۸ استفاده می شود. شکل کلی دستور تبدیل رستر به تین در نرم افزار ArcGIS به این ترتیب است.

```
RasterTin_3d <in_raster> <out_tin> {z_tolerance} {max_points}
{z_factor}
```

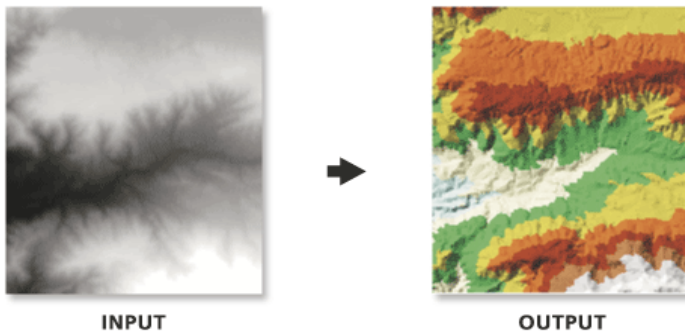
به عنوان مثال:

```
Rastertin_3D d:\workspace\elev_dem d:\workspace\elev_tin ۱۰
۱۰۰۰۰ ۲
```

در مثال فوق مقدار انحراف مجاز ۱۰ متر، حداکثر تعداد نقاط مورد استفاده در تبدیل ۱۰۰۰۰ و ضریب تبدیل واحد ۲ است. حداکثر استفاده از نقاط در ساختن تین که در مثال فوق ۱۰۰۰۰ ذکر شده است. به این مفهوم است که اگر مقدار انحراف مجاز کم باشد تعداد گره های بیشتری برای ساختن تین لازم است. البته می توانند ۱۵ تا ۲۰ میلیون گره را اجرا نمایند. win۳۲ کامپیوتر های با



شکل ۶-۹: مقایسه تغییرات ارتفاع در تبدیل مدل ارتفاعی رستری به تین



شکل ۶-۱۰: تبدیل مدل ارتفاعی رستری به تین

تبدیل تین به محدوده سه بعدی : از تین ها می توان وکتور های سه بعدی به صورت پلیگون و پلی لاین تهیه نمود. این بردارها براساس روش درون یابی همسایگی طبیعی تهیه می شود و فقط مرز پلیگونها دارای ارتفاع است و داخل آنها بدون ارتفاع است (شکل ۶-۱۱). شکل کلی دستور این تبدیل در نرم افزار ArcGIS به این ترتیب است.

TinDomain_3d <in_tin> <out_feature_class> <LINE | POLYGON>

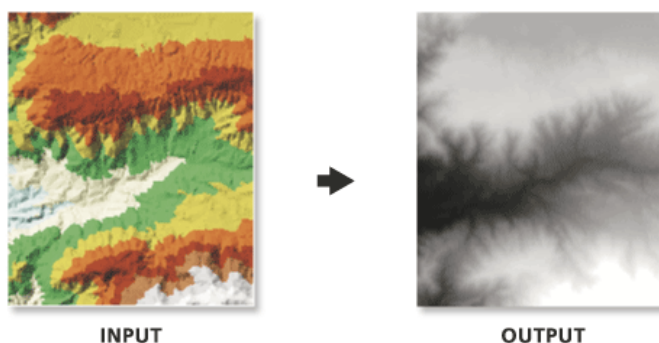


شکل ۶-۱۱: تبدیل مدل ارتفاعی تین به محدوده سه بعدی

- تبدیل مدل تین به رستر: شبکه های نامنظم مثلثی را می توان از طریق درون یابی به رستر تبدیل نمود. مقدار ارتفاع هر سلول بر اساس زون ارتفاعی که مرکز سلول در آن قرار می گیرد، تعیین می شود و در درون یابی سلولها از مدل های خطی یا همسایگی طبیعی استفاده می شود. در مدل درون یابی خطی، تین مسطح فرض می شود و مقدار ارتفاع هر سلول بر اساس مثلثی که مرکز

سلول در داخل آن قرار گرفته، تعیین می شود. اما در درون یابی همسایگی طبیعی مدل ارتفاعی رستری هموارسازی بیشتری دارد زیرا مثلثی که با سلول مورد نظر رویهم قرار می گیرند، وزن دهی می شوند و میانگین وزنی آنها به عنوان ارتفاع مثلث در نظر گرفته می شود. فرمت دستور این تبدیل به شرح ذیل است.

```
TinRaster_3d <in_tin> <out_raster> {FLOAT | INT} {LINEAR |  
NATURAL_NEIGHBORS} {OBSERVATIONS | CELLSIZE} {z_factor}
```

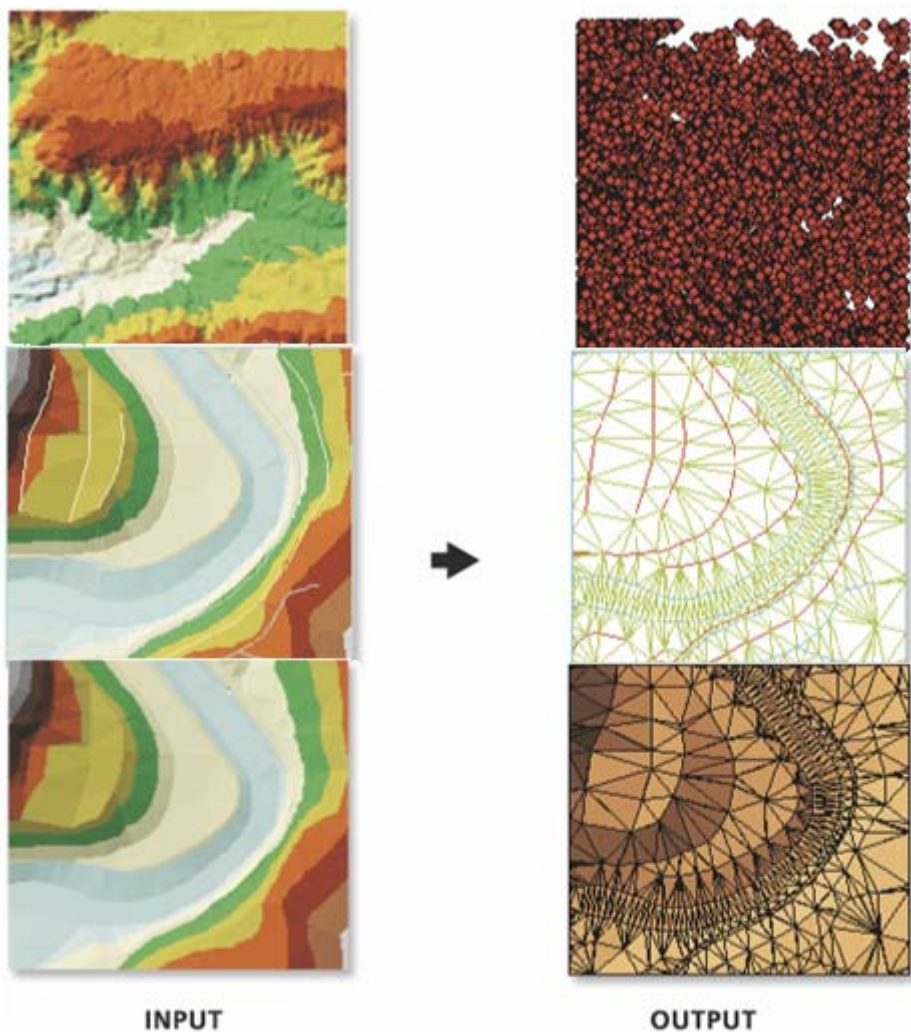


شکل ۶-۱۲: تبدیل مدل ارتفاعی تین به رستر

همانطور که در فرمت دستور تبدیل ملاحظه می شود، در تبدیل تین به رستر می توان با انتخاب INT از اعداد صحیح برخوردار بود و همچنین با انتخاب OBSERVATIONS به جای اندازه پیکسل، میزان سلولهای رستر را تعیین نمود.

- **تبدیل تین به وکتورهای سه بعدی:** یکی از ویژگیهای مدل‌های سه بعدی تین، تبدیل آنها به لایه های برداری سه بعدی می باشد. چون تین ها دارای اجزاء نقطه (رئوس مثلثها)، خط (اضلاع مثلثها) و پلیگون (سطوح مثلثها) می باشند، لذا می توان لایه های برداری سه بعدی نقطه، خط و سطح از آنها استخراج نمود. شکل ۶-۱۲ استخراج سه مدل لایه برداری از تین را نشان می دهد. پلیگون های استخراج شده از مدل تین یک لایه سایه روشن است و امکان تعیین جهت خورشید و بلندای آفتاب برایش وجود دارد. فرمت کلی دستورات تبدیل به شرح ذیل است. منظور از tag_field در دستورات زیر، کد بندی مثلثها در مدل سه بعدی می باشد.

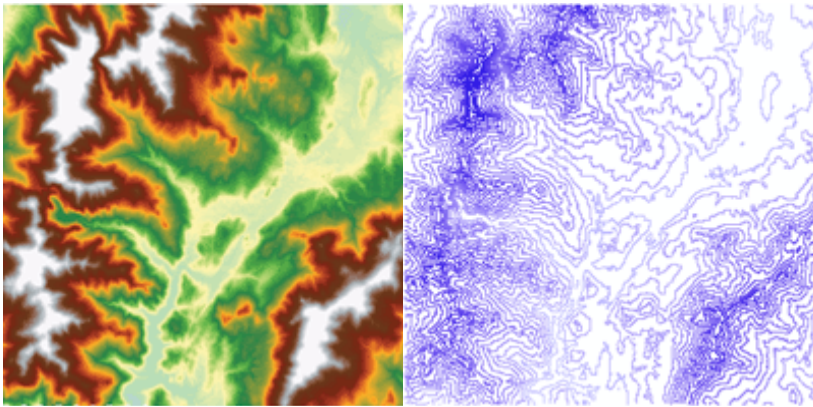
```
TinNode ۳d <in_tin> <out_feature_class> {spot_field} {tag_field}
TinEdge ۳d <in_tin> <out_feature_class> {edge_type}
TinTriangle ۳d <in_tin> <out_feature_class> {units} {z_factor}
{HILLSHADE} {tag_field}
```



شکل ۶-۱۳: تبدیل مدل ارتفاعی تین به وکتور های سه بعدی

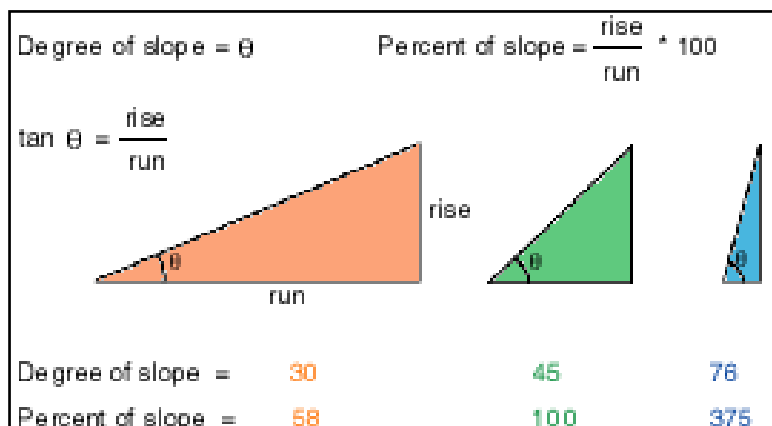
۶.۵. نقشه های حاصله از مدل‌های سه بعدی

منحنی های میزان یا کتور : منحنی های میزان خطوطی هم ارزش هستند که به طور مساوی کم یا زیاد می شوند و در امتداد خود ارتفاع یکسان را نمایش می دهند. اگر ارتفاع به تدریج کم شود این خطوط از هم فاصله می گیرند و اگر تغییرات ارتفاع شدید باشد این خطوط به هم نزدیک می شوند. در ساده ترین روش برای ترسیم کتور ها اختلاف ارتفاع در یک مدل ارتفاعی محاسبه می شود و بر تعداد کتورها تقسیم می شود و فاصله دو منحنی میزان به دست می آید یا اختلاف ارتفاع بر فاصله منحنی های هم ارتفاع تقسیم می شود و تعداد خطوط هم ارتفاع به دست می آید. در هر دو صورت فاصله کتور ها مساوی است. برای هموار سازی خطوط منحنی های میزان سه روش وجود دارد در روش اول که بر مدل های سه بعدی رستری قابل اجرا است با در استفاده از توابع اختلاف ارتفاع در مدل را کاهش می دهند برای مثال از مدل میانگین گرفته می شود. در روش دوم که بر روی کتور اجرا می شود به این ترتیب است که افست های کوچک جایگزین کتور ها می شود و در نتیجه اختلاف ارتفاع در مدل کاهش می یابد. در مدل های تین کتور ها از خطوط تغییر شیب عبور می کنند در نتیجه خشن تر می باشند (شکل ۶-۱۳). کتور ها لایه های خطی دو بعدی هستند که ارتفاع در جدول داده های توصیفی آنها قرار دارد.



شکل ۶-۱۴: کنتور های حاصله از مدل تین

- **شیب :** شیب به درجه تانژانت زاویه است که از تقسیم اختلاف ارتفاع بین دو نقطه (rise) بر فاصله افقی (run) آنها محاسبه می شود و برای تبدیل به درصد حاصل تقسیم در ۱۰۰ ضرب می شود (شکل ۶-۱۴). در مدل های سه بعدی رستری حداکثر تغییرات ارتفاع از یک سلول تا ۸ سلول همسایه است. به طور مفهومی تابع شیب شبکه ۳×۳ از سلولها را در نظر می گیرد و برای سلول مرکزی شیب را بر اساس فرمول های زیر محاسبه می کند (Burrough, P. A., ۱۹۹۸ and McDonell, R.A., (شکل ۶-۱۵). تغییرات افقی ارتفاع در سلول مرکزی (dz/dx) و تغییرات عمودی ارتفاع (dz/dy) شیب را تعیین می کند. در لبه های مدل برای محاسبه شیب از سه سلول استفاده می شود.



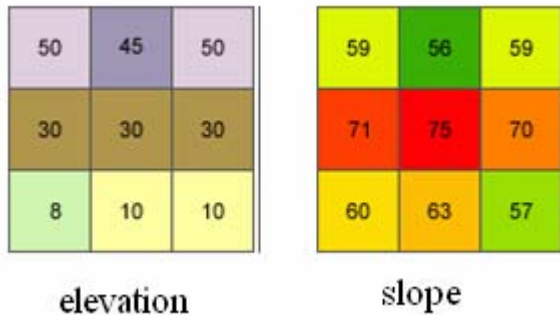
شکل ۶-۱۵: مفهوم شیب به درجه و درصد

a	b	c
d	e	f
g	h	i

شکل ۶-۱۶: شبکه محاسبه شیب

$\text{slope_radians} = \text{ATAN}(\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)})$
 $\text{slope_degrees} = \text{ATAN}(\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)}) \times ۵۷,۲۹۵۷۸$
 $\text{slope_degrees} = \text{ATAN}(\text{rise_run}) \times ۵۷,۲۹۵۷۸$
 where: $\text{rise_run} = \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)}$
 $[dz/dx] = ((c + ۲f + i) - (a + ۲d + g)) / (۸ \times x_cell_size)$
 $[dz/dy] = ((g + ۲h + i) - (a + ۲b + c)) / (۸ \times y_cell_size)$

برای درک بهتر رابطه‌های فوق به مثال زیر توجه کنید: در شکل ۶-۱۶ مقدار ارتفاع در سلول مرکزی و ۸ سلول همسایه در ماتریس سمت چپ است و در ماتریس سمت راست میزان شیب برای سلول مرکزی ۷۵/۲۵ محاسبه شده، که عدد صحیح آن به عنوان شیب سلول مرکزی در نظر گرفته شده است.



شکل ۶-۱۷: محاسبه شیب بر اساس ارتفاع

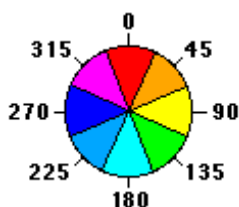
$$\begin{aligned}
 [dz/dx] &= ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (\lambda \times x_cell_size) \\
 &= ((50 + 60 + 10) - (50 + 60 + 8)) / (8 \times 5) \\
 &= (120 - 118) / 40 \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [dz/dy] &= ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (\lambda \times y_cell_size) \\
 &= ((8 + 20 + 10) - (50 + 90 + 50)) / (8 \times 5) \\
 &= (38 - 190) / 40 \\
 &= -3,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 rise_run &= \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)} \\
 &= \sqrt{(0,05)^2 + (-3,8)^2} \\
 &= \sqrt{0,0025 + 14,44} \\
 &= 3,80032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 slope_degrees &= ATAN(rise_run) \times 57,29578 \\
 &= ATAN(3,80032) \times 57,29578 \\
 &= 1,31349 \times 57,29578 \\
 &= 75,25762
 \end{aligned}$$

جهت شیب: جهت شیب در واقع جهت حداکثر تغییرات شیب است که به زاویه بر اساس نمودار ۶-۱۷ نمایش داده می شود. محاسبه جهت شیب هم مانند شیب بر اساس شبکه ۳×۳ (شکل ۶-۱۵) و فرمول های زیر انجام می شود (Hyunsuk, ; Araya, Shinji, Araya, Ryo; Jin, 2002)



شکل ۶-۱۸: نمودار زاویه جهت شیب

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / \Delta$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / \Delta$$

$$\text{aspect} = 57,29578 \times \text{atan2}([dz/dy], -[dz/dx])$$

if aspect < 0

cell = 90,0 - aspect

else if aspect > 90,0

cell = 360,0 - aspect + 90,0

else

cell = 90,0 - aspect

به شکل ۶-۱۸ توجه کنید یک ماتریس ارتفاعی را نشان می دهد که بر اساس روابط فوق برای سلول مرکزی جهت شیب محاسبه شده است:

$$\begin{aligned} [dz/dx] &= ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / \Delta \\ &= ((85 + 170 + 84) - (101 + 202 + 101)) / 8 \\ &= -8,125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [dz/dy] &= ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / \Delta \\ &= ((101 + 182 + 84) - (101 + 184 + 85)) / 8 \\ &= -0,375 \end{aligned}$$

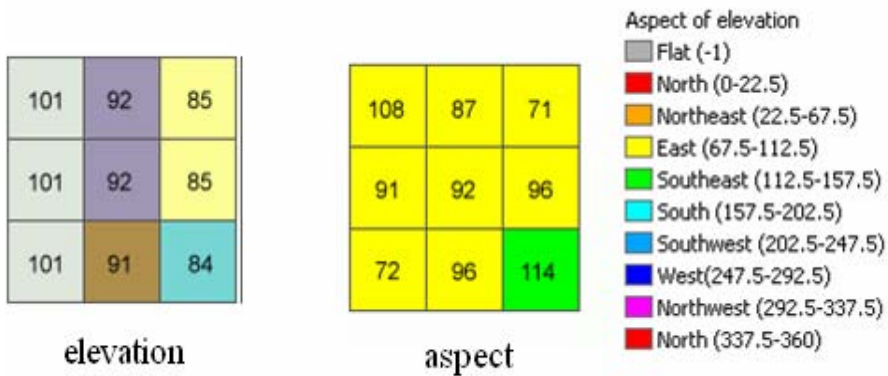
$$\begin{aligned} \text{aspect} &= 57,29578 \times \text{atan2}([dz/dy], -[dz/dx]) \\ &= 57,29578 \times \text{atan2}(-0,375, 8,125) \\ &= -2,64 \end{aligned}$$

$$\text{Cell} = 90,0 - \text{aspect}$$

$$= 90 - (-2,64)$$

$$= 90 + 2,64$$

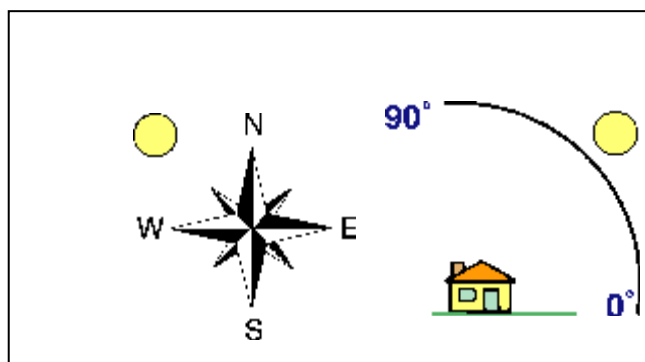
$$= 92,64$$



شکل ۶-۱۹: محاسبه جهت شیب بر اساس ارتفاع

- سایه روشن : نقشه سایه روشن نورپردازی فرضی از مدل سه بعدی است که در آن میزان نور دریافتی توسط هر سلول نسبت به سلولهای همسایه مشخص می شود. نقشه های سایه روشن کیفیت نمایش سه بعدی را افزایش می دهند بویژه هنگامی که در زیر لایه های سطح زمین قرار داده می شوند و لایه های رویی شفاف می شوند. میزان سایه روشن آنها در رنج خاکستری به صورت اعداد صحیح بین ۰ تا ۲۵۵ از سیاه تا سفید می باشند. این بازه توسط دو زاویه تعریف می شود. زاویه آزیموت که زاویه جهت تابش خورشید می باشد و مقدار آن از شمال در جهت خلاف عقربه های ساعت بین ۰-۳۶۰ می باشد برای مثال در شرق، آزیموت ۹۰ درجه و در شمالغرب، ۳۱۵ درجه است. زاویه آلتیتود که شیب یا بلندای آفتاب نسبت به افق است بدین معنا که هنگامی که آفتاب در افق است (زمان طلوع و غروب خورشید) میزان زاویه صفر است و هنگامی که آفتاب بالای سر است (ظهر) مقدار آن ۹۰ درجه است (شکل ۶-۱۹).

^۱ Hillshade
^۲ hypothetical illumination
^۳ transparency
^۴ azimuth
 altitude



شکل ۶-۲۰: نمودار تعیین زاویه آزیموت و آلتیوتود از چپ به راست

اگر از نقشه های سایه روشن در زیر لایه هایی مانند پوشش گیاهی، جاده ها، خیابانها، رودها و... استفاده شود نمایش واقعی تری از این پدیده ها به دست می آید. همچنین با تنظیم شرایط خورشید در روز با نقشه های سایه روشن می توان در سایه یا در آفتاب بودن پدیده ها را تعیین کرد. شکل ۶-۲۰ یک لایه سایه روشن را نشان می دهد. لایه های سایه روشن بر اساس شیب و جهت آن با استفاده از رابطه ساخته می شوند (Burrough, P. A. and McDonell).

$$(1) Hillshade = 255,0 \times ((\cos(Zenith_rad) \times \cos(Slope_rad)) + (\sin(Zenith_rad) \times \sin(Slope_rad) \times \cos(Azimuth_rad - Aspect_rad)))$$

که در آن زاویه Zenith برحسب درجه و از رابطه ۲ محاسبه می شود. چون فرمول نقشه سایه روشن برحسب رادیان است لذا بر اساس رابطه ۳ به رادیان تبدیل می شود. زاویه آزیموت نیز ابتدا بر حسب درجه براساس شکل ۶-۱۹ و رابطه ۴ تعریف می شود و چون این زاویه مساوی یا کوچکتر از ۳۶۰ درجه است از ۳۶۰ درجه تفریق می شود (رابطه ۵) و بر اساس رابطه ۶ به رادیان تبدیل می شود.

$$(2) Zenith_deg = 90 - Altitude$$

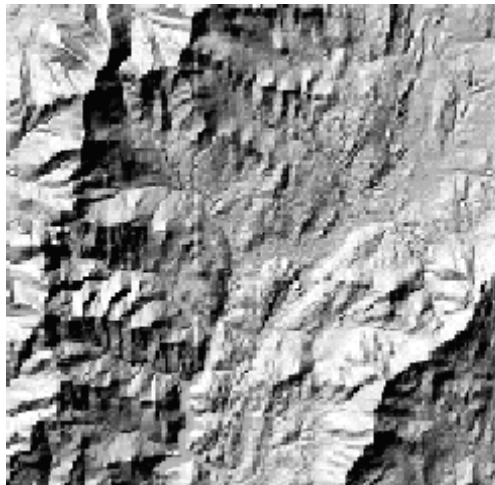
$$(3) Zenith_rad = Zenith \times \pi / 180,0$$

$$(4) Azimuth_math = 360,0 - Azimuth + 90$$

$$(5) Azimuth_math = Azimuth_math - 360,0$$

$$(6) Azimuth_rad = Azimuth_math \times \pi / 180,0$$

لازم به ذکر است که چون تعیین زوایای آزیموت و آلتیئود بر اساس عرض جغرافیایی است و ارتفاع در مدل‌های سه بعدی به متر است لذا مدل‌های سه بعدی که مختصات آنها درجه دقیقه است برای تهیه نقشه سایه روشن از فاکتور تبدیل درجه عرض جغرافیایی به متر استفاده شود (جدول ۶-۱).



شکل ۶-۲۱: نقشه سایه روشن

جدول ۶-۱: فاکتور تبدیل عرض جغرافیایی به متر در نقشه سایه روشن

Latitude	Z-factor
۰	۰,۰۰۰۰۰۸۹۸
۱۰	۰,۰۰۰۰۰۹۱۲
۲۰	۰,۰۰۰۰۰۹۵۶
۳۰	۰,۰۰۰۰۱۰۳۶
۴۰	۰,۰۰۰۰۱۱۷۱
۵۰	۰,۰۰۰۰۱۳۹۵
۶۰	۰,۰۰۰۰۱۷۹۲
۷۰	۰,۰۰۰۰۲۶۱۹
۸۰	۰,۰۰۰۰۵۱۵۶

خودآزمایی ۶

۱. مدل مثلث بندی در GIS براساس کدام روش مثلث بندی می باشد؟
الف) دلونی ب) رستری ج) بُرداری د) تیسن
۲. در مدل Terrain که بر مبنای مثلث بندی ایجاد می شود به منظور کاهش حجم چه چیزی ساخته می شود؟
الف) مدل ارتفاعی ب) مدل گرافیکی ج) مدل درون یابی د) پیرامید
۳. ویژگی اساسی این درون یابی محلی بودن آن و استفاده از نمونه های اطراف نقاط مجهول است؟
الف) درون یابی مثلث بندی ب) درون یابی همسایگی طبیعی
ج) درون یابی IDW د) درون یابی تین
۴. این جزء تین یک زون ارتفاعی است که از یک یا چند پلیگون ساخته شده است؟
الف) مثلث ها ب) گره ها ج) رئوس د) پوسته
۵. شبکه های نامنظم مثلثی را از چه طریقی می توان به رستر تبدیل نمود.
الف) درون یابی ب) ارتفاع یابی ج) شبکه بندی د) بُرداری
۶. جهت حداکثر تغییرات شیب را چه می نامند؟
الف) زاویه شیب ب) جهت شیب ج) نمودار شیب د) تغییرات شیب
۷. برای نمایش واقعی تر پدیده های مانند پوشش گیاهی، جاده ها، خیابانها و... از کدام روش استفاده می شود.
- الف) نقشه های سایه روشن ب) شیب ج) تغییر شیب د) افست های کوچک
۸. این زاویه جهت تابش خورشید می باشد و مقدار آن از شمال در جهت خلاف عقربه های ساعت بین ۰-۳۶۰ می باشد؟
الف) زاویه آزیموت ب) زاویه آلتیداد ج) زاویه برینگ د) زاویه آلتیتود

۹. در لبه های مدل برای محاسبه شیب از چند سلول استفاده می شود؟
 الف) هشت سلول ب) سه سلول ج) یک سلول د) نه سلول
 ۱۰. مدل های تین کتور ها از کجا عبور می کنند که در نتیجه خشن تر می باشند؟
 الف) خطوط تغییر شیب ب) از محل یکسانی شیب
 ج) از زوایه شیب د) جهت شیب

۱. مدل رقومی ارتفاع را تعریف کنید؟
 ۲. از روشهای تولید مدلهای ارتفاعی، درون یابی همسایگی طبیعی را توضیح دهید؟
 ۳. از مدلهای سه بعدی چه نوع نقشه های تولید می شود؟
 ۴. نقشه سایه روشن چیست و چه ویژگی دارند؟
 ۵. شیب چگونه محاسبه می شود؟

پاسخ ۶

۱. الف	۲. د	۳. ب	۴. د	۵. الف
۶. ب	۷. الف	۸. الف	۹. ب	۱۰. الف

منابع و مآخذ

- ا.ج. رایل، ایرابل کلارک و دیگران (۱۳۶۹). *زمین آمار*. ترجمه حسن مدنی، تهران، صنعت فولاد.
- آرنوف، استن (بهار ۱۳۷۵). *سیستمهای اطلاعات جغرافیایی*. ترجمه سازمان نقشه برداری کشور، چاپ اول. تهران سازمان نقشه برداری کشور.
- آزموده اردلان، علیرضا و همکاران (۱۳۷۸). *مقالاتی در باره سیستمهای اطلاعات جغرافیایی GIS*. تهران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- استار، جفری؛ جان استس (بهار ۱۳۷۷). *مقدمه ای بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)*. ترجمه سید حسین ثنایی نژاد، چاپ دوم، مشهد، جهاد دانشگاهی مشهد.
- انجمن سنجش از دور ژاپن (پاییز ۱۳۷۵). *مبادی سنجش از دور*. ترجمه فرشید جاهدی و شاهرخ فرخی، تهران، مرکز سنجش از دور ایران.
- اویرمایر، ان.جی؛ جی.کی، پیتو (تابستان ۱۳۷۸). *مدیریت سیستمهای اطلاعات جغرافیایی*. ترجمه مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران، تهران، مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.
- بارو، پی. ای (پاییز ۱۳۷۶). *سیستمهای اطلاعات جغرافیایی*. ترجمه حسن طاهر کیا، تهران، سمت.
- بهفروز، فاطمه (۱۳۷۸). *فلسفه روش شناسی تحقیق علمی در جغرافیا*. تهران، دانشگاه تهران.
- تی تی دژ، امید (زمستان ۱۳۸۵). *خودآموز Arc GIS و مفاهیم GIS*. چاپ سوم، تهران، موسسه فرهنگی هنری شمال پایدار - دانشگاه شمال.
- ثنایی نژاد، سید حسین؛ حسن علی فرجی سبکبار (پاییز ۱۳۷۸). *کاربرد GIS با استفاده از ARC/INFO در برنامه ریزی شهری و منطقه ای*. مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

- جداری عیوضی، جمشید (بهمن ۱۳۸۶). نقشه و نقشه خوانی در جغرافیا. چاپ دوم، تهران، دانشگاه پیام نور.
- جهانی، علی؛ سوسن مسگری (۱۳۸۰). GIS به زبان ساده. تهران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- حسنی پاک، علی اصغر (تابستان ۱۳۷۷). زمین آمار (ژئواستاتستیک). تهران، دانشگاه تهران.
- دایرةالمعارف دانش بشری (۱۳۴۹)، انتشارات امیر کبیر.
- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۴). تحلیلی بر فناوری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی. تبریز، دانشگاه تبریز.
- رضوانی، علی اصغر (۱۳۷۴). نقشه ها و نمودارهای موضوعی در جغرافیای انسانی. تهران، دانشگاه پیام نور.
- رضوانی، علی اصغر (۱۳۷۹). نقشه خوانی و آشنایی با نقشه ها. تهران، مرکز نشر و تحقیقات قلم آشنا (نشر به دید).
- رنجبر، ابوالفضل (زمستان ۱۳۸۱). نرم افزار Arc/Info. تهران، انگیزه.
- زبیری، محمود؛ علیرضا مجد (زمستان ۱۳۷۵). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. تهران، دانشگاه تهران.
- شکویی، حسین (۱۳۶۹). جغرافیای کاربردی و مکتبهای جغرافیایی. مشهد، آستان قدس رضوی.
- شکویی، حسین ۱۳۶۴ "تحلیلی بر ماهیت جغرافیا در مکتب علم فضایی" فصلنامه پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۲۶
- شهریاری، نادیا، ۱۳۷۵ " Metadata ضرورتی اجتناب ناپذیر در سیستمهای ملی اطلاعات جغرافیایی (NGIG)، نشریه نقشه برداری، سال پنجم، شماره ۲۰
- شهریاری، نادیا، ۱۳۷۸ " طراحی آژانس اطلاعات جغرافیایی ملی برای هزاره آینده " نشریه نقشه برداری، سال دهم، شماره ۳۹.
- صارمی، حمید رضا؛ علی عسگری (۱۳۸۳). تحلیل های GIS با ArcView برای بکارگیری در برنامه ریزی شهری. تهران، سازمان بسیج دانشجویی.

صالح، آبادی (۱۳۸۰). *GPS و کاربرد آن*. چاپ دوم، تهران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح،

عسگر زاده، شاپور، ۱۳۷۲، "بروز درآوردن نقشه های توپوگرافی کوچک مقیاس"، ماهنامه نقشه برداری.

فرج زاده اصل، منوچهر (بهار ۱۳۸۴). *سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم*. تهران، سمت.

فیضی، کامران (۱۳۷۴). *کامپیوتر و کاربرد آن (با تأکید بر جغرافیا)*. تهران، دانشگاه پیام نور.

قراگوزلو، علیرضا (تابستان ۱۳۸۴). *GIS و ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست*. چاپ دوم، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.

قریشی، اشرف السادات، ۱۳۸۱، "استفاده از معادلات Multi Quadratic به منظور کاهش خطای سیستماتیک در مثلث بندی هوایی"، ماهنامه نقشه برداری

قهرودی تالی، منیژه (بهار ۱۳۸۴). *سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی*. تهران، جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

قهرودی تالی، منیژه (بهار ۱۳۸۳). *کاربرد ArcView در ژئومرفولوژی*. تهران، جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

قهرودی تالی، منیژه (بهار ۱۳۸۳). *کاربرد ArcView در ژئومرفولوژی*. تهران، جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۷۷). «کاربرد مدلسازی داده های مکانی و زبانی SQL در مدیریت دفاعی»، دانشگاه امام حسین

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۱). «ارزیابی درونیابی به روش کریجینگ»، فصلنامه پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۳

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۵). «ارزیابی روشهای ساخت و اصلاح مدل های ارتفاعی»، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۷.

قهرودی تالی، منیژه (اردیبهشت ۱۳۸۴). «کاربرد Web GIS در مدیریت یکپارچه مخاطرات طبیعی»، دومین همایش بین المللی مدیریت امداد و نجات، جمعیت هلال احمر ایران.

قهرودی تالی، منیژه (بهار ۱۳۸۴). سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی. تهران، جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

قهرودی تالی، منیژه (مهر ۱۳۸۴). «پیش بینی سیلاب در حوضه سد گلستان (۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شبکه های عصبی مصنوعی»، کنفرانس مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آنها، تبریز.

قهرودی تالی، منیژه (مهر ۱۳۸۴). «کاربرد روشهای تحلیل واریانس در ارزیابی مدل های پهنه بندی بلایای طبیعی»، کنفرانس مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آنها،

قهرودی تالی، منیژه؛ محمد رضا ثروتی (۱۳۸۴). «کاربرد Metadata(GIS) در مدیریت یکپارچه نواحی ساحلی»، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۵

قوامیان، شاهین، ۱۳۷۹، "ایجاد زیر ساختار ملی داده های مکانی (NSDI)" نشریه نقشه برداری، سال یازدهم، شماره ۴۱.

کریم زادگان مقدم، داود (۱۳۸۳). اصول کامپیوتر ۲. تهران، دانشگاه پیام نور.

گرجی نژاد، سعید؛ کامبیز برنا (۱۳۸۱). خود آموز نرم افزار ArcView GIS تهران، ارس رایانه.

لتهام، لارنس (بهار ۱۳۸۳). GPS چگونگی استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی. ترجمه فرشاد نوریان و مسعود فرخنده، چاپ دوم، تهران، انتشارات مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر.

لورالمی، چارلز کینز (۱۳۸۲). آموزش جاوا در ۲۱ روز. چاپ چهارم، وزارت ارشاد.

لی، جی؛ دیوید وانگ (۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل آماری با ArcView GIS ترجمه محمدرضا حسین نژاد و فریدون قدیمی عروس محله، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

مالچفسکی، یاکچک (پاییز ۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. ترجمه اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، تهران، سمت.

متواضع، علی اکبر (۱۳۸۲). آموزش ICDL به زبان ساده مهارت اول: مفاهیم پایه فناوری اطلاعات. تهران، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.

متواضع، علی اکبر (۱۳۸۲). آموزش ICDL به زبان ساده مهارت پنجم: پایگاه‌های داده. تهران، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.

محمودی، فرج الله (۱۳۷۳). ژئومرفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی. تهران، دانشگاه تهران.

مخدوم، مجید و دیگران (زمستان ۱۳۸۰). ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی. تهران، دانشگاه تهران.

مدنی، حسن (زمستان ۱۳۷۳). مبانی زمین آمار. تفرش، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

مدیری، مهدی؛ خسرو خواجه (۱۳۷۸). اشاره ای به سیستمهای اطلاعات جغرافیایی GIS سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برنامه ریزی در سطح محلی. چاپ دوم، تهران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران (۱۳۷۶). کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی در جهان. تهران، مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.

مهدی نژاد، محمود (۱۳۷۱). نقشه خوانی در جغرافیا. نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف.

میر محمد صادقی، محمد؛ فتح الله غیور (زمستان ۱۳۸۲). کاربردهای مشترک GPS و GIS در ArcView همراه با مدل سازی. تهران، انتشارات فرات.

مینامی، مایکل (تابستان ۱۳۸۳). آموزش نرم افزار Arc GIS جلد اول (Arc Map – Arc View). تهران، فرات.

هاکسهولد، ویلیام (پاییز ۱۳۸۰). مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی شهری. ترجمه فرشاد نوریان، چاپ سوم، تهران، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری.

هاگت، پیتر (تابستان ۱۳۷۳). جغرافیا ترکیبی نو. ترجمه شاپور گودرزی نژاد، تهران، سمت.

هایام، دنی (۱۳۸۳). سامانه های اطلاعات مکانی. ترجمه غلامرضا فلاحتی و رضا احمدیه، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.

هایوود، یان؛ سارا کورنلیوس؛ استیو کارور (۱۳۸۱). مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی. ترجمه گیتی تجویدی، تهران، سازمان نقشه برداری.

هیوود، لن (۱۳۸۳). *طراحی سیستمهای اطلاعات جغرافیایی کتاب اول: مقدمه ای بر GIS*، مدلسازی مکانی. ترجمه حسین عالمی راد، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

واحد TGIS شهرداری تهران (زمستان ۱۳۷۵). *دومین مجموعه مقالات کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی*. تهران، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری.

ویلیامز، جانانان (پاییز ۱۳۷۶). *اطلاعات جغرافیایی از فضا*. ترجمه علی اصغر روشن نژاد، تهران، مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.

یاسوری، مجید (۱۳۸۳). *مبانی، کاربرد و نرم افزارهای GIS*. مشهد، آستان قدس رضوی.

- A Carol, Johnston (1998). *Geographical Information Systems in Ecology*. Publishers by Blackwell Science Ltd.
- A, Rolf; De by et all (2000). *Principles Of Geographical Information Systems An introductory textbook*. Netherlands, ITC.
- Bob, Booth (2000). *Using ArcGIS 3D Analyst . GIS by Esri*, Copyright , Environmental Systems Research Institute.
- Brimicombe Allan (2003). *GIS, Environmental Modelling and Engineering*. London New York, Taylor & Francis.
- Burrough, P.A (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Burrough, Peter and Rachael A, McDonnell (1998). *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press.
- C, Keith; Clark (2001). *Getting Started With Geographic System*. Third Edition, USA, Hall, Inc.
- Chrisman Nicholas (2002). *Exploring Geographical Information Systems*. USA, John Wiley & Sons.
- David H. Douglas and Thomas K. Peucker (1973) "Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Caricature", *Canadian Cartographer*, 10, No. 2 (December).
- Dutton, G. (1982). *Land Alive—Algorithm for 4-color hillshading*. perspect.comput.
- Esri , (2003), *ArcGIS Geodatabase Topology Rules*
- Esri, (2001), "Implementing European Metadata Using ArcCatalog "WEB , www.esri.com
- Esri, (2002), "Creating a Custom Metadata Synchronizer" WEB , www.esri.com

Esri,(2002)," Metadata and GIS "WEB , www.esri.com Estimates". *Journal of Soil Science*, no 37, pp 617-639.

Haas, Stephanie C, Elaine Henjum ,(2003) , " Darwin and MARC : A voyage of metadata discovery "University of Florida

Heine, G.W (1986). "A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods", *COGS Computer Contributions* 3 (no. 2),pp 60-72.

Heine, G.W (1986). "A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods", *COGS Computer Contributions*, 3 (no. 2), pp 60-72.

Heywood, Ian; Sarah Cornelius; Steve Carver (1998). *An Introduction Geographical Information Systems*. Singapore, Longman.

John Campbell. (1991) "Map Use and Analysis" Copyright© by Wm. C. Brown Publishers

Johnston, Kevin . Jay M . Ver Hoef ,Konstantin , Kirvoruchko , Neil , Lucas , (2001), Using Arc GIS , Geostatistical Analyst , Esri .

Jones Christopher (1997). *Geographical Information Systems And Computer Cartography*. Singapore, Longman.

Laurini , Robert ,2001"Information systems for Urban Planing"Taylor & Francis.

Mary Garvey, Mike Jackson, Martin Roberts. "An Object-Oriented GIS"

Mathron , G.(1973).The Intrinsic Random Function and their Application Advances in Applied Probability , No. 5

McBratney, A.B., and R. Webster (1986). "Choosing Functions for Semivariograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling Estimates", *Journal of Soil Science*,no 37,pp 617-639.

McBratney, A.B., and R. Webster (1986). "Choosing Functions for Semivariograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling

Mccoy , Jill and Kevin , Johnstom , (2001), Using ArcGIS Spatial Analyst ,Copyright Esri.

Mitchell, Andy (2005). *The Esri Guide ToGIS Analysis Volume 2: spatial Measurements & Statistics*. USA, Esri.

Monica Wachowicz (1999). "Object-Oriented Design For Temporal GIS". Taylor & Francis, pp 27- 43.

N, Michael; Demers (2002). *GIS Modeling In Raster*. USA, John Wiley & Sons.

O' Sullivan David and David J. Unwin (2003). *Geographical Information Analysis*. USA, John Wiley & Sons.

Oliver, M.A (1990). "Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems". *International Journal of Geographic Information Systems*, no 4, pp 313-332.

Peucker , T.K. and Chrisman,N.(1975) , Cartographic Data Structure .The American Cartographer..

Philip, G.M., and D.F. Watson (1982). "A Precise Method for Determining Contoured Surfaces", *Australian Petroleum Exploration Association Journal*, no 22, pp 205-212.

Press, W.H., S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, and B.P. Flannery (1988). *Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing*. New York, Cambridge University Press.

Press, W.H., S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, and B.P. Flannery (1988). *Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing*. New York, Cambridge University Press.

Royle, A.G., F.L. Clausen, and P. Frederiksen (1981). "Practical Universal Kriging and Automatic Contouring", *Geoprocessing*, no 1, pp 377- 394.

Royle, A.G., F.L. Clausen, and P. Frederiksen (1981). "Practical Universal Kriging and Automatic Contouring". *Geoprocessing*, no 1, pp 377-394.

Tate , Nicholas J , Peter M. Atkinson ,(2002) , Modeling Scale in Geographical Information Science , Published John Wiley & Sons.

Technical paper, ESRI Inc", (1996)., "Automation of Map Generalization: The Cutting-Edge Technology. It can be found in the White Papers section of ArcOnline at this internet address: <http://gis.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap1060/p1060.htm>.

Tor, Bernhardsen (2002). *Geographical Information Systems An Introduction*. Second Edition, New York, John Wiley & Sons.

Using the ArcView Spatial Analyst (1996). *ArcView Spatial Analyst Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data*. USA Environmental Systems Research Institute.

Watson, D.F., and G.M. Philip (1985). "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation", *Geoprocessing*, no 2, pp 315-327

Watson, D.F., and G.M. Philip (1985). "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation". *Geoprocessing*, no 2, pp 315-327.

West Jr, Lawrence A ,Traci J. Hess (2001). " Metadata as a knowledge management tool: supporting intelligent agent and end user access to spatial data "University of central Florida.

Zeshen Wang, (1996) "Manual versus Automated Line Generalization", .\ GIS/LIS '96 Proceedings

خواننده محترم

این پرسشنامه به منظور ارتقای کیفیت کتاب‌های درسی و رفع نواقص آن‌ها تهیه شده است. دقت شما در پاسخگویی به این پرسشنامه در پایان هر نیمسال ما را در تحقق این هدف یاری خواهد کرد.

نام کتاب نام مؤلف/مترجم سال انتشار
 پاسخگو: عضو علمی پیام‌نور □ عضو علمی سایر دانشگاه‌ها □ رشته تخصصی سابقه تدریس
 دانشجوی پیام‌نور □ دانشجوی سایر دانشگاه‌ها □ رشته تحصیلی ورودی سال

سوال	بله	خواب	نه	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف
۱. آیا از زمان تحویل و نحوه دسترسی به کتاب راضی بودید؟						
۲. آیا حجم کتاب با توجه به تعداد واحد مناسب بود؟						
۳. آیا راهنمایی‌های لازم برای مطالعه کتاب منظور شده بود؟						
۴. آیا در ترتیب مطالب کتاب سلسله مراتب شناختی (آسان به مشکل) رعایت شده بود؟						
۵. آیا تقسیم‌بندی مطالب در فصل‌ها یا بخش‌ها متناسب و بجا بود؟						
۶. آیا متن کتاب روان و ساده و جمله‌ها قابل فهم بود؟						
۷. آیا به‌روزر بودن مطالب و آمارها رعایت شده بود؟						
۸. آیا مطالب تکراری داشت؟						
۹. آیا پیوستگی مطالب با درس‌های پیش‌نیاز رعایت شده بود؟						
۱۰. آیا مثال‌ها، شکل‌ها، نمودارها، جدول‌ها و ... گویا بودند و در فهم مطلب تأثیر داشتند؟						
۱۱. مطالعه هدف‌های کلی، آموزشی/ رفتاری تا چه اندازه به درک بهتر شما کمک کرد؟						
۱۲. آیا خودآزمایی‌های کتاب به‌گونه‌ای بود که تمام مطالب درسی را شامل شود؟						
۱۳. آیا پاسخ خودآزمایی‌ها و تمرین‌ها کامل و گویا بود؟						
۱۴. چقدر با غلط‌های املائی و اشکال‌های چاپی مواجه شدید؟						
۱۵. آیا از کیفیت چاپ و صحافی کتاب راضی بودید؟						
۱۶. آیا طرح روی جلد کتاب با مطالب کتاب تناسب داشت؟						
۱۷. چنانچه دانشگاه وسایل کمک‌آموزشی از قبیل نوار، فیلم، لوح فشرده و ... در اختیار تان گذارده، آیا به درک بهتر شما کمک کرده‌اند؟						
۱۸. تا چه اندازه این کتاب شما را از حضور در کلاس بی‌نیاز کرد؟						

در مجموع کتاب را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ عالی □ خوب □ متوسط □ ضعیف □ بسیار ضعیف □
 لطفاً چنانچه با اشکال‌های تایپی یا محتوایی و مطالب تکراری مواجه شده‌اید، فهرستی از آن‌ها را با ذکر شماره صفحه ضمیمه کنید. در صورت تمایل سایر پیشنهاد‌های خود را نیز بنویسید.

این پرسشنامه را پس از تکمیل از کتاب جدا کنید و به قسمت آموزش مرکز تحویل دهید یا مستقیماً به نشانی تهران، صندوق پستی ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵، مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی کتاب ارسال فرمایید. آدرس وبگاه ما www.pnu.ac.ir است. با ورود به وبگاه، مسیر زیر را طی نمایید: ساختار دانشگاه/ معاونت‌ها/ فناوری اطلاعات/ مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی.

با تشکر

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

