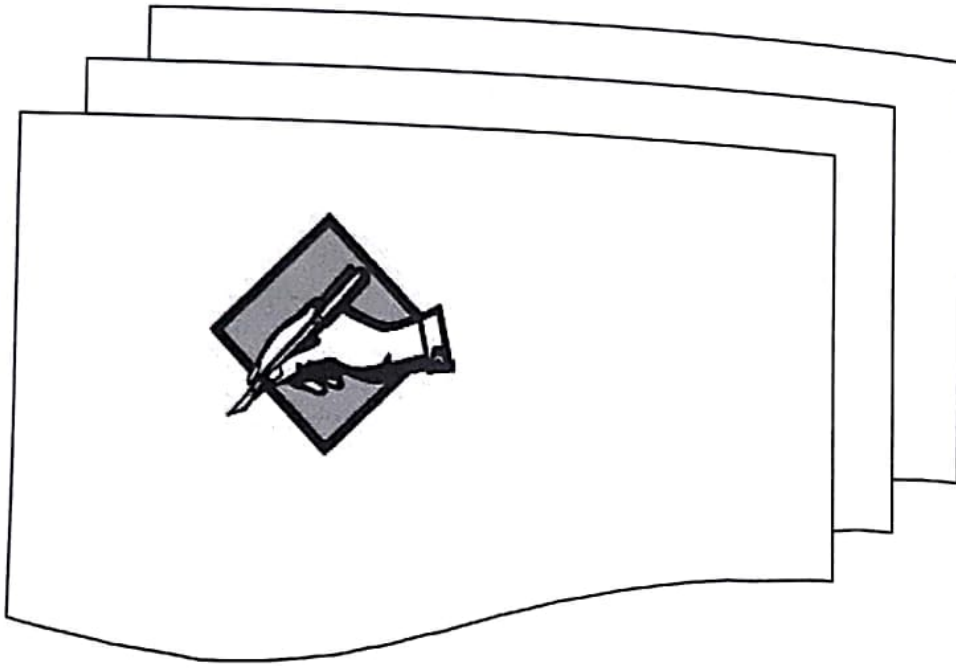


بخش تئوری



برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در ایالات متحده کار بر روی اولین سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ آغاز شد. در این سیستم‌ها عکس‌های هوایی، اطلاعات کشاورزی، جنگلداری، خاک، زمین شناسی و نقشه‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند. در دهه ۱۹۷۰ با پیشرفت علم و امکان دسترسی به فناوری‌های کامپیوتری و تکنولوژی‌های لازم برای کار با داده‌های مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، برای فراهم آوردن قدرت تجزیه و تحلیل حجم‌های بزرگ داده‌های جغرافیایی شکل گرفت. در دهه‌های اخیر به سبب گسترش تکنولوژی‌های کامپیوتری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امکان نگهداری به روز داده‌های زمین مرجع و نیز امکان ترکیب مجموعه داده‌های مختلف را به طور مؤثر فراهم ساخته‌اند. امروزه GIS برای تحقیق و بررسی‌های علمی، مدیریت منابع و ذخایر و همچنین برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای به کار گرفته می‌شود.

دانشجویان رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی کم و بیش با GIS آشنایی داشته و با نقشه‌هایی مانند نقشه‌های کاربری اراضی و توپوگرافی سر و کار داشته‌اند. GIS مقوله‌ای است که به نقشه‌ها، پردازش آنها و تجزیه و تحلیل‌هایی در ارتباط با آنها می‌پردازد. در واقع GIS به کار با داده‌های جغرافیایی مکان مرجع می‌پردازد. بدین معنی که به روش‌هایی خاص نقشه‌های کاغذی موجود را به صورت رقومی در آورده و در دنیای مجازی آنها را برای تصمیم‌گیری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌دهد.

در مطالعات کشاورزی و منابع طبیعی و حتی کارهای مهندسی به نقشه‌های زیادی نیاز است که تلفیق و کار با همه آنها، کاربر را با حجم بسیار زیادی از داده‌ها و اطلاعات مواجه می‌سازد. مثلاً ممکن است که در یک پروژه یا مطالعه، نقشه‌های زمین شناسی و خاک شناسی و پوشش گیاهی مورد نیاز باشد که به صورت ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. اینجاست که نیاز به یک سامانه واردسازی، ذخیره و مدیریت داده احساس می‌شود تا بتوان آنها را به درستی و به سرعت مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این امر یکی از توانایی‌های GIS است.

از طرفی کاربر نیاز به نقشه‌های جدید و به روز دارد. زیرا ممکن است نقشه‌های کاغذی موجود سالها از تهیه آنها گذشته باشد و تغییرات فیزیکی و محیطی در محل رخ داده باشد. مثلاً نقشه‌های شهری که در گذر زمان با توسعه شهر نیاز دارند بهنگام یا به روز شوند. GIS قادر است در این کار به شما کمک کند. حتی ممکن است که در منطقه مورد مطالعه شما، نقشه‌ای از قبل تهیه نشده باشد و شما باید خود شخصاً اقدام به تهیه نقشه نمائید که GIS در این امر نیز قادر است به کمک شما آمده تا مثلاً از تصاویر ماهواره‌ای و علم سنجش از دور^۲ (RS) به خوبی بهره بگیرید و نیاز خود را مرتفع سازید.

از آنچه گفته شد می‌توان چنین استنباط کرد که تنوع داده‌ها و همچنین تغییرپذیری آنها دو نکته مهم در استفاده از GIS است. مدیریت و پردازش حجم زیادی از داده‌ها کار ساده‌ای نبوده و از طرفی گسترش و توسعه علوم کامپیوتری، کارشناسان را متقاعد نمود که از کامپیوتر و ویژگی‌های آن در پروژه‌ها و

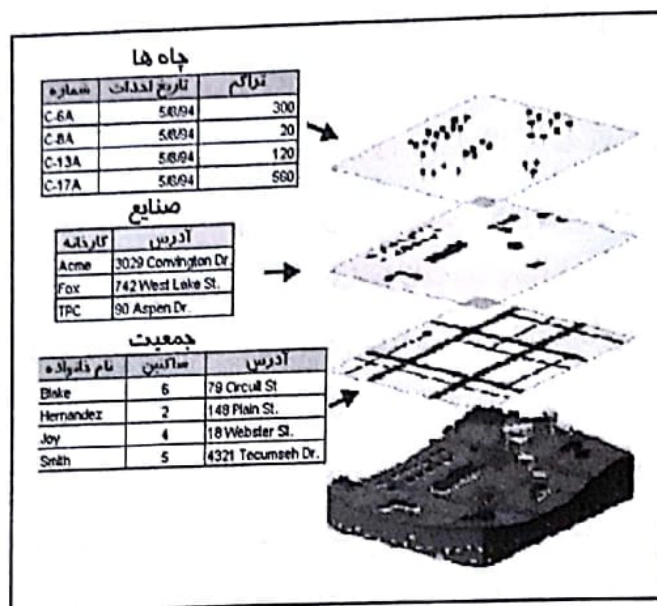
1 Geographic Information System (GIS)

2 Remote Sensing

مطالعاتی که با نقشه‌ها و داده‌ها مکانی زیادی سر و کار دارند، استفاده نمایند. همین ایده باعث ایجاد فناوری جدیدی به نام GIS شد.

تعریف GIS

طبق تعریف GIS، یک سیستم اطلاعاتی است برای کسب و واردسازی داده‌ها، ذخیره و مدیریت داده‌ها، پردازش و تجزیه و تحلیل آنها و در نهایت ارائه خروجی از نتایج تجزیه و تحلیل‌ها. داده‌هایی که می‌توان در GIS مورد استفاده قرار داد، داده‌های مکان مرجع هستند. منظور از داده‌های مکان مرجع داده‌هایی است که به محل و مکان خاصی از کره زمین تعلق داشته باشند. مثلاً در نقشه شهرها و روستاهای یک استان، هر شهر یا روستا دارای یک مختصات منحصر به فرد بر روی کره زمین است و شما می‌توانید آنها را به دنیای مجازی وارد نموده و مثلاً به مطالعه تراکم جمعیتی در آنها بپردازید.



شکل ۱ ساده‌سازی دنیای واقعی در GIS

مؤلفه‌های GIS

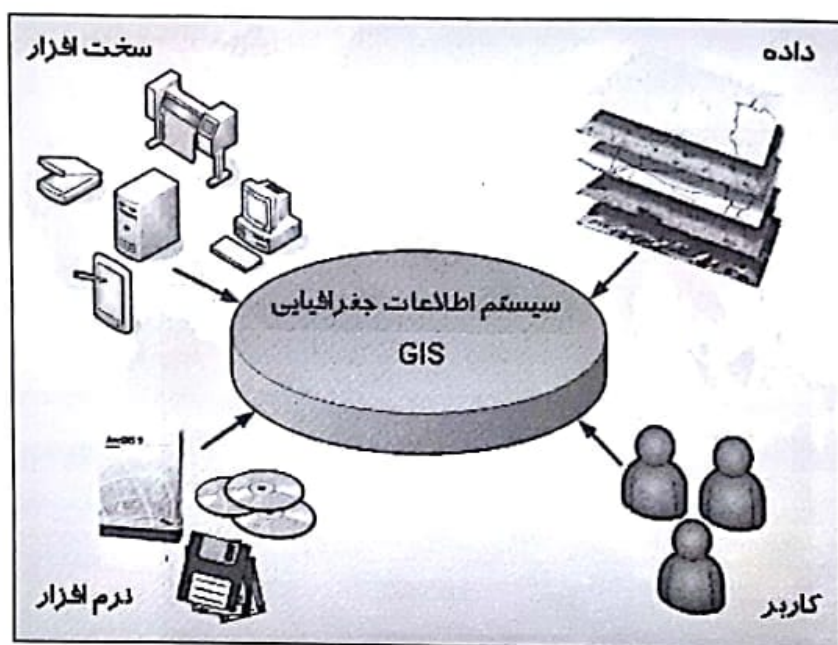
یک سیستم GIS شامل سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای رایانه‌ای و داده می‌باشد که توسط یک کاربر ماهر و کارشناس، در راستای دستیابی به اهداف ویژه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. مؤلفه‌های چنین سیستمی به ترتیب عبارتند از: کاربران، سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، داده‌ها.

۱) کاربران (User): مهارت در انتخاب و استفاده از ابزارها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی و شناخت کافی از داده‌هایی که استفاده می‌شوند، یکی از موارد اساسی برای موفقیت در استفاده از تکنولوژی GIS است، که این از وظایف یک کاربر می‌باشد. در واقع کاربر یک کارشناس آشنا به مفاهیم پایه و اولیه در زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

۲) سخت‌افزارها (Hardware): کامپیوترهای شخصی و اجزای آن، چاپگرها، اسکنرها و پلاترها معرف مؤلفه سخت‌افزار یک سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشند.

۳) نرم‌افزارها (Software): به منظور سهولت، سرعت و دقت انجام کار تجزیه و تحلیل‌ها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، یک سری نرم‌افزارهای ویژه طراحی شده‌اند که کاربر می‌تواند داده‌ها را به وسیله آن مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

۴) داده (Data): اساس کار در GIS پایگاه‌های اطلاعاتی آن است. در واقع داده همان جداول حاوی اطلاعات است که کاربر از سازمان‌ها و نهادهای مسئول مانند استانداری‌ها، سازمان‌های جهاد کشاورزی، ادارات کل منابع طبیعی و ... دریافت می‌کند یا نقشه‌های کاغذی که به روش‌های خاصی ساده‌سازی شده و تبدیل به لایه‌های اطلاعاتی مختلف شده‌اند. در این پایگاه‌ها به پرسش‌هایی از قبیل چه شکلی است؟ کجاست؟ و چگونه به دیگر اشکال مرتبط می‌شود، جواب داده می‌شود.



شکل ۲ مؤلفه‌های GIS

منابع ورود داده در GIS

داده‌های مورد نیاز در GIS از پنج منبع قابل تهیه می‌باشد که عبارتند از:

۱- سنجش از دور^۱

سنجش از دور، دانش و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است و شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. محصولات سنجش از دور را می‌توان به دو بخش کلی تقسیم نمود:

۱-۱- عکس هوایی

عکس هوایی عبارت است از مجموعه تصاویر واقعی عوارض و خصوصیات ظاهری زمین که توسط هواپیما و با استفاده از دوربین عکسبرداری هوایی از زمین گرفته شده است. در اکثر کشور استفاده از عکس‌های هوایی در بررسی‌ها و مطالعات زمین‌شناسی، جاده سازی، کشاورزی و مهم‌تر از همه برای اهداف نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳ تهیه عکس هوایی توسط هواپیما

۲-۱- تصویر ماهواره‌ای

ثبت رقومی امواج الکترومغناطیس بازتابی (که می‌توانند منابع گوناگونی همانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی داشته باشند) از عوارض و اشیاء موجود بر سطح زمین در سنجنده‌های ماهواره‌ای، تصاویر ماهواره‌ای را می‌سازد.

^۱ RS = Remote Sensing

۲- نقشه برداری زمینی و GPS

نقشه برداری به علم اندازه گیری دقیق و تعیین موقعیت نسبی عوارض روی سطح زمین اطلاق می شود که هدف، تعیین مختصات نقاط در سه بعد (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) است. مختصات مطلوب می تواند مختصات دکارتی Z, Y, X و یا مختصات عرض و طول جغرافیایی باشد. عملیات نقشه برداری شامل دو مرحله الف) - برداشت (یا اندازه گیری) و محاسبه ب) - ارائه نتایج کار است. در مرحله اندازه گیری، از وسایل و دستگاه ها (دوربین های تاکئومتری و توتال) و نیز روش های مختلفی استفاده می شود تا داده های لازم برای مرحله دوم بدست آید. نتایج کار به صورتهای آنالوگ (نقشه، مقاطع طولی و عرضی و ...) و یا رقومی (مانند جدول ها، مدل رقمی زمین و ...) ارائه می گردد.

GPS ۱ سیستم موقعیت یاب جهانی، منظومه ای از ۲۴ ماهواره است که زمین را دور می زند و در هر مدار ۴ ماهواره قرار دارد و توسط وزارت دفاع ایالات متحده پشتیبانی می شود. این ماهواره ها از محاسبات ریاضی ساده ای برای پخش اطلاعات استفاده می کنند که به عنوان طول و عرض و ارتفاع جغرافیایی، توسط گیرنده های زمین ترجمه شده اند. GPS در تمام شرایط به صورت ۲۴ ساعت در شبانه روز و در تمام دنیا قابل استفاده است، و هیچ گونه بهایی بابت این خدمات اخذ نمی شود. ماهواره های GPS، هر روز دو بار در یک مدار دقیق دور زمین می گردند و سیگنال های حاوی اطلاعات را به زمین می فرستند. با توجه به نزول شدید بهای گیرنده های این سیستم و افزایش امکانات آنها، این فناوری در آینده نزدیک بیش از پیش در اختیار همگان قرار خواهد گرفت.

۳- داده های لیدار

مدلسازی ساختمان ها در فضای سایبری یک کار اساسی در زمینه شبیه سازی سه بعدی محسوب می شود. در گذشته مدل سازی بناهای شهری با استفاده از عکس های هوایی انجام می شد، اما با ظهور فن آوری لیدار^۲ (آشکارسازی و طبقه بندی داده ها از طریق لیزر) گزینه برتر مطرح شد. لیدار هواپرد^۳ امکان یکپارچه کردن داده های سیستم موقعیت یاب جهانی^۴ و سیستم ناوبری ساکن^۵ را مهیا کرد است. ابر نقاط (مجموع نقاط) بدست آمده از طریق لیدار هواپرد، اطلاعات زیادی را از شکل بناها فراهم می کنند. بنابراین مدلسازی خودکار بناها امکان پذیر شده است. استفاده از داده ها در فرایند زمانی کوتاه مدت، دقت بالا، تراکم بالای نقاط برداشت شده و هزینه نسبتاً پائین موجب شده تا روش لیدار در مقایسه با تکنیک های سنتی نقشه برداری هوایی، ترجیح داده شود. اگرچه در سه دهه گذشته، فن آوری پیمایش بزرگ مقیاس وجود داشته، اما توسعه سیستم های پشتیبانی نظیر حسگرهای جهت یاب GPS دار

1 Global Positioning System

2 LIDAR = Light Detection And Ranging

3 Airborne LIDAR

4 GPS = Global Positioning System

5 INS = Inertia Navigation System

با دقت بالا، فقط در چند سال اخیر امکان‌پذیر شده است، به همین دلیل داده‌های لیدار از لحاظ فضایی می‌توانند به تولید مدل‌های رقومی سطح^۱ با قدرت تفکیک بالا و دقیق کمک کنند

۴- استفاده از نقشه‌های رقومی و کاغذی موجود

همانگونه که گفته شد یکی از وظایف GIS، کسب و وارد سازی داده است. داده در GIS مشتمل بر دو نوع داده مکانی و توصیفی می‌باشد. داده مکانی بیانگر شکل هندسی عوارض می‌باشد که در قالب لایه‌های اطلاعاتی ذخیره سازی می‌گردد. داده توصیفی بیانگر ویژگی‌ها و خصوصیات داده مکانی توصیفی می‌باشد که معمولاً در ساختار انواع پایگاه داده ذخیره سازی می‌شود. یکی از روش‌های کسب داده استفاده از نقشه‌های کاغذی است. برای استفاده از نقشه‌ها در دنیای GIS، باید ابتدا آنها را از طریق اسکن کردن، وارد دنیای مجازی نمود. سپس برای GIS تعریف خواهد شد که این نقشه مربوط به کدام منطقه از کره زمین است. این کار را اصطلاحاً زمین مرجع نمودن^۲ گویند. سپس می‌توان پدیده‌های موجود در طبیعت (روی نقشه) را به شکل ساده و قابل فهم برای GIS درآورد. این ساده سازی بدین صورت است که پدیده‌های موجود را به صورت نقطه^۳، خط^۴ و یا پلی‌گون^۵ (سطح بسته) به GIS وارد می‌کنید. مثلاً برای وارد کردن نقشه جاده‌ها یا رودخانه‌های یک منطقه، آنها را به صورت خط به GIS معرفی می‌کنید. نقشه چاه‌ها یا چشمه‌های یک منطقه را به صورت نقطه و نقشه خاک شناسی و زمین شناسی را که دارای واحدهای بسته‌ای هستند به صورت پلی‌گون (سطح بسته) وارد GIS می‌کنید.

زمانی که می‌خواهید محتویات یک نقشه کاغذی را به صورت رقومی و دیجیتالی در آورید باید پدیده‌ها را ساده سازی نمایید. هر چند که می‌دانید یک شهر علی‌الصول دارای یک سطح می‌باشد اما ممکن است گاهی (زمانی که مقیاس نقشه کوچک باشد) آن را به صورت یک نقطه معرفی نمایید یا در GIS مجموعه‌ای از نقاط را به عنوان شهرهای یک کشور در اختیار داشته باشید.

به روشی که در کارگاه‌های عملی بیان خواهد شد، می‌توانید لایه‌های اطلاعاتی مختلفی از منطقه مورد مطالعه خود تهیه نمایید. ذکر این نکته الزامی است که باید هر لایه را به یک نوع عارضه اختصاص دهید و از درج دو یا چند نوع عارضه در یک لایه خودداری کنید. مثلاً نباید لایه خطی متشکل از خیابان‌ها و رودخانه‌ها بسازید. بلکه باید یک لایه خطی برای خیابان‌ها و یک لایه خطی برای رودخانه‌ها بسازید. دلیل این کار متفاوت بودن اطلاعات توصیفی در لایه‌های اطلاعاتی مختلف می‌باشد. از طرفی GIS بعداً این امکان را به شما می‌دهد که بتوانید لایه‌های مختلف را روی هم قرار دهید (Overlay نمایید). همانگونه که در شکل ۴ نموده شده است، در یک مطالعه شهری می‌توانید لایه‌های اطلاعاتی مناطق

1 DSMs = Digital Surface Models

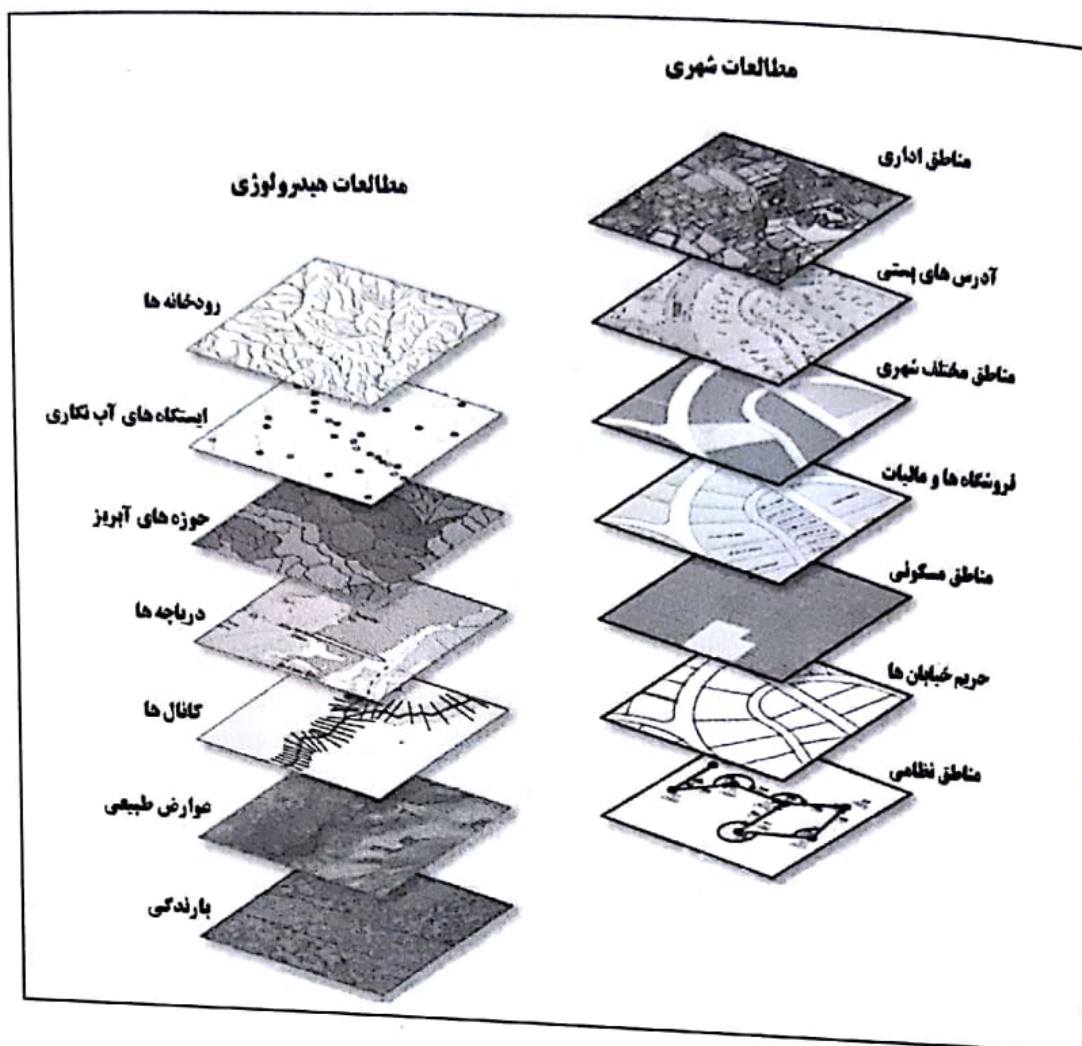
2 Georeferencing

3 Point

4 Line

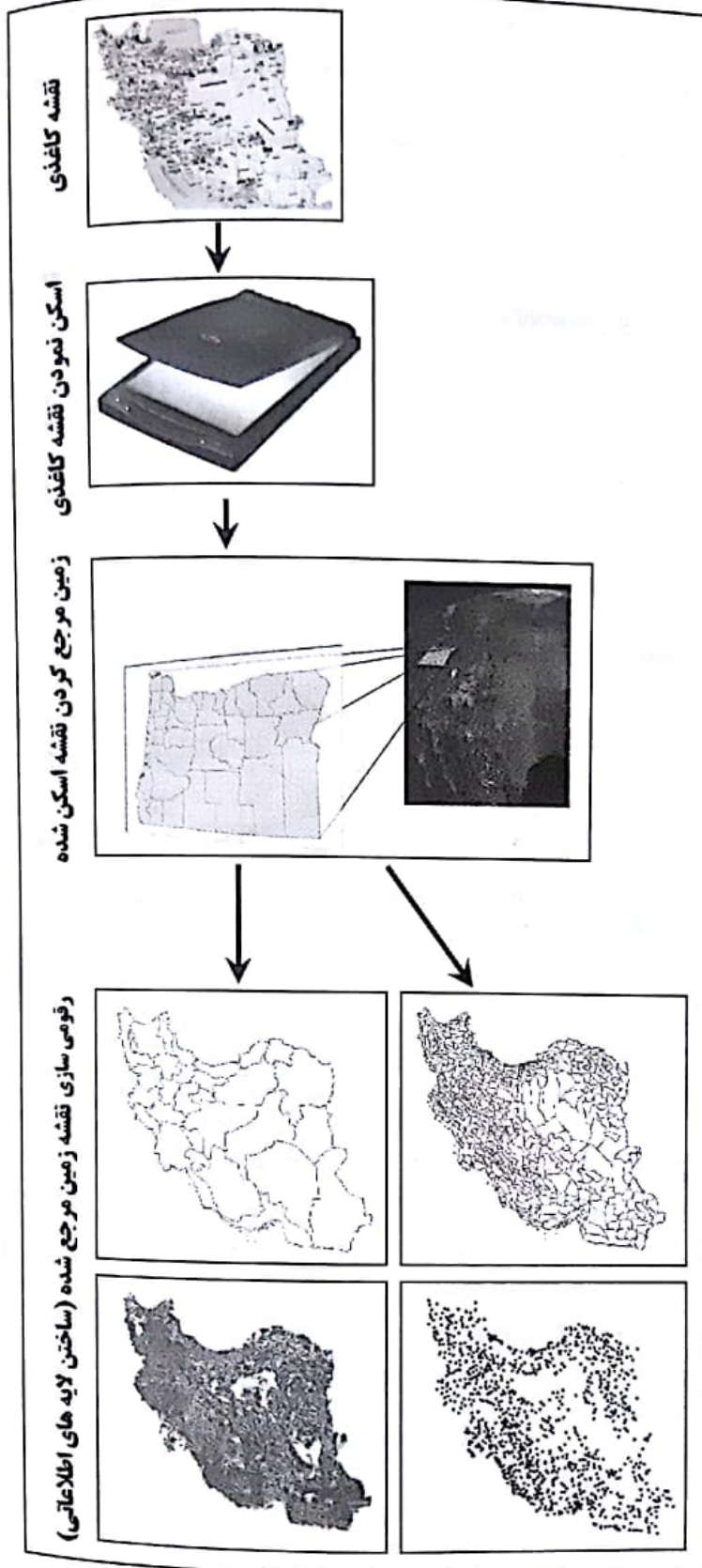
5 Polygon

اداری، مناطق مسکونی، مناطق نظامی، آدرس‌های پستی، حریم خیابان‌ها و ... را تهیه نمایید یا برای یک مطالعه هیدرولوژی، بسته به نیاز، لایه‌های رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، کانال‌ها و ... را بسازید.



شکل ۴ ساده‌سازی دنیای واقعی در GIS در مطالعات شهری و هیدرولوژی

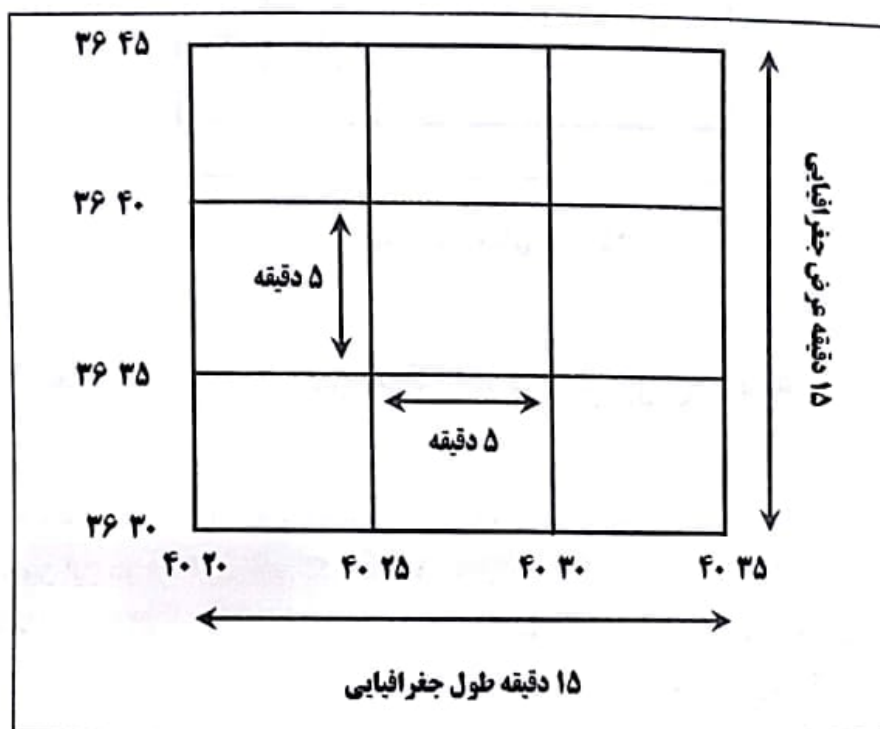
به طور کلی مراحل کار در استفاده از یک نقشه کاغذی در GIS و ساختن لایه‌های اطلاعاتی از روی آن در شکل شماره ۵ نموده شده است:



شکل ۵ مراحل کار در استفاده از یک نقشه کاغذی در GIS

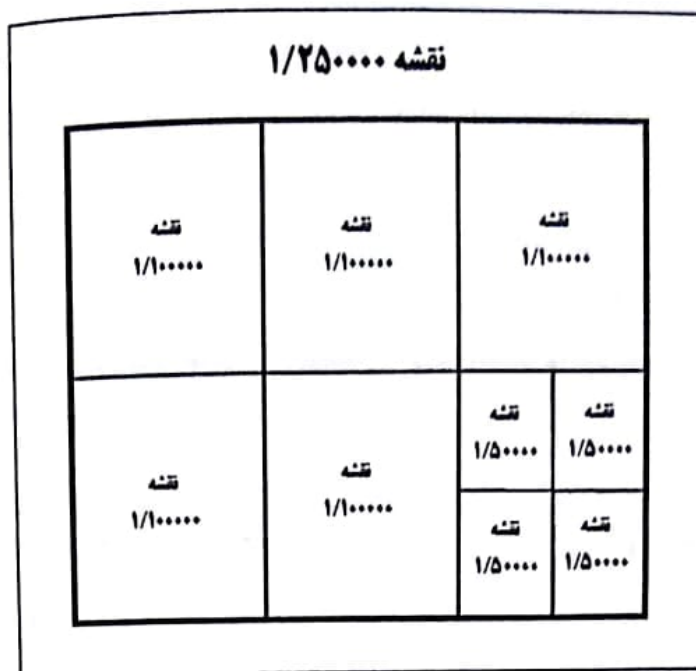
تقسیمات شبکه جغرافیایی نقشه‌ها

اغلب نقشه‌هایی که با آن سر و کار خواهید داشت، نقشه‌هایی هستند که توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و یا سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده‌اند. بر روی این نقشه‌ها، شبکه‌ای از طول و عرض‌های جغرافیایی قرار گرفته که در اینجا با تقسیمات نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح آشنا خواهید شد. این نقشه‌ها دارای یک شبکه جغرافیایی بوده که ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی را پوشش می‌دهند. برای درک بیشتر شکل ۶ را ملاحظه فرمایید:



شکل ۶ تقسیمات شبکه جغرافیایی نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰

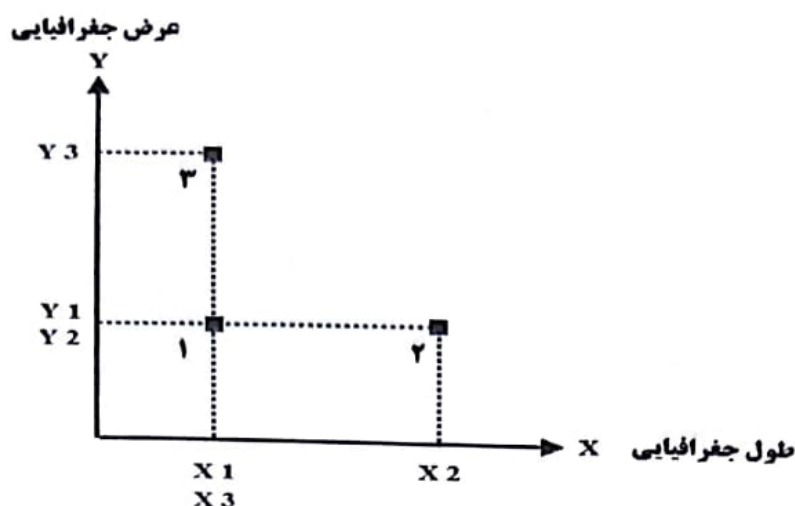
لازم به ذکر است که هر نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ شامل ۶ نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ و هر نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شامل ۴ نقشه ۱/۵۰۰۰۰ می‌باشد. شکل ۷ ببینید:



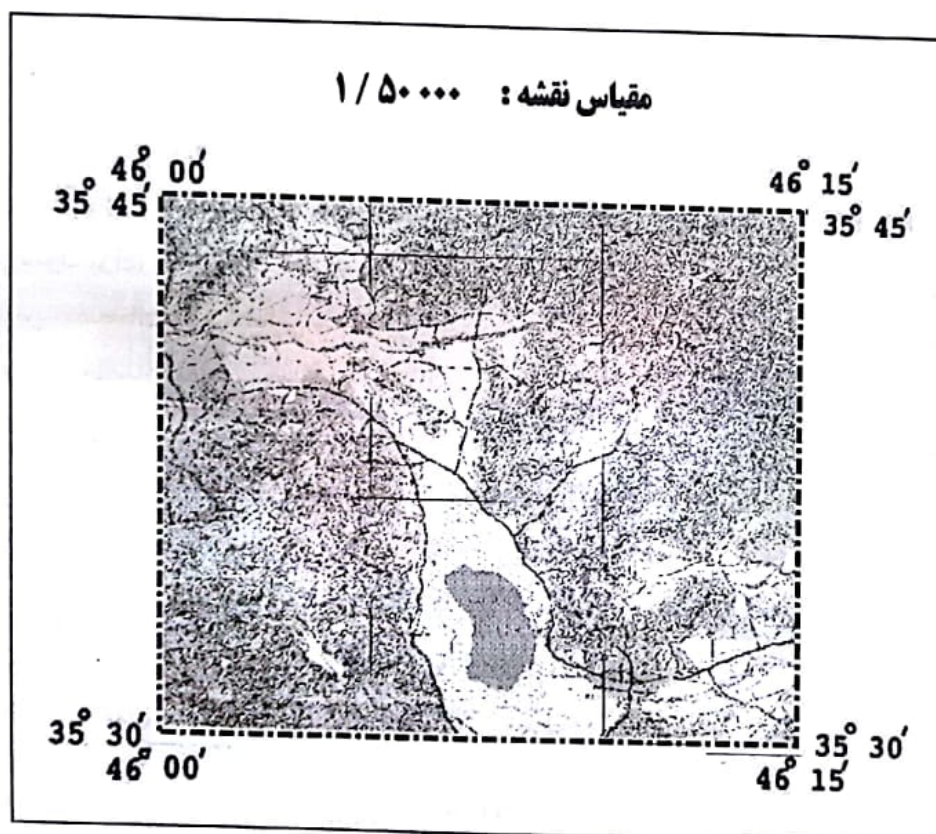
شکل ۷ تقسیمات نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰

تشخیص اعداد طول و عرض جغرافیایی بر روی نقشه

در نمودار زیر سه نقطه متمایز شده که با رسم خطوط عمود بر دو محور X و Y از آنها، می‌توان برای هر نقطه مختصات (x و y) را از روی تقسیمات دو محور خواند. عدد Y برای نقاط ۱ و ۲ یکسان است ($Y_1 = Y_2$) چون این دو نقطه بر روی یک خط افقی قرار دارند. اما X_1 کوچکتر از X_2 است چون نقطه ۱ به مبدا مختصات نزدیکتر است ($X_1 < X_2$). نقاط ۱ و ۳ نیز دارای Xهای برابر و Yهای متفاوت هستند. از این قاعده ساده می‌توان برای تشخیص عدد طول و عرض جغرافیایی بر روی نقشه‌ها استفاده کرد. برای این کار، به اعداد نوشته شده روی دو گوشه چپ و راست در پایین نقشه نگاه کنید. این دو نقطه همان نقاط ۱ و ۲ در نمودار روبرو هستند که باید Yهای یکسانی داشته باشند. پس هر کدام از اعداد سمت چپ، در سمت راست بدون تغییر باقی مانده باشد، نشان‌دهنده Y یا عرض جغرافیایی بوده و عدد دیگر طول جغرافیایی (X) خواهد بود.



تمرین: در نقشه زیر، کدام اعداد طول جغرافیایی را نشان می‌دهند و کدامیک عرض جغرافیایی را؟



انواع مدل داده در GIS

برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی باید پدیده‌ها و داده‌های موجود بر روی نقشه (دنیای واقعی) را ساده‌سازی نمایید. عمل ساده‌سازی داده‌ها جهت ورود به دنیای GIS و نمایش آنها به صورت نقطه، خط و یا پلی‌گون، با دو ساختار (structure) انجام می‌گیرد:

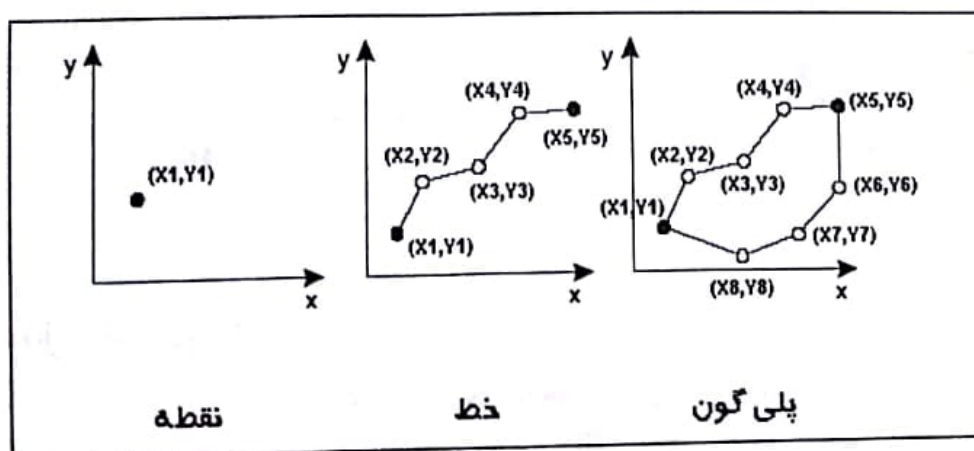
الف- ساختار برداری (vector) ب- ساختار رستری (Raster)

الف- ساختار برداری (vector): کوچکترین واحد هندسی این ساختار، نقطه می‌باشد. در این ساختار هر نقطه به صورت یک جفت مختصات (x, y) نمایش داده می‌شود. مثلاً نقشه روستاهای یک استان به صورت مجموعه‌ای از نقاط دارای مختصات (x, y) نمایش داده می‌شود.

ID	XLocation	YLocation	Shape*
16	506878.27	681064.07	Point
18	506543.31	680447.1	Point
19	506877.87	680479.16	Point
20	506958.72	680539.1	Point
21	506758.02	680243.99	Point
22	506783.09	680724.5	Point
23	506587.21	680577.17	Point
24	506410.89	680773.29	Point
25	506430.65	680978.39	Point

شکل ۸ جدول اطلاعات توصیفی لایه

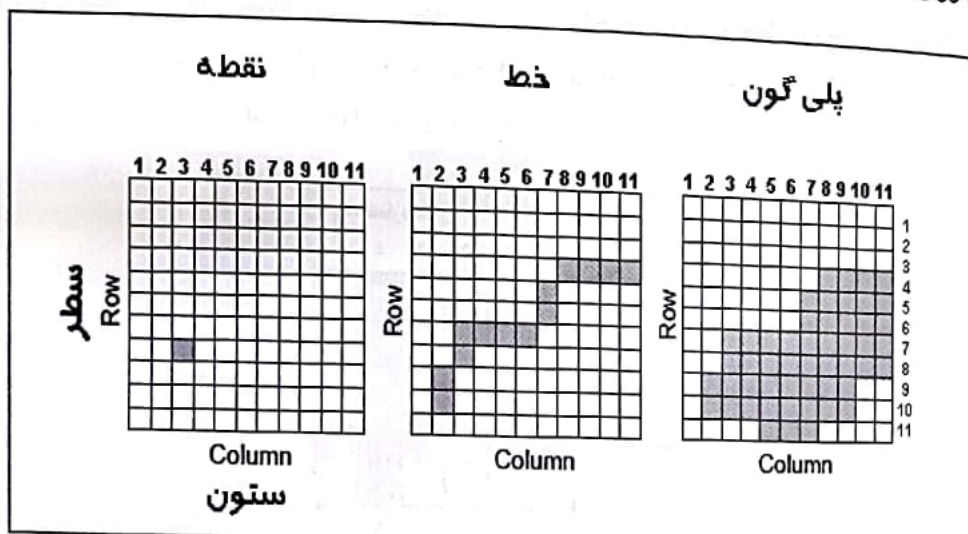
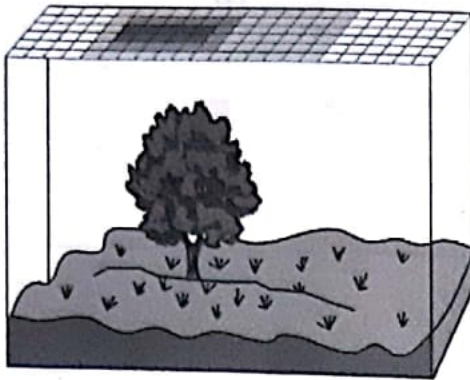
همچنین برای نمایش یک خط راست (مثلاً جاده و رودخانه و ...) از مختصات نقطه ابتدا و انتهای آن استفاده می‌شود. برای نمایش یک خط منحنی شکل، ابتدا آن را به پاره خط‌هایی مستقیم و کوچک تبدیل کرده و سپس مختصات نقاط ابتدایی و انتهایی هر پاره خط در نظر گرفته می‌شود. برای نمایش یک خط شکسته نیز از مختصات نقاط شکستگی‌ها (Vertex) استفاده می‌شود. همچنین برای نمایش یک پلی‌گون (سطح بسته) آن را به پاره خط‌هایی مستقیم تبدیل کرده که نقطه ابتدایی اولین پاره خط و نقطه انتهایی آخرین پاره خط یکی باشد. سپس مختصات نقاط ابتدایی و انتهای آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۹ را ببینید:



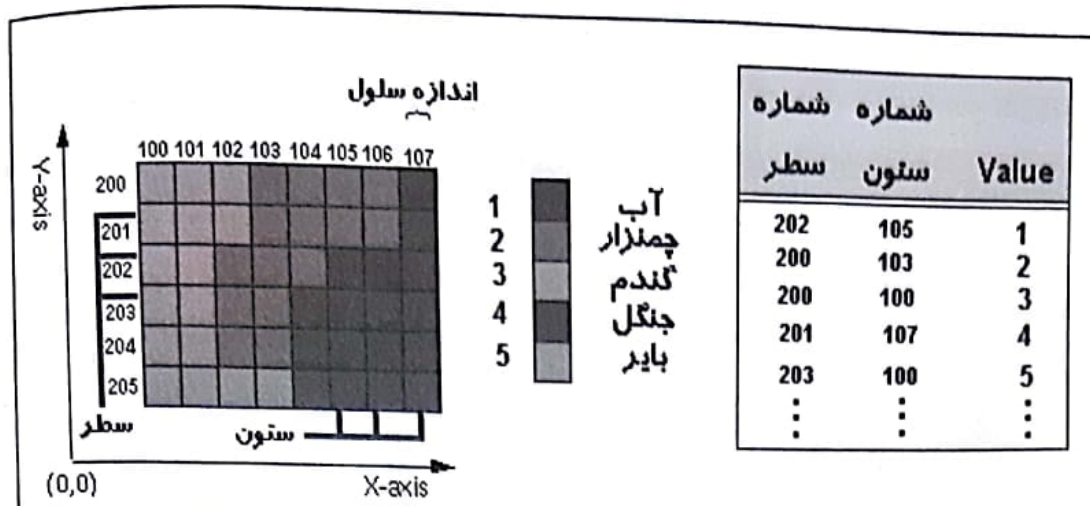
شکل ۹ مدل داده برداری

داده‌های هندسی در ساختار برداری از طریق میز رقومی‌گر، برداشت مختصات‌ها توسط دستگاه‌های نقشه‌برداری و یا دستگاه‌های GPS بدست می‌آید.

ب- ساختار رستری (Raster): برای فهم این ساختار، تصور کنید که یک کاغذ کالک میلیمتری را روی نقشه گذاشته‌اید. خواهید دید که کدام خانه روی نقطه روستا یا شهر قرار گرفته یا کدام خانه‌ها در امتداد یک جاده یا رودخانه هستند. به خانه‌های هم‌ارز، یک ارزش عددی خاص بدهید. مثلاً تمام خانه‌هایی که در امتداد یک جاده هستند را یک و تمام خانه‌هایی را که در امتداد یک رودخانه قرار دارند دو بنامید. از طرفی هر سلول کاغذ کالک با یک شماره بستون (Column) و یک شماره سطر (Row) دارای آدرس می‌باشد. در نهایت شما جدولی خواهید داشت که مجموعه‌ای از آدرس سلول‌ها با ارزش عددی خاص است که ساده شده عوارض روی نقشه می‌باشد.

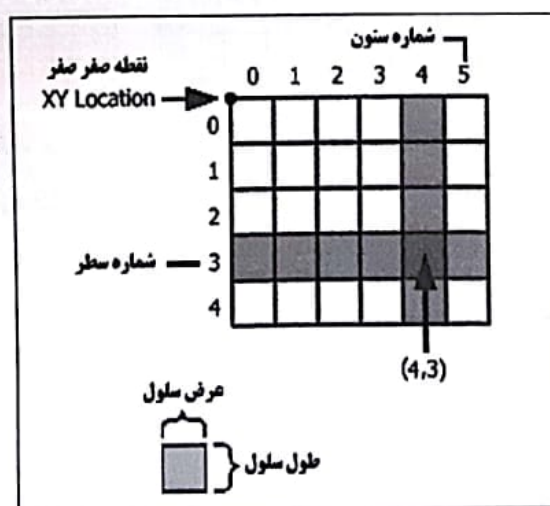


شکل ۱۰ مدل رستری



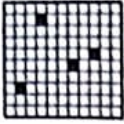
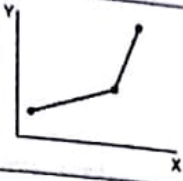
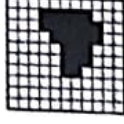
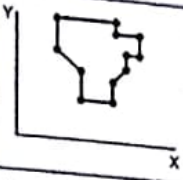
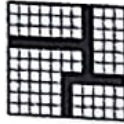
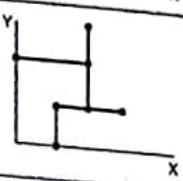
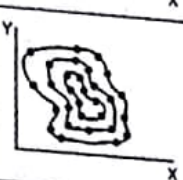
شکل ۱۱ نمایش اطلاعات توصیفی در مدل رستری

کوچکترین واحد هندسی در ساختار رستری، سلول می‌باشد که معمولاً به شکل مربع بوده و هر سلول می‌تواند فقط یک ارزش عددی (value) داشته باشد که این value بیانگر یک ویژگی خاص مانند ارتفاع، نوع پوشش گیاهی و نوع خاک است. همچنین داده‌های هندسی در ساختار رستری معمولاً از طریق اسکنر (scanner)، عکس‌های هوایی یا تصاویر ماهواره‌ای بدست می‌آید. شکل ۱۲ مشخصات و نحوه آدرس‌دهی یک سلول را در این ساختار نشان می‌دهد:



شکل ۱۲ مشخصات و نحوه آدرس‌دهی سلول‌ها در ساختار رستری

همچنین شکل ۱۳ به صورتی ساده، تفاوت نمایش عوارض جهان واقعی را در دو ساختار برداری و رستری نشان می‌دهد:

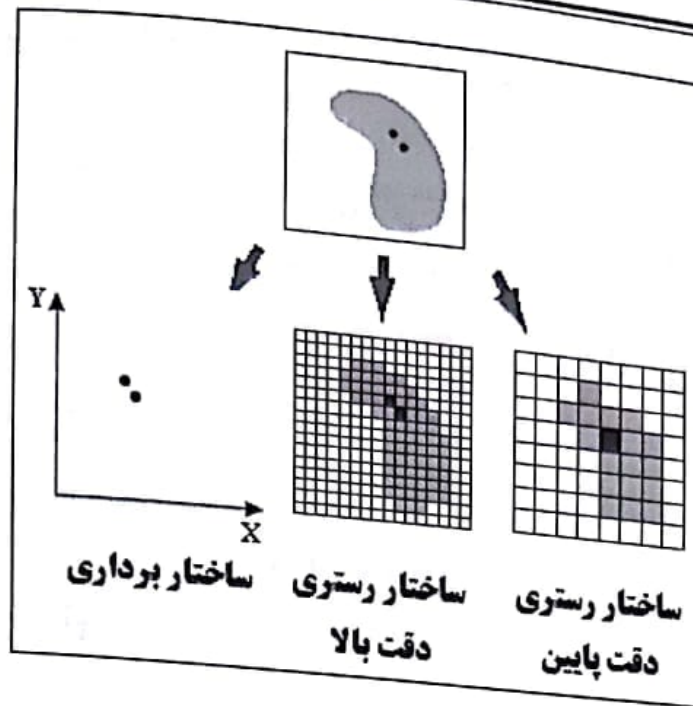
ساختار رستری	جهان واقعی	ساختار برداری
	 نقاط: مانند هتل‌ها	
	 خطوط: مانند: خطوط انتقال برق	
	 پلی‌گون: مانند: جنگل‌ها	
	 شبکه: مانند شبکه جاده‌ها	
	 سایه: ابرقناری	

شکل ۱۳ نمایش عوارض جهان واقعی در دو ساختار برداری و رستری

تفاوت‌های ساختار برداری (Vector) و رستری (Rester)

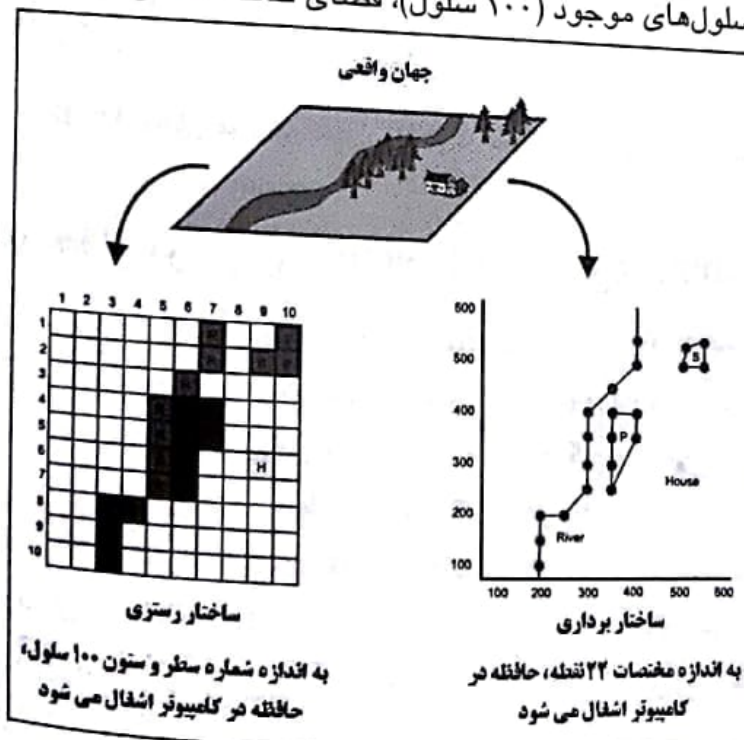
تفاوت‌های موجود در دو ساختار وکتور و رستر را می‌توان در چهار بند به صورت زیر بیان نمود:

- ۱- داده‌های رستری از دقت مکانی پایین‌تری نسبت به داده‌های برداری برخوردارند. مثلاً برای نمایش یک چاه در ساختار رستری یک سلول به آن تعلق می‌گیرد که بسته به دقت مطالعه، ابعاد این سلول تغییر می‌کند. از آنجا که هر سلول فقط می‌تواند یک ارزش عددی یا value داشته باشد، پس اگر دو چاه در یک سلول قرار بگیرند، این ساختار فقط قادر به شناسایی یکی از آنها خواهد بود. در حالیکه در ساختار برداری هر نقطه با یک جفت مختصات (x, y) نمایش داده می‌شود و هر چاه مختصات منحصر به فرد خود را دارد. از این موضوع می‌توان دریافت که برای مطالعات دقیق مانند مالکیت زمین و ... نمی‌توان از ساختار رستری استفاده نمود.



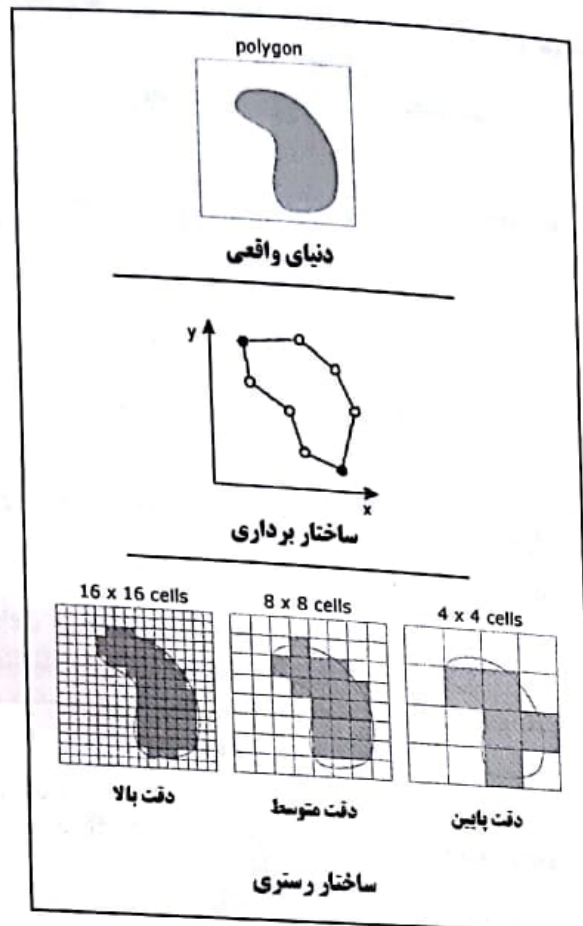
شکل ۱۴ مقایسه دقت ساختار برداری و رستری

۲- حجم یک نقشه (لایه) با ساختار برداری همیشه کمتر از حجم نقشه با ساختار رستری است. زیرا در ساختار رستری به ازای هر سلول (چه خالی باشد و چه دارای ارزش عددی) مقداری از حافظه و فضای هارد کامپیوتر اشغال می‌شود. مثلاً در شکل ۱۵ برای ساده‌سازی جهان واقعی در ساختار وکتور، فقط به اندازه مختصات ۲۲ نقطه، حافظه کامپیوتر اشغال می‌شود اما در ساختار رستری باید به اندازه تمام سلول‌های موجود (۱۰۰ سلول)، فضای حافظه اشغال گردد:



شکل ۱۵ مقایسه حجم یک لایه در ساختار برداری و رستری

حال اگر اندازه سلول‌ها کوچکتر باشد، تعداد آنها بیشتر خواهد بود و به طبع فضای بیشتری اشغال می‌شود. اما در ساختار برداری فقط به ازای ذخیره اطلاعات مربوط به یک نقطه، خط یا پلی‌گون است که حافظه اشغال خواهد شد. لازم به ذکر است که هرچه اندازه سلول‌ها در ساختار رستری کوچکتر در نظر گرفته شود دقت کار بالاتر خواهد بود اما به همان نسبت، حجم بیشتری از حافظه را اشغال خواهد نمود.



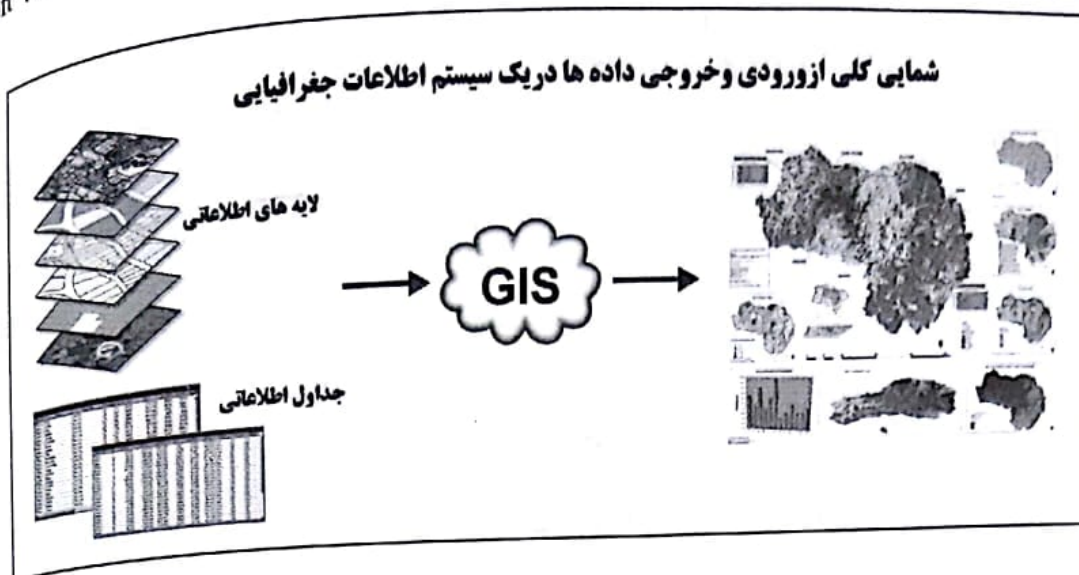
شکل ۱۶ افزایش حجم فایل رستری با افزایش دقت مکانی

- ۳- اطلاعات مکانی در ساختار برداری، مختصات مکان عوارض است اما در ساختار رستری، شماره سطر و ستون مکان عوارض است.
- ۴- در ساختار رستری هر سلول فقط می‌تواند یک ارزش عددی (value) داشته باشد که بیان‌کننده اطلاعات توصیفی آن عارضه است اما در ساختار برداری به هر عارضه می‌توان بی‌نهایت اطلاعات توصیفی و تشریحی متصل (link) نمود.

ورودی‌ها و خروجی‌ها در GIS

در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، داده‌های اولیه به روش‌های خاصی ساده سازی شده و به صورت لایه‌های مختلف اطلاعاتی یا جداول وارد دنیای GIS می‌شوند. GIS آنها را مدیریت نموده و بر اساس

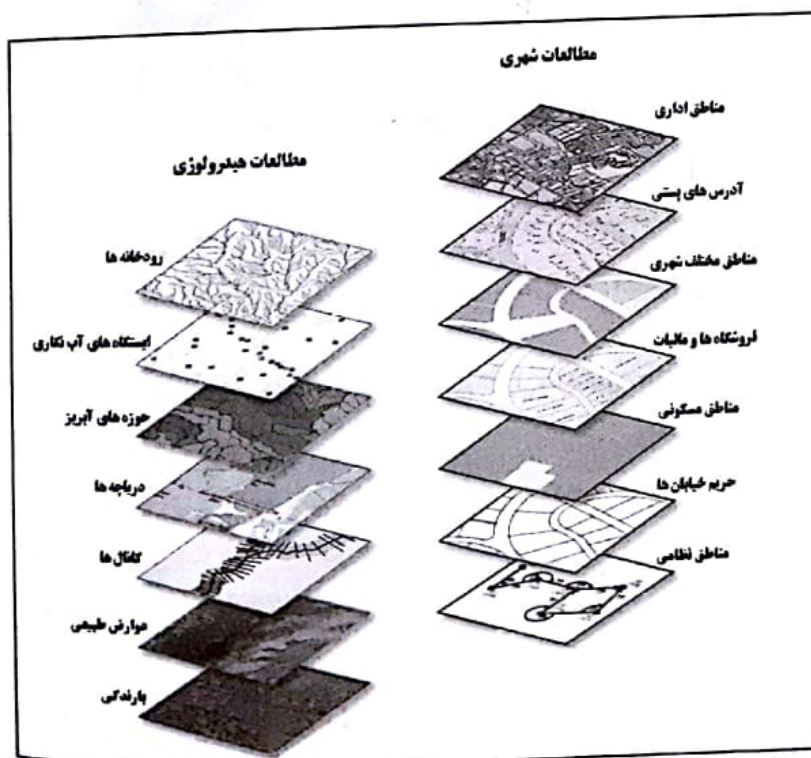
نیاز و هدف کاربر، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. سپس نتایج را به سه صورت Hard copy ، Soft copy و Electronic ارائه می‌نماید.



شکل ۱۷ ورودی و خروجی‌ها در GIS

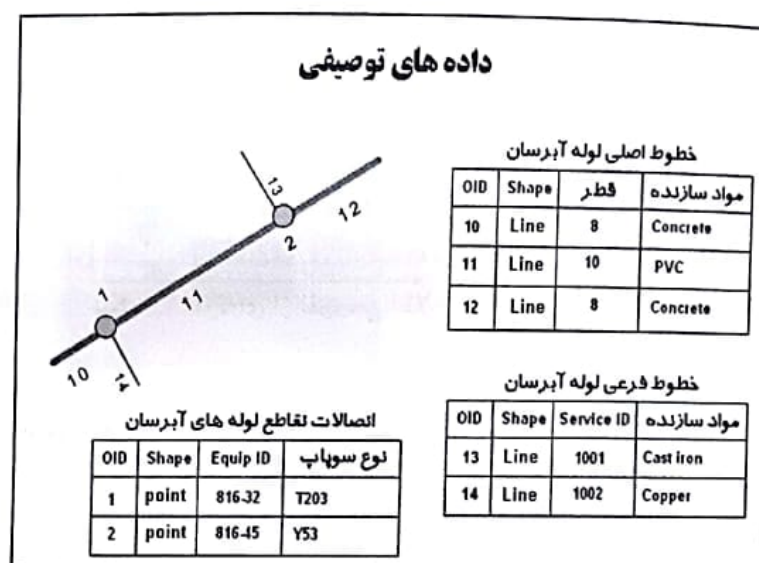
داده‌هایی که در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توانند وارد شوند، دو نوع هستند:

(۱) داده‌های مکانی که موقعیت جغرافیایی عوارض را نشان می‌دهند (مانند نقاط یا خطوطی عوارض جغرافیایی از قبیل خیابان، دریاچه و غیره را نشان می‌دهند).



شکل ۱۸ داده‌های مکانی

(۲) داده‌های توصیفی غیر مکانی که به توصیف خصوصیات عوارض می‌پردازند، مثل شوری آب یک دریاچه و یا اطلاعاتی مانند اسم یک خیابان، خصوصیات خطوط لوله آبرسانی شهری و ورود داده‌ها به یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌تواند به اشکال مختلف مانند ثبت توسط صفحه کلید، میز رقومی‌گر، اسکن کردن و وارد نمودن فایل‌های رقومی موجود، رقومی کردن یک نقشه با کلیک موس بر روی آن در محیط‌های نرم‌افزاری مختلف (On-Screen Digitizing)، استفاده از GPS و ... صورت گیرد.



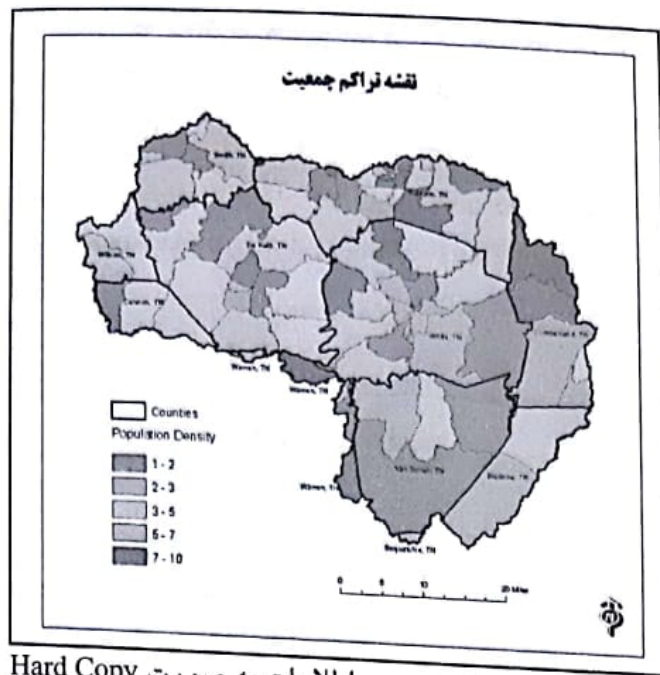
شکل ۱۹ داده‌های توصیفی

خروجی داده‌ها (اطلاعات) روندی است که توسط آن اطلاعات حاصل از GIS به یک شکل مناسب جهت استفاده کاربر ارائه می‌شود. داده‌ها (اطلاعات) به یکی از سه فرمت زیر ارائه می‌شوند:

(۱) Hard copy: نمایش دائمی، مثل اطلاعات روی کاغذ، فیلم عکاسی و موارد مشابه

(۲) Soft copy: نمایش بر روی صفحه نمایش کامپیوتری (Monitor)

(۳) Electronic: خروجی با فرمت الکترونیکی شامل فایل‌های کامپیوتری می‌باشد مانند انواع فرمت‌های GIF, TIFF, PNG, JPEG, BMP, SVG, PDF, AI, EPS, EMF.



شکل ۲۰ نمونه‌ای از خروجی اطلاعات به صورت Hard Copy

ضرورت استفاده از GIS

می‌توان ضرورت استفاده از GIS را در چند بند زیر بیان نمود:

- ۱- نگهداری از حجم عظیمی از نقشه‌های کاغذی به دلیل فضایی که اشغال می‌نمایند و همچنین امکان مستهلک شدن آنها، کار دشواری است. اما GIS این امکان را فراهم می‌سازد که کاربر بتواند دهها و صدها نقشه کوچک و بزرگ را در یک کامپیوتر یا Laptop ذخیره نماید.
- ۲- سرعت انجام تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی در روش سنتی (دستی) پایین می‌باشد. اما GIS قادر است تجزیه و تحلیل‌ها را با سرعت و دقت بسیار بالایی انجام دهد.
- ۳- GIS امکان تکرار کردن یک پروژه را در منطقه‌ای دیگر به کاربر می‌دهد. ولی در روش سنتی یک کاربر مجبور است که تمام عملیات‌های لازم را برای یک منطقه دیگر، که دارای شرایط یکسانی با مطالعه اولیه است، تکرار کند.
- ۴- GIS این امکان را فراهم نموده که کاربر بتواند به راحتی اطلاعات اولیه را ویرایش و یا اصلاح نماید بدون اینکه نیازی به دوباره‌کاری و وارد سازی کلیه داده‌ها باشد.
- ۵- GIS توانایی دسته‌بندی و نمایش اطلاعات و داده‌های خاصی، که مد نظر کاربر باشد، را دارا است. مثلاً اگر در یک نقشه اطلاعات توصیفی زیادی وجود داشته باشد، کاربر می‌تواند با طرح پرسش‌هایی از GIS بخواهد که فقط اطلاعات مد نظر او را نمایش دهد. به این توانایی پرسش و پاسخ گرفتن^۱ گویند.

- ۶- GIS می‌تواند روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل را در مورد یک سری داده با سرعت انجام دهد. مثلاً می‌تواند برای درون‌یابی یک سری داده مربوط به بارندگی در یک منطقه، از روش‌های مختلف Kriging، IDW^۱ و Spline استفاده نمود و نتایج را به صورت نقشه ارائه نماید.
- ۷- GIS علاوه بر ارائه خروجی تجزیه و تحلیل‌ها به صورت نقشه، این امکان را به کاربر می‌دهد که نتایج را به صورت جدول و نمودار نیز در اختیار داشته باشد.
- ۸- GIS توانایی انجام پردازش‌های دقیق و پیچیده مورد نیاز طرح‌های بزرگ و چند منظوره را دارد.

علاوه بر محاسن ذکر شده، می‌توان به دو نکته زیر اشاره نمود:

- ۱- مشکل و پر هزینه بودن ارکان انجام GIS:
- کسب و وارد سازی داده یکی از مشکل‌ترین و پر هزینه‌ترین ارکان انجام یک پروژه می‌باشد. مثلاً ممکن است در یک پروژه یا مطالعه، داده و نقشه‌ای برای منطقه مورد مطالعه، از قبل موجود نباشد و کاربرد به ناچار باید شخصاً به تهیه داده‌ها از طریق نقشه برداری، استفاده از GPS و تصاویر ماهواره‌ای اقدام نماید.
- ۲- امنیت اطلاعاتی:
- وقتی داده‌ها و اطلاعات وارد دنیای مجازی می‌شوند، اتفاقاتی همچون ویروسی شدن یا سرقت اطلاعات از طریق شبکه و ... خود می‌تواند مشکلاتی جدید ایجاد کند.

کاربردهای GIS

امروزه با توجه به پیشرفت علوم و سیستم‌های کامپیوتری، فناوری GIS در زمینه‌های مختلفی مانند زمین‌شناسی، مطالعات زیست محیطی، منابع آب و آبخیزداری، کشاورزی، جنگلداری، تعلیم و تربیت، مطالعات شهری، صنعت، سازمان‌ها و ... کاربرد فراوانی پیدا نموده است. برخی از این کاربردها عبارتند از:

الف) زمین‌شناسی:

تهیه نقشه حوادث و بلایای طبیعی که به پایداری شیبه‌ها، زمین لغزه‌ها، منطقه‌بندی خسارت زمین لرزه، فوران‌های آتشفشانی، خسارات ناشی از طغیان رودخانه‌ها، فرسایش محلی، خطرات آلودگی ناشی از فعالیت‌های معدنی یا صنعتی و گرم شدن کره زمین و ...

ب) کارهای مهندسی:

مکان‌یابی (Site Selection) و مسیر یابی از جمله کاربردهای GIS در امور مهندسی محسوب می‌شود که می‌توان به انتخاب محل‌های مناسب جهت اجرای پروژه‌های مهندسی نظیر دفن مواد زائد، احداث خط

^۱ Inverse Distance Weighting (IDW)

لوله، جاده و مسیر راه آهن، تاسیس دکل‌های تلفن همراه و سدها و گسترش و توسعه ساختمان سازی اشاره نمود.

ج) محیط زیست و مدیریت حیات وحش:

بررسی میزان آلودگی آب، خاک، هوا و... و تهیه نقشه زیستگاه‌های یک جانور خاص و همچنین تهیه نقشه‌هایی جهت حفاظت از محیط زیست.

د) کشاورزی و برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی:

بسیاری از سازمان‌های مربوط به کشاورزی و کاربری اراضی، هم اکنون از تکنیک‌های GIS بهره می‌گیرند. به عنوان نمونه، داده‌های مربوط به کاربری اراضی و هواشناسی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، اندازه‌گیری‌های زمینی و اطلاعات مربوط به محصول سال قبل، همه با هم برای پیش‌بینی میزان یک یا چند نوع محصول در یک منطقه می‌توانند تجزیه و تحلیل شوند.

شناسایی مناطق مستعد کشت گیاهان و درختان مختلف با توجه به شرایط ویژه اقلیمی مورد نیاز گونه‌های مختلف جهت توسعه کشاورزی، پهنه‌بندی سرمازدگی و یخبندان محصولات باغی و زراعی در مناطق مختلف جهت مدیریت و مقابله با پدیده‌های زیانبخش جوی در کشاورزی، تهیه نقشه جامع پوشش گیاهی هر منطقه، همچنین تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و به‌روز کردن نقشه‌های موجود، همه و همه از کاربردهای GIS در کشاورزی است.

بعلاوه GIS می‌تواند به شما در زمینه تغییرات آب و هوایی، تغییر مسیر رودخانه‌ها، تغییر سطح آب دریاها، تغییر میزان سطح زیر کشت و تغییرات پوشش گیاهی، تغییر حد و مرز پیکره‌های آبی چون دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوسها کمک نماید.

ه) جنگلداری:

به وسیله یک سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه جنگل‌ها می‌توانند دائماً و بطور پیوسته به‌روز شوند. همچنین GIS می‌تواند برای ذخیره و تجزیه و تحلیل اطلاعات جنگل از قبیل محاسبه مقدار چوب قابل برداشت از یک منطقه، بررسی چگونگی توزیع آتش سوزی در جنگل و ... مورد استفاده قرار گیرد. یا در ارزیابی برنامه‌های مختلف برداشت چوب، برآورد میزان تخریب جنگل‌ها و مراتع در اثر اجرای طرح‌های توسعه‌ای مانند راهسازی و ... در یک منطقه بکار رود، در حالی که انجام بسیاری از این تجزیه و تحلیل‌ها بدون بکارگیری GIS امکان پذیر نمی‌باشند.

و) مطالعات شهری:

کاربردهای شهری GIS عبارتند از جمع آوری، به‌روز در آوردن، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به زمین‌های شهری به طور سیستماتیک، تصمیم‌گیری‌های اقتصادی، قانونی و فعالیت‌های مختلف برنامه‌ریزی مانند توسعه شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در استان‌های مختلف.

(ز) صنعت حمل و نقل، ارتباطات و ...:

کاربرد GIS در صنعت می‌تواند به عنوان نمونه، تعیین مسیر ترانزیت کالا، تعیین مسیر مناسب برای احداث جاده‌ها، خطوط انتقال نیرو، سیستم‌های مخابراتی و ... باشد.

(ح) سرویسهای اضطراری: مثل آشنشانی و پلیس.

(ط) نظامی: استفاده در برنامه‌ریزی‌های نظامی.

(ی) تعلیم و تربیت: تحقیق، آموزش و ابزار نظارت.

مدل رقومی ارتفاعی زمین

اساس و پایه اکثر مطالعات و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با زمین، آگاهی از وضعیت و مشخصه‌های ظاهری آن مانند ارتفاع زمین، شیب زمین و جهت شیب می‌باشد. پس از ایجاد و توسعه GIS این امکان ایجاد شده که اینگونه مطالعات با سرعت و دقت زیادی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین انجام شود و حتی امکان تهیه تصاویر سه بعدی سطح زمین از زوایای مختلف مسیر گردد. همچنین مهندسان راهسازی بتوانند به راحتی حجم خاکبرداری و خاکریزی را محاسبه کرده و برآورد هزینه‌های اجرایی را انجام دهند.

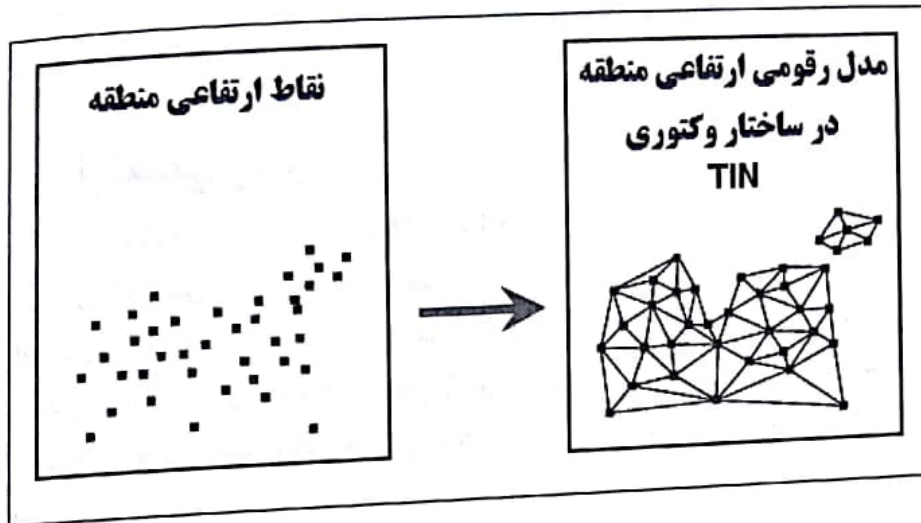
طبق تعریف، مدل رقومی ارتفاعی زمین یک نقشه رقومی است که هر سلول (نقطه) آن حاوی ارتفاع آن نقطه بر روی کره زمین است. این مدل هم می‌تواند به صورت ساختار برداری تهیه شود هم ساختار رستری.

مدل رقومی ارتفاعی زمین را در ساختار رستری DTM گویند که مخفف Digital Terrain Model است. همانگونه که گفته شد، ساختار رستری بصورت شبکه‌ای از سلول‌های مربعی است که ارزش عددی (value) هر سلول نقشه DTM، ارتفاع متوسط قطعه کوچکی از سطح زمین است. شکل ۲۱ نقشه DTM استان کردستان را نشان می‌دهد.

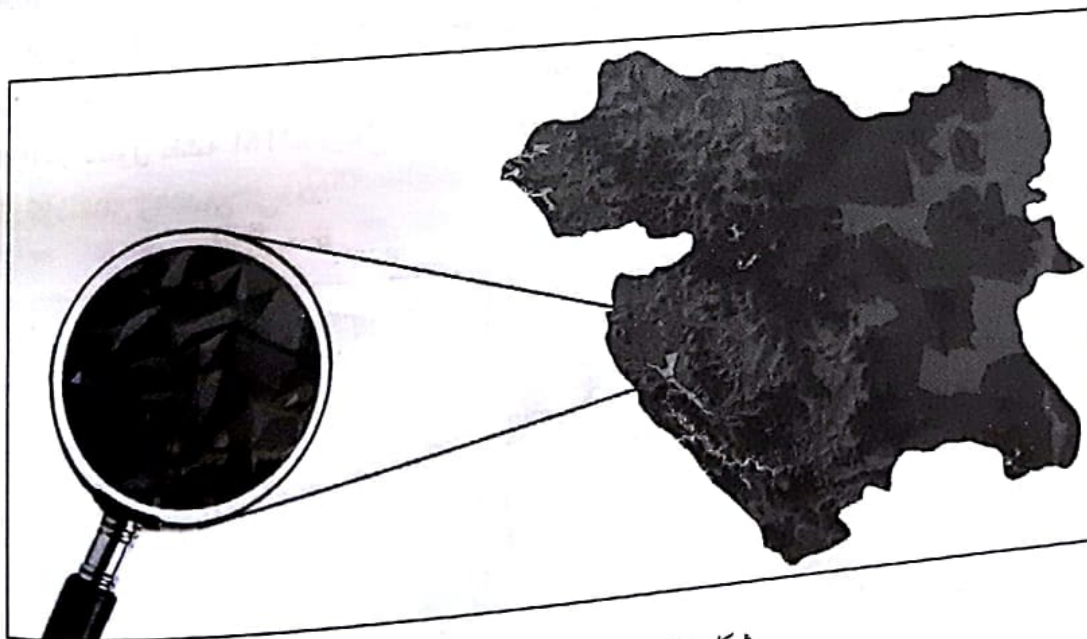


شکل ۲۱ نقشه DTM استان کردستان

مدل رقومی ارتفاعی زمین را در ساختار برداری TIN گویند که مخفف Triangulated Irregular Network (شبکه نامنظم مثلثی) است. علت این نامگذاری آن است که TIN از یک سری مثلث‌های نامنظم به هم چسبیده بوجود می‌آید که به شبکه نامنظم مثلث‌بندی هم مشهور است. نقاط راس مثلثات دارای ارتفاع نقطه متناظر خود بر روی زمین هستند. شکل ۲۲ نقشه TIN استان کردستان را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ تبدیل نقاط ارتفاعی به TIN



شکل ۲۳ نقشه TIN استان کردستان

کاربردهای مدل رقومی ارتفاعی

از مدل رقومی ارتفاعی زمین می‌توان برای تهیه بسیاری از نقشه‌ها، اطلاعات مورد نیاز و تجزیه و تحلیل‌های مرتبط با زمین استفاده کرد. از جمله این کاربردها می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱- نقشه طبقات ارتفاعی (Hypsometric Map)

DTM یا نقشه رقومی ارتفاعی در ساختار رستری، دارای سلول‌هایی با ارزش عددی است که این اعداد همان ارتفاع محل متناظر بر روی زمین است. شما می‌توانید این ارتفاعات را دسته‌بندی کرده و یک نقشه جدید از نوع کلاس بسازید که به آن نقشه طبقات ارتفاعی گویند. برای درک بهتر این مطلب باید گفت که شما یک دسته‌بندی (بسته به نیاز پروژه) تعریف می‌کنید و به هر دسته یک کد می‌دهید. مثلاً از GIS می‌خواهید: ارتفاعات ۰ تا ۵۰۰ متر موجود در نقشه DTM را در یک کلاس به نام ۱ قرار دهد.

ارتفاعات ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر را در یک کلاس به نام ۲ قرار دهد.

ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر را در یک کلاس به نام ۳ قرار دهد. و ...

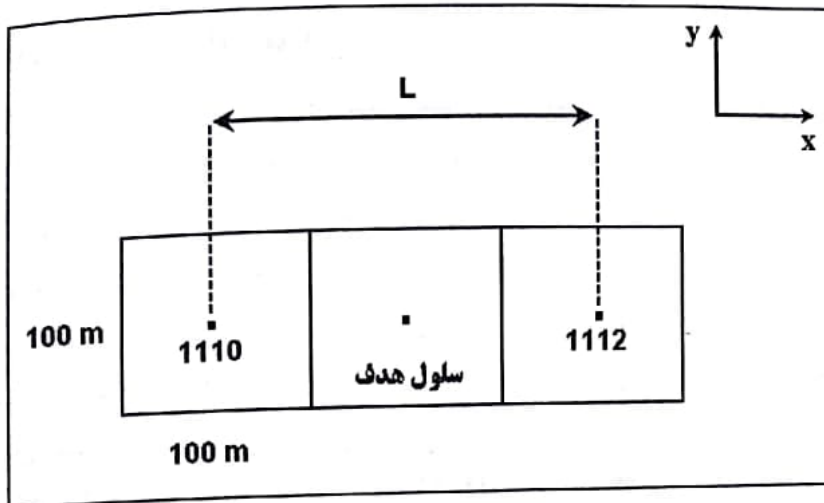
با این کار یک نقشه رستری جدید از نقشه رقومی ارتفاعی (DTM) می‌سازید. نقشه طبقات ارتفاعی کاربردهای زیادی دارد. به عنوان مثال در پروژه‌های مکان‌یابی، می‌توانید مناطقی را که دارای یک ارتفاع خاص هستند بیابید.

۲- نقشه شیب (Slope Map) و طبقات آن

نقشه شیب یکی دیگر از محصولات است که از مدل رقومی ارتفاعی زمین بدست می‌آید. طبق تعریف، شیب یعنی اختلاف ارتفاع دو نقطه در یک فاصله افقی. اساس کار GIS برای تهیه نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاعی زمین اینگونه است:

فرض کنید یک نقشه رستری دارید که ابعاد سلول‌های آن ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر است. GIS برای اینکه شیب هر سلول را حساب کند به دو سلول کناری آن نگاه کرده و ارتفاع آنها را می‌خواند. سپس از هم کم می‌کند تا اختلاف ارتفاع آنها یا ΔH بدست آید.

همچنین فاصله وسط دو سلول کناری را از هم محاسبه کرده و به عنوان L یا فاصله افقی آنها در نظر می‌گیرد. آنگاه از تقسیم ΔH بر L مقدار شیب را در جهت x محاسبه می‌کند:



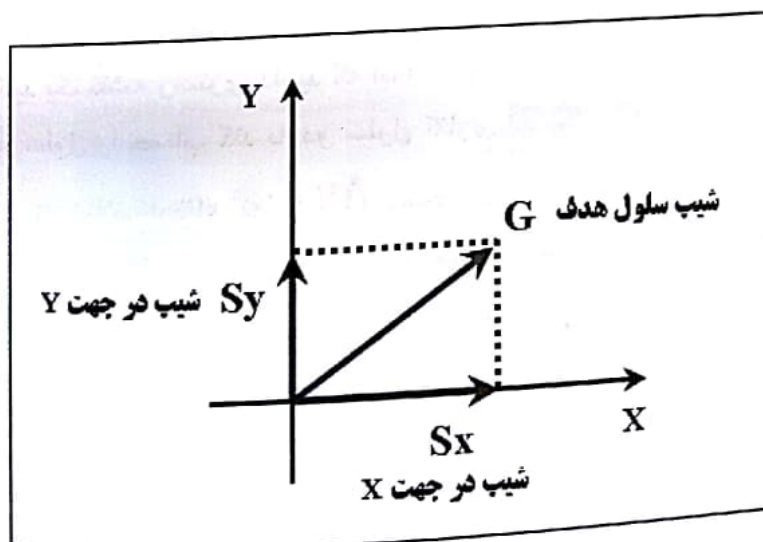
$$\text{سایز سلول} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$$

$$L = 50 + 100 + 50 = 200 \text{ m} \quad \text{فاصله افقی در جهت } x$$

$$\Delta H = 1112 - 1110 = 2 \text{ m} \quad \text{اختلاف ارتفاع در جهت } x$$

$$\text{شیب در جهت } x = \frac{\Delta H}{r} = \frac{2}{200} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ یک درصد}$$

به همین ترتیب شیب در جهت y را هم حساب می‌کند. سپس جمع برداری این دو شیب را انجام داده و به عنوان شیب سلول هدف در نظر می‌گیرد:

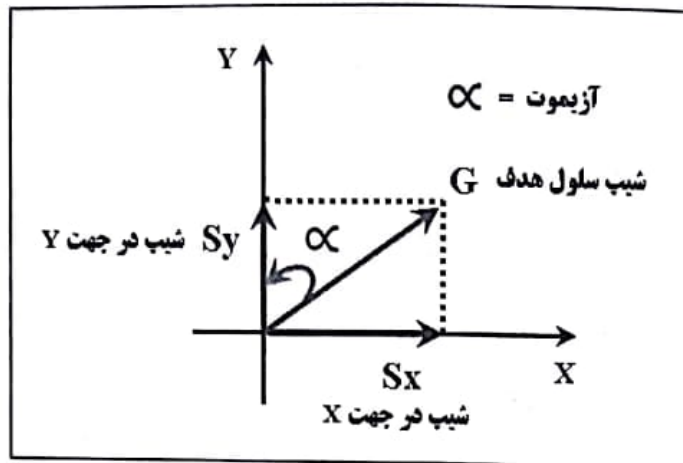


$$G = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

GIS این کار را برای تک تک سلول‌های مدل رقومی ارتفاعی انجام می‌دهد. حاصل کار یک نقشه جدید خواهد بود به نام نقشه شیب (Slope Map). شما می‌توانید این نقشه شیب را نیز همچون نقشه طبقات ارتفاعی، کلاس‌بندی کرده یا نقشه مناطقی که شیب مد نظرتان را دارند از این نقشه شیب جدا کرده و به صورت یک نقشه جدید ذخیره نمایید. این کار را در پروژه نهایی این درس لازم خواهید داشت.

۳- نقشه جهت شیب (Aspect Map) و طبقات آن

نقشه جهت شیب نیز یکی از محصولات مهم و کاربردی است که می‌توانید از مدل رقومی ارتفاعی زمین بدست آورید. برای تهیه نقشه جهت، GIS زاویه آزیموت^۱ (زاویه نسبت به شمال) را از روی مقادیر S_x (شیب در جهت x) و S_y (شیب در جهت y) برای هر سلول به روش زیر حساب می‌کند:



$$\alpha = \text{Arc tan} \left(\frac{S_x}{S_y} \right)$$

زاویه آزیموت برای تک تک سلول‌ها محاسبه می‌شود. سپس با توجه به یکی از کلاسه‌بندی‌های زیر، جهت یا Aspect تک تک سلول‌ها مشخص شده و نقشه جهت تهیه می‌گردد.

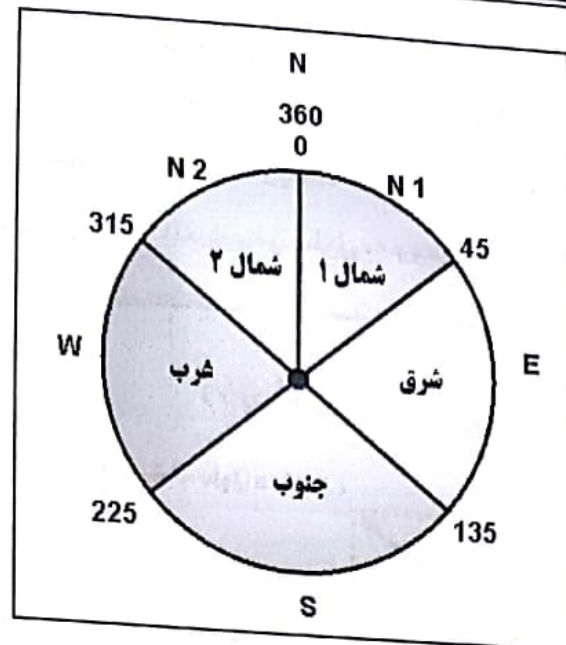
الف- نقشه ۵ جهته: یعنی جهت‌های شمال (۱ و ۲)، شرق، جنوب، غرب، مسطح (Flat). به این نقشه، نقشه Aspect پنج جهته گویند. اگر ۳۶۰ را بر ۴ (تعداد جهت‌ها به جز مسطح) تقسیم کنید، فاصله بین دو جهت متوالی بدست می‌آید:

$$\text{درجه} = \frac{360}{4} = 90 = \text{فاصله بین دو جهت متوالی}$$

چون دو جهت ۱ و ۲ برای شمال دارید، پس ۹۰ باید بر ۲ تقسیم شود تا فاصله شمال ۱ و ۲ مشخص گردد:

$$\text{درجه} = \frac{90}{2} = 45 = \text{فاصله دو جهت شمال ۱ و ۲}$$

۱. آزیموت زاویه ایست افقی که امتداد مورد نظر با راستای شمال و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد



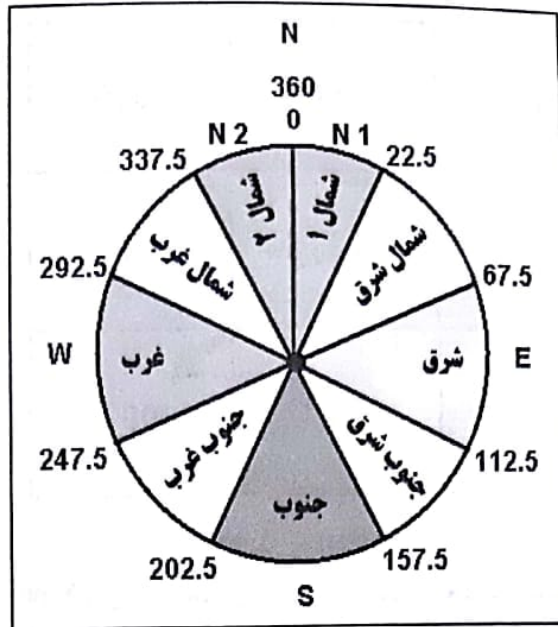
شکل ۲۴ نقشه Aspect پنج جهت

ب- نقشه ۹ جهته: یعنی جهت‌های شمال (۱ و ۲)، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب، شمال غرب، مسطح (Flat).
به این نقشه، نقشه Aspect نه جهته گویند. اگر ۳۶۰ را بر ۸ (تعداد جهت‌ها به جز مسطح) تقسیم کنید، فاصله بین دو جهت متوالی بدست می‌آید:

$$\text{درجه} = \frac{360}{8} = 45 = \text{فاصله بین دو جهت متوالی}$$

چون دو جهت ۱ و ۲ برای شمال دارید، پس ۴۵ باید بر ۲ تقسیم شود تا فاصله جهت شمال ۱ و ۲ مشخص گردد:

$$\text{درجه} = \frac{45}{2} = 22.5 = \text{فاصله دو جهت شمال ۱ و ۲}$$



شکل ۲۵ نقشه Aspect نه جهت

GIS این کار را برای تک تک سلول‌های مدل رقومی ارتفاعی انجام می‌دهد. حاصل کار یک نقشه جدید خواهد بود به نام نقشه جهت شیب (Aspect Map). سپس می‌توانید نقشه جهت (Aspect) را طبقه‌بندی کرده تا نقشه طبقات جهت را هم بسازید. مثلاً گفت:

از ۰ تا ۲۲/۵ درجه را در کلاس ۱ قرار دهد.

از ۲۲/۵ تا ۶۷/۵ درجه را در کلاس ۲ قرار دهد.

و ...

نقشه جهت شیب در مطالعات شهرسازی، طراحی جاده، انتخاب محل (Site Selection) مثلاً برای کارخانه و ... کاربردهای فراوانی دارد.

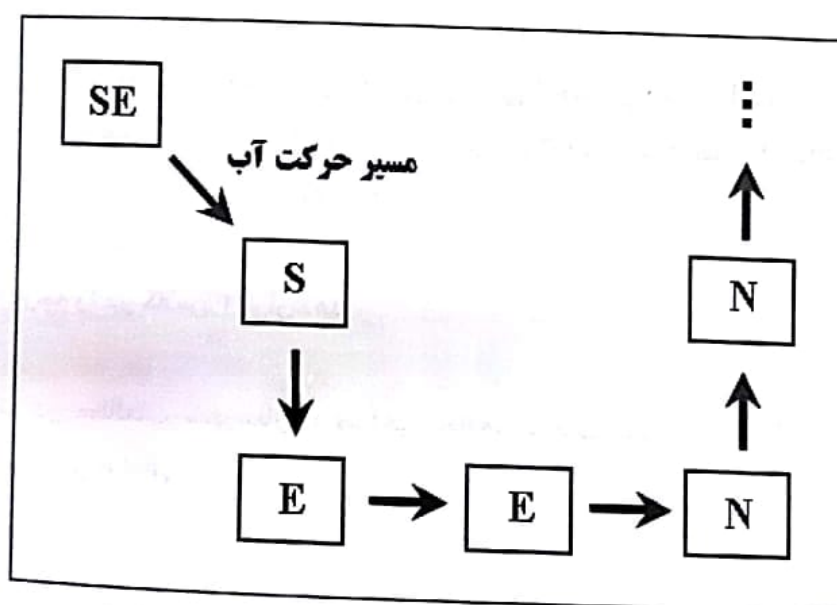
۴- استخراج آبراهه‌ها (خط القعرها)

چهارمین استفاده‌ای که می‌شود از مدل رقومی ارتفاعی یک منطقه نمود، این است که می‌توان به وسیله آن، آبراهه‌های منطقه را استخراج نمود. آبراهه‌ها همان خط القعرهای منطقه هستند که به دلیل دارا بودن کمترین ارتفاع نسبت به مناطق مجاور خود، آبهای سطحی ناشی از نزولات جوی، در آنها جریان می‌یابند. GIS می‌تواند به دو روش زیر اقدام به استخراج آبراهه‌ها نماید:

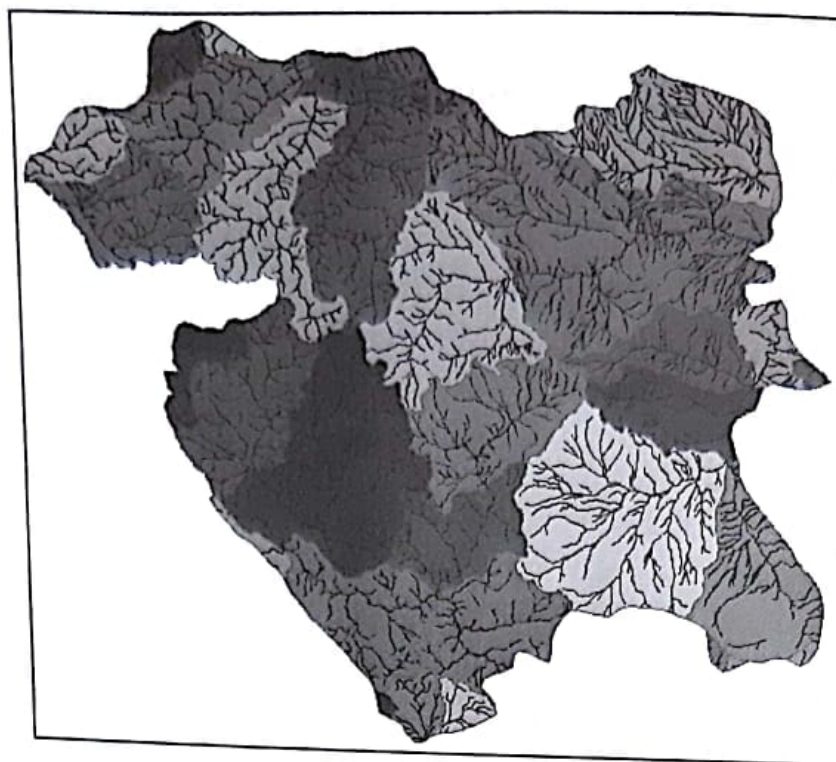
الف- اگر نقشه DTM (مدل رقومی ارتفاعی در ساختار رستری) را در اختیار داشته باشد، به ارتفاع سلول‌های مجاور سلول هدف نگاه می‌کند. هر کدام که ارتفاع کمتری داشته باشند، می‌گوید آب از سلول مبدا به آنجا می‌رود. برای درک بیشتر، شکل زیر را ملاحظه نمایید که در آن، آب از سلول هدف به سلولی جریان یافته که دارای ارتفاع ۹۹۷ متر بوده و کمترین ارتفاع در بین سلول‌های مجاور سلول هدف می‌باشد:

1000	1001	1000
999	سلول مبدأ	998
1002	1001	997

ب- اگر نقشه جهت شیب (Aspect) را در اختیار داشته باشد، به جهت شیب سلول مبدأ نگاه می‌کند و می‌گوید آب در جهت شیب سلول حرکت می‌کند:



۵- استخراج مرز حوزه‌های آبخیز (خط الرأس‌ها)
 GIS می‌تواند با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی، حوزه‌های آبخیز منطقه را نیز استخراج نماید. مرز حوزه‌های آبخیز (یا همان خط الرأس‌ها) سلول‌هایی هستند که بیشترین ارتفاع را در بین سلول‌های مجاورشان دارند. پس GIS از به هم وصل کردن سلول‌هایی که بیشترین ارتفاع را در منطقه دارند، می‌تواند مرز حوزه‌های آبخیز را استخراج نماید. شکل ۲۵، حوزه‌های آبخیز استان کردستان را نشان می‌دهد.



شکل ۲۶ حوزه‌های آبخیز استان کردستان

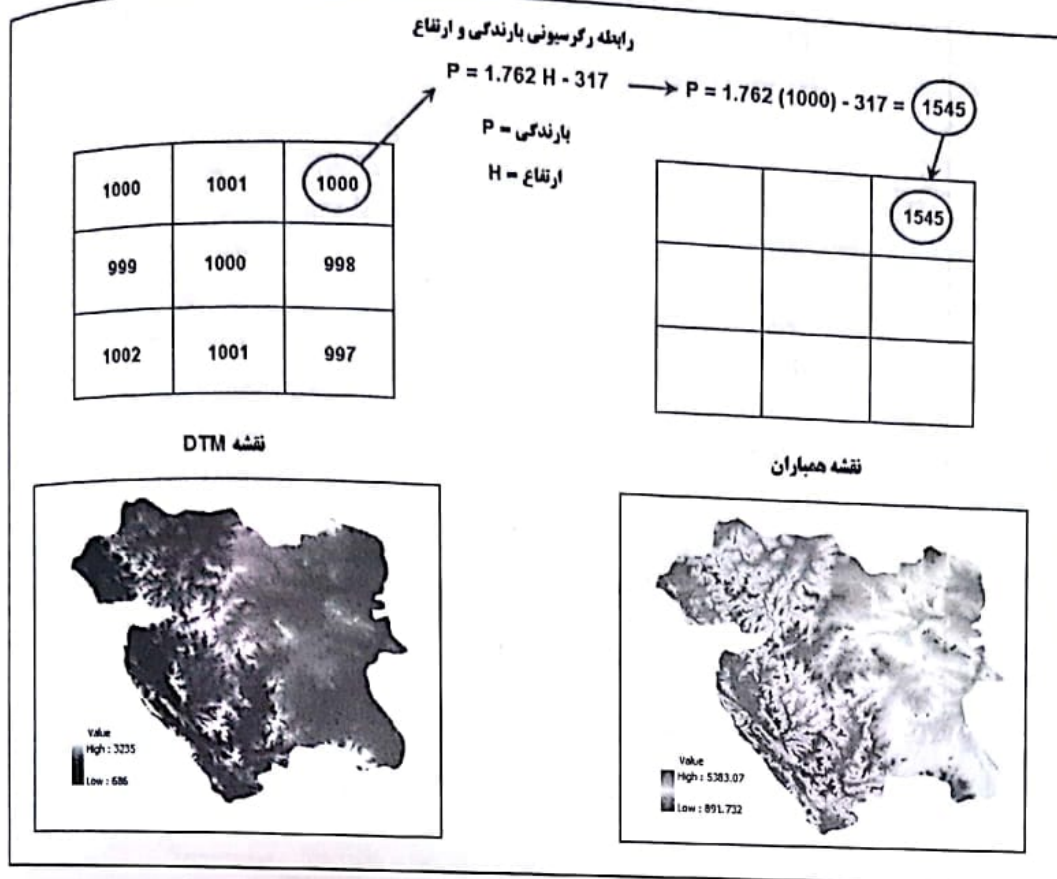
۶- رسم نقشه‌های همباران و همدمای ...

در درس "کاربرد کامپیوتر در جغرافیا" با رسم نقشه‌های همدمای و همباران به روش درونیابی آشنا شدید. در آنجا توضیح داده شد که این آموزش، صرفاً جهت تمرین روش‌های درونیابی است تا دانشجویان با نحوه کار با روش‌های درونیابی آشنا شوند. در اصل برای رسم نقشه‌های هم مقدار، مانند نقشه‌های همباران و همدمای و ...، باید ابتدا رابطه رگرسیونی آن عامل هواشناسی با ارتفاع مشخص شده تا بتوان از این قانونمندی استفاده نموده و نقشه هم مقدار را رسم کرد. GIS می‌تواند با داشتن رابطه رگرسیونی بین عوامل مختلف هواشناسی مانند باران، دما و ... با ارتفاع، از نقشه DTM (که همان متغیر ارتفاع منطقه است) نقشه‌های اقلیمی همدمای و همباران و ... را رسم کند.

در اینجا به عنوان نمونه، روش تهیه یک نقشه همباران توضیح داده می‌شود. ابتدا داده‌های بارندگی و ارتفاع را وارد Excel نموده و همانند آنچه در درس "کاربرد کامپیوتر در جغرافیا" آموخته اید، رابطه رگرسیونی آنها را محاسبه کنید. فرض کنید این رابطه رگرسیونی بدست آمده باشد:

$$P = 1.762 H - 317 \quad \text{که در آن: } P = \text{بارندگی و } H = \text{ارتفاع است.}$$

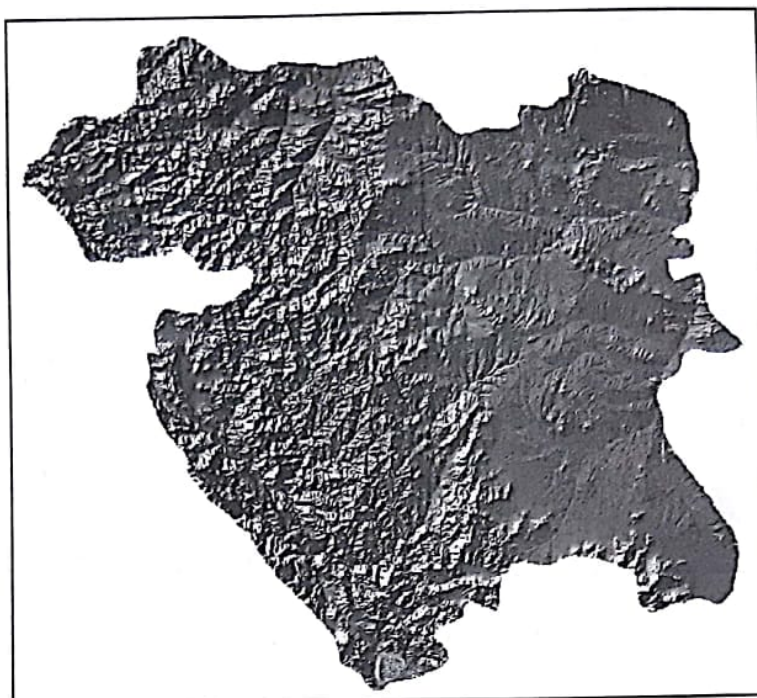
این رابطه را از طریق دستور Raster Calculator به GIS می‌دهید تا GIS آن را بر روی تک تک سلول‌های نقشه DTM اعمال کند. حاصل کار نقشه همباران خواهد بود. این مفهوم در شکل ۲۶ نموده شده است:



شکل ۲۷ چگونگی تولید نقشه همباران از نقشه DTM

۷- تهیه نقشه سایه روشن (Hillshade)

GIS می‌تواند با شبیه‌سازی موقعیت خورشید در یک منطقه، تصویر سایه روشن پستی و بلندیهای آن منطقه را با استفاده از نقشه DTM تهیه نماید. چنین نقشه‌ای را نقشه سایه روشن یا Hillshade گویند که به عنوان زمینه نقشه‌های موضوعی (مثل روخانه‌ها و ...) جهت تهیه نقشه‌های گویاتر استفاده می‌شود. شکل ۲۷ نقشه سایه روشن یا Hillshade استان کردستان را نشان می‌دهد.



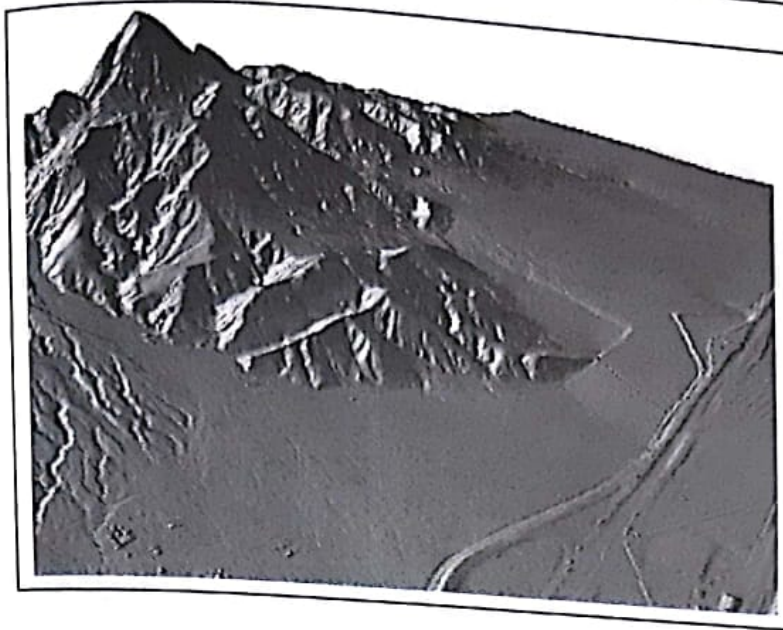
شکل ۲۸ نقشه سایه روشن استان کردستان

۸- تهیه نقشه میدان دید

در GIS دستوری به نام قابلیت دید (Intervisibility) وجود دارد که می‌تواند با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین، مناطقی را که از یک یا چند نقطه معین قابل رؤیت هستند، مشخص کند. چنین نقشه‌هایی در طراحی مناظر و پارک‌ها، تعیین محل استقرار برج‌های دیده‌بانی و همچنین تقویت کننده‌های تلفن همراه استفاده می‌شوند.

۹- تهیه نقشه سه بعدی (3D)

GIS این قابلیت را دارد که با تعیین یک نقطه در فضا به عنوان نقطه نظاره، تصویری سه بعدی از یک مدل رقومی ارتفاعی تهیه نماید. همچنین می‌توان به دلخواه نقطه نظاره را تغییر داد و حتی نقشه‌های موضوعی منطقه را بر روی نقشه ۳ بعدی قرار داده و به تجزیه و تحلیل‌های بصری پرداخت.



شکل ۲۹ نقشه سه بعدی (3D)

۱۰- محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی

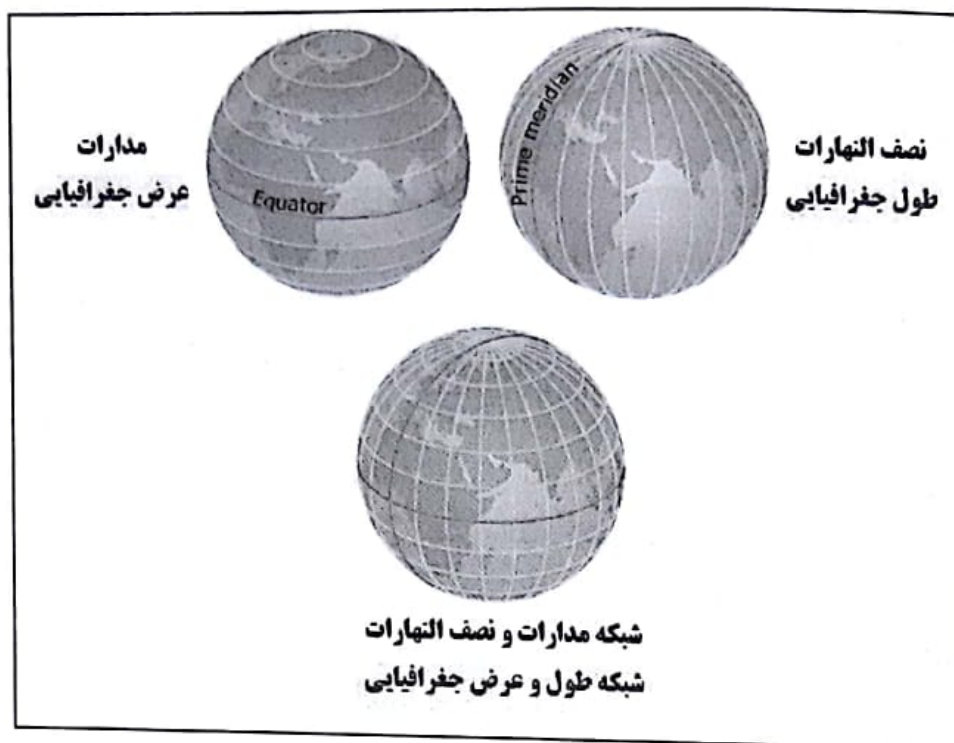
در انجام پروژه‌های فنی و مهندسی، محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی بسیار اهمیت دارد. GIS می‌تواند با استفاده از نقشه رقومی ارتفاع منطقه و توابعی که در اختیار دارد، حجم خاکبرداری و خاکریزی را نسبت به یک ارتفاع معین، محاسبه نماید. این امر می‌تواند به شرکت‌های پیمانکار کمک نماید که قبل از شرکت در مناقصه‌های عمرانی، با محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی، برآوردی از هزینه اجرای طرح نموده و با پیشنهاد قیمتی مناسب، به رقابت در مناقصه بپردازند.

سیستم تصویر

شبکه طول و عرض جغرافیایی

پدیده‌ها در دنیای واقعی، بر روی یک رویه کروی (کره زمین) قرار دارند. برای تعیین موقعیت هر نقطه (پدیده) بر روی این کره، آن را با شبکه‌ای از مدارات و نصف النهارات می‌پوشانند و سپس با توجه تقسیمات آن، موقعیت هر نقطه را به وسیله یک طول و عرض جغرافیایی بیان می‌کنند. چنین شبکه‌ای را شبکه طول و عرض جغرافیایی گویند.

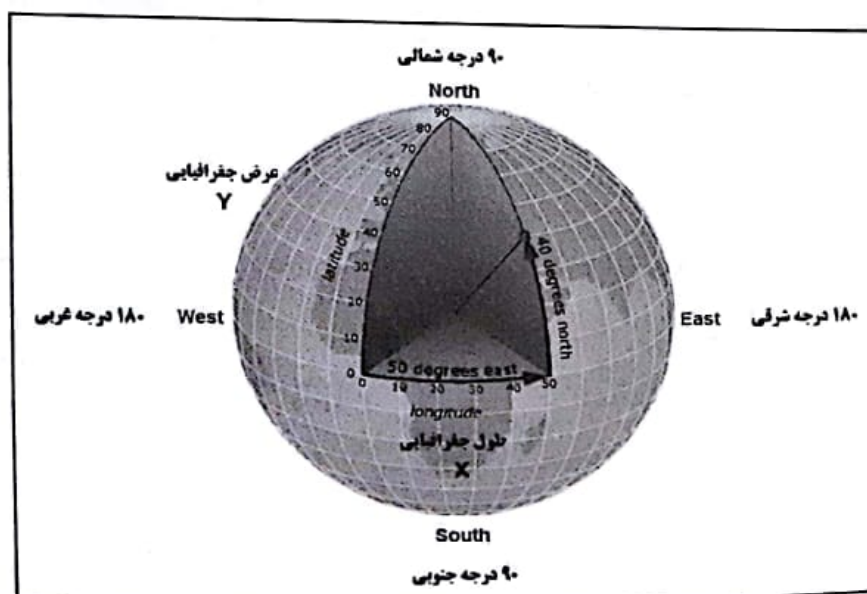
طول و عرض جغرافیایی یک نقطه از جهان، زوایایی هستند که خط واصل آن بر مرکز زمین، با صفحه نصف‌النهار و صفحه استوا می‌سازد. مکان هندسی نقاطی را که طول جغرافیایی برابری دارند نصف‌النهار و مکان هندسی نقاطی را که عرض جغرافیایی یکسانی دارند مدار می‌گویند.



شکل ۳۰ شبکه طول و عرض جغرافیایی

سیستم مختصات جغرافیایی

سیستم مختصات جغرافیایی (Lat long) بر اساس همین شبکه طول و عرض جغرافیایی تعریف شده است که به دلیل صحت بالا در تعیین موقعیت هر نقطه بر روی سطح کره زمین و همچنین منحصر به فرد بودن مختصات هر نقطه، یکی از بهترین سیستم‌های مختصات می‌باشد.



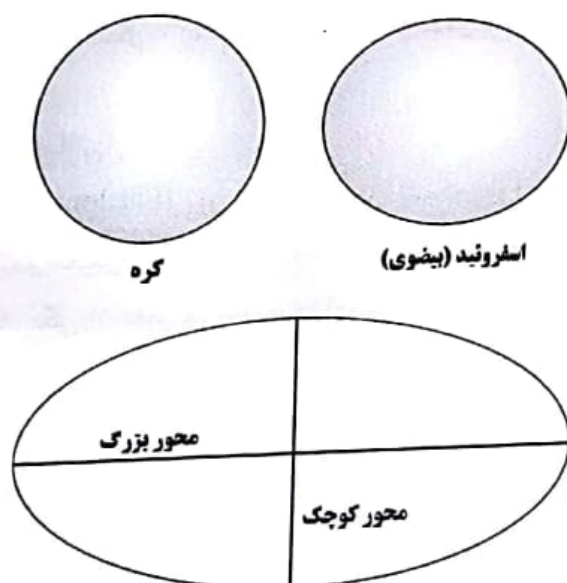
شکل ۳۱ سیستم مختصات جغرافیایی

اما از آنجا که زمین کروی است، فاصله دو نصف‌النهار مجاور در استوا ماکزیمم بوده و هر چه به طرف قطبین برویم این فاصله کمتر و کمتر خواهد شد. برای مثال این فاصله در استوا حدوداً ۱۱۱ کیلومتر و در عرض جغرافیایی ۶۰ درجه حدوداً ۵۵ کیلومتر است. این امر باعث می‌شود که اندازه‌گیری طول در این سیستم مختصات دچار مشکل شود.

برای مرتفع ساختن این مشکل، باید کره جغرافیایی را بر روی یک سطح تصویر نمود. به این کار اصطلاحاً پروژکسیون (Projection) گویند که در ادامه توضیح داده خواهد. اما قبل از آن به بیان توضیحاتی در مورد شکل، اندازه و مرکز زمین کره زمین پرداخته می‌شود.

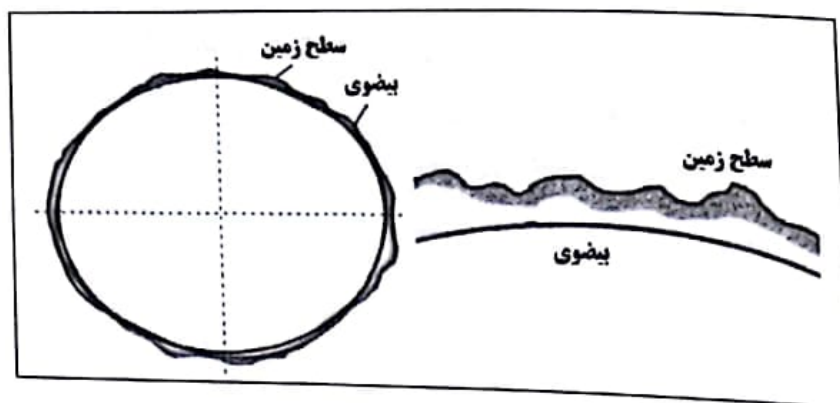
شکل، اندازه و مرکز کره زمین

پروژکسیون (تصویر کردن کره جغرافیایی بر روی یک سطح) یک تبدیل ریاضی است که سه مولفه شکل و اندازه و مرکز زمین در محاسبات آن نقش بسیار تعیین کننده‌ای دارند. مدتهاست که بشر به این واقعیت که زمین بیضوی است نه کروی، پی برده است. مطالعات دانشمندان نشان می‌دهد که حداکثر اختلاف بین دو قطر این بیضی ۴۳ کیلومتر می‌باشد. به همین دلیل به آن اسفروئید (بیضوی نزدیک به کره) نیز گویند.



از طرفی سطح کره زمین، سطحی هموار نبوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است. لذا نمی‌توان در همه جای کره زمین یک بیضی واحد را برای آن در نظر گرفت. به همین دلیل بیضی‌های گوناگونی، متناسب با مناطق مختلف جهان ارائه شد که لیستی از مهمترین آنها در جدول زیر آمده است:

۱ کتاب ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، م. مخدوم، ع. درویش صفت، م. جعفرزاده، ع. مخدوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۶، صفحه ۷۷.



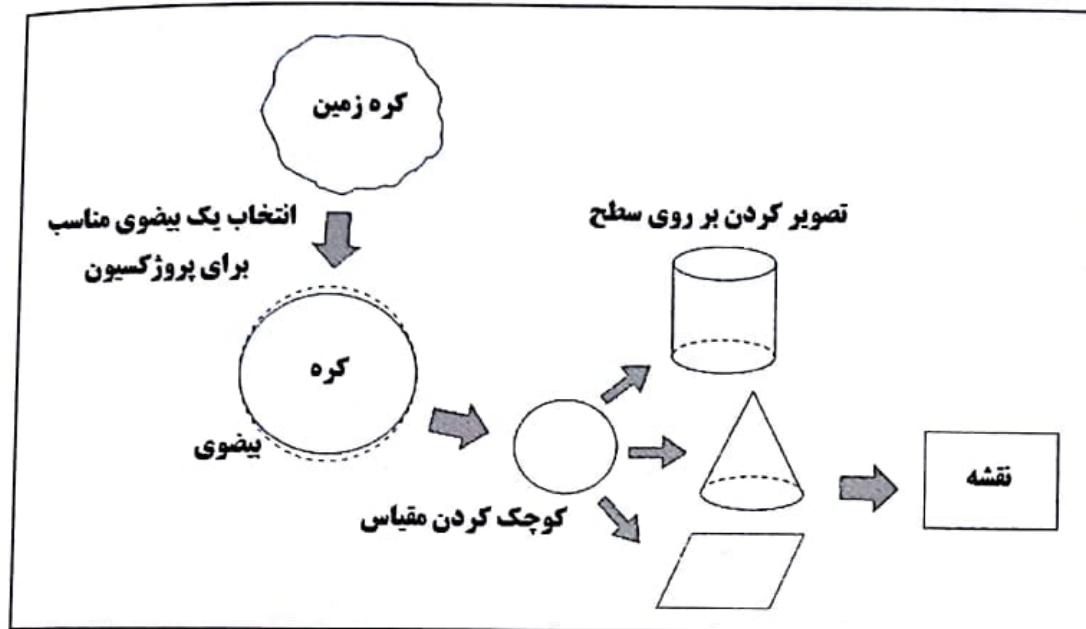
مشخصات مهم ترین بیضوی های تعیین شده برای جهان (ESRI, 1994)

نام	تاریخ	نیم قطر بزرگ (متر)	نیم قطر کوچک (متر)	محل استفاده
Airy	۱۸۳۰	۶۳۷۷۵۶۳/۳۹۶	۶۳۵۶۲۵۶/۹۱	انگلستان
Bessel	۱۸۴۱	۶۳۷۷۳۹۷/۱۵۵	۶۳۵۶۰۷۸/۹۶۲۸۴	اروپای مرکزی و اندونزی
Clarke	۱۸۶۶	۶۳۷۸۲۰۶/۴	۶۳۵۶۵۸۳/۸	آمریکای شمالی و فیلیپین
Clarke	۱۸۸۰	۶۳۷۸۲۴۹/۱۴۵	۶۳۵۶۵۱۴/۸۶۹۵۵	هندوستان، برمه و مالزی
Everest	۱۸۳۰	۶۳۷۷۲۷۶/۳۴۵۲	۶۳۵۶۰۷۵/۴۱۳۳	فرانسه و آفریقا
Helmert	۱۹۰۷	۶۳۷۸۲۰۰	۶۳۵۶۸۱۸/۱۷	مصر
International (Hyford)	۱۹۰۹	۶۳۷۸۳۸۸	۶۳۵۶۹۱۱/۹۴۶۱۳	روسیه و اروپای شرقی
Krasovsky	۱۹۴۰	۶۳۷۸۲۴۵	۶۳۵۶۸۶۳/۰۱۸۸	
New International	۱۹۶۷	۶۳۷۸۱۵۷/۵	۶۳۵۶۷۷۲/۲	
Sphere		۶۳۷۰۹۹۷	۶۳۷۰۹۹۷	
WGS72	۱۹۷۲	۶۳۷۸۱۳۵	۶۳۵۶۷۵۰/۵۱۹۹۱۵	تمام جهان
WGS84	۱۹۸۴	۶۳۷۸۱۳۷	۶۳۵۶۷۵۲/۳۱	تمام جهان

همچنین نقطه مرکز کره زمین و راستای مبنا شمال برای آن، که در محاسبات پروژکسیون دارای اهمیت هستند، به روشهای مختلفی تعیین شده اند و در قالب Datum یا سطح مبنا در انجام پروژکسیون لحاظ می گردند. همانگونه که در بند آخر جدول مشاهده می کنید، در سال ۱۹۸۴ میلادی دانشمندان با استفاده از داده های ماهواره ای توانستند یک بیضوی جدید را برای انجام محاسبات پروژکسیون ارائه نموده و مرکز آن را با دقت بالایی تعیین کنند. این Datum که WGS1984 نامیده می شود، به علت صحت و دقت بالا برای کل جهان، به عنوان مبنا پروژکسیون و تهیه نقشه های جدید کاربرد فراوانی یافته است.

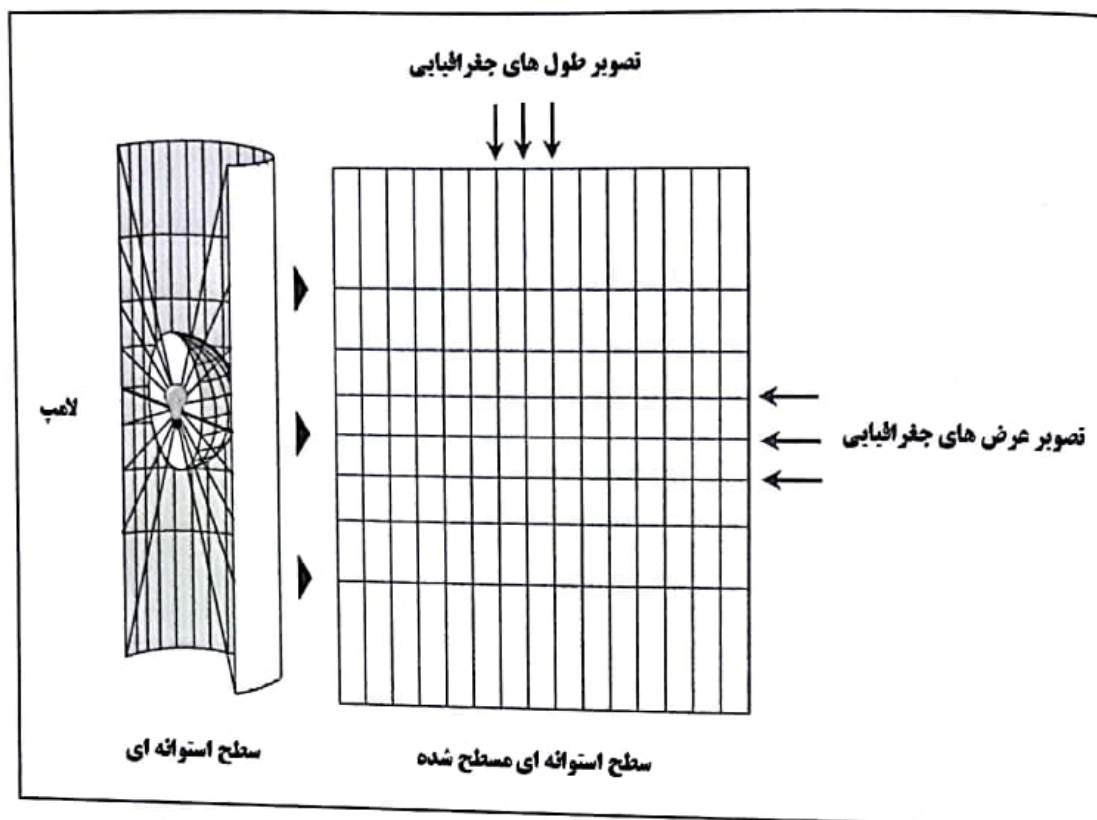
پروژکسیون و روش‌های مختلف آن

منظور از پروژکسیون، تصویر کردن کره جغرافیایی بر روی یک سطح است. این سطح می‌تواند مخروط، استوانه یا صفحه مستوی باشد. الگوریتم کار پروژکسیون، در شکل ۳۱ نمونه شده است:



شکل ۳۲ الگوریتم پروژکسیون

برای این کار، کره زمین را شفاف فرض می‌کنند که یک لامپ در مرکز آن قرار داشته باشد. سایه شبکه جغرافیایی بدین گونه بر روی سطح استوانه، مخروط و یا صفحه مستوی مماس بر سطح کره زمین منتقل می‌گردد. سپس استوانه یا مخروط را برش داده و به یک سطح گسترش یافته تبدیل می‌کنند:

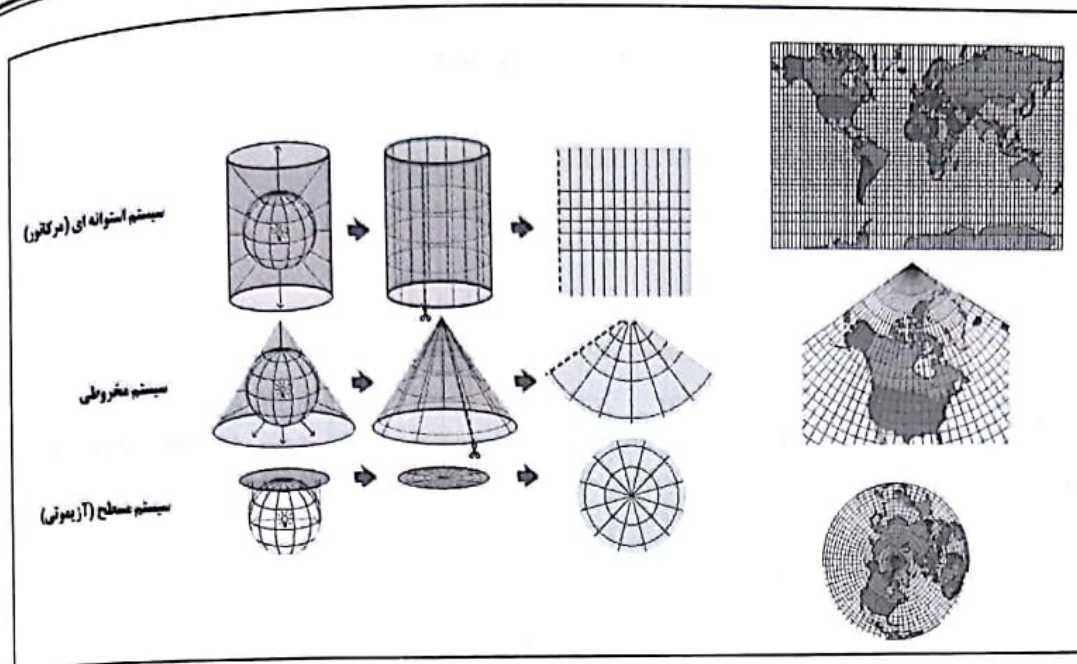


در این عمل دیده می‌شود که بعضی از مشخصه‌های هندسی عوارض و پدیده‌های روی کره زمین (کشورها، قاره‌ها و ...) مانند شکل و مساحت و جهت، تغییر خواهند کرد. این خطاها در محل تماس سطح محاط (تماس) بر کره زمین صفر است. اما هرچه از این خط دورتر شویم میزان خطا افزایش می‌یابد. این امر باعث شده تا دانشمندان علم جغرافیا بیش از ۵۰ سامانه پروژکسیون (سیستم تصویر) مختلف برای کره زمین تعریف کنند. در هر کدام از این سامانه‌ها، سطح استوانه‌ای، مخروطی و یا مستوی در یک جهت خاص و در یک نقطه معین از کره زمین (بسته به کشور و منطقه هدف) محاط می‌شوند. علیرغم تنوع زیاد سیستم‌های تصویر، می‌توان آنها را به سه دسته کلی زیر تقسیم نمود:

۱- سیستم‌های تصویر مخروطی

۲- سیستم‌های تصویر استوانه‌ای

۳- سیستم‌های تصویر مسطح

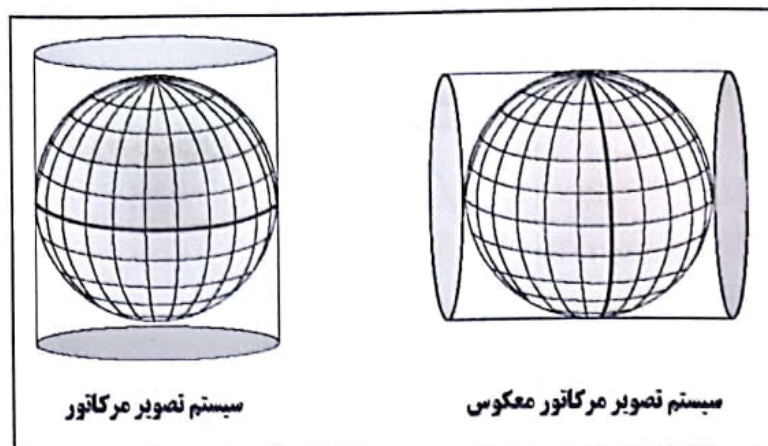


شکل ۳۳ سیستم تصویر (پروژکسیون)

متداولترین سیستم‌های تصویر در جهان عبارتند از: مرکاتور، مرکاتور معکوس، مرکاتور معکوس جهانی، اورتوگرافیک، استریوگرافیک لامبرت و جغرافیایی (اطلاعات بیشتر در کتاب کارتوگرافی مدرن تألیف آقایان مدیری و خواجه یا کتاب الکترونیکی (ebook) شرکت ESRI با عنوان Understanding Map Projections که در سیدی شماره ۲ در اختیار شما قرار گرفته است). از آنجا که اکثر نقشه‌های ایران با استفاده از سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM) و مرکاتور معکوس جهانی (UTM) تهیه شده‌اند، آنها را به اختصار شرح می‌دهیم.

سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM یا Transverse Mercator)

در سیستم تصویر مرکاتور یک استوانه را به صورت عمودی بر کره زمین محاط می‌کنند. در این حالت خط تماس استوانه و کره، بر روی خط استوا قرار می‌گیرد. اما در سیستم تصویر مرکاتور معکوس، استوانه را به صورت افقی قرار می‌دهند. در این حالت خط تماس بر روی یکی از نصف‌النهارات قرار می‌گیرد و این همان مزیت سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM) است که با چرخاندن استوانه افقی، خط تماس استوانه با کره را بر روی نصف‌النهار مرکزی کشور یا منطقه مورد نظر قرار می‌دهند تا خطاهای هندسی (تغییرات در مساحت و محیط و جهت) را برای آن منطقه به حداقل برسانند. واحد اندازه‌گیری در این سیستم، متر است.



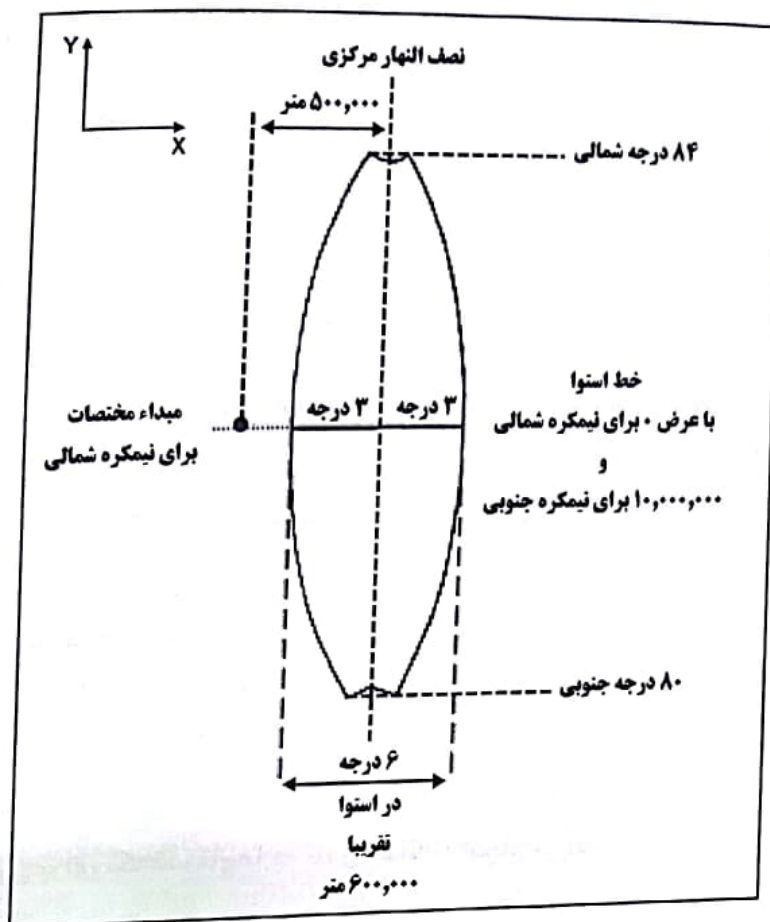
شکل ۳۴ سیستم تصویر مرکاتور و مرکاتور معکوس

سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (UTM یا Universal Transverse Mercator)

UTM حالت خاصی از TM است. در این سیستم تصویر کره زمین به ۶۰ قاچ (Zone)، هر کدام به عرض ۶ درجه تقسیم می‌شود. آنگاه استوانه افقی را به گونه‌ای بر کره زمین محاط می‌کنند که خط تماس آن بر روی نصف‌النهار مرکزی قاچ قرار بگیرد و سپس عمل پروژکسیون را انجام می‌دهند. بدین گونه عمل پروژکسیون برای تک تک قاچ‌ها به طور جداگانه انجام می‌گیرد.



همانند آنچه در تصویر زیر دیده می‌شود، هر قاچ ۶ درجه طول جغرافیایی را پوشش می‌دهد که ۳ درجه آن در طرف راست نصف‌النهار مرکزی قاچ قرار می‌گیرد و ۳ درجه دیگر در طرف چپ آن. همچنین هر قاچ از عرض جغرافیایی ۸۰ S (۸۰ درجه جنوبی) تا ۸۴ N (۸۴ درجه شمالی) را در بر می‌گیرد.



شکل ۳۵ میزان پوشش هر قاچ در سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی هر قاچ (zone)، دارای یک شبکه مختصات خاص خود است که مبدأ آن، محل تقاطع نصف‌النهار مرکزی قاچ با خط استواست. اگر برای این مبدأ، مختصات $X=0$ و $Y=0$ را در نظر بگیریم، همانند شکل زیر در ربع‌های دوم و سوم و چهارم مقادیر X یا Y یا هر دو، اعداد منفی خواهد شد.

Y		
X<0 Y>0	X>0 Y>0	X
(0,0)		
X<0 Y<0	X>0 Y<0	

برای اینکه در سیستم تصویر UTM اعداد (مختصات‌های) منفی نداشته باشیم، دو نقطه به عنوان مبدأ مختصات برای آن تعریف کرده‌اند:

الف- یک مبدأ مختصات برای نیمکره شمالی با مختصات : $X=500,000$ و $Y=0$

ب: یک مبدأ مختصات برای نیمکره جنوبی با مختصات $X=500,000$ و $Y=1,000,000$

در سیستم UTM نیز همانند TM، واحد اندازه‌گیری، متر است. همچنین هر نقطه دارای یک X شش رقمی و یک Y هفت رقمی است.

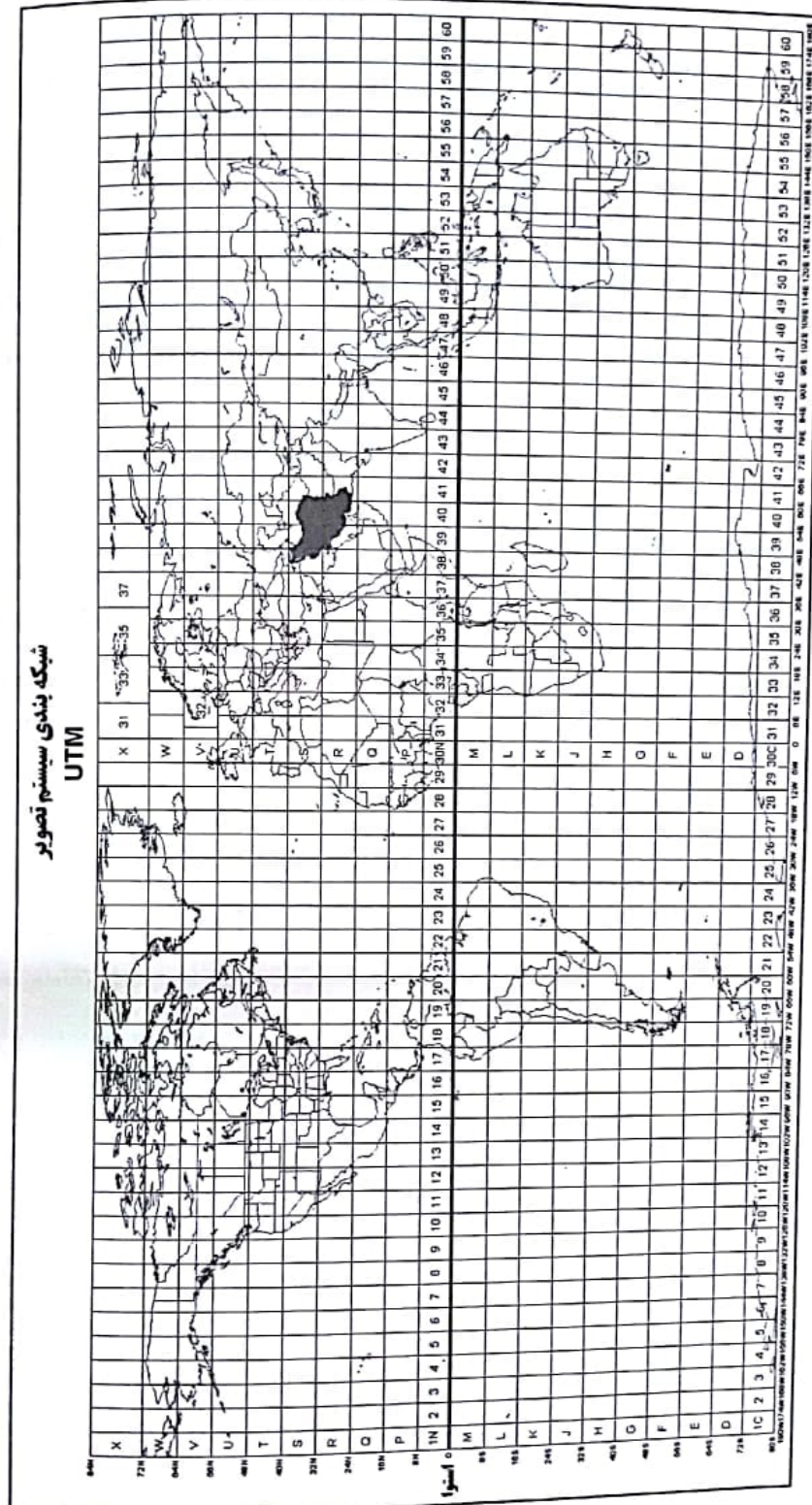
شبکه‌بندی سیستم تصویر UTM

گفتیم که هر قاچ در سیستم تصویر UTM، ۶ درجه طول جغرافیایی را پوشش می‌دهد. از آنجا که در شبکه جغرافیایی ۳۶۰ درجه طول جغرافیایی داریم پس :

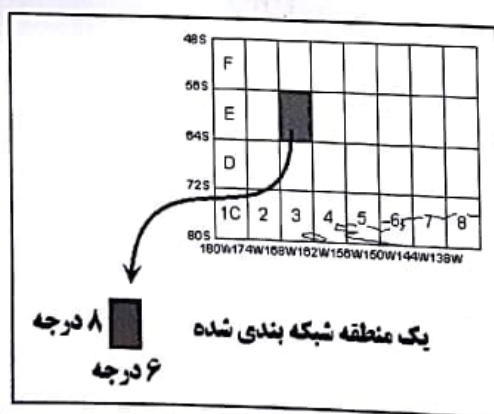
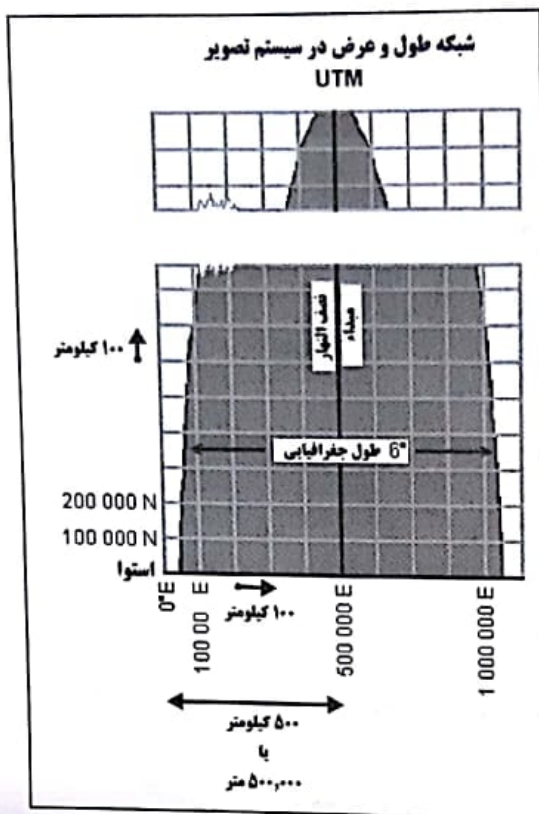
$$360 \div 6 = 60$$

یعنی شبکه سیستم تصویر UTM دارای ۶۰ قسمت افقی است. از طرفی گفتیم که هر قاچ از عرض جغرافیایی ۸۰ S تا ۸۴ N ادامه دارد. اگر این فاصله را به تقسیمات ۸ درجه ۸ درجه تقسیم کنیم، ۲۰ قسمت عمودی خواهیم داشت که با حروف لاتین C تا X (بجز I و O) نامگذاری می‌شوند. نتیجه اینکه همانند آنچه در شکل زیر می‌بینید، شبکه‌بندی سیستم تصویر UTM دارای ۱۲۰۰ قسمت است:

$$60 \times 20 = 1200$$



نکته - عرض‌های 72 N تا 84 N را یک قطعه در نظر می‌گیرند. طبق آنچه گفته شد، هر سلول شبکه UTM دارای ابعاد ۶ درجه در ۸ درجه (۶۰۰ تا ۹۰۰ کیلوگرم) است که برای سهولت کار، هر کدام را به مربع‌های ۱۰۰ کیلومتر در ۱۰۰ کیلومتر تقسیم می‌کنند.



محاسبه Zone هر منطقه با استفاده از طول جغرافیایی آن

در سیستم جغرافیایی، هر منطقه دارای یک مختصات منحصر به فرد است که با یک طول و یک عرض جغرافیایی بیان می‌شود. برای اینکه بدانید که این منطقه در سیستم تصویر UTM در چه Zone ی (قاچی) قرار می‌گیرد به روش زیر از طول جغرافیایی آن استفاده کنید:

الف) - اگر منطقه در غرب گرینویچ قرار داشته باشد، طول جغرافیایی آن با W یا عبارت "غربی" بیان می‌شود. در این حالت از فرمول زیر استفاده کنید:

$$\left(\frac{\text{طول جغرافیایی}}{6} \right) - 30$$

برای مناطق غربی :

ب) - اگر منطقه در شرق گرینویچ قرار داشته باشد، طول جغرافیایی آن با E یا عبارت "شرقی" بیان می‌شود. در این حالت از فرمول زیر استفاده کنید:

$$\left(\frac{\text{طول جغرافیایی}}{6} \right) + 30$$

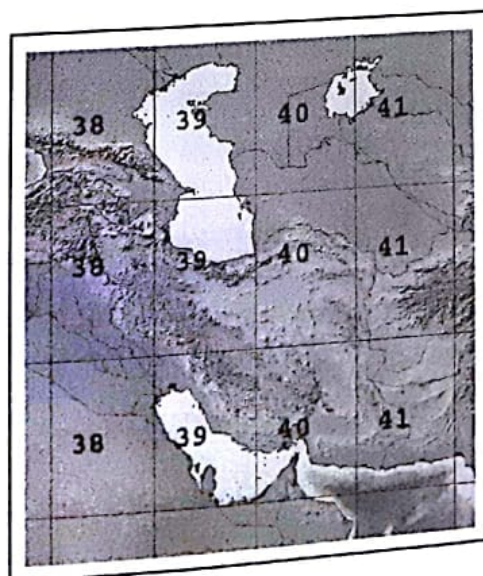
برای مناطق شرقی :

اگر عدد به دست آمده اعشاری باشد آن را به سمت عدد بزرگتر گرد کنید. برای مثال منطقه‌ای که در طول جغرافیایی ۴۹ درجه شرقی قرار دارد، قاچ (zone) آن ۳۹ می‌باشد:

$$\left(\frac{49}{6} \right) + 30 = 38.16 \approx 39$$

ایران بین طول‌های جغرافیایی ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی واقع است. در نتیجه قاچ‌های آن در سیستم UTM عبارت است از ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱:

$$\left(\frac{44}{6} \right) + 30 = 37.33 \approx 38 \quad \left(\frac{63}{6} \right) + 30 = 40.50 \approx 41$$



شکل ۳۶ نمایش ایران در زونهای UTMbb