

# داده‌های جغرافیایی در رایانه

سیدعلی عبادی‌نژاد  
عضو هیأت علمی دانشگاه علوم انتظامی ناجا

## چکیده

برخلاف بیشتر انواع داده‌هایی که در سیستم‌های جدید اطلاعاتی به طور معمول به کار برده می‌شوند، داده‌های جغرافیایی از پیچیدگی ویژه‌ای برخوردارند، زیرا این داده‌ها با بسیاری شامل اطلاعاتی درباره موقعیت مکانی، ارتباطات توپولوژیک محتمل و ویژگی‌های ثبت شده موضوعات باشند، جنبه‌های توپولوژیک و مکانی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در طراحی نقشه‌کشی، وجوه افتراق بین این سیستم‌ها و سیستم‌های جدید اطلاعاتی دیگر هستند که در بانک‌داری، تحقیقات کتابخانه‌ای و برای رزرو بلیط هواپیما و ثبت پرونده‌های پزشکی به کار گرفته می‌شوند.

داده‌های جغرافیایی با تکیه بر سیستم‌های مختصات استاندارد به مکان‌هایی ارسطو زمین مربوط می‌شوند. چنانچه موضوع مورد مطالعه سطح محدودی را شامل شود، سیستم مختصات می‌تواند صرفاً محلی باشد و در غیر این صورت ممکن است در سطح شبکه ملی یا در سطح بین‌المللی به صورت شبکه تصویری باشد، مانند: سیستم مختصات شبکه مرکاتور که مورد قبول همگان است. داده‌های جغرافیایی اغلب به عنوان مصداق جغرافیایی "موضوعات" پدید می‌آید. رسمیت شناخته شده‌اند. تمامی مطالعات جغرافیایی از مفاهیم پدیده شناختی مثل شهر، رودخانه، دشت سیلابی، حدود و طبقات گونه‌های گیاهی و پیوستگی خاک به منزله اجزای اصلی تجزیه و تحلیل و ترکیب اطلاعات پیچیده استفاده می‌کند.

## داده‌ها در (GIS)

درک تفاوت انواع مختلف متغیرهایی که در یک سیستم اطلاعاتی ذخیره و استفاده می‌شوند بسیار حائز اهمیت است. متغیرهای اسمی متغیرهایی

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار در کانادا مطرح شد و از آن تاریخ به بعد روز به روز بر طرفداران آن افزوده شد و در دهه ۸۰ جنبه جهانی پیدا کرد.

هم اکنون مؤسسات بزرگ و حتی شرکت‌های کوچک که شمار کارکنان آنها از تعداد انگشتان دست تجاوز نمی‌کند، با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی کار می‌کنند. اکثر کشورهای پیشرفته اقدام به ایجاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ملی و فراگیر نموده‌اند تا بتوانند اطلاعات داده‌های ذی‌قیمتی را در اختیار ادارات و شرکت‌های دولتی و خصوصی قرار دهند. بدین طریق آنها از دوباره کاری هادرا مرجم آوری داده‌ها و رقوم‌ی کردن نقشه‌ها جلوگیری می‌کنند.

امروزه بیشتر مقالات به این علم، نتیجه آزمایش‌های انجام شده در میدان را منعکس می‌کنند و کمتر به مبانی این علم می‌پردازند. در نتیجه اغلب دیده می‌شود که متخصصین در مرحله پیشرفته علم بسیار توانا و اولی در مرحله بنیادی ضعیف هستند. ضمناً در کنفرانسی تحت عنوان "اطلاعات جغرافیایی" پروفیسور (Stan Openshaw) در بحث آزاد درباره (GIS) خطاب به حضار، همه کسانی را که در زمینه (GIS) کاری ارائه داده بودند رابه دلیل عدم پیشرفت در (GIS) مورد سرزنش و انتقاد قرار می‌دهد. وی می‌گوید: "ما واقعاً سیستم اطلاعات جغرافیایی نداریم آنچه که داریم مستقیماً داده‌های جغرافیایی است."

## ساختار داده‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

گوناگون در نمودارهای کامپیوتری و نقشه‌کشی رقومی و همچنین سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار داد. نقاط، خودشان به طور عمودی برای نشان دادن مشخصه‌ها به کار می‌روند. نظیر موقعیت دقیق مرکز یک چاه که در بالای آن اشاره شد. انتهای یک خیابان و یا گوشه یک بخش در محدوده. از نقطه‌های این نمایش عناوین (مانند نام یک محله) و یا به عنوان یک نماد (مانند فرودگاه و یا نشانه‌های دیگر) روی نقشه یا برای حمل اطلاعات برای یک منطقه (مانند مالکین زمینها، و یا رنگ خاصی که برای نمایش منطقه‌ای مشخص استفاده می‌شود) نیز استفاده می‌گردد. نقطه‌های برای تعریف اشیاء فضایی پیچیده تری مانند خط و صفحه نیز به کار می‌روند.

ساده‌ترین شیء فضایی یک بعدی یک خط راست بین دو نقطه است. شکل پیچیده‌تری از خط هاپیک مجموعه از خطوط مختلف مرتبط هستند که بخشهای مختلف آن جایی که مسیر خط تغییر می‌کند، به وسیله نقاط نشان داده می‌شوند. منحنی‌هایی که بر اساس توابع ریاضی خاص به دست می‌آیند خطوطی که جهت آنها مشخص شده است از نوع خطهای پیچیده هستند.

توابع مشخصی برای تعریف منحنی‌های مختلف که در هر رشته خاص مورد استفاده واقع می‌شود وجود دارد. همچنان که در مهندسی عمران منحنی یک خیابان تعریف می‌شود چنین کاربردی مثلاً برای طراحی لوله‌های آبرسانی (به عنوان مثال مشخص نمودن منبع و مقصد در شبکه) و یا مدل جریان مهاجرت بین کشورها بسیار مفید است. زمانی که یک قطعه خط، اطلاعاتی را در باره جهت حمل می‌کند ما قادریم سمت‌های چپ، راست یا برآی آن تعریف کنیم. چنین امکاناتی در بسیاری از کاربردها بسیار رهگشا است.

رقومی کردن به ما اجازه می‌دهد تا اطلاعات موجود بر روی این نقشه‌ها را به صورتی در آوریم که بتوان آنها را در کامپیوتر کرد. با این حال بسیاری از مردم از این که نقشه‌های تهیه شده جهان از نظر مقیاس، دقت و لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز کاملاً رضایت بخش نیستند، تعجب می‌کنند. وقتی که داده‌های فضایی به شکل رقمی در دسترس باشند مقدار قابل ملاحظه‌ای در هزینه جمع‌آوری اطلاعات صرفه جویی می‌شود. سازمانها و مؤسسات استنفاعی مختلفی دست اندرکار تهیه و نگهداری اطلاعات ماهواره‌ای بوده و قادرند اطلاعات جدیدی را نیز در صورت نیاز تهیه نمایند.

همانطور که در سطور گذشته ذکر شد از دهه ۱۹۶۰ پیشرفت انفجار گونه‌ای در تکامل و کاربردهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به وقوع پیوسته است. این پیشرفت حاصل دستاوردهای دورشته است. پیشرفت‌های باور نکردنی در علوم کامپیوتر و تکنولوژی و پیشرفت حاصله در فرام سازی داده‌های فضایی به شکل رقمی. قرار دادن داده‌های رقومی شده در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جدید بسیار آسان تر است. وارد کردن داده‌های رقومی شده مانند عکسهای هوایی به این سیستم کاری مشقت بار و پرهزینه است.

اکثریت تولیدکنندگان نقشه به عکسهای هوایی به عنوان مواد مرجع نگاه

هستند که یک نام را بدون هیچ ترتیب خاصی توصیف می‌کند. طبقه بندی‌های مختلف کاربری زمین (مانند پارکها، مراتع، مناطق مسکونی و مناطق تجاری) و یا انواع درختان مختلف (مانند کاج، چنار و یاغ میوه) مثالهایی از متغیرهای اسمی هستند. متغیرهای ترتیبی متغیرهایی هستند که لیست طبقات مختلف یک منطقه را با ترتیب ذاتی و مجزا از یکدیگر مشخص می‌کنند. شماره ترتیب آبراهه‌ها (مانند مرتبه اول، مرتبه دوم و نظایر آن که به تعداد شاخه‌های فرعی منتهی به هر آبراهه اشاره می‌کنند) و یا سطح آموزش افراد (مانند ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان و...) نمونه‌هایی از متغیرهای ترتیبی هستند. زیرا طبقات مجزای یک رشته طبیعی را توصیف می‌کنند. متغیرهای بازه‌ای نیز دارای یک رشته طبیعی می‌باشند، ولی مضاف بر آن فاصله بین مقادیر نیز دارای معنی است درجه حرارت به سانتیگراد یک متغیر بازه‌ای است زیرا فاصله بین ۱۰ سلسیوس و ۲۰ سلسیوس برابر با فاصله ۲۰ با ۳۰ سلسیوس است. آخرین نوع متغیر عبارت است از متغیرهای نسبی که همان ویژگی‌های متغیرهای بازه‌ای را دارا هستند ولی علاوه بر آن دارای یک صفر طبیعی به عنوان نقطه شروع می‌باشند. درجه حرارت سانتی گراد دارای یک صفر در نقطه شروع است این صفر یک نقطه قراردادی برای این واحد است که به درجه حرارت انجماد آب خالص اطلاق می‌شود. بنابراین آن را نمی‌توان یک متغیر نسبی به حساب آورد. در مقابل آن، درجه حرارت کاربن یک متغیر نسبی است زیرا نقطه صفر آن بر اساس یک استاندارد مطلق است. بخشی از وزن یک نمونه حاکی که از میان یک الک عبور می‌کند و همچنین میزان بارندگی در یک ماه، متغیرهای نسبی هستند.

علاوه بر این چهار نوع داده‌های مختلف، دو گروه از داده‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پدید می‌آیند. یک شمای ساده در فضای دو بعدی را در نظر بگیرید، مثلاً یک چاه آب. از نقطه نظر (GIS) اولین و ضروری ترین اطلاعاتی که درباره این چاه لازم است دانسته شود موقعیت آن بر روی زمین است. اطلاعاتی که بایک جفت عدد بیان می‌شود، مانند طول و عرض جغرافیایی، این ساده ترین اطلاعات فضایی است. با این حال محدوده وسیعی از اطلاعات اضافی نیز ممکن است وجود داشته باشند که برای بسیاری از کاربردهای دیگر مورد نیاز هستند. اطلاعاتی از قبیل عمق چاه، حجم آب تولید شده در یک مدت معین، داده‌های آزمایش پمپ و اندازه گیری‌های مختلفی که به منظورهای مختلف بر روی آب چاه صورت می‌گیرد. این مجموعه داده‌ها که غیر فضایی و یا داده‌های مشخصه‌ای هستند به طور منطقی به داده‌های فضایی وابسته می‌شوند که نباید از نظر دور داشت. در بسیاری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی این امکان وجود دارد که داده‌های مشخصه‌ای را در رابطه با داده‌های خاص بررسی و تجزیه و تحلیل نمود. در بعضی از کاربردها ممکن است که حتی حجم اطلاعات از حجم اطلاعات فضایی بیشتر باشد.

انواع مختلف اشیاء فضایی را بر حسب ابعاد فضایی آنها به سه طبقه اصلی می‌توان تقسیم نمود. نقطه یک شیء بی بعد (با تعداد ابعاد صفر) است که یک موقعیت جغرافیایی را مشخص می‌نماید. از دیدگاه یک ریاضیدان یک نقطه یک موقعیت بدون توسعه سطحی است. نقطه‌ها را می‌توان به روشهای

بستگی دارد. بیشترین مقیاسهایی که به وسیله سازمانهای مختلف دولتی امریکا استفاده می‌شوند در فاصله ۱:۲۰۰۰۰ تا ۱:۴۰۰۰۰ قرار دارند. حال آن که معمولترین مقیاسهای مورد استفاده در عکسبرداری‌های رسمی در فاصله ۱:۴۸۰۰ تا ۱:۲۴۰۰۰ هستند.

مقیاسهای ۱:۱۵۰۰ تا ۱:۲۰۰۰ ممکن است برای کاربردهای برنامه ریزی شهری و مدیریت مناطق تفریحی به کار روند. حال آنکه مقیاسهای کوچکتر اغلب برای کاربردهای تحلیل منابع عمومی (مانند مناطق بزرگ جنگل، یاتیه نقشه برای نمایش پوشش سطح زمین و در محدوده‌های وسیع) استفاده می‌شوند.

محصول دیگری که شایان توجه است نقشه‌های ارتوفوتواست. این نقشه‌ها با وسیله‌ای به نام ارتوفوتونما تهیه می‌شوند. ارتوفوتونما جابجاشدگی موجود در عکسهای هوایی را برطرف نموده و یک محصول اساساً هموار شده را تولید می‌کند. تکنولوژی ارتوفوتو می‌تواند برای تولید انواع محصولات عکاسی مورد استفاده قرار گیرد. یک متخصص ارتوفوتو قادر است محصولات کارش را به صورت عکس چاپ شده تولید کند که این عکس بعداً می‌تواند پس از لیتوگرافی به صورت نقشه‌های خطوط هم‌تراز، نام مکانها و سایر نمادهای کارتوگرافیک تبدیل شود.

در حال حاضر سازمان نقشه برداری امریکا دو نوع محصول تصویر عکاسی تولید می‌کند. "ارتوفوتوکواد" و نقشه‌های ارتوفوتو شامل خطوط تراز و همچنین رنگ آمیزی‌هایی هستند که آنها، مرادبها، جنگلها و تصاویر زمین را نشان می‌دهند. این نوع نقشه‌ها به خاطر مشخصات برجسته خود، رده‌ای که مشخص می‌کنند نقشه‌های بسیار برگزیده‌ای به شمار می‌آیند. مزیت چنین نقشه‌هایی این است که در واقع هم خصوصیات نقشه‌ها را دارا هستند و هم خصوصیات عکسها را شامل می‌شوند. از آنها مانند نقشه‌ها استفاده می‌شود زیرا به لحاظ هندسی و استفاده از نمادهای گرافیکی مناسب مورد کنترل دقیق قرار می‌گیرند. در همین حال موقعیت اشیاء و یادیده‌ها نیز بر اساس همین نقشه‌ها همانند سایر عکسهای هوایی قابل تفسیر می‌باشند. چنین ترکیبی این نوع محصولات را برای کاربردهای (GIS) به صورت ایده آل در می‌آورد.

در بسیاری از وضعیت‌ها ممکن است داده‌های موجود برای کار مورد نظر کفایت نکند. برای مثال ممکن است در جستجوی اطلاعات برای یک پروژه (GIS) نقشه‌های مناسب و آماده‌ای را که در مقیاس مناسب و حاوی اطلاعات مورد نیاز است یافت. ولی ممکن است این نقشه آفند رکنه باشد که ارزش اطلاعاتی آن را بخدوش کند. در چنین حالتی روشهای متعددی برای به هنگام کردن اطلاعات قدیمی وجود دارد. لازم نیست که برای جمع آوری و بنای یک مجموعه اطلاعات جدید سه ماهه گذاری شده وقت صرف شود.

با استفاده از وسایل تصویربرداری مانند پروژکتورها و تصویر نماها می‌توان اطلاعات قدیمی را به وسیله عکسهای جدیدتر تکمیل و بهنگام نمود. در برخی حالتها می‌توان به وسیله تکنولوژی پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز نتایج مشابهی به دست آورد.

می‌کنند تا به عنوان داده. آنها به این اشاره می‌کنند که نقشه‌ها در نمایش اشیاء و پدیده‌ها معمولاً از نشانه‌های یکنواختی استفاده می‌کنند و همچنین جهت‌ها و فاصله‌ها را با دقت کنترل شده‌ای مورد توجه قرار می‌دهند. حال آن که عکس‌های هوایی و سایر داده‌های سنجنش از دور اگر چه اشیاء و پدیده‌ها را نمایش می‌دهند ولی فاقد تفسیر و کنترل مهندسی هستند.

اخیراً پیشرفت‌های حاصل شده در تکنولوژی و در مواد بسیاری مشاهده می‌شوند. در یک کاربرد خاص ممکن است به یک مساحت محصور اشاره نمود و باینکه صرفاً به مرز یک ناحیه پرداخت. یک مساحت مشخص معمولاً بر اساس هندسه خط محیط آن توصیف می‌شود. این مساحت ممکن است همگن بوده و بایه قسمتهای داخلی متعددی تقسیم شده باشد.

جزئیات پیوستگی بین اشیاء فضایی نظیر اطلاعات مربوط به یک سطح محصور توپولوژی نامیده می‌شود. یکی از ویژگیهای متمایز بانکهای اطلاعاتی سیستم جغرافیایی این است که آنها به طور آشکار قادرند توپولوژی را در خود ذخیره نمایند.

### مجموعه داده‌های موجود

مؤسسات مختلف به تجربه دریافته‌اند که صرف وقت برای استفاده از داده‌های موجود قبل از اینکه شناخته شود و در مرحله تولید توسعه داده‌های جدید شوند می‌تواند جوابگوی بسیاری از نیازها باشد. در حال حاضر مقدار قابل ملاحظه‌ای از اطلاعات فضایی برای برخی از قسمتهای جهان در دسترس عموم قرار دارد. باید توجه داشت که کشورهای مختلف به گونه‌های متفاوت داده‌های فضایی خود در فرامی‌کنند. در امریکا اغلب این داده‌ها به وسیله سازمانهای دولتی جمع آوری می‌شوند. این داده‌ها که شامل نقشه‌ها، عکسها و انواع مختلفی از داده‌های رقومی هستند در مالکیت سازمانهای ذیربط می‌باشند و ممکن است به دلایل اقتصادی و امنیتی برای دسترسی به آنها محدودیت وضع شده باشد.

نقشه عمومی‌ترین شکل داده‌های فضایی است. انواع نقشه‌های مختلف برای تجزیه و تحلیل‌های فضایی گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از کشورها سازمانهای دولتی مجموعه‌های منظمی از نقشه‌های مربوط به خود را در مقیاسهای مختلف تهیه نموده و هر سازمان روال خاص خود را برای توزیع و نگهداری آنها اعمال می‌کند. وقتی که نقشه‌های مناسب در دسترس هستند فرآیند تحلیل تصاویر سنجنش از دور به تدریج این نظریات را عوض نموده است. لازم به یادآوری است که تمامی عملیات نقشه کشی امریکا بر اساس داده‌های سنجنش از دور و انواع مختلف روشهای عکسبرداری است. در عکس برداری هوایی رسمی عکسها به صورت استاندارد سیاه و سفید و یازنگی هستند که معمولاً بر روی کاغذهایی به اندازه تقریبی ۹×۹ اینچ چاپ می‌شوند. در عکسبرداری‌های قائم که برای تهیه نقشه استفاده می‌شود زاویه انحراف از حالت قائم نباید بیش از ۳ درجه باشد. این زاویه‌ای است که بین محور اپتیکی و خط مستقیمی که از وسط عدسی دوربین عبور می‌کند تشکیل می‌شود. مقیاس عکسبرداری به فاصله کانون عدسی دوربین و ارتفاعی که از آن محل عکسبرداری صورت می‌گیرد،

## نمایش داده‌های جغرافیایی در کامپیوتر

چشم انسان در تشخیص اشکال و ترکیبات بسیار کارآمد است ولی کامپیوتر نیازمند ستورهای دقیقی است تا بتواند الگوهای فضایی را به کارگیرد و نمایش دهد. در این راستا لزماً در روش متضاد در عین حال مکمل یکدیگر در نمایش داده‌های فضایی در کامپیوتر وجود دارند که به آنها روشهای صریح (شبکه سلولی) و ضمنی (برداری) توصیف موجودیت‌های فضایی می‌گوئیم.

نگاره (۴-۱) بیانگر دوروش مختلف نمایش از یک صندلی است که می‌توان در کامپیوتر به صورت صریح یا ضمنی نمایش داد. نمایش صریح بدین معنی است که صندلی از مجموعه نقاطی که در درون شبکه می‌باشند شکل گرفته است. بنابراین کامپیوتر می‌داند که این مجموعه نقاط نشان دهنده یک صندلی است و نه یک جدول اطلاعاتی و به تمامی سلولها یک کد ارزش (C) داده شده است. در عمل خود حرف (C) نشان داده نمی‌شود ولی بایک ارزش عددی، یک رنگ یا درجات مختلف خاکستری نمایش داده می‌شود. در نتیجه ساختار اطلاعاتی ساده زیر برای صندلی دنبال خواهیم کرد.

توصیف صندلی ← نشانه یارنگ ← سلول (X)

در نمایش ضمنی یا غیر صریح، مجموعه‌ای از خطوط که نقاط شروع و پایان و ترکیبات اتصال آنها تعریف شده‌اند به کار گرفته می‌شوند. نقاط شروع و پایان خطوط که نشان دهنده ترکیب (شکل) صندلی است را بردار هاتعین می‌کنند. شاخص‌های بین خطوط، اتصالات آنها را در شکل دادن صندلی در کامپیوتر نشان می‌دهند. ساختار داده‌ها در این حالت به شکل زیر خواهد بود:

توصیف صندلی ← مجموعه‌ای از بردارها ← اتصال خطوط

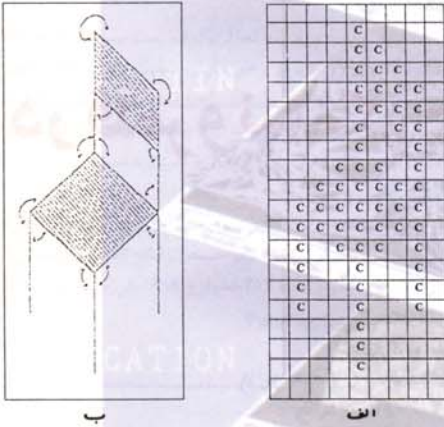
نگاره (۴-۲) بیانگر تفاوت‌های دیگری در این دونوع نمایش تصویری صندلی است. اول اینکه در روش ضمنی به تعداد کمتری از ارقام و به فضای کمتری برای ذخیره اطلاعات صندلی مورد نیاز است (در نمایش برداری تعداد ۱۱ نقطه با مختصات (x) و (y) و تعداد ۱۴ شاخص اتصال و در روش شبکه‌ای تعداد ۶۰ سلول به کار گرفته می‌شوند) دوم اینکه در نمایش برداری تصویر از زیبایی بیشتری نسبت به روش نمایش شبکه‌ای برخوردار است. و چنانچه بخواهیم قابلیت تفکیک نمایش شبکه‌ای را در حد نمایش برداری افزایش دهیم به داشتن سلولهایی در ابعاد نیم میلیمتر نیازمندیم که این امر خود مستلزم استفاده از ۴۷۰ نقطه با مختصات (x) و (y) خواهد بود. سوم اینکه اطلاعات مربوط به اتصالات موجب هدایت جستجوی فضایی در مورد تصویر صندلی خواهد بود.

از طرف دیگر چنانچه در شکل و اندازه صندلی تغییر داده شود اعمال تسغیرات در نمایش شبکه‌ای نسبت به روش نمایش برداری بسیار سریع تر و راحت تر خواهد بود. در نمایش شبکه‌ای، توضیح و به هنگام سازی داده‌ها تنها با حذف و اضافه نمودن از روشهای رتومی تحقق می‌یابد. در حالی که در نمایش برداری نه تنها با یک مختصات نقاط را تغییر داد بلکه اتصالات نیز باید دوباره ساخته شود.

می‌بینیم که حداقل دوروش اساسی در نمایش اطلاعات توپولوژیک وجود دارد که به طور خلاصه عبارتند از:

**نمایش شبکه‌ای:** مجموعه‌ای از سلولها با مختصات فضایی که نشانی یا آدرس هر کدام را می‌توان به طور مستقل از طریق ارزشهای توصیفی مشخص نمود.

**نمایش برداری:** با استفاده از سه واحد اساسی جغرافیایی یعنی نقاط، خطوط و سطوح نقاط را می‌توان مشابه سلولها در نمایش شبکه‌ای دانست با این تفاوت که نقاط دارای بعد نیستند و هیچ سطحی را نمی‌گیرند خطوط و سطوح نیز مجموعه‌ای از مختصات بازار تباطات درونی هستند که با اطلاعات توصیفی داده شده به همدیگر وصل می‌شوند.



نگاره (۴-۱): تصویری از یک صندلی (الف) شبکه سلولی (ب) برداری

### منابع

- ۱- ثنائی نژاد سید حسین، مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ دوم، بهار ۱۳۷۷.
- ۲- ثنائی نژاد، سید حسین، فرجی سبکیار، حسینی، کاربرد (GIS) با استفاده از (ARC/INFO) در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول ۱۳۷۸.
- ۳- سازمان نقشه برداری کشور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۵.
- ۴- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۸.
- ۵- طاهرکیا، حسن، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات سمت، چاپ اول، ۱۳۷۶.