اشاره

علوم زمین در پی فناوری اطلاعات

(آشنایی با تحلیل فضایی)

قسمت اول

مهدی مدیری
عضو هیأت علمی دانشکده نقشه‌برداری
mmodiri@ut.ac.ir

چکیده

الگوی فضایی برای علوم زمین از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. الگوی فضایی ما را قادر می‌سازد که مشخصه‌های مشاهداتی پدیده‌ها را مورد مقایسه قرار داده و رابطه فضایی، همبستگی و توزیع آنها را از لحاظ شرایط زمین‌شناسی و فرآیندهایی که به آنها شکل داده است، تبیین نمود. کارتوگرافی رقومی و مدل فضایی برای مشاهده پدیده‌ها و مشخصه‌ها در بافت فضایی آنها پشتیبانی رایانه‌ای فراهم می‌آورد. انتقال‌ها، امکانی فراهم می‌نماید که پدیده‌ها برای تجسم و تحلیل بهتر حرکت و شکل داشته باشند. آمارهای فضایی توانایی آن را دارد که پیکره‌بندی را برای تحلیل شکل و ساختار تعیین مقدار کند.

واژه‌های کلیدی

کارتوگرافی رقومی، رابطه‌های فضایی، مدل‌های فضایی و انتقال‌های فضایی

۱) کارتوگرافی رقومی

دانش کارتوگرافی طی سال‌های اخیر متأثر از الکترونیک، ماهواره واتوماسیون در آستانه تحولی بنیادی قرارگرفته است و علاوه بر نقش تعیین کننده شبیه‌سازی به تکنیکی بی‌نظیر، در مدل‌سازی (طرحی برای آینده) به منظور طراحی و برنامه‌ریزی و آزمون فرآیندها و تجزیه و تحلیل نتایج قبل از اجرا تبدیل گردیده است *(مدیری، ۱۳۸۵: ۶۶)*.

سیستم‌های عددی تولیدی نقشه این مزیت را دارند که اطلاعات مربوط به آنها چه از طریق نقشه‌برداری و چه از طریق فتوگرامتری و یا از طریق نقشه‌ها و سایر مدارک گردآوری شده، قابل تزریق به سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم اطلاعات زمینی (LIS) می‌باشند. مجموعه این گونه داده‌ها می‌تواند پایگاه اطلاعاتی (DBMS) مورد کنترل قرار گیرد *(همراه، ۱۳۸۲: ۵)*.

دسترسی آسان به اکثر داده‌ها در فرم دیجیتالی، توزیع اطلاعات از طریق شبکه ارتباطی به طور روزافزون گسترش یافته است و مستلزم توجه هرچه بیشتر کاربران به آموزش و آشنایی با زیرساخت‌های

مناسب می‌باشد تا جابه‌جایی و انتقال داده‌ها بـه نـحو مـطلوب انـجام گـیرد. در نـتیجه دست‌یـابی بـه زیرساخت‌ها، سیستم اطلاعات کارتوگرافی می‌تواند بر پیچیدگی ترکیب و تلفیق داده‌های فضایی فائق آید *(مدیری، ۱۳۸۵: ۱۷)*.

تجسم علمی مبتنی بر نقشه که کلیه جنبه‌های کاربری نقشه در علوم، کشف اولیه داده‌ها و فرمول‌بندی فرضیه را تا ارائه نهایی نتایج، مشخص می‌نماید، تأکید به برقراری مجدد پیوند بین کارتوگرافی و علوم زمین و نقش نقشه‌ها دارد و فرآیندی تحقیقی است بین نقشه‌هایی که جهت کمک به انـدیشه دیـداری خصوصی به کار برده می‌شوند و دارای تفاوت می‌باشند. در پـی ایـن عـمل، تـجسم جـنبه تـازه‌ای از کارتوگرافی نیست بلکه راه تازه‌ای از نگرش به کاربرد کارتوگرافی می‌باشد که توجه بین ارتباط دیداری و اندیشه دیداری را مرتبط می‌سازد *(مدیری، ۱۳۸۴: ۳۰۸)*.

در میان ابدعات و تکنیک‌های پیشرفته، تهیه و تولید نقشه، بیش از همه دستخوش تحول شگرف قرار گرفته است. پیشرفت و توسعه تهیه نقشه به کـمک رایـانه تـا جـایی است کـه هـم اکـنون بـرنامه‌های میکروررایانه‌ها، کاربران را توانا ساخته تا با ارتباط متقابل، به طراحی و ساخت انواع نـقشه‌ها بـپردازنـد *(مدیری، ۱۳۸۴: ۳۴۹)*.

یک بردار (Xi1, Xi2) می‌تواند نقطه‌ای را در موقعیت فضایی دو بعدی نشان دهـد و یک بـردار (Xi1,Xi2,Xi3) می‌تواند نقطه‌ای را در فضای سه بعدی به نمایش در آورد. خط راستی هم که دونقطه را به هم وصل می‌کند ازنظر هندسی یک بردار است (زیرا این خط هم طول دارد و هم جهت). رشته‌ای از بردارها، که به هم پیوستن دو سر آنها مجموعه‌ای از نقاط را به یکدیگر پیوند می‌دهد، می‌توانند یک خط منحنی را بر روی نقشه به نمایش در آورند. مجموعه‌ای از خطوط که دو سر انتهایی آنها به هم وصل شده می‌توانند محدودهٔ منطقه بسته‌ای را بر روی نقشه نمایش دهند، که یک چند وجـهی (پـلیگون) است و درکارتوگرافی رقومی به آنها نقطه، خط، پیلگون، رأس، لبه و وجه گفته می‌شود.

برای ترسیم نقشه می‌توان سیستم رایـانه‌ای خـاص کـارتوگرافـی را ایـجاد نـمود و یـا مـی‌توان از سیستم‌های طراحی به کمک رایانه که بتواند اهداف و نیازمندیهای کارتوگرافی را فراهم سازد، بهره گرفت. نواحی (پلیگون‌ها) را می‌توان با رنگ یا نشانه‌هایی انتخابی پر نمود و نشانه‌ها (سمبل‌ها) و نوشتار را در نقاطی قرار داد که کاربر انتخاب می‌کند. برای مثال، نگاره (۱) دیاگرام نقشه زمین‌شناسی را که با استفاده از یک رایانه تهیه شده نشان می‌دهد. نگاره (۲) سایر نمایش‌های کارتوگرافی از جمله برش قائم بسترهایی را نشان می‌دهد که در یک رخنمون یا از یک گمانه (چاه آزمایشی) اندازه‌گیری شده است، یا نگـاره (۳) نمودار نرده‌ای تغییر ضخامت توالی بسترها در عرض تعدادی ایستگاه اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. انواع مختلف نقشه‌های نمادی قادر هستند که تغییر فضایی را با یک یا چند متغیر نشان دهند. در حال حاضر نرم افزارهای مختلفی برای این منظور با توانایی‌های مختلف وجود دارد.

نقشه‌های موجود را می‌توان با ردیابی روی عوارض، رقومی کرد. توالی نقاط را می‌توان برای رکورد خطی رقومی نمود و توالی خطوط را برای بستن پلیگون (نمایش عوارض سطحی) به کاربرد. زیرا خطوط کوتاهی که نقاط را به یکدیگر وصل می‌کنند، برداری هستند. راه دیگر رقومی سازی و آشکار سـازی تصاویر موجود با دستگاه اسکنر (جاروب کننده) است که به صورت راستری حاصل می‌شود. در صورت راستری، تصویر از شبکه بندی قائم‌الزاویه‌ای از سلول‌های کوچک (عناصر تصویری، سلول‌های تصویری یا پیکسل) ساخته شده است. اسکنر اندازه‌ای را برای هر پیکسل اختصاص می‌دهد تا رنگ را در آن نقطه

نشان دهد. رایانه مقادیر را برای آرایه پیکسل‌ها ذخیره می‌کند. هر پیکسل در یک تصویر تک رنگ دست کم با یک بیت ثبت می‌گردد لیکن از ۲۴ بیت یا بیشتر برای ذخیره سازی اندازه‌های قرمز، سبز و آبی در پیکسلی از تصویر رنگی استفاده می‌گردد.

فرمات راستری یک روش مؤثر وکارآمد ثبت و ذخیره سازی تصاویر پیچیده، نظیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای یانقشه‌های «پرکار» توپوگرافی است. نمایش برداری در جایی که خطوط نسبتاً کمتری، مانند نقشه زمین‌شناسی وجود دارد از قابلیت و کارآمدی بیشتر برخوردار می‌باشد. نمایش برداری این برتری را دارد که با مراجعه به خطوط انفرادی و نواحی می‌توان آنها را به طورجداگانه مورد پردازش قرار داد .بنابراین، می‌توان تمامی نواحی را که با مرز و محدودهٔ کرتاسه محصور شده‌اند، انتخاب و گونه هایی که در آن قرار گرفته است را با پردازش نقاط در پلیگون (Point - in - Polygon) پیدا نمود.

روش‌های راستری و برداری پیوسته با هم به کار برده می‌شوند. برای مثال، نقشه توپوگرافی را می‌توان اسکن نمود و به عنوان یک تصویر راستری بر روی صفحه به نمایش در آورد. سپس، نقاط و خطوط دارای اهمیت زمین‌شناسی را می‌توان به وسیله حرکت مکان نما (ردیاب) بر روی صفحه نمایشگر ردیابی نمود و در روش برداری ثبت کرد. این شیوه‌ای است که بـه طـور گسـترده‌ای بـرای رقـومی کـردن نـقشه‌های زمین‌شناسی استفاده می‌گردد و دارای مزایای ارائـه جـداگـانه ولی پـیوند یـافتهٔ نـمایش تـوپوگرافـی و زمین‌شناسی در ثبت دقیق است. دو لایه را می‌توان در صورت لزوم روی هم قرار داد و با هم به نمایش گذاشت. هر لایه نیز جداگانه در مناسب‌ترین فرمات در دسترس می‌باشد.

۲) مدل فضایی

در فرآیند ایجاد پایگاه داده‌ای مکانی و جغرافیایی، با هوشمندسازی داده‌های پایه گرافیکی و پیوند داده‌های غیرگرافیکی شرایط تجزیه و تحلیل، ترکیب، تنسیق و تبدیل داده‌ها و مدل‌سازی قابل مشاهده، بررسی، ارزیابی و کنترل فراهم می‌گردد *(مدیری، ۱۳۸۵: ۸۰)*.

پایگاه داده‌ای مکانی که مبتنی بر شرایط دریافت مستقیم اطلاعات ماهواره‌ای (مختصاتی، تصویری وفیزیکی) باشد به عنوان سامانه اطلاعاتی پویا به صورت دینامیک عمل می‌نماید *(مدیری، ۱۳۸۵: ۸۲)*.

نظرات پیرامون اینکه چگونه روشهای کمی به طرح‌های گسترده‌تر تحقیق تفوق دارند، مستلزم بحث تفصیلی و مجالی دیگر است. در این بین با توجه نمود که اثر کارهای کمی در علوم زمین از ژئوفیزیک و سایر موضوعاتی ناشی می‌گردد که به کمک ابزار، بیشتر اطلاعات خام را فراهم می‌آورند.

به طور مثال برای ژئوفیزیک شامل گرانشی، مغناطیس فـضایی یـا بـررسی‌های اکـتشافات لرزه‌ای، مغناطیس زمین و زلزله‌شناسی جهانی می‌باشد. دیگرمثال‌ها را می‌توان در بعضی بررسی‌های ژئو شیمی، اقیانوس‌شناسی، عکسبرداری هوایی و تصویربرداری ماهواره‌ای جستجو کرد. پردازش داده‌های اولیـه بیشتربا تصحیح و شرح رکوردهای دستگاهی سر و کار دارد تا درتحقیق و بررسی نظرات زمین‌شناسی، مدل‌های ریاضی می‌توانند مخصوص ابزارهایی باشند که در کاوش و تحقیق خصوصیات زمین به کار گرفته می‌شوند. ثبات و دوام کالیبره بودن دستگاهها و ابزارها و تـوانـایی تـصحیح تأثـیرات خـارجـی مشخصه‌های قوی اینگونه روش هاست. استاندارد کردن این امکان را پدید می‌آورد که بر روی مناطق وسیعی یا در ابعاد جهانی اقدام به بررسی نمود. شرایط محلی مـحدودیتی بـرای نـتیجه‌گـیری بـوجود نمی‌آورد.

اهمیت نتایج احتمالاً در یک اندازه‌گیری تکی در یک نقطه قرار ندارد، بلکه در الگـوهای فـضایی منطقه‌ای و همبستگی آنها با الگوهای فضایی از دیگر انواع بررسی نهفته است. ترکیب نظرات موضوعات گوناگون از طریق بررسی و مقایسه نقشه‌هایی که تفاسیر نهایی کارشناسان عناوین و مقوله‌ها نشان می‌دهد، ادامه می‌یابد.

با این حال، مدل‌های فضایی رقومی (نمایش‌های رایانه‌ای پـدیده‌ها و خـصوصیت آن در فـضای جغرافیایی) روش‌های مناسب‌تری برای تحلیل، مقایسه و نمایش داده‌ها ارائه می‌کنند. داده‌های فضایی را مانند اندازه‌گیریهای گرانشی یا شکل‌گیری بلندیها که از ثبت وقایع در میدان تعیین می گردد، می‌توان به عنوان بخشی از سیستم کلی پایگاه داده‌ای ثبت نمود و با این همه بخشی از مدل فضایی باشد.

نقشه‌های متداول زمین‌شناسی که توزیع شکل‌گیری‌ها و سایر مشخصه‌های دور یا نزدیک سطح زمین را نشان می‌دهند، هم اکنون به وسیله کارتوگرافی رقومی تهیه می‌گردند. نقشه‌های دارای منحنی میزان، که تغییر خصوصیات بر روی ناحیه‌ای را نشان می‌دهند، به وسیله رایانه ترسیم می‌شوند. روش‌های رقومی معمولاً به صرفه‌جویی دراز مدت در هزینه، قابلیت انعطاف، تولید سریع، سهولت ویرایش و به هـنگام سازی اشاره دارد. لیکن مزایای دراز مدت ممکن است که بسته به تولیدات نهایی فراتر از نقطه انتشار یافته باشد. فنآوری اطلاعات (IT) چشم انداز توصیف جدیدترین مدل ذهنی با جامعیت بیشتر ارائه می‌کند و آنرا با نقشه‌برداری، پیوند می‌دهد. بنابراین، مدل می‌تواند شامل توده‌های سـنگی سـه بـعدی، آرایش و پیکره‌بندی آنها، ترکیب و خصوصیات آنها، تغییرات آنها در طی دوره‌های زمین‌شناسی، دلایل و اطمینان درنتیجه‌گیری‌ها باشد. توانایی ترکیب و یکپارچه سازی مفاهیم و در نتیجه میدان و حوزه مدل فضایی به وسیله تفسیر انسانی تعیین می‌گردد، نه قابلیت‌های نرم‌افزاری. بنابراین، سرانجام مدل فراتر از رایانه رفته و آنرا به دانش، عالم و دانشمند پیوند می‌دهد.

مدل رایانه‌ای فضایی که تابع محدودیت‌های کارتوگرافی نباشد، بهتر و بیشتر می‌تواند مدل ذهنی را بیان کند. بیشتر نظرات و طرح‌ها در ذهن نقشه برداران را می‌توان ثبت نمود که منبع مشترکی برای جامعه می‌گردد.

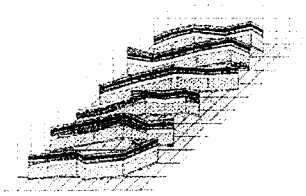
از این رو نقشه‌ها را می‌توان به عنوان مدارک ناپایداری دید که به تجسم کمک می‌کنند و انتخابی از سیستم‌های دو بعدی مدل را به تصویر مـی‌کشند. جـمع‌آوری و بـایگانی داده‌هـای فـضایی، عـاری از محدودیت‌های نقشه‌ای است. کاربران بعد از انجام فعل و انفعالات بر مدل، برای توضیح دسترس پذیری اطلاعات و انتخاب آن دسته از اطلاعات که نیازمندی آنها را برآورده می‌کند، نقشه را انتخاب و به نمایش در می‌آورند.

مقایسه و همبستگی با سایرمدل‌ها، از قبیل توپوگرافی و کاربری زمین می‌تواند مبتنی بر خود مدل‌ها، نه نمایش کارتوگرافی آنها باشد. هدف دراین مرحله آن است که به روش هایی بر روی داده‌ها در زمینه مدل فضایی نگاه شود.

نقشه زمین‌شناسی کاربران را قادر می‌سازد که در راهنمای نقشه فهرستی از موارد مورد نظر مـانند واحدهای چینه‌شناسی که بر روی نقشه به نمایش در آمده است، پیدا نمود. نقشه موقعیت اشیاء را که به توپوگرافی و به شبکهٔ جغرافیایی یا طول و عرض جغرافیایی ارتباط دارند، نشان می‌دهد. نقشه، الگو و شکل پدیده را نشان می‌دهد. نقشه‌های دارای منحنی میزان می‌توانند برای مثال ترکیب شیمیایی یا خواص مهندسی و نیز تغییر فضایی آن را نشان دهند. مدل فضایی رقومی باید این وظایف رابا هم تلفیق و ترکیب

کند و آنها را به طور مؤثری اجرا نماید. نقشه‌ها همانند کلیدی، داده‌هایی که با مدل رابطه دارند باید پدیده‌ها راشناسایی کنند، و آنها را در طبقه (کلاس) پدیده یا موضوعی که با پروژه‌ها یا انواع نقشه، نظیر زمین‌شناسی، ژئوفیزیک یا توپوگرافی همخوانی دارند، گروه بندی نمایند.

موقعیت داده‌ها باید به نحو روشنی در مدل ثبت گردد. پیکر بندی پدیده‌ها و الگوی توزیع و وابستگی آنها را می‌توان از نظر عددی مورد تحقیق و بررسی قرار داد و حتی با روش مشاهده، بررسی نمود. داده‌ها باید بر روی صفحه رایانه یا به صورت چاپی بر روی نقشه قابل نمایش باشد و این کار مستلزم آن است که موقعیت‌های سه بعدی آنها به موقعیت‌های مناسب بر روی نمایش تبدیل شود. تبدیل می‌باید رابطه‌های با اهمیت را که در بین داده هاست، حفظ کند. بنابراین، در این مرحله با نگاهی به این روابط مشاهده می‌شود چه روابطی هستند؟ چگونه می‌توان تبدیل را پیاده نمود؟ و چه روش‌های کمّی برای داده‌های فضایی مناسب است؟



نگاره (۱): دیاگرام با برنامه رایانه‌ای تهیه شده است.

۳) ارتباطات فضایی

ارتباطات فضایی می‌توانند برای تفسیر نقشه زمین‌شناسی نظیر شکل‌گیری محدوده V شکل در بالای رودخانه یا سنگواره‌ای که از یک واحد خاص سنگی جمع‌آوری می‌گردد از اهمیت خاصی برخوردار باشند. ارتباط فضایی به دو مقوله اصلی تقسیم می‌گردند:

ارتباط توپولوژیکی و ارتباط هندسی

ماهیت پدیده‌های جغرافیایی، مختصاتی است و هر عارضه‌ای دارای موقعیت و مفهوم می‌باشد. موقعیت هر پدیده مختصات آن (x,y,z یا x,γ,H) است که هر یک مشخصاتی منحصر به فرد دارد .

هر پدیده جغرافیایی = $(x,y,z_1,z_2,z_3,...,z_n)$

zها متغیرهای فضایی می‌باشند که ارزش آن‌ها در آن مختصات (x,y)قابل‌اندازه‌گیری‌است *(مدیری،۱۳۸۵:۷۹)*.

غیر از مشخصات هندسی و مختصاتی (موضعی) عوارض کارتوگرافیک (پدیده‌هایی که قابل نمایش و نشان دادن و نامیدن است)، ویژگی‌های زمین‌شناسی (مفهومی) است که مشخصات آن را تشریح می‌نماید و به آن اطلاعات غیرمکانی (غیرکارتوگرافیک) می‌گویند.

برای این که پایگاه داده‌ای غیرکارتوگرافیک به پایگاه داده‌ای مرتبط شود، در رکوردهایی ایجاد شده پایگاه داده‌ای مکانی با اضافه کردن یک فیلد به عنوان شناسه به رکوردهای مکانی و به همین ترتیب در ابتدای رکورد داده‌های غیرکارتوگرافیک، شناسه مربوطه منظور می‌گردد. با این شرایط عوارض کارتوگرافیک مفهومی تحلیلی می‌یابند *(همان، ۸۰)*.

ارتباط توپولوژیکی (وضعیت جغرافیایی، مکان‌شناسی)، روابطی هستند که با تغییر شکل نقشه‌ای پلاستیکی تغییری پیدا نکنند. چنانچه نقشه‌ای را در نظر گیرید که بر روی یک صفحه نازک الاستیکی ترسیم شده باشد، شیت نقشه می‌تواند با کشیده شدن اعوجاج پیدا کند و در نتیجه وضعیت نسبی نقاط دستخوش

تغییر گردند. خطوط راست انحناء یابند، زوایای بین آنها تغییر پیدا کنند و در نهایت فاصله‌ها با تغییر روبرو شوند. ارتباط توپولوژیکی درطی این اعوجاج و پیچش، پایا (بدون تغییر) می‌باشد. ارتباط توپولوژیکی، رابطه پیوندی وغیرپیوندی عناصر کارتوگرافیکی (نقطه، خط و سطح) را که ترکیب پدیده‌ها را مشخص می‌سازند، تعیین می‌نماید.

از طرف دیگر، ارتباط هندسی نیاز به متریک ثابت دارد. یعنی در ارتباط باید فاصله و جهت همواره در سراسر فضا اندازه‌گیری شود. ارتباطات نزدیک شامل: بالا، نزدیک، مجاور به، دورتر از، موازی با، تقارب با، در زوایای قائم با، بزرگتر از، بین رقومی با و تقریب‌ها و متقابل. برخلاف ارتباطات توپولوژیکی، ارتباط هندسی را می‌توان به صورت کمّی درآورد، برای مثال؛ به بزرگی دو برابر، ۱۲۰ متر از، تقارب در ۱۰ درجه.

بعضی از روابط ممکن است در طبیعت آشکار باشند. مثل رخنمودی که در ضلع شمالی رودخانه‌ای در زیر پل در مسیر یک جاده واقع شده است. اگر چه می‌توان رابطه را با دشواری بر روی نقشه آورد، اما اگر نقشه برای تغییر مقیاس ژنرالیزه شود، رابطه از بین می‌رود.

مدل فضایی در حالی دارای قابلیت انعطاف است که بتواند هر موضوع و هر پروژه‌ای را بطور جداگانه اداره و کنترل نماید و استانداردهایی که امکان سهولت مبادله داده‌ها را فراهم می‌کند، برآورده سازد. از آنجا که مجموعه داده‌ها به طور مستقل تغییر می‌یابند، رابطه‌های بین آنهاباید با صراحت ثبت گردد. در صورت نیاز می‌توان برش کوتاه رودخانه و پل جاده‌ای را رقومی نمود و به طور دائمی در مدل زمین‌شناسی دردسترس قرار دارد. آنگاه می‌توان آن را با همان قسمت رودخانه در طی نمایش بر روی مدل توپوگرافی مقایسه نمودو هر گونه تعدیلات لازم را به عمل آورد.

اطلاعات فضایی را می‌توان به روشهای گوناگون تبدیل نمود به نحوی که رابطه‌های هندسی بین پدیده‌ها تغییر یابد. تبدیلات بخش مهمی ازگرافیک رایانه‌ای است و برای کار بر روی داده‌ها و تجسم مدل فضایی ضروری می‌باشد. از تبدیلات باید به دقت استفاده نمود تا الگوها دستخوش پیچیدگی یا رابطه فضایی دچار تغییر نشوند. برای مثال، سیستم‌های گوناگون تصویر نقشه، اندازه، شکل و موقعیت نواحی را دچار تغییر می‌کند و به علاوه در رویهم قرار گرفتن نقشه‌ها تولید مشکل می‌نماید. تبدیلات فضایی همچنین در ایجاد دوباره سطوحی از داده‌های نقطه و در آمارهایی با چند متغیر به کارگرفته می‌شوند. آشنایی با اثرات تبدیل فضایی ضروری است.

۴) تبدیلات فضایی

تبدیل‌های فضایی مدل علوم زمین، بیشتر روی هندسه اثر می‌گذارند تا توپولوژی. با وجود این، امکان دارد که دو خط جداگانه وقتی که مقیاس کوچک می‌شود روی هم قرار نگیرند. بر روی نقشه چاپی، کارتوگراف ممکن است که خطوط راجدا از هم حرکت دهد تا بتواند رابطه را با ترجیح نسبت به موقعیت دقیق حفظ کند. در یک سیستم محاوره‌ای، توانایی بزرگنمایی کردن و تعیین رابطه این کار را غیر ضروری می‌نماید و موقعیت‌های واقعی خطوط را حفظ می‌کند.

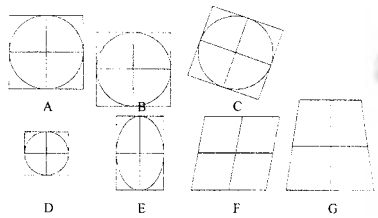
مجموعه ساده‌ای از دگرگونی‌های هندسی برای اهداف نمایشی در دسترس است (Foley 1994). تبدیل حرکت هر پدیده نسبت به مبداء است. چرخش یا دوران مستلزم این است که پدیده را حول محوری چرخاند. آنها هر دو دگرگونی سخت پدیده هستند که شکل و اندازه آن را تغییر

نمی‌دهند. کشش طول پدیده را در امتداد محور خود تغییر می‌دهد و در نتیجه شکل، فاصله و زوایا، به استثنای موارد خاص از بزرگنمایی که مقیاس در تمامی جهت یکسان می‌ماند و فقط اندازه و فاصله تغییر می‌یابند، دستخوش تغییر می‌گردند. پرتوافکنی (تصویرکردن) مستلزم تقلیل ابعاد، مثل زمانی که جسم سه بعدی در یک صفحه دو بعدی تصویر می‌گردد، می‌باشد. تبدیلات یا دگرگونی خطی که ذکر گردید به نام تبدیلات غیر مستقیم (تبدیل شش پارامتری) خوانده می‌شود.

این تبدیلات در نگاره (۲) به تصویر در آمده است، بر روی رایانه با ضرب ماتریس انجام می‌گردد. برای اهداف نمایش ممکن است که به ترتیب و دنباله‌ای از تبدیلات، نظیر دوران در حول محور X به اندازهٔ ۳۰ درجه نیاز باشد تا به اندازه دو برابر طول در امتداد محور جدید Y بازگردد و سپس به اندازه ۳۰ درجه طول محور X به عقب دوران کند. این تبدیلات با دنباله‌ای از ماتریس‌ها که می‌توان آنها را به نوبه خود به کار برد، به نمایش در می‌آیند. به هرحال، بهتر است که ماتریس‌های تبدیل را با هم ضرب کنیم تا به یک ماتریس مرکب از همان اندازه که تمامی توالی تبدیلات را نشان می‌دهد، دست یافت. سپس ماتریس مرکب را برای هر یک از نقاط اولیه داده‌ای، به کار گرفت.

ماتریس تبدیل، یک ماتریس مربعی، با دو سطر و دو ستون (2×2) برای تبدیلات در دو بعد، ماتریس (3×3) برای سه بعد و غیره است. تبدیلات و ضرب ماتریس‌ها باید در ترتیب صحیحی انجام گیرد.

کاربرد اصلی این تبدیلات فضایی برای نمایش گرافیکی و کار بر روی داده‌ها، مانند تصویر سه بعدی پدیده‌ها بر روی کاغذ دو بعد ی یا بر روی نمایشگر رایانه است. تبدیلات فضایی نیز در زمین‌شناسی ساختاری، فرآیند مدل سازی و زمینه‌هایی مثل آمارهای متنوع، درون یابی سطحی و تحلیل شکل ایفای نقش می‌کنند.



نگاره (۲): بعضی از تبدیلات هندسی. تصویر در A، در B برگردان شده و در C دوران پیدا نموده است. مقیاس در D تغییر پیدا کرده وتصویر در E کشیده شده به نحوی که فقط مقیاس افقی تغییر یافته است. تصویر در F بُرشی پیدا کرده است .تبدیلات پیچیده‌تر شامل تصویر پرسپکتیو G است که در آن تغییر مقیاس در روی تصویر تفاوت پیدا می‌کند.

یک تصویر را می‌توان به قطعات کوچکی تقسیم نمود. هر قطعه را می‌توان به طور جداگانه تبدیل نمود. در حالی که با اصلاح و تغییر تبدیلات، می‌توان پیوستگی را در سراسر قطعه‌ها اعمال کرد تا اطمینان حاصل شود که قطعه‌ها درلبه‌ها با روش هایی که برابر با اعمال ترکیب است، به هم می‌رسند. تصاویر پیچش (اعوجاج) یافته نظیر عکس‌های هوایی مایل را می‌توان تصحیح نمود. برای مثال، می‌توان نقاط را بر روی یک عکس اعوجاج یافته به عنوان نشانه انتخاب نمود که برای آن نشانه می‌توان مختصات دقیق را بر روی نقشه پیدا نمود. سپس تصویر اعوجاج یافته را با خطوطی که این نشانه‌ها را بهم وصل می‌کنند، تصحیح و قطعات بین آنها را تبدیل نمود تا با مختصات نقشه تطبیق پیدا کند.

با تبدیلات فضایی درسیستم‌های تصویر، راه‌حل‌هایی برای مسئله به تصویر کشیدن اسفروئید نامنظم (سطح زمین) بر روی سطح مستوی (صفحه کاغذ یا نمایشگر) مطرح می‌شود. تبدیلات معمولاً پیچیده‌تر

از آنهایی هستند که در بالا به آنها پرداخته شد. سیستم‌های تصویر متفاوت وجوه متفاوتی از هندسه اولیه را حفظ می‌کنند. وقتی بحث از سطح کروی یا بیضوی برای نمایش در صفحه‌ای با دو بعد دستخوش اعوجاج و پیچش می‌گردد، نمی‌توان همگی مناطق، زوایا، فاصله‌ها و پیوستگی را حفظ نمود. پیوستگی از منطقه‌ای به منطقه دیگر، حتی زمانی که سیستم مختصات بر اساس طول و عرض دارای تغییرات محلی است، مسئله آفرین می‌شود. زمین نامنظم است و تقریب‌های ریاضی باید برای چنین مفاهیمی، سطح مبنا (یک تقریب ریاضی سطح نسبت به شکل زمین) و ژئوئید (مبداء ارتفاعات شامل سطح متوسط آبهای دریا) به کار گرفته شود. ژئوئیدها و سطح مبناهای مختلف در زمان‌ها و مکان‌های متفاوت به کار گرفته می‌شود. اگر چه مختصات و سیستم تصویر نقشه، موضوعی مستقل و متکی به خود دارد، لیکن چنانچه نیاز به ترکیب داده‌های فضایی از منابع مختلف باشد، دست کم بایستی از منبع مؤثر در خطا آگاه بود.

۵) آمار فضایی و انطباق سطحی

روشهای آماری، برای مشخصه‌هایی بکار می‌روند که در نقاطی از فضا اندازه‌گیری شده‌اند. الگوهای فضایی و همبستگی‌های فضایی در اکثر مواقع در علوم زمین از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشند. روشهای آماری الگوهای مشاهداتی را از نظر کمّی توصیف می‌کنند، درون یابی بین نقاط همبستگی‌های فضایی نمونه‌ای را اندازه‌گیری می‌کنند. الگوها، فرآیندهای واقعی و زیر بنایی زمین‌شناسی را منعکس می‌نمایند که بر متغیرهای قابل اندازه‌گیری زیادی تأثیر داشته‌اند.

اعتبار و ارزش نتیجه‌گیری، به فنون و تکنیک‌های مناسب نمونه‌برداری بستگی دارد. نمونه برداری باید تصادفی باشد، به این مفهوم که هر چیزی که در اثر موارد وجود دارد، شانس این را داشته باشد که در نمونه‌برداری گنجانده شود.

سری‌های زمانی، توالی اندازه‌گیری‌ها در زمان‌های پی در پی است که به طور گسترده‌ای در آمار مورد مطالعه قرار گرفته است. در علوم زمین، سری‌های زمانی در ژئوفیزیک، هیدرولوژی و اقیانوس‌شناسی و سایر موضوعات مطرح می‌گردد. روشهای مشابهی را می‌توان برای توالی امتداد خطی در فضا به کاربرد، به علاوه روشهایی نیز می‌توانند به دو یا چند بعد گسترش داده شوند. تکنیک رگرسیون (تحلیل برگشتی) راهی است که در آن می‌توان میزان تغییر مشخصی از نظر زمان و مکان به موقعیت آنها ارتباط داد. برای مثال، اندازه دانهٔ (P) نمونه‌ها را می‌توان به فاصلهٔ (x) که بر بالای مبنای برش عمودی قرار دارد با معادله زیر ارتباط داد:

$$P= a+bx$$

خط راستی که این معادله نشان می‌دهد، احتمال ندارد وارسیون را به اندازه کافی نشان دهد و لذا می‌توان عبارت بیشتری از سریهای توالی یا سری مثلثاتی را افزود.

$$P= a+bx+cx^2+dx^3+...+mx^n$$

یا

$$P= a+b\ \sin x+c\ \sin 2x+d\ \sin 3x+\ ...+m\ \sin nx$$

دو بعد $(X$ و $Y)$ معادلات که سطوح را نشان می‌دهند، کمی پیچیده‌تر هستند. برای مثال، آنها را می‌توان به رأس ساختن مبتنی بر ارتفاع (P) که در چاه‌ها اندازه‌گیری شده است، ارجاع داد:

$$P= a+bx+cy+dx^2+exy+fy^2+gx^3+ ...+my^n$$

یا:

$$P= a+b\ sinx+c\ sin\ y+d\ sin\ 2x+e\ sin\ x\ sin\ y+f\ sin\ 2x+...+m\ sin\ ny$$

معادلات رگرسیون محاسبه شده‌اند تا مجموع مجذورهای انحراف بین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده P را به حداقل برسانند.

برای متخصصین ژئوفیزیک، کاربرد توابع دوره‌ای نیاز به مقدمه ندارد. برای مثال، کارشناسان زلزله با امواج ضربه‌ای مثل زلزله یا انفجار، و نیز با تغییرات این امواج در گذر از میان سنگ‌ها سرو کار دارند. امواج بنا به تعریف یک فرم تکراری داشته و این امر را می‌توان به آسانی با برازش توابع سینوسی و کوسینوسی تا پروسه‌ای که هارمونیک یا تحلیل فوریه خوانده می‌شود، توصیف نمود. به جای اینکه موج را با مقادیر در لحظات زمانی متوالی به توصیف در آورد، می‌توان اهمیت نسبی مؤلفه‌های طول موج‌های مختلف را محاسبه کرد.

تحلیل فوریه از سری‌های زمانی متعدد و دقیق که بصورت دیجیتالی جمع آوری شده، بهره‌مند گردیده است و از ارائه تبدیل سریع فوریه به الگوریتم مؤثری که بار محاسبه را کاهش می‌دهد، بهره می‌برد. اگر چه کاربردهای اصلی در کارهای زلزله‌شناسی می‌باشد، لیکن ژئومغناطیس و گرانشی نیز تفاوت را با تبدیلات فوریه مورد مطالعه قرار می‌دهد. روش‌هایی نظیر تبدیل سریع فوریه را می‌توان برای مجموعه داده‌ای دیجیتالی مثل تصویربرداری ماهواره‌ای به کار برد. با تصویربرداری ماهواره‌ای، تبدیلات سریع فوریه می‌توانند اطلاعاتی در خصوص بافت و تغییرات را ارائه دهند که در رابطه با تغییرات زمین‌شناسی می‌باشند.

منابع

۱) مدیری، مهدی (۱۳۸۵)، کارتوگرافی و اینترنت، انتشارات سازمان جغرافیایی، چاپ اول، تهران.

۲) مدیری، مهدی (۱۳۸۴)، کارتوگرافی مدرن، انتشارات سازمان جغرافیای، چاپ سوم، تهران.

۳) مدیری، مهدی و پوراحمد، احمد (۱۳۸۵)، تکنیکهای گرافیکی در برنامه‌ریزی شهری، فصل‌نامه علمی – پژوهشی سرزمین، سال سوم، شماره ۹، بهار ۸۵ تهران.

۴) همراه، مجید (۱۳۸۲)، کارتوگرافی به کمک رایانه، نشر انگیزه تهران.

1) Foley , J.D (1994) Introduction to Computer Graphics Addison - Wesley,Reading, MA.

2) Forster,A & Merriam, D.F (1996) Geologic Modeling and Mapping Plenum, New york.

3) Houlding, S.W (1994) Geoscience Modeling: Computer Techniques For Geological Chracterization Springer - Verlag, New york.

4)Loudon, T.V (2000) Geosience after IT, Familiarization with Spatial analysis . Computers & Geosciences 26 . Pergamon, Oxford.

5) Watson, D.f (1992) Contouring: a guid to the analysis and display of Spatial data . Computer Methods in the Geoosciences, Vol 10, pergamon, Oxford.