کاربرد الگوی داده مفهومی در تفسیر داده‌های علوم زمین

طیبه کیانی[1*]

[1]استادیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/ ۰۳/ ۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/ ۱۲/ ۱۷

چکیده

بایگانی داده‌ها به شیوه نوین و فناوری اطلاعات این فرصت را فراهم آورده است تا در روش‌های بایگانی و نمایش اطلاعات علوم زمین تجدید نظر شود. پایگاه داده‌های علوم زمین باید دارای سازوکاری باشد تا بتواند دست‌یابی به داده‌های روزآمد شده در گستره علوم زمین را به فراخور نیاز کاربران درخواست کننده داده‌ها به آسانی فراهم کند. الگوی داده‌های این پایگاه باید چندان انعطاف داشته باشد که زمینه‌های گوناگون اطلاعات دانش زمین را در بر گیرد و این اطلاعات را به‌گونه‌ای بازنمود کند که پیشرفت علوم زمین نتواند موجب کهنگی پایگاه‌های داده شود. یکی از مهم‌ترین اهداف این الگوی داده عبارت است از ساده‌سازی فرایند تولید داده‌های اشتقاقی به فراخور نیاز کاربران، به‌ویژه در زمینه‌های بررسی و تفسیرهای زمین‌ساختی، ارزیابی خطر و کاوش‌های معدنی. چنین داده‌هایی باید مبتنی بر اطلاعاتی برگرفته از منابع متعدد باشند. موجودیت‌های داده‌ای پایه را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: داده‌های مکانی، اندازه‌های کمی و توصیف‌ها. هدف الگوی داده مفهومی در علوم زمین، فراهم آوردن اطلاعات از منابع گوناگون در قالبی همخوان، منعطف و جستجوپذیر است تا تفسیر داده‌های علوم زمین به شکل بهینه‌ای انجام‌پذیر شود. با توجه به اهمیت نقشه در تفسیر داده‌های علوم زمین، در این پژوهش نقشه زمین‌شناسی مبنای الگوی داده مفهومی است و بر اساس آن دامنه‌های مورد نیاز تعریف شده‌اند. الگویی که در این مقاله بررسی می‌شود، بیانگر چارچوبی مفهومی و ذهنی است که می‌تواند داده‌های میدانی پیشین و پسین و به عبارتی داده‌های برگرفته از منابع پیش‌تر منتشر شده و امروزی را در چارچوبی مشترک جای دهد. الگوهایی که در این مقاله آورده شده، در قالب نمودارهای زبان الگوسازی یکسان (Unified Modeling Language: UML) ارایه شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: الگوی داده مفهومی، داده‌های علوم زمین، دامنه داده، زبان الگوسازی یکسان.

***نویسنده مسئول:** طیبه کیانی

E-mail: tayebeh.kiani@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

هدف پایگاه داده‌های علوم زمین، بایگانی داده‌ها در قالبی استاندارد به شیوه‌ای است که پژوهش، بازیابی و نمایش اطلاعات علوم زمین را به فراخور نیاز دست‌اندکاران این دانش، برای کاوش و پژوهش فراهم کند. برای دست‌یابی به چنین امکانی، نیاز به طراحی و ساخت الگوی داده مفهومی در دامنه‌های گوناگون علوم زمین به گونه‌ای است که استاندارد تولید و نگهداشت این داده‌ها را در برگیرد (Kiani, 2010). در این نوشتار کوشش شده است تا چارچوب یک الگوی داده مفهومی برای داده‌های علوم زمین الگوسازی شود. مبنای دامنه‌های تعریف شده نقشه زمین‌شناسی است.

هنگام پرداختن به آگاهی‌پردازی دانش زمین، این نکته آشکار می‌شود که دانش زمین، دانشی است که برای بهره‌گیری از سامانه‌های رایانه‌ای، ارایه و تحلیل دانش باید صورت شکیل‌تری به خود گیرد. پیچیدگی زمین خود زمینه‌ساز شکیل و نظام‌مند شدن دانش زمین‌شناسی شده است. تحول سریع در سامانه‌های بازنمود دانش به همراه بلوغ نظریه جهانی زمین‌شناسی منجر به ایجاد وضعیتی شده که فرمول بندی و شکل‌بندی مورد نظر را ممکن ساخته است (Richard, 2006). کوشش برای تعریف دقیق مفاهیم پایه علوم زمین و بازنمود رابطه میان آنها نیاز به در اختیار داشتن یک الگوی داده را نمایان تر می‌کند. هدف از الگوهای ارایه شده در این مقاله، تحریک ذهن مخاطب درباره اساس دانش زمین‌شناختی و نیز کمک به ایجاد نسل بعدی ابزارهای ترسیم نقشه‌ها و تفسیر داده‌های علوم زمین است.

۲- روش کار

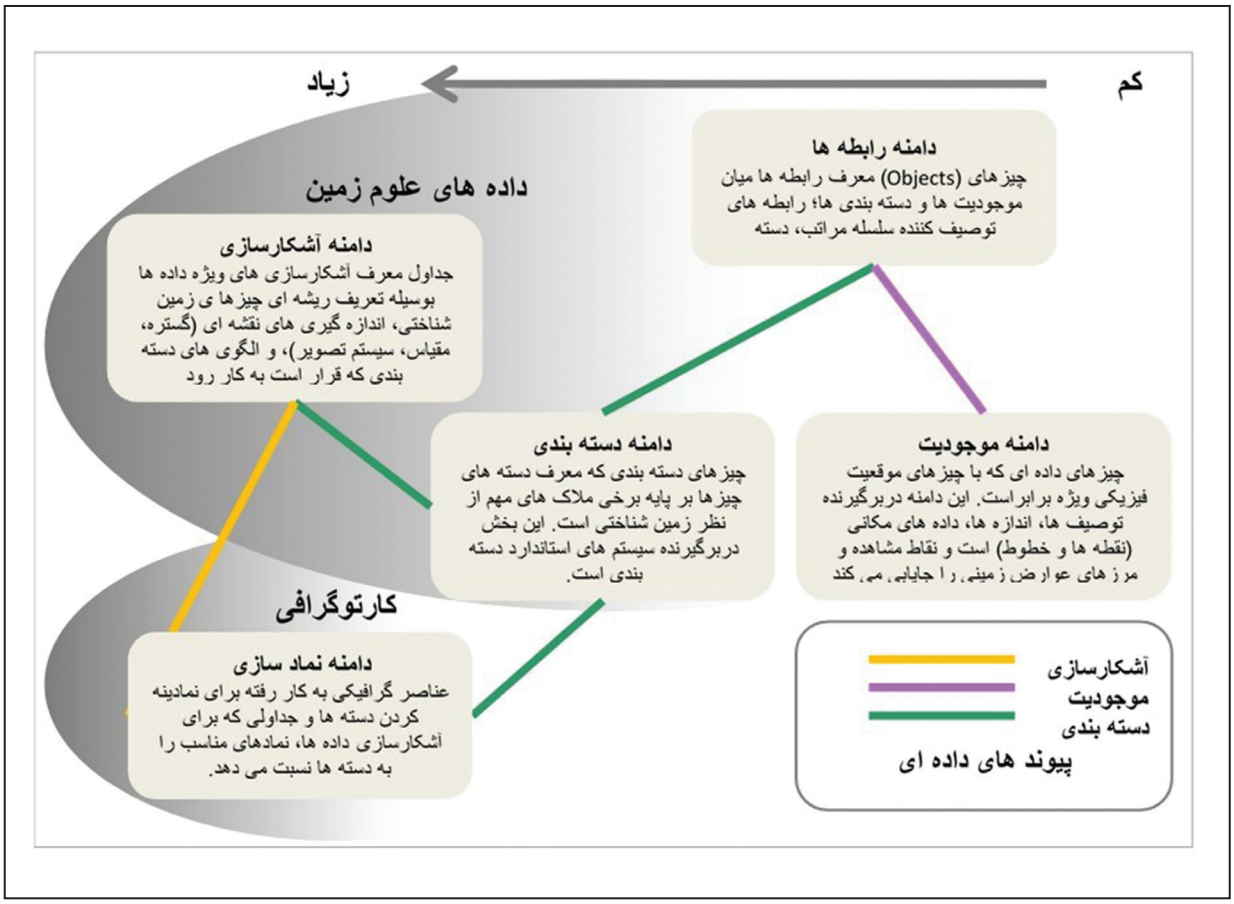
در این نوشتار، الگوی مفهومی برخی جنبه‌های اصلی علوم زمین معرفی می‌شود. این الگوها برای درک داده‌ها و آماده‌سازی آنها برای تفسیرهای زمین‌شناختی ضروری است. جدا از مواردی چند، همگی ایستا هستند؛ به این معنا که فرایندها الگوسازی نشده‌اند. در طول این نوشتار، عنوان عناصر الگوها با حروف درشت نوشته شده است. اگر عنوانی شامل بیش از یک کلمه باشد، کلماتش به هم چسبانده شده است. این کار برای آن است که تأکید شود که اصطلاح فوق در الگوی ارایه شده تعریف خاصی دارد. الگوهای ارایه شده در اینجا در اصل با استفاده از دستگاه علایم الگوسازی بر اساس شی یا نقش (فرا الگو) ایجاد شده‌اند (Halpin, 1995 and 2001)، دیدگاه‌های ارایه شده در این مقاله با الگوهای Johnson et al. (1998 and 1999)، Brodaric and Hastings (2002)، Richard (2006)، NADM-C1 (2004a and b)، Richard et al. (2003) و Kiani (2010) همخوانی دارد. الگوهای ارایه شده در این نوشتار در برگیرنده مجموعه‌ای از عناصر و یا همان علایم گرافیکی هستند، آنها برای ساخت نمودار الگوی داده به کار می‌روند. الگوی داده مفهومی ارایه شده در این نوشتار از زبان الگوسازی واحد و بر مبنای OMG (2001, 2003 and 2007) الگوسازی شده است.

۳- ساختار الگوی داده

الگوی داده‌های علوم زمین چارچوبی برای گردآوری و ثبت مشاهده‌ها و دانسته‌ها درباره زمین است. ساختار این الگو شامل مجموعه‌ای از موجودیت‌هایی است که با یک شی فیزیکی یا یک موقعیت خاص در جهان واقعی مطابقت دارد. چنین الگویی نیازمند بستری قوی و مبتنی بر داده‌های پایه (مشاهده‌ها، اندازه‌ها و روابط) به کار رفته در تحلیل‌های دانش علوم زمین است. موجودیت‌های داده‌ای پایه را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: داده‌های مکانی (موقعیت، مرزها، گستره‌ها و نقاط)، اندازه‌های کمی (شیب‌ها، شمارش عوارض، اندازه‌گیری اثر فرسایش و ...)، و توصیف‌ها (سنگ، خاک، نسبت‌های ساختاری و ...). این دسته‌های داده باید بر مبنای جداول ریشه‌ای الگوی داده مفهومی مورد نظر باشند (Open GIS, 1998; GeoSciML, 2008). الگوی مفهومی داده برخاسته از تعریف فوق شامل دامنه موجودیت، دامنه دسته‌بندی، دامنه رابطه، دامنه آشکارسازی و دامنه نمادسازی یا نشانه‌هاست (شکل ۱) که با دیدگاه Richard (1998) همخوانی دارد.

با توجه پیچیدگی‌های داده‌های علوم زمین و بررسی آنها در نقشه‌های مرتبط با علوم زمین در مقیاس‌های گوناگون و نیز دیدگاه Richard (1998)، پنج زیردامنه برای الگوسازی در این نوشتار در نظر گرفته شده است. این الگوها همگی با زبان الگوسازی واحد الگوسازی شده‌اند و روابط هر یک از آنها به صورت جداگانه

تعریف شده است. این الگوسازی کمک می‌کند که داده‌ها در ساختاری همسان و استاندارد به گونه‌ای آماده‌سازی شوند که بتوان در تفسیر داده‌های علوم زمین در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و فراملی و رسیدن به ارزش افزوده داده‌ها از آنها بهره گرفت.



شکل ۱- چارچوب پایه‌ای برای الگوی داده‌های علوم زمین: مبنای این الگو، نسخه شماره یک الگوی داده‌ای زمین‌شناختی Richard (1998) است. چارچوبی که در شکل آورده شده دربرگیرنده همه داده‌های علوم زمین است.

۴- دامنه موجودیت

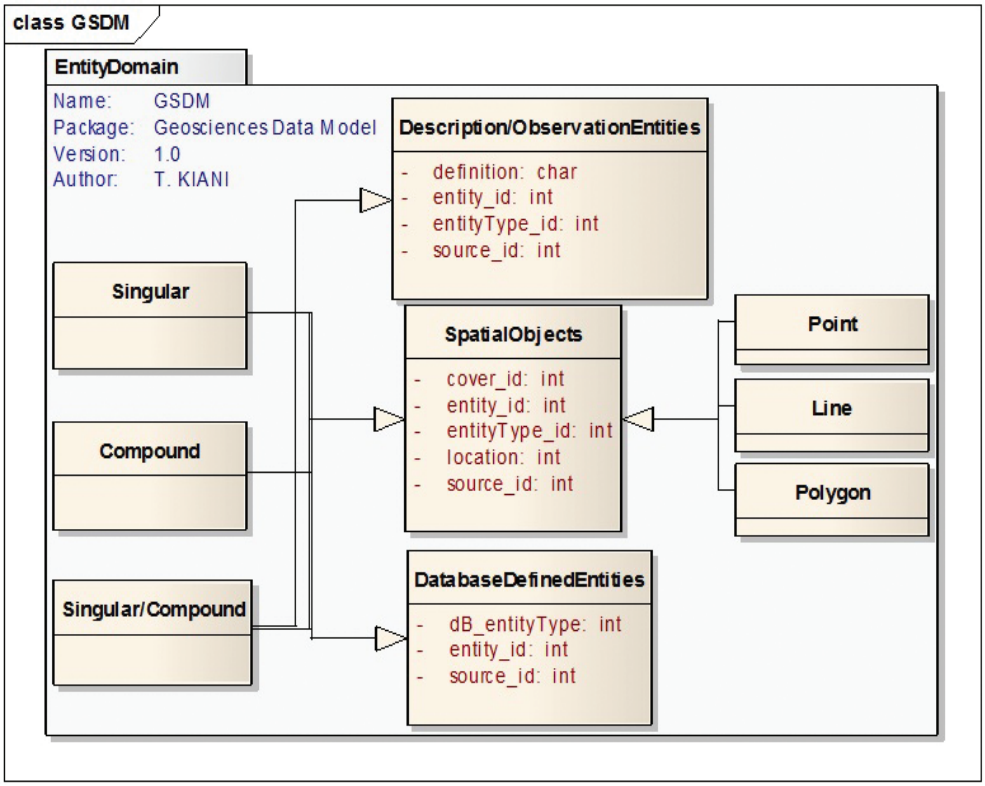
دامنه موجودیت دربرگیرنده اندازه‌ها و مشاهداتی بوده که بیانگر موجودیت‌های فیزیکی جهان واقعی است. به عنوان مثال، یک دهانه آتشفشان، یک مخروط‌افکنه در انتهای مسیر رودخانه، یک زمین‌لغزش بر روی یک شیب در کنار جاده، یک بدنه سنگ خاص و مجزا، یک نمونه دستی لایه‌بندی که در معرض دید بوده و در مکان خاصی اندازه‌گیری شده است، یک عمر ایزوتوپیک برگرفته از نمونه‌ای در یک مکان خاص و یا موقعیت یک مرز میان بدنه سنگ‌ها که به هر یک از این پدیده ها در الگوی مفهومی چیز گفته می‌شود (Richard and Thieme, 1997). چیزهای دامنه موجودیت را می‌توان عموماً به موجودیت‌های مکانی، موجودیت‌های توصیفی یا اندازه‌ای دسته‌بندی کرد. موجودیت‌های مرکب با دسته‌بندی موجودیت‌های فردی (منفرد) تعریف می‌شوند که در کنار هم با یک موجودیت فیزیکی ویژه مرتبط هستند. از جمله موجودیت‌های مرکب می‌توان برش‌های ورق ورق شده، و نیز توصیف یک سنگ را به عنوان موجودیتی مرکب متشکل از موجودیت‌هایی با موضوع رگه معدنی نام برد. برای گونه‌های مختلف موجودیت‌ها، تعاریف متفاوتی از ساختار داده‌ها ضروری است. زیرا هر گونه‌ای ممکن است مجموعه ویژگی‌های منحصر به فردی داشته باشد. موجودیت‌های تعریف شده در پایگاه داده‌ها که از نوع توصیف یا اندازه‌گیری هستند، مبنای تعریف دسته‌های تعریف شده در پایگاه داده‌ها هستند (Guarino and Welty, 2000). الگوی داده مفهومی دامنه موجودیت (شکل ۲) شامل همه پدیده‌های مکان‌دار، توصیفی و مشاهده‌ای به‌صورت منفرد و مرکب و روابط بین آن‌هاست.

۵- دامنه دسته‌بندی

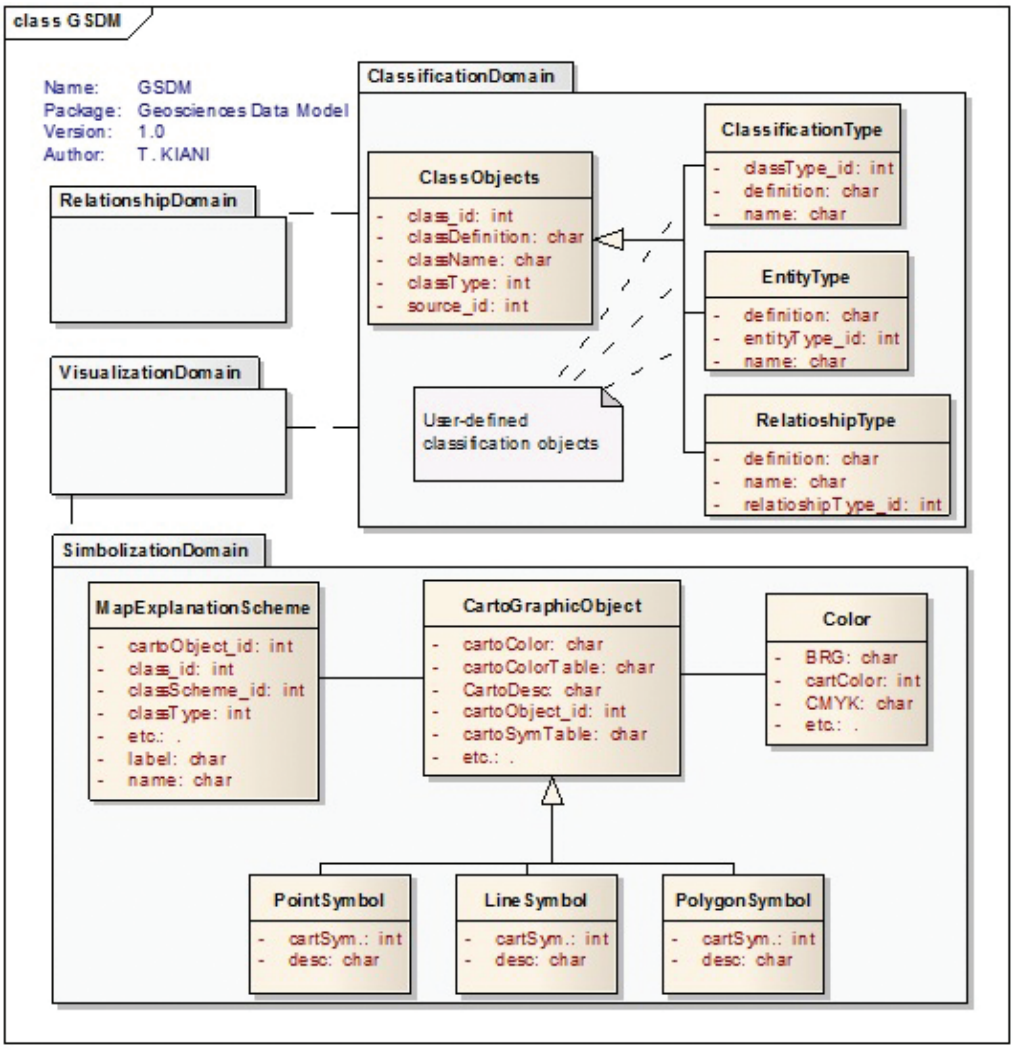
دسته‌بندی‌ها به‌صورت اشیای دسته‌بندی الگوسازی می‌شوند که در آن برای اشیای منسوب شده به یک دسته، نام و یک تعریف از ویژگی‌های منحصر به فرد و ممیز اشیای منسوب شده به دسته مورد نظر نیز وجود دارد (Bain and Giles, 1997). دسته‌بندی‌های مرکب با انباشت گروهی از اشیای دسته‌بندی در یک شی دسته‌بندی جدید تعریف می‌شوند. دسته‌بندی‌های معمول زمین‌شناسی بر اساس پایگاه داده‌ها تعریف می‌شوند و ممکن است بسیاری از دسته‌بندی های به کار رفته را پایه‌ریزی کنند. برای اینکه پایگاه داده‌ها برای همه زیررشته‌های زمین‌شناسی مفید باشد و انتقال داده‌ها در میان کاربران تسهیل شود، باید مجموعه‌ای از دسته‌بندی‌های استاندارد (واژه‌نامه داده‌ها: Giles et al., 1997) تعریف شوند.

۶- دامنه نمادسازی

دامنه نمادسازی، مجموعه استانداردی از عناصر گرافیکی و طرحی برای تعیین آن دسته عناصر گرافیکی است که برای اشیای دسته‌بندی استفاده می شود (شکل ۳). از آنجا که هر آشکارسازی نقشه شامل توضیحی خواهد بود که عناصر گرافیکی را به اشیای دسته‌بندی مرتبط می‌سازد، استاندارد کردن فرایند نمادسازی برای سهولت بینندگان نقشه ضروری است. اما هیچ کارکرد تحلیلی یا بایگانی به پایگاه داده‌ها اضافه نمی‌کند. گنجاندن مجموعه‌ای از جداول نمادسازی، نسل نوین آشکارسازی نقشه خودکار را پدید خواهد آورد.



شکل ۲- الگوی داده مفهومی دامنه موجودیت: این الگو همه پدیده‌های فیزیکی و مکان‌هایی که در واقعیت وجود دارد را دربر می‌گیرد.

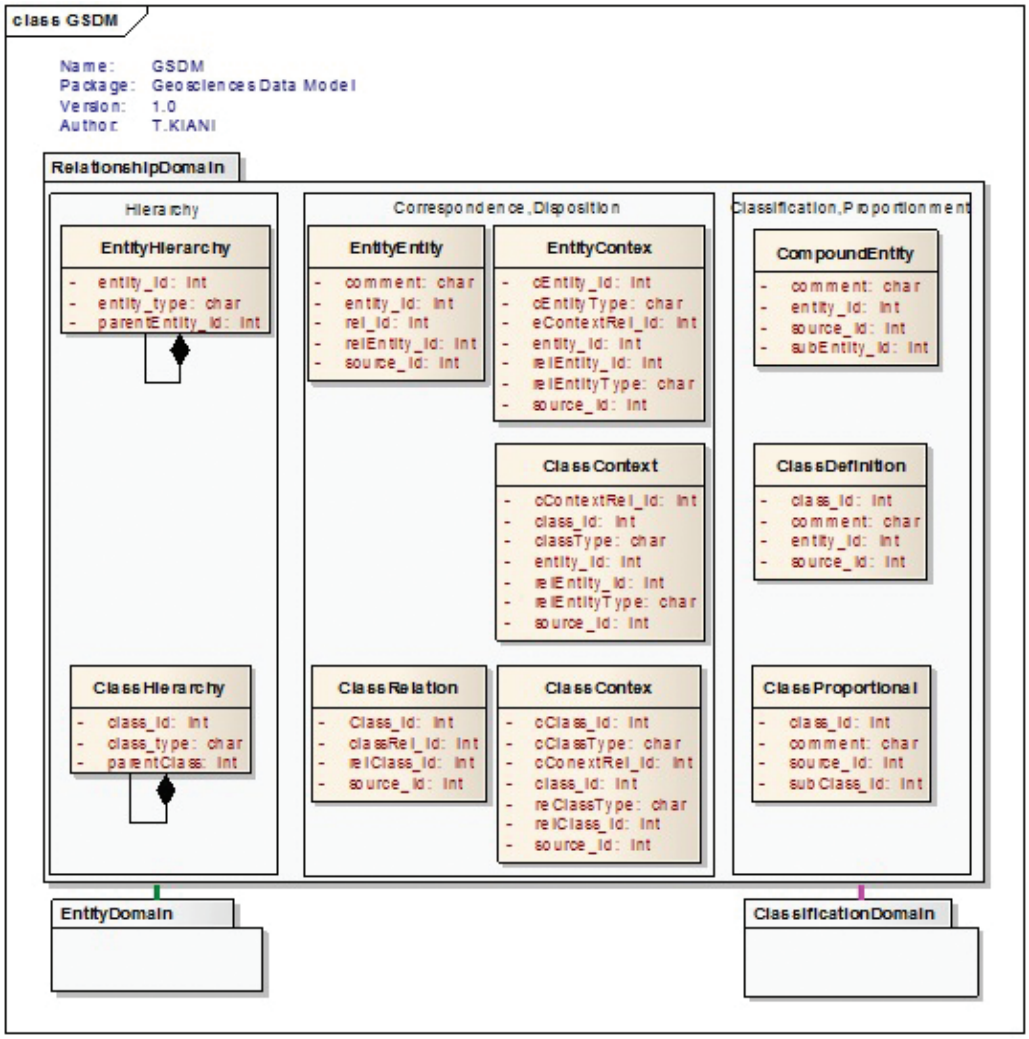


شکل ۳- الگوی دامنه دسته‌بندی و الگوی دامنه نمادسازی و روابط آنها: به منظور امکان انتخاب نمایش عوارض مکان‌دار در متن نقشه، عوارض مکان‌دار می‌توانند در برای به کارگیری کد آشکارسازی دسته بندی شوند.

از جمله اجزای دامنه نمادسازی، قوانین نمادسازی اشیای مکان‌دار بر اساس دسته‌بندی‌شان، زنجیره‌های برچسب و نوشته‌های داخل متن نقشه (label) برای چندضلعی‌ها و نیز تدوین توضیح نقشه هستند. جدول طرح توضیح نقشه، اطلاعات راجع به نمادسازی یک طرح خاص دسته‌بندی را ذخیره می‌سازد. برچسب‌های چندضلعی‌ها (مثلاً زنجیره‌های متن برای برچسب های واحد سنگ) برای اشیای دسته‌بندی تعریف شده در پایگاه داده می‌توانند خودشان هم در پایگاه تعریف شده باشند، اما برای انعطاف بیشتر، زنجیره‌های برچسب چندضلعی‌ها برای اشیای دسته‌بندی مناسب در طرح اطلاعات توصیفی نقشه اعمال خواهند شد. جدول اطلاعات توصیفی نقشه شامل پیوندی است که در تعیین یک شی کارتوگرافیک (عنصر گرافیکی) برای استفاده در نمادینه کردن هر یک از اشیای دسته‌بندی به کار می‌رود. قوانین اطلاعات توصیفی نقشه، همگی قراردادهای کارتوگرافیکی هستند و برای تبدیل سازه سلسله مراتبی اشیای دسته‌بندی به کار می‌رود. دراین طرح دسته‌بندی، چینش گرافیکی مناسب با دسته‌بندی و سرعنوان های نمادسازی شده برای هر یک از اشیای همراه است.

۷– دامنه رابطه

در الگوی داده مفهومی، دامنه رابطه (شکل ۴) که در این نوشتار الگوسازی شده است، تمام روابط بین بخش‌های گوناگون دامنه‌های علوم زمین و روابط بین آنها را دربر می‌گیرد. دامنه رابطه شامل اطلاعاتی درباره سلسله مراتب، دسته‌بندی، تناظر، تناسب و ترتیب است. یک سلسله مراتب عبارت است از مجموعه‌ای که در آن، عنصر درجه‌بندی یا رتبه‌بندی می‌شود. رابطه‌های سلسله مراتبی یک شی (کودک) را به عنوان یک زیرمجموعه یا نمونه خاص‌تری از شی دیگر (والد) تعریف می‌کند. رابطه دسته‌بندی معرف یک شی به عنوان نمونه‌ای از شی دسته‌بندی مشخص است. رابطه تناظر، دو شی را به هم ربط می‌دهد. رابطه تناسب، یک شی را به عنوان یک عنصر تناسبی از شی دیگر، نوعاً در توصیف موجودیت‌های عنصر در برخی موجودیت‌های مرکب (رگه‌های معدنی در موجودیت سنگ‌شناختی) یا شی دسته‌بندی (موجودیت‌های سنگ‌شناختی در یک واحد نقشه) تعریف می‌کند. رابطه ترتیب معرف آرایش، جایگیری، یا توزیع یک شی با توجه به شی دیگر در فضا یا زمان است.



شکل ۴- الگوی داده مفهومی دامنه رابطه: هر یک از جداول در الگوی ساخت یافت یک جدول رابطه‌ای دارند. این الگو نقش کلیدی در الگوی مفهومی علوم زمین دارد.

۸– دامنه آشکارسازی

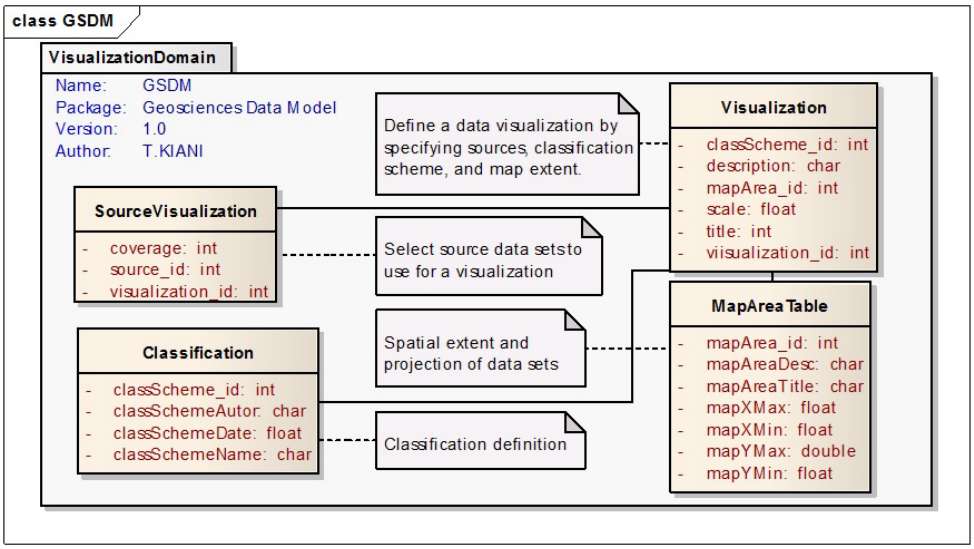
آشکارسازی با منابع و پوشش‌های داده‌ها، طرح دسته‌بندی و حیطه نقشه که تصویر نقشه را نیز دربر می‌گیرد تعریف می شود. تغییر هر یک از این سه عامل موجب آشکارسازی جدیدی از داده های پایگاه داده خواهد شد و برعکس آن نیز صادق است. تعیین شدن همه عوامل برای تولید دوباره یک آشکارسازی منفرد ضروری است. یک آشکارسازی به‌طور مفهومی مشابه یک «نقشه» است اما کاربرد یک اصطلاح متفاوت برای جدا ساختن ذهن کاربر از قطعات کاغذی که نقشه نام دارد، ضروری است. مفهوم منبع داده‌ها به تدریج پیچیده‌تر می‌شود و این زمانی است که پایگاه داده‌ها از مرحله یک سری پوشش‌های موزاییک شده که هر یک به‌صورت یک نقشه رقومی منتشر شده است، به طرف مجموعه‌ای از نقاط و خطوط با تعداد متفاوت به همراه دسته‌بندی‌های برگرفته از منابع گوناگون پیش می‌رود. یک منبع داده ممکن است اطلاعات روزآمد شده‌ای درباره یک مجموعه داده‌های مکان‌دار باشد. به این ترتیب همه نقطه‌ها، قوس‌ها، یا چندضلعی‌ها در حیطه منطقه روزآمد شده

تغییر نمی‌کنند. اگر مجموعه داده‌ها در سطح یک شبکه توزیع شده باشد، پرونده‌های متفاوت (در مکان های متفاوت) ممکن است قوس‌های فوق را برای منابع متعدد داده‌ها در همان حیطه نقشه دربر بگیرد. بسیاری از اجراهای GIS، نقطه‌ها، خطوط و چندضلعی‌ها را در پرونده‌های جداگانه از هم بایگانی می‌کنند که بعداً می‌توانند مؤلفه‌های یک منبع داده باشند. ریشه منابع گوناگون داده‌ها ممکن است از تصاویر گوناگون نقشه باشد. در شکل ۵، داده‌ها و دسته‌بندی آنها و آن دسته از داده‌هایی که برای نمایش در نقشه ارایه می‌شوند، با عنوان الگوی داده مفهومی دامنه آشکارسازی، الگوسازی شده‌اند.

دامنه آشکارسازی مربوط به بخش نمایشی نقشه، عوارض نقشه به‌صورت نقطه‌ای، خطی و سطحی طبقه‌بندی و هر یک از آنها به‌صورت یک پوشش مستقل به اطلاعات توصیفی خود در جداول وصل می‌شوند. یک منبع داده به عنوان منبع فکری اشیا یا عوارض اطلاعاتی مستقل از نقشه تعریف می‌شود. یک منبع خاص داده ممکن است شامل چندین مجموعه مجزا از داده‌ها مانند نقاط، خطوط یا قوس‌ها و چندضلعی‌ها باشد. هر یک از این مجموعه‌ها مفهوم متمایزی از موجودیت‌های مکان‌دار دارند. یک منبع خاص داده ممکن است در چندین تصویر نقشه وجود داشته باشد. یک پوشش عبارت است از یک پرونده خاص که شامل داده‌های مکان‌دار است. مثلاً نوع خاصی از نقاط یا خطوط در تصویر خاصی از نقشه یا تاریخچه خاص فرایند نقشه‌سازی‌اش. به هر پوشش، یک «گونه موجودیت» منسوب می شود که منحصر به همان پوشش است. تعریف «گونه موجودیت» باید شامل اطلاعات لازم برای جایابی پرونده داده‌هایش و نیز شناسایی منبع داده‌های مکان‌دار باشد. جداول ضروری فراداده‌ها برای مستندسازی یک آشکارسازی خاص که بیانگر مجموعه خاصی از مشاهدات و تفاسیر بوده به شرح زیر است:

– **جدول همبستگی منبع پوشش:** به پوشش‌های داده‌های مکان‌دار برای استفاده در آشکارسازی مربوط است. برای آنکه یک مجموعه داده‌های مشاهدات میدانی مستقیماً به پایگاه داده‌های زمین‌شناسی تبدیل شود، «منبع» باید مرجع خودش باشد (Matti et al., 1997). در آینده، زمانی که مجموعه‌های داده انباشته شده و حایز ویژگی‌های منابع گوناگونی (نقشه‌ای متعددی با مقیاس بزرگ یا روزآمدتر از منابع متعدد) شوند، جدول همبستگی منبع باید شامل پیوندهایی از هر یک از منابع ضمیمه به هر یک از ثبت‌های موجود در جدول‌ها باشد که برای ساختن آشکارسازی به کار رفته‌اند.

– **جدول محدوده نقشه:** این جدول معرف حیطه خاصی از نقشه است که برای گزینش مکان اشیا از پوشش‌های شناسایی شده توسط جدول منبع پوشش استفاده می‌شود که قرار است در آشکارسازی به کار روند. یک نام، یک سازمان منبع، یک شناسه منبع، تصویر منبع و رزولوشن منبع باید تعریف شوند. بخشی از پایگاه داده‌ها باید پوششی (پوشش‌هایی) باشد از چندضلعی‌هایی که معرف حیطه یک منطقه نقشه در این جدول هستند. تصویر یک آشکارسازی در جدول منطقه نقشه تعیین می‌شود. پوشش‌های منبع باید در همان تصویر باشند. طرح دسته‌بندی، قلب نقشه است و برای گزینش منطقی اشیای مکان دار، برای نمایش و تعیین نحوه نمایش آنها به کار می‌رود. یک طرح دسته‌بندی عبارت است از یک دسته‌بندی مرکب که گروهی از دسته‌بندی‌ها را برای نمادسازی بر اساس یک آشکارسازی خاص بر می گزینند. بر این اساس طرح دسته‌بندی در جدول شی دسته‌بندی تعریف می‌شود.



شکل ۵- الگوی آشکارسازی: همه آنچه که در بررسی‌های علوم زمین پژوهش، برداشت داده و تفسیر می‌شوند، در کنار استانداردسازی تولید یا ذخیره داده به‌صورت‌های نقشه و دیگر خروجی‌ها ارایه می‌شوند. الگوی آشکارسازی این بخش را پشتیبانی می‌کند.

۹– نتیجه‌گیری

بیش از نیم قرن است که تولید دانش زمین به‌صورت سیستماتیک در ایران انجام می‌شود. بیشتر اطلاعات پایه‌ای علوم زمین در پوشش سراسری و یا به‌صورت موضوعی در مقیاس‌های گوناگون تولید و بایگانی می‌شوند. آنچه امروزه در تفسیر این داده‌ها و برای دست یافتن به ارزش افزوده آنها و همچنین کاربردی کردن آنها در صنعت، بخش‌های عمرانی و مدیریت منابع در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و فراملی نیاز است، ایجاد یک ساختار استاندارد و همسان برای تولید و ذخیره داده است. در این پژوهش چارچوب کلی الگوی داده مفهومی در علوم زمین ارایه شده است تا بستر مناسب برای الگوسازی جنبه‌های دیگر دامنه علوم زمین نیز فراهم شود. در این نوشتار چارچوبی برای بازنمود دانش در دامنه‌های علوم زمین ارایه شده است که می‌تواند به طراحی و توسعه سامانه‌های اطلاع‌رسانی داده‌های علوم زمین کمک کند. ابعاد دانش الگوسازی شده در این مقاله ارتباط خاصی با اطلاعاتی دارند که معمولاً به نقشه‌های علوم زمین و تفسیرهای زمین‌شناختی مربوط می‌شوند. الگوی داده تهیه شده در این مقاله می‌تواند کار ذخیره‌سازی، بازیابی و تحلیل اطلاعات را در هر سطحی از جزییات (از یادداشت‌های میدانی مشروح گرفته تا یک نقشه شناسایی ۵۰ ساله) موجود آسان سازد. این الگو همچنین مبنایی را برای طراحی زبان‌های کامپیوتری با استفاده از XML یا RDF جهت تبادل اطلاعات مربوط به دانش زمین، ارایه می‌کند. الگوسازی رسمی مفاهیم دانش زمین در ایران هنوز در ابتدای کار است و با آشنا شدن تعداد بیشتری از دست اندرکاران علوم زمین با روش‌ها و نیز با بهبود فنون و تکنیک‌های مربوط به ارایه ابهامات، عدم قطعیت ها و تفاسیر چندگانه، این الگوها پیشرفت مداوم و مستمری خواهند داشت.

References

Bain, K. A. and Giles, J. R. A., 1997- A standard model for storage of geological map data: Computers & Geosciences, v.23, no. 6, pp. 613- 620.

Brodaric, B. and Hastings, J ., 2002- An Object Model for Geologic Map Information, in Richardson, D.E., and van Oosterom, P., eds., Advances in Spa¬tial Data Handling: Proceedings of the 10th International Symposium on Spatial Data Handling: New York, Springer-Verlag, ISBN 3540438025. P.55- 68.

GeoSciML (Geosciences Markup Language), 2008- GeoSciML Testbed3, is presented at the 33rd International Geological Congress (IGC 33) in Oslo August.

Giles, J. R. A., Lowe, D. J. and Bain, K. A., 1997- Geological Dictionaries.Critical elements of every geological database: Computers & Geosciences, v. 23, no. 6, pp. 621- 626.

Guarino, N. and Welty, C., 2000- Ontological analysis of taxonomic relation¬ships, in Laender, A., and Storey. V., eds., Proceedings of ER-2000. The 19th International Conference on Conceptual Modeling: Springer- Verlag Lecture Notes in Computer Science, v. 1920, p.210- 224.

Halpin, T. A., 1995- Conceptual Schema and Relational Database Design, Second Edition: Prentice Hall Australia, 547 p.

Halpin, T. A., 2001- Information Modeling and Relational Databases: From Conceptual Analysis to Logical Design: Morgan Kaufmann Publishers, 800p.

Johnson, B. R., Brodaric, B. and Raines, G. L., 1998- Digital Geologic Maps Data Model, V. 4.2: http://ncgmp.usgs.gov/ngmdb project/standards/datamodel/model42.pdf, U. S. Geological Survey.

Johnson, B. R., Brodaric, B., Raines, G. L., Hastings, J. T . and Wahl, R ., 1999- Digital Geologic Maps Data Model, v, 4.3: AASG/USGS Data Model Working Group Report, http://www.nadm-geo.org/dmdt/Model43a.pdf.

Kiani, T., 2010- Modeling for geospatial database: Application to structural geology data. Dissertation, Pierre and Marie Curie University, 295 p.

Matti, J. C., Miller, F. K., Powell, R. E., Kennedy, S. A., Bunyapanasarn, T. P., Koukladas, C., Hauser, R. M. and Cosette, P. M., 1997- Geologic-point attributes for digital geologic-map databases produced by the Southern California Areal Mapping Project (SCAMP), Version 1.0: U. S. Geological Survey Open-File Report 97- 859, 37 pages.

NADM (North American Geologic-Map Data Model Steering Committee), 2004a- NADM Conceptual Model 1.0, A Conceptual Model For Geologic Map Information: U.S. Geological Survey Open-File Report 04-1334, 61 p., (http://pubs.usgs.gov/of/2004/1334).

NADM (North American Geologic-Map Data Model Steering Committee), 2004b- Sedi¬mentary materials: science language for their classification, description, and interpretation in digital geologic-map databases, Version 1.0: Appen-dix to Digital Mapping Techniques'04, Workshop Proceedings: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1451, 245p. (http://www. nadm-geo.org/sltt/products.html).

OMG (Object Management Group), 2001- OMG Unified Modeling Language Specifica¬tion, v. 1.4: Object Management Group, Inc, available at http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm (downloaded September 2002).

OMG (Object Management Group), 2003- UML. 2.0 Superstructure Specification, OMG Adapted Specification 03-08-02: Object Management Group, Inc., 640 p, (PDF file).

OMG (Object Management Group), 2007- UML. 2.1.2 Superstructure Specification, OMG Adapted Specification (downloaded May 2019). Object Management Group, Inc., 722 p, (PDF file). https://www.uml.org/.

Open GIS (Consortium Technical Committee), 1998- The OpenGIS Guide. Third Edition, Buehler, K., and McKee, L, eds.: Open GIS Consortium, Wayland. Massachusetts, USA.

Richard, S. M. and Thieme, J. P., 1997- Data structure for Arizona Geological Survey digital geologic maps: Tucson, Arizona Geological Survey Open File Report 97- 5, 15 p.

Richard, S. M., 1998- Digital Geologic Database Model (Web Page): Arizona Geological Survey, http://www.azgs.state.az.us/GeoData_model. pdf, accessed June 2004.

Richard, S. M., 2006- Geoscience concept model, Geoinformatics: Data to knowledge, the Geological society of America, 397 p. 81- 107.

Richard, S. M., Matti, J. and Soller, D. R., 2003- Geoscience terminology development for the National Geologic Map Database in Soller, D.R., ed., Digital Mapping Techniques '03-WorksbopProceedings, US; Geological Survey open-file Report- 471.