

DWG 地图到改进规则 SVG 地图的转换方法

杜庆峰, 许家伟

(同济大学 软件学院, 上海 201804)

摘要: 提出了一种扩展属性数据的自动化计算机辅助设计 (AutoCAD) 标准格式 (DWG) 地图到改进规则的可缩放矢量图形 (SVG) 格式地图的转换方法. 通过定义改进的 SVG 规则, 将 DWG 格式中的基础图形数据和扩展属性数据合并在一起, 在 SVG 中作为一个整体表示, 保证了转换过程中的数据完整性. 同时, 通过定义 SVG 分层规则, 突破了 DWG 中扁平图层的限制. 应用验证证明该转换方法是有效的.

关键词: 可缩放矢量图形 (SVG) 格式地图; 改进规则; 格式转换; 分层

中图分类号: TP399

文献标志码: A

A Conversion Method from DWG Format Map to Improved-rules SVG Format Map

DU Qingfeng, XU Jiawei

(College of Software Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: We propose a method of converting AutoCAD standard format (DWG) map with extended attribute data to improved-rules scalable vector graphics (SVG) format map. Both graphical data and attribute data are put together and regarded as a single object in SVG by defining improved SVG rules, which assures the data integrity of the conversion. Meanwhile, flat hierarchical management in DWG is improved in SVG by defining SVG hierarchical rule. Experiments validate that the conversion method is effective.

Key words: scalable vector graphics (SVG) format map; improved rules; format conversion; layer

近年来, 地理信息系统 (GIS) 受到广泛的关注. 基于空间和属性的传统 GIS 已无法满足用户的需求, 因此同时兼顾时间、空间和属性的时态 GIS 便成为了研究热点^[1]. 目前, 时态 GIS 数据的存取主要采

用的是关系数据库, 通过在数据库中添加时间特性达到时态管理的目的, 并通过数据库引擎实现与应用的接口^[2], 但这种传统的时态 GIS 数据的存取方式效率低下. 以可缩放矢量图形 (SVG) 格式作为 GIS 数据源为研究大规模时态 GIS 数据的增量存取提供了一种新途径, 突破了传统数据库存取的管理方式^[3]. 与传统自动化计算机辅助设计 (AutoCAD) 标准格式 (DWG) 的 GIS 数据源相比, 以 SVG 格式作为 GIS 数据源在增量存取和显示方面都有明显的优势. 由于 SVG 是严格遵循可扩展标记语言 (XML) 标准的文本文件, 与二进制的 DWG 文件相比, 更容易进行不同时间戳地图之间的增量提取. 此外, 主流的浏览器包括 Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome 等都已支持 SVG 文件的直接显示, 这比需要特定软件才能打开的 DWG 文件在显示方面更加灵活.

目前, SVG 在 GIS 系统中多用于中间层和表示层, 用作数据源的很少^[4-5]. 这是由于 DWG 格式是数字地图的标准^[6], 其除了结合关系数据库的方式存储地物的属性信息^[7]外, 也可以通过扩展数据 (XDATA) 的方式来保存属性信息^[8-9]. 但是, 现成的 SVG 格式数字地图很少, 因此若要以 SVG 格式增量存取 GIS 数据, 就必须先将 DWG 格式地图转换为 SVG 格式地图. 目前, 大多数的 DWG 格式到 SVG 格式的转换研究, 都是针对 DWG 格式中的图形数据进行转换^[10-11], 并不涉及 DWG 中分层信息与扩展属性的转换, 这将导致分层数据与属性数据在转换过程中丢失, 因此无法进行以 SVG 格式为基础的时态地理信息系统的分层及相关的模糊查询. 为了解决该瓶颈, 本文提出了一种扩展属性数据的 DWG 格式地图到改进规则的 SVG 格式地图的转换方法. 通过定义改进的 SVG 规则, 将 DWG 格式中的基础图形数据和扩展属性数据合并在一起, 在

SVG 中作为一个整体表示,保证了转换过程中的数据完整性,使得基于 SVG 格式的时态地理信息系统的模糊查询得以进行。同时,通过定义 SVG 分层规则,突破了 DWG 中扁平图层的限制,解决了基于 SVG 格式的时态地理信息系统的分层问题。

1 SVG 格式地图的改进规则定义

1.1 改进规则的思路

标准的 SVG 格式仅提供用于显示基础图形的标签(如<rect>、<circle>、<ellipse>等),并没有直接定义用于存储地图分层数据与属性数据的标签。

对于在 SVG 中存储地图分层数据的问题,使用 SVG 中定义的组标签<g>元素进行适配。<g>元素是一个容器元素,包含一个或多个 SVG 图形元素,这与图层的概念不谋而合。同时<g>元素支持嵌套,能够在 SVG 中实现多级图层结构。

对于在 SVG 中存储地图属性数据的问题,需要改进现有的 SVG 规则,定义存储地图属性数据的扩展标签。同时使用<g>元素对图形数据和属性数据进行分组,使其在 SVG 地图中作为一个整体。

1.2 改进规则的定义

依据第 1.1 节中的规则改进思路,定义 SVG 图层和 SVG 结构体用于存储地图的分层数据与属性数据,详细定义如下:

(1) SVG 图层的定义

如图 1 所示,SVG 图层使用组标签<g>元素进行表示,通过包含图层标识符(LAYER_)和图层编号(LayerNumber)的 id 属性进行标识。<g>元素下包含该图层所有的地理元素对象。

```
<g id="LAYER_ LayerNumber">
  Geographic Elements
  ...
</g>
```

图 1 SVG 图层的定义

Fig.1 Definition of SVG layer

(2) SVG 结构体的定义

如图 2 所示,SVG 结构体表示地理元素中的一个对象,使用组标签<g>元素作为最顶层元素。<g>元素的 id 属性标识该对象所属的图层号(LayerNumber)和图层中的位置(ObjectNumber)。<g>元素的第一个子元素为扩展定义的 XML 标签<geo-attribute-data>,用于容纳该对象所包含的属性

数据,其中属性数据采用标签-值对的方式表示,即标签名为属性名称,标签中所包含的文本信息即为属性数据。<g>元素的第二个之后(包含第二个)的所有子元素为该对象的图形数据,可以是 SVG 中定义的任意图形元素,包括<line>、<rect>、<circle>、<ellipse>等。

```
<g id="LayerNumber_ObjectNumber">
  <geo-attribute-data>
    <geox-NAME>Test River</geox-NAME>
    <geox-TYPE>River Type Two</geox-TYPE>
  </geo-attribute-data>
  <path ... />
  <rect ... />
  <circle ... />
</g>
```

图 2 SVG 结构体的定义

Fig.2 Definition of SVG Struct

2 基于改进规则的 DWG-SVG 格式地图转换方法

2.1 基于改进规则的图层数据转换

依据第 1.2 节中的 SVG 图层定义,将 DWG 中的每个图层转换为对应的 SVG 图层。同时,利用 XML 结构化和<g>元素支持嵌套的特性,对 DWG 中单级图层结构进行扩展,使其能够支持多级结构。

此外,图层的转换还需要解决标号和分类的问题。依据《基础地理信息要素分类与代码》中的定义^[12],地理要素分为定位基础、水系、居民地及设施、交通、管线、境界与政区、地貌、植被与土质八大类,每个大类下包含多个小类。因此对这些分类进行编码,如表 1 所示。对于大类和小类分别用四位进行区分,标号从 0000 至 1111 共 16 个。

依据分层编码规则,转换后的 SVG 文件如图 3 所示。

2.2 基于改进规则的基础图形数据转换

依据第 1.2 节中 SVG 结构体的定义,在转换过程中需要将 DWG 中的各类图形数据转换成由 SVG 标签表示的对应图形,然后将转换后的图形放置到 SVG 结构体的图形区。在 DWG 中,常用的基础图形类型包含直线、矩形、折线、多边形、圆、椭圆、圆弧和样条曲线^[10]。这些 DWG 基础图形元素与 SVG 中定义的图形标签有很多相似性。如 DWG 中的直线与 SVG 中的<line>标签对应,DWG 中的圆与 SVG

表 1 地理元素分层编码规则

Tab.1 Hierarchical encoding rules of geographical elements

序号	要素大类	大类编码	要素小类	小类编码
1	定位基础	0000	测量控制点	0000
			数学基础	0001
2	水系	0001	河流	0000
			沟渠	0001
			湖泊	0010
			水库	0011
			海洋要素	0100
			其他水系要素	0101
			水利及附属设施	0110
3	居民地及设施	0010	居民地	0000
			工矿及其设施	0001
			农业及其设施	0010
			公共服务及其设施	0011
			名胜古迹	0100
			宗教设施	0101
			科学观测站	0110
			其他建筑物及其设施	0111
4	交通	0011	铁路	0000
			城际公路	0001
			城市道路	0010
			乡村道路	0011
			道路构造物及附属设施	0100
			水运设施	0101
			航道	0110
			空运设施	0111
			其他交通设施	1000
5	管线	0100	输电线	0000
			通信线	0001
			油、气、水输送主管道	0010
			城市管线	0011
6	境界与政区	0101	国外地区	0000
			国家行政区	0001
			省级行政区	0010
			地级行政区	0011
			县级行政区	0100
			乡级行政区	0101
			其他区域	0110
7	地貌	0110	等高线	0000
			高程注记点	0001
			水域等值线	0010
			水下注记点	0011
			自然地貌	0100
			人工地貌	0101
8	植被与土质	0111	农林用地	0000
			城市绿地	0001
			土质	0010

中的<circle>标签对应. 因此,为每个 DWG 基础图形找到对应的 SVG 标签,具体的对应结果见表 2.

2.3 基于改进规则的图块数据转换

在 DWG 中,图块的作用是将多个图形组合成一个整体,常用于表示地图中的等高线. 依据第1.2

```
<svg>
  <g id="_layer_0000">
    </g>
  <g id="_layer_0001">
    <g id="_layer_00010000">
      </g>
    <g id="_layer_00010001">
      </g>
    ...
  </svg>
```

图 3 遵循分层编码规则的 SVG 快照

Fig.3 Snapshot of SVG with hierarchical coding rules

表 2 DWG 与 SVG 图形元素对应表

Tab.2 Corresponding table of graphical elements between DWG and SVG

DWG 基础图形	SVG 对应标签
直线	<line>
矩形	<rect>
折线	<polyline>
多边形	<polygon>
圆	<circle>
椭圆	<ellipse>
椭圆弧	<path d="A">
样条曲线	<path d="Q,T">

节定义的 SVG 结构体,将多个 SVG 图形放入到同一个 SVG 结构体中,作为一个整体进行处理,这与 DWG 中图块的概念类似. 因此,将图块中的每个图形进行转换,然后将所有转换后的 SVG 标签,放入到一个 SVG 结构体中. 由于图块经常会被复用,在 SVG 中使用<defs>和<use>标签,复用定义的图形. 由图块生成的 SVG 结构体放在<defs></defs>中,而在需要用到该图块的地方,使用<use>标签完成对图块的引用. DWG 图块转换成 SVG 的结果如图 4 所示.

2.4 基于改进规则的属性数据转换

对于 DWG 中的每个图形元素,均对应一个 Application 集合,每个 Application 集合包含属性 Application Name,Application Type 和 Application Value,分别表示图形对应的属性名称、类型和值. 例如,对于一个用于表示道路的线段,使用 XDATA 存储道路的名称、道路的宽度、道路的类型等属性数据,如表 3 所示.

依据第 1.2 节 SVG 结构体定义,将这些属性数据放到 SVG 结构体中的扩展定义标签<geo-attribute-data>中. 同时,Application 的定义符合

XML 中传统的标签-值对形式,即使用自定义标签来存储 Application Name,使用标签中的值来存储 Application Value,其结果如图 5 所示。

```
<defs>
  <g id="0002_00000001">
    <geo-attribute-data>
      XDATA Information.....
    </geo-attribute-data>
    <path ... />
    <path... />
    ...
  </g>
</defs>
<use xlink:href="#0002_00000001" x="100"
y="100">
```

图 4 DWG 图块转换为 SVG 的结果

Fig. 4 Result of converted SVG with DWG blocks

表 3 利用 XDATA 扩展的道路属性

Tab. 3 Road attributes extended by XDATA

Application Name	Application Type	Application Value
Road name	String	Cao'an Highway
Road width	Number	10
Road type	String	Highway

```
<geo-attribute-data>
  <geox-road_name>Cao'an Highway</geox-
road_name>
  <geox-road_width>10</geox-road_width>
  <geox-road_type>Highway</geox-road_type>
</geo-attribute-data>
```

图 5 XDATA 转换成 SVG 的结果

Fig. 5 Result of converted SVG with XDATA

为了提高检索属性数据的效率,对同一个 SVG 结构体下的属性数据依据其属性标签名按照字典序排序。排序后的结果如图 6 所示。

```
<geo-attribute-data>
  <geox-road_name>Cao'an Highway</geox-
road_name>
  <geox-road_type>Highway</geox-road_type>
  <geox-road_width>10</geox-road_width>
</geo-attribute-data>
```

图 6 XDATA 转换成 SVG 后经过排序的结果

Fig. 6 Result of converted SVG with sorted XDATA

2.5 坐标变换方法

虽然,DWG 和 SVG 中的坐标系都是二维平

面坐标系,但是两者的坐标轴方向不同。如图 7 所示,在 DWG 的坐标系中,横轴(X 轴)正方向向右,纵轴(Y 轴)正方向向上;而在 SVG 的坐标系中,横轴(X 轴)正方向向右,纵轴(Y 轴)正方向向下。也就是说,两者在纵轴方向上是相反的。因此在图形转换过程中,需要对坐标系进行处理。

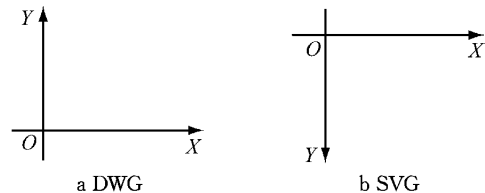


图 7 DWG 与 SVG 坐标系统的比较

Fig. 7 Comparison of coordinate system between DWG and SVG

在 SVG 中通过对父元素进行矩阵变换来对子元素进行平移、缩放、旋转等操作。因此需在 SVG 地图最外层加上一个进行矩阵变换的<g>元素。SVG 中的矩阵变换是通过 transform 属性完成的,transform 的值定义为“a,b,c,d,e,f”,其数学含义如下:

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax + cy + e & bx + dy + f & 1 \end{bmatrix}$$

如图 8 所示,源 DWG 地图为 8a。经过基本的图形转换后,得到最初的 SVG 地图如图 8b。然后,将图形平移至第一象限,并依据 X 轴的方向向量进行对称变换,得到图 8c,这正是需要显示的图形样式。

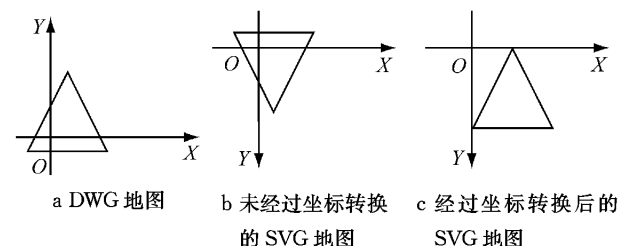


图 8 DWG 到 SVG 的坐标转换过程

Fig. 8 Process of converting coordinate system from DWG to SVG

3 基于改进规则转换方法的应用验证

上文所述基于改进规则的转换方法已实现并集成入基于 SVG 格式的时态 GIS 原型中。该时态 GIS 系统以 SVG 格式地图为基础,通过存储不同时间戳

的增量文件,从而大大减少了时态数据的存储空间。该系统提供 DWG/SVG 格式地图的上传、不同时间戳地图的浏览和比对、地图搜索和分层等功能。

3.1 基于 SVG 格式的时态 GIS 原型设计框架

基于 SVG 格式的时态 GIS 原型是基于 B/S (Browser/Server) 多层模式下的实时 WebGIS 平台架构,分为三层:表示层、中间层及数据层,如图 9 所示。其中,表示层为支持 SVG 显示的 Web 浏览器;中间层为包含四大逻辑模块的 Web 服务器;数据层采用分布式文件系统,以适应大数据量的地图访问需求。

3.2 实际应用案例

基于 SVG 格式的时态 GIS 原型系统的界面分为六大块:菜单栏、地图导航栏、图层控制区、地图显示区、地物属性区和搜索条件区,如图 10 所示。图中,①为“菜单栏”,包含了一些基础的操作功能;②为“地图导航栏”,显示了系统中包含的不同时间戳的地图;③为“图层控制区”,包含当前地图中的所有

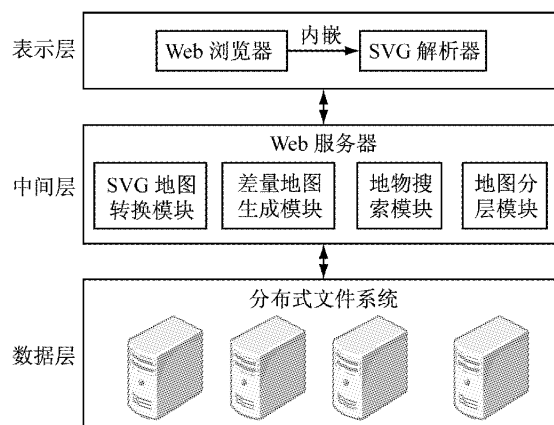


图 9 基于 SVG 格式的时态 GIS 原型设计框架

Fig.9 Prototype framework of SVG-based temporal GIS

图层,通过勾选按钮进行图层的显示或隐藏;④为“地物属性区”,显示了当前选中地理元素的相关属性数据;⑤为“搜索条件区”,通过输入搜索条件,实现对地图中地物的模糊搜索;⑥为地图显示区。

如图 10 所示,首先,通过菜单栏上传一张包含



图 10 基于实际应用案例的验证结果

Fig.10 Conversion result based on application

属性的 DWG 格式的校园地图;然后,在地图导航栏中打开浏览上传的校园地图。图 10 中进行了一次搜索操作,搜索名称为“思源”且类型为“湖泊”地理元素,搜索结果在“地图显示区”中高亮显示。同时,在“地物属性区”显示了该地理元素的相关属性数据。

4 结语

基于现有的 DWG 格式到 SVG 格式的转换研究仅针对图形元素转换的现状,提出了一种扩展属性数据的 DWG 格式到 SVG 格式的转换方法。本文

通过定义 SVG 结构体,将 DWG 中的图形数据和属性数据相结合,使其在转换后的 SVG 中变为一个整体。此外,通过定义 SVG 图层,对 DWG 中的扁平图层结构进行优化,使在转换后的 SVG 中能够支持多级图层结构。最后,实现转换方法并应用于原型系统中,验证了该转换方法的可行性。

文中提出的方法仅是对于 DWG 格式地图到 SVG 格式地图的初步研究。今后的研究将会着重于 SVG 文件的压缩、SVG 结构树的优化、分层规则的细化和动态分层等方面的研究。

参考文献:

- [1] 王家耀,魏海平,成毅,等. 时空 GIS 的研究与进展[J]. 海洋测绘, 2004, 24(5):1.
WANG Jiayao, WEI Haiping, CHENG Yi, *et al.* Research and Development of spatio-temporal GIS [J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2004, 24(5):1.
- [2] 郑湘丽. 基于时态 GIS 的地籍数据存储管理方法研究[J]. 北京测绘, 2012(3):5.
ZHENG Xiangli. A study on storage and management technology of cadastral data based on temporal GIS[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2012(3):5.
- [3] 杜庆峰,郭志超,唐学波. DiffS: 不同版本 SVG 格式地图差异匹配算法[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2012, 37(8):984.
DU Qingfeng, GUO Zhichao, TANG Xuebo. DiffS: matching algorithm to different version maps based on SVG [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2012, 37(8):984.
- [4] Huang H, Li Y, Georg C. SVG-based spatial information representation and analysis[J]. Web and Wireless Geographical Information Systems, 2008, 5373:17.
- [5] Dong X, Li Y. Standardization of SVG in implementing WebGIS [C]//International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. Wuhan: Intelligent Information Technology Application Research Association, 2009:534-537.
- [6] 何伟,彭清山. 不同地图图式数据转换方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(11):165.
HE Wei, PENG Qingshan. The research of the different cartographic symbol conversion method [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2012, 35(11):165.
- [7] 乔柱,王亮. 基于 AutoCAD 技术的空间数据管理[J]. 城市勘测, 2008(4):53.
QIAO Zhu, WANG Liang. Spatial data management based on autoCAD technique [J]. Urban Geotechnical Investigation & Surveying, 2008(4):53.
- [8] 张明. 用 XDATA 保存地物的属性信息[J]. 电子制作, 2013(7):96.
ZHANG Ming. Storage of attribute information of objects using XData[J]. Practical Electronics, 2013(7):96.
- [9] 李铭志,柳存根,蒋如宏,等. 基于 AutoCAD 扩展数据的船舶电气再设计技术研究[J]. 船舶工程, 2011, 33(1):53.
LI Mingzhi, LIU Cungen, JIANG Ruhong, *et al.* Study on the ship electrical redesign technology based on AutoCAD XData [J]. Ship Engineering, 2011, 33(1):53.
- [10] 丁征凯,徐景田,贺江梅. 利用 VectorControl. Net 组件进行 DWG 与 SVG 文件格式的转换研究[J]. 工程地球物理学报, 2011, 8(1):125.
DING Zhengkai, XU Jingtian, HE Jiangmei. A study of converting DWG format to SVG format based on the VectorControl. Net component [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2011, 8(1):125.
- [11] Ota M, Jelinek I. Differential conversion: DWG-SVG case study [J]. Cooperative Design, Visualization, and Engineering, 2007, 4674:132.
- [12] 张坤,肖学年,周一,等. GB/T 13923—2006 基础地理信息要素分类与代码[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
ZHANG Kun, XIAO Xuejian, ZHOU Yi, *et al.* GB/T 13923—2006 Specifications for feature classification and codes of fundamental geographic information [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2006.

(上接第 1339 页)

参考文献:

- [1] 江志彬,徐瑞华,吴强,等. 计算机编制城市轨道交通共线交路列车运行图[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2010, 38(5): 692.
JIANG Zhibin, XU Ruihua, WU Qiang, *et al.* Shared-path routing timetable computer designing in rail transit system[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2010, 38(5): 692.
- [2] 徐瑞华,江志彬. 城轨交列车运行图计算机编制的关键问题研究[J]. 城市轨道交通研究, 2005(5): 31.
XU Ruihua, JIANG Zhibin. Key problems of designing train timetable in urban mass transit system with computer[J]. Urban Mass Transit Research, 2005(5): 31.
- [3] 王媛媛,倪少权. 城市轨道交通大小交路模式列车开行方案的优化[J]. 铁道学报, 2013, 35(7): 1.
WANG Yuanyuan, NI Shaoquan. Optimization of train schedules of full-length & short-turn operation modes in urban rail transit [J]. Journal of the China Railway Society, 2013, 35(7): 1.
- [4] Tirachini A, Cortés C, Jara-Díaz S. Optimal design and benefits of a short turning strategy for a bus corridor [J]. Transportation, 2011, 38(1): 169.
- [5] 徐瑞华,陈菁菁,杜世敏. 城轨交通多种列车交路模式下的通过能力和车底运用研究[J]. 铁道学报, 2005, 27(4): 6.
XU Ruihua, CHEN Jingjing, DU Shimin. Optimization of train schedules of full-length & short-turn operation modes in urban rail transit[J]. Journal of the China Railway Society, 2005, 27(4): 6.
- [6] Cortés C E, Jara-Díaz S, Tirachini A. Integrating short turning and deadheading in the optimization of transit services [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2011, 45(5): 419.