

# 基于 SVG 的空间定位模型

陈春芳<sup>1</sup>, 李岩<sup>1,2</sup>

(1. 华南师范大学计算机学院, 广州 510631; 2. 华南师范大学空间信息技术与应用研究中心, 广州 510631)

**摘要:** 空间定位是 WebGIS 的重要功能之一, 可伸缩矢量图形(SVG)被认为是下一代 WebGIS 的重要开发工具, 但它缺乏对空间定位信息的完整表达, 无法在 SVG 地图上直接实现空间定位和转换。针对该问题, 提出基于 SVG 的空间定位表达模型, 定义形式化表达, 设计并实现开放式、跨平台、可复用的 SVG 空间定位功能模块。应用实例证明, 该模型能得到良好的可视化定位效果和精确的空间定位。

**关键词:** 可伸缩矢量图形; 空间定位; 功能重用

## Spatial Location Model Based on SVG

CHEN Chun-fang<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Computer, South China Normal University, Guangzhou 510631;

2. Research Center of Spatial Information Technology and Application, South China Normal University, Guangzhou 510631)

**【Abstract】** Spatial location is one of the most important functions in WebGIS. Scalable Vector Graphic(SVG) is considered an important developing tool of WebGIS, but it is lack of complete representation in spatial location, SVG can not realize spatial location and transformation in SVG map directly. Aiming at these problems, this paper proposes a SVG-based spatial location model and defines its formal representation. It designs and implements SVG spatial location function module, which is open, cross-platform and reusable. Applied example proves that the model can get good visualization location effect and accurate spatial location.

**【Key words】** Scalable Vector Graphic(SVG); spatial location; function reuse

### 1 概述

在资源管理、社会经济活动和人类生活中, 有 80% 以上的信息与具有空间位置特性的地理信息有关。随着无线通信技术的飞速发展及空间信息的普及, 人们对随时、随地获取空间位置信息服务的需求越来越迫切。在需求与技术的双重驱动下, 基于位置的服务(Location Based Service, LBS)应运而生<sup>[1]</sup>。与此同时, LBS 所依托的核心技术之一——空间定位技术得到较大发展, 并日趋成熟。同样, 空间位置也是 GIS 系统或 WebGIS 系统平台中的重要特征功能之一。

可伸缩矢量图形(Scalable Vector Graphic, SVG)作为一种图像图形网络标准发布推出后, 受到空间信息领域的高度关注, 已被众多应用领域用于网络地图发布, 或作为开发 WebGIS 的工具。目前, 基于 SVG 的空间信息发布已实现了地图导航、漫游、图层控制和属性查询等功能, 尽显 SVG 可视化表达的优势。然而, 由于 SVG 缺乏空间定位信息表达功能, 无法在 SVG 地图上直接实现空间定位和转换。因此, SVG 电子地图仅限于类似 CAD 图形的特性, 缺乏空间信息表达标准, 需要用户自组织和设计文档, 无法实现 SVG 功能重用<sup>[2]</sup>, 给应用开发造成极大障碍。文献[3-4]探讨了移动服务技术、GPS 技术与 SVG 技术结合应用, 前者实现了测量工程中参考点的空间精确定位, 后者解决个性化空间定位服务中, SVG 地图的网络传输和可视化表达。但它们均简述了定位的思路, 未从理论模型和技术实现的角度深入研究, 无法借鉴和实现功能重用。文献[5-6]提出基于 SVG 文档的图元对象描述模型, 并构造出 SVG 图元库, 它具有面向行业、维护简单、扩展性好及可重用性的特点, 适合推广到各种行业的图形系统中。该研究为 SVG 在制图领域的功能重用和推广应用提供了

新思路。本文在前期研究中, 对 SVG 的空间表达模型、拓扑模型、空间查询语言和存储模型等方面进行了扩展研究<sup>[7-9]</sup>, 为本论文奠定了坚实的理论和技術基础。

国内外基于 SVG 的研究众多, 但基于 SVG 的空间定位理论与实现技术的研究尚未见报道。因此, 本文从基于 SVG 的空间定位理论模型入手, 借鉴文献[2]中的模块化设计理念, 以及文献[10]中设计 SVG 功能函数的思想, 结合新的软件开发技术——Factory 模式技术与 Java 技术进行了空间定位功能的模块化设计与开发, 进一步为实现开放式、可移植和可重用的空间定位功能奠定了理论与方法的基础, 并在实际工程项目中得到验证与应用。

### 2 基于 SVG 的空间定位理论与方法

#### 2.1 地理空间基准框架

地理空间基准框架由参考椭球模型、平面基准、高程基准、重力基准和地图投影系统等组成, 其作用是提供一个统一的三维、动态、实用、高精度、时空的空间定位基准, 它是 GIS 软件平台的空间定位框架基础。实际上, 空间参照系统是一个空间坐标定位和转换系统, 包括: 坐标系的建立和坐标转换。根据地球椭球体建立的地理坐标经纬网可作为所

**基金项目:** 广东省空间信息集成与应用示范研究基金资助项目(2002B32101); 广东省空间信息共享系统集成与典型示范研究基金资助项目(2004B32501001, 2005B30801006); 国家“863”计划基金资助项目“在线空间叠合分析理论与方法研究”(60842007)

**作者简介:** 陈春芳(1978-), 女, 硕士研究生, 主研方向: 图像图形处理, 空间信息技术; 李岩, 教授

**收稿日期:** 2009-06-09 **E-mail:** chunfang\_chen@yahoo.cn

有要素的参照系。同时，它还必须进行地理坐标投影，将球面经纬度坐标变为投影平面坐标<sup>[11]</sup>。

## 2.2 SVG 的空间定位框架与方法

由于 SVG 是图形图像网络发布标准，因此采用的坐标系是  $x$  轴向右， $y$  轴向下，如图 1(a)所示。而地理投影平面坐标系则采用  $x$  轴向东， $y$  轴向北，如图 1(b)所示。

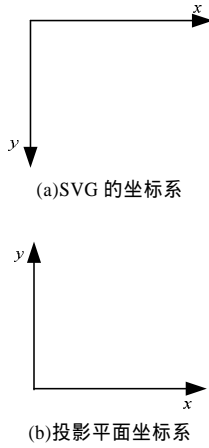


图 1 投影平面坐标系与 SVG 坐标系

由于两者都属于二维笛卡尔坐标系，2 个不同坐标系统之间的映射关系可利用 SVG 中的 transform 功能解决其坐标变换问题。

transform 属性一般表达形式如下：

```
<g transform=" ..." >
<!可视化元素>
</g>
```

其中，transform 属性值可有多种描述，包括：坐标平移，旋转，缩放等。

平面坐标的变换属于矩阵计算，且是坐标变换的通用形式。而平移、旋转等变换都是矩阵变换的特殊情况。因此，利用 transform 进行坐标转换是基于矩阵变换理论实现的。

## 3 SVG 空间定位模型及其形式化表达

### 3.1 SVG 空间定位表达模型

在空间定位服务应用中，初始获取的定位数据是地理经纬度数据，常以  $(B, L)$  表示。经纬度数据属于大地坐标系的参考框架，是球面坐标。因此，必须先实现球面坐标到平面坐标的转换，把球面坐标变为投影平面坐标，须借助地理空间基准框架的相关理论实现。可见，在 SVG 地图中实现空间定位，要将 SVG 的视图坐标作为参考框架，且须实现投影平面坐标到 SVG 视图坐标的转换，即，借助上文所述 SVG 空间定位框架理论和方法解决此问题。

根据上述分析，本文提出基于 SVG 的空间定位模型如图 2 所示。

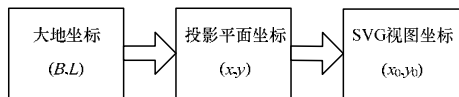


图 2 SVG 空间定位模型

### 3.2 SVG 空间定位模型形式化表达

基于 SVG 空间定位模型可用抽象函数来形式化表达。设  $\varphi_1$  为大地坐标  $(B, L)$  与地图投影平面坐标  $x$  之间的映射关系， $\varphi_2$  为大地坐标  $(B, L)$  与地图投影平面坐标  $y$  之间的映射关系，有如下函数关系表达模型：

$$\begin{cases} x = \varphi_1(B, L) \\ y = \varphi_2(B, L) \end{cases}$$

同样，设  $F_1$  为地图投影平面坐标  $(x, y)$  到 SVG 视图坐标  $x_0$  的映射关系， $F_2$  为地图投影平面坐标  $(x, y)$  到 SVG 视图坐标  $y_0$  的映射关系，有如下函数关系表达模型：

$$\begin{cases} x_0 = F_1(x, y) \\ y_0 = F_2(x, y) \end{cases}$$

整个转换模型可合并为一个模型表达：

$$\begin{cases} x_0 = F_1(\varphi_1(B, L), \varphi_2(B, L)) \\ y_0 = F_2(\varphi_1(B, L), \varphi_2(B, L)) \end{cases}$$

从大地坐标系到投影平面坐标系之间的转换属于投影变换的理论方法，各种不同的投影按其特定的条件来确定具体的函数形式  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 。因此， $\varphi_1$  和  $\varphi_2$  的具体函数表达式无统一模型。在实际应用中，须根据不同投影采用各自的数学模型。

以高斯-克吕格投影为例，该投影是由投影条件决定：

(1)中央经线和赤道投影为互相垂直的直线，并为其他经纬线的对称轴；(2)投影后无角度变形；(3)中央经线投影后无长度变形。高斯投影的数学模型基于上述条件推导。从大地坐标  $(B, L)$  到高斯投影平面坐标  $(x, y)$  的映射属于高斯投影正算模型，数学模型如下<sup>[12]</sup>：

$$\begin{cases} x = \varphi_1(B, L) = X_0 + \frac{1}{2} N t m_0^2 + \frac{1}{24} (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) N t m_0^4 + \\ \quad \frac{1}{720} (61 - 58t^2 + t^4) N t m_0^6 \\ y = \varphi_2(B, L) = N m_0 + \frac{1}{6} (1 - t^2 + \eta^2) N m_0^3 + \\ \quad \frac{1}{120} (5 - 18t^2 + t^4 - 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2) N m_0^5 \end{cases}$$

其中， $X_0 = C_0 \bar{B} + \cos B (C_1 \sin B + C_2 \sin^3 B + C_3 \sin^5 B)$ 。

设中央子午线经度为  $L_0$ ，可推导出以下各参数的计算公式：

$$\begin{aligned} l &= L - L_0 \\ t &= \tan B \\ m_0 &= l \cos B \\ \eta^2 &= \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^2 B \\ N &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \end{aligned}$$

最后，根据参考椭球的长半轴  $a$  及第一偏心率  $e$ ，可完成整个数学模型的推导计算。

如上所述，从地图投影平面坐标到 SVG 视图坐标的转换属于二维坐标转换，采用矩阵变换理论，矩阵变换的表达式是  $\text{transform} = \text{matrix}(a, b, c, d, e, f)$ ，这里的 6 个参数分别是以下矩阵中的 6 个元素。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

显而易见，平面投影坐标系到 SVG 视图坐标系的转换，实际相当于绕  $x$  轴旋转  $\theta = 180^\circ$  得到，故可得到转换矩阵为

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

可以得到， $b=c=e=f=0$ ， $a=1$ ， $d=-1$ 。当可视化时，还须利用 SVG 文档中  $\langle \text{SVG} \rangle$  元素中的 Viewbox 对 SVG 文档的视图

坐标范围进行控制,并将 transform 加入到顶层<Supper g>元素中去控制 SVG 几何元素的坐标转换。

假设 SVG 地图的范围是  $x_0, y_0, width, height, x_1, y_1$  为地图平面坐标,投影平面坐标到 SVG 视图坐标  $x, y$  的映射模型为

$$\begin{cases} x = x_1 \\ y = 2y_0 + height - y_1 \end{cases}$$

即  $\begin{cases} F_1(x_1, y_1) = x_1 \\ F_2(x_1, y_1) = 2y_0 + height - y_1 \end{cases}$

#### 4 空间定位功能的模块化设计与实现

随着空间信息共享与应用领域的扩展,WebGIS 应用功能的模块化设计与重用性成为关注的焦点。目前,地图投影大都由大型 GIS 软件支持,而本文提出的模块化地图投影函数库的设计与实现,可实现该功能的跨平台性和重用性。

在设计空间定位的投影功能模块时,引入 Factory 模式<sup>[13]</sup>进行封装设计,从而实现模块的松耦合、低内聚,易于扩展、可重用。该方案的实现采用 Java 技术与 Factory 模式结合的技术路线,完成其代码开发与功能封装,图 3 是部分 UML 核心类图。

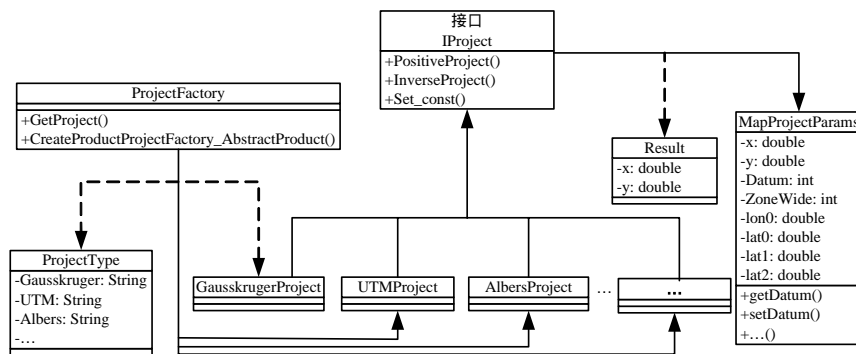


图 3 地图投影组件类图

#### 5 开发与应用

为了验证本文提出的基于 SVG 空间定位模型的有效性,在“广东省空间信息共享集成服务与应用示范研究”项目中进行了空间定位的应用示范。在该项目中,基于本文方法开发空间定位组件,提供可调用组件函数库便于二次开发,部分示例代码如下:

```
package map;
import mapproject.*;
public class Gsproj {
public static void main(String args[])
    { //以亚尔勃斯投影为例进行实例化
    IProject project=ProjectFactory.GetProject(ProjectType.Albers);
    //正向投影:
    MapProjectParams params=new MapProjectParams();
    params.X=112.485;//经度 L
    params.Y=24.563;//纬度 B
    params.Datum=54;
    project.Set_const(0.0,25.0,47.0,105.0,params);
    Result
    trst=project.PositiveProject(params);
    }
    ...
}
```

本文 SVG 空间定位模型、矩阵变换数学模型和地图投影

数学模型所采用的理论和方法,其精度均可满足大地测量的精度要求。应用结果表明,该模型可广泛应用于 SVG 地图的可视化,并能取得良好的可视化定位效果和精确的空间定位,效果如图 4 所示。

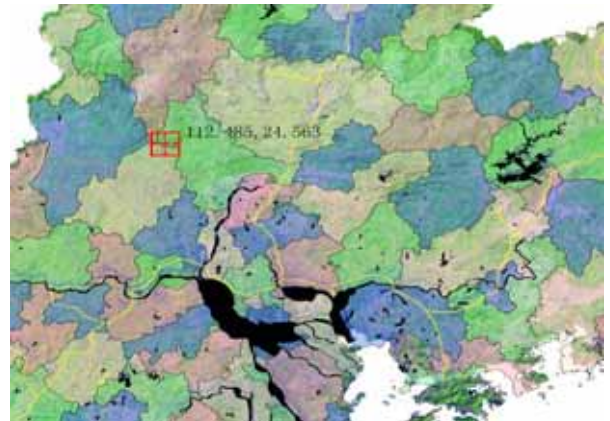


图 4 基于 SVG 的空间定位效果

#### 6 结束语

随着 SVG 在空间信息领域的广泛应用,它将成为 WebGIS 的重要开发工具之一。在完善了 SVG 空间定位信息表达模型的基础上,可在 SVG 地图上直接实现空间定位。而且通过对 SVG 功能函数的模块化设计与封装,可实现 SVG 功能重用。

本文提出基于 SVG 的空间定位模型及其形式化表达,并采用 Java 与设计模式技术,实现了 SVG 空间定位模型的设计、开发与功能封装,并在应用项目中得到检验,取得了良好的效果。

#### 参考文献

- [1] 余涛, 俞立中, 王铮. 移动计算环境下 GIS 技术的发展及应用[J]. 测绘通报, 2002, (2): 40-42.
- [2] 袁家政, 须德, 鲍泓. 基于 XML 矢量图形 SVG 应用的软件体系结构研究[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(4): 718-725.
- [3] Dietze L, Bohm K. Map-based Mobile Services: Position Determination of Reference Points in Surveying[M]. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer, 2005.
- [4] Reichenbacher T. Map-based Mobile Services: Adaptive Egocentric Maps for Mobile Users[M]. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer, 2005.
- [5] 陈传波, 吴方文. 基于 SVG 的图元对象描述模型的研究[J]. 华中科技大学学报, 2002, 30(10): 50-52.
- [6] 陈传波, 蒋迅飞. 面向行业的 SVG 实例生成方法研究[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(2): 126-128.
- [7] Li Yan, Huang Haosheng, Chi Guobin. International Perspectives on Maps and the Internet: Spatial Functionality Based on SVG[M]. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer, 2008.
- [8] 黄浩生. 基于 SVG 的网络化空间信息发布关键技术研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2006.
- [9] 温健婷, 李岩. 基于 XML-SVG 的空间数据库设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(18): 169-175.

(下转第 273 页)