

# 基于 Personal Geodatabase 的数字线划图水印技术研究

平宗玮<sup>1</sup>, 宋拥军<sup>1</sup>, 牛宵<sup>1</sup>, 张博<sup>2</sup>, 崔红霞<sup>1</sup>, 肖佳<sup>1</sup>

(1. 山东省国土测绘院, 山东 济南 250013; 2. 山东大学, 山东 济南 250100)

**摘要:**数字水印技术是基础地理信息产品版权保护的重要手段。该文将提出一种在 Personal Geodatabase 的数字线划图数据中添加水印的方法, 将置乱后的水印信息添加到数据的最小外接矩形信息中, 保证数据精度不受水印的影响, 通过水印信息的提取技术可有效实现数据的可追溯。实验表明, 该算法具有良好的鲁棒性和实用性。

**关键词:**数字水印; 基础地理信息; 数字线划图; 无损数据隐藏; 版权保护

中图分类号: P208

文献标识码: B

## 0 引言

基础地理信息在当今社会生活中的应用日趋广泛。作为一种重要的基础地理信息产品, 数字线划图(DLG)通过记录实体的空间位置坐标的方式尽可能精确地表示地理实体, 具有数据精度高、数据冗余度低等特点, 越来越多地应用于国民经济和社会生活的方方面面, 这对数字线划图的数据保密和版权保护提出了严峻挑战。传统的主要依靠国家版权保护相关法律的保护方式已经远远不能满足需求, 基础地理信息数据版权保护关键问题的解决以及版权保护系统的开发, 可有效地解决地理信息及其信息系统安全问题。数字水印作为数字产品版权保护的新技术在这方面显示出巨大的潜力。数字水印是实现数字产品版权保护的有效办法, 它通过在原始数据中嵌入版权信息——水印, 来实现产品的版权保护<sup>[1]</sup>。目前国内外关于栅格影像的数字水印技术研究较多, 主要方法有利用差值扩大、改变直方图、无损压缩等<sup>[2]</sup>, 而在数字线划图数据中嵌入水印的方法研究较少。

该文以山东省基础地理信息数据库中的数字线划图数据为实验对象, 研究一种基于 Personal Geodatabase 的数字水印方法, 可为基础地理信息数据库中的数字线划图的数据保密和版权保护提供一种

思路。

## 1 数字水印技术分析

### 1.1 数字水印技术的本质

数字水印技术是将一些标识信息(即数字水印)直接嵌入数字载体(包括多媒体、文档、软件等)当中, 但不影响原载体的使用价值, 也不容易被人的知觉系统(如, 视觉或听觉系统)觉察或注意到。通过这些隐藏在载体中的信息, 可以达到确认内容创建者、购买者、传送隐秘信息或者判断载体是否被篡改等目的。数字水印的本质上是修改了加水印的数据。如果要加水印的数据不能被修改, 那么就不可能嵌入水印。目前, 数字线划图数据中的数字水印算法主要包括空间域上的算法和变换域上的算法<sup>2</sup>两大类<sup>[3]</sup>。其中, 空间域上算法的水印隐藏方式主要有3种: 一是水印直接隐藏于节点坐标的最低有效位上; 二是水印隐藏于数据节点的局部分布样式中, 2种不同的预定分布样式代表嵌入水印位1或0; 三是水印隐藏于节点坐标的统计特征中, 通过修改节点坐标的统计特征来表示水印位的嵌入。变换域上的水印算法把水印信息隐藏于数据节点的变换系数中, 通过修改节点的变换系数来嵌入水印信息。这些算法虽然实现了水印信息的嵌入, 但在一定程度

收稿日期: 2013-05-07; 修订日期: 2013-06-08; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 平宗玮(1985—), 女, 山东梁山人, 助理工程师, 主要从事基础测绘工作; E-mail: 290895715@qq.com。

上导致了数据精度的损失,不适用于对数据精度要求较高的基础地理信息数据。

## 1.2 数字线划图嵌入水印的基本要求

数字线划图不同于其他类型的数字化产品,因此,用于数字线划图地图版权保护的数字水印应该具备以下的基本要求:一是保证地图的可用性,水印标识的嵌入要保证使用中的地图的精度,不会引起地图明显的降级。二是水印的不可见性,水印标识的嵌入不应该影响地图的视觉效果或者使地图中的图元变形。三是鲁棒性,嵌入水印标识的数字线划图数据在经过一些变换后,水印仍能被较好地检测出来<sup>[4]</sup>。这些变换主要包括:数据格式转换、投影变换、要素的增删、图形的放大缩小、要素移动等,不同的应用场合应有不同的鲁棒性。

## 2 数据源分析

数字线划图(DLG)是基础地理信息 4D 产品之一,以点、线、面形式或地图特定图形符号形式来表达地理要素的矢量数据集,并保存各要素间的空间关系和相关的属性信息。相对于传统地图主要用于图形数据的绘制,数字线划图则是一些更为复杂的数据类型。该文以山东省 1:1 万基础地理信息数据库中的数字线划图数据作为研究对象,根据《山东省 1:1 万基础地理信息数据库更新工程数字线划图(DLG)数据标准》的要求,共分 8 个数据集、47 个数据层。单幅数据按 GB/T13989-92《国家基本比例尺地形图分幅和编号》标准进行分幅、编号,以 ArcGIS9.3 的 Personal Geodatabase 格式存储,文件后缀名为 \*.mdb。采用 2000 国家大地坐标系,投影方式为高斯-克吕格投影,按照 3 度分带,坐标单位为米。Personal Geodatabase 格式的数字线划图数据以表格的形式存储信息,在数据的存储过程中,不仅包括简单的空间坐标和属性数据的表格,还包括这些地理数据集的模式和规则,如点、线、面之间的拓扑关系、最小外接矩形等。

最小外接矩形用来给出一个地理要素的大致位置,存放在表文件 GDB\_GeomColumns 中。Personal Geodatabase 格式的数字线划图数据中图层要素的最小外接矩形包含该图层要素最左边界、最右边界、最上边界、最下边界的坐标值。通常在空间查询、空间索引,以及建立 R 树时被使用。最小外

接矩形在数据创建时由系统自动生成。由于数据的坐标值与属性值不可改变,限制了水印信息的添加,通过分析发现,最小外接矩形的范围扩展不影响数据的正常使用,为水印信息的添加提供了空间。

## 3 基于最小外接矩形的水印技术研究

### 3.1 方法步骤

基础地理信息数字线划图的高精度决定了水印的特殊性,最小外接矩形共记录 188 条(47 层×4 个边界)边界坐标值信息,添加水印信息,即对此 188 条边界坐标值作出有序变化,通过监测此种变换来达到嵌入水印的目的。分析认为,水印信息以不超过 564 字节为佳,故边界坐标值的所能容纳的信息有限,这决定了水印信息的复杂度不能太高。经过对数据版权保护的实际应用分析,选择添加数据来源和数据流向 2 种信息来实现对数据的监控,如数据来源为“山东省国土测绘院”,数据流向为“XXX 市国土资源局”等。具体方法步骤见图 1。

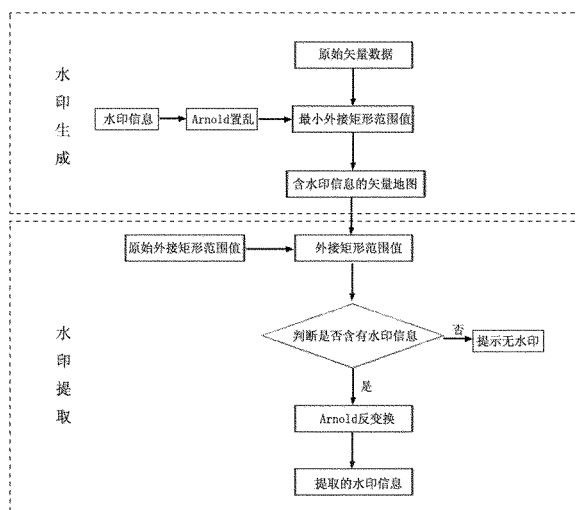


图 1 水印生成及提取流程图

①水印生成:设  $V$  表示一幅待嵌入水印的数字线划图,水印  $W$  是长度为  $X$  的文本字符。

为了增强水印信息的安全性,首先对其进行 ASCII 码编译,并对生成的 ASCII 码值进行置乱处理。这里采用 Arnold 置乱,即:

$$\begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}$$

式中  $(x_0, y_0)$  ASCII 码值,  $(x_n, y_n)$  表示应用 Arnold 置乱  $n$  次后的结果,然后按从左到右,从上到下的顺

序读取置乱后的 ASC II 码值,得到水印序列  $\{W\} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{M \times M})$ 。

② 水印嵌入:由①获得水印序列  $\{W\} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{M \times M})$ ,具体的嵌入规则如下:

$$x'_i = x_i + a \times \omega_i \quad i = 1, 2, \dots, M \times M$$

③ 水印提取:水印标识的提取是水印标识嵌入过程的逆过程,即对待测数字线划图按图层排序,得到图层范围值的坐标,形成序列,水印的提取按照以下规则进行:

$$y_i = x'_i - x_i$$

$$\omega'_i = \begin{cases} 1, & y_i \geq 0 \\ -1, & y_i < 0 \end{cases}$$

将得到的水印序列利用 Arnold 逆变换矩阵对提取的置乱水印依据下式来获得原始水印信息。

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix}$$

### 3.2 结果分析

从山东省基础地理信息数据产品中选取一幅数字线划图数据进行实验,对嵌入水印信息前后的 DLG 数据进行数据精度比较和鲁棒性分析。

#### 3.2.1 数据精度比较

对实验数据进行随机抽样,选取要素坐标值进行对比,比较对象分别为点要素点坐标、线要素的起始点坐标、面要素的相同拐点坐标。实验数据要素总体为 5 876 个,样本容量 588 个,抽样率 10%,部分要素对比结果如表 1 所示。

通过对要素坐标信息比对发现,数据加水印前后坐标信息无变化,数据精度未受水印信息影响。符合《山东省 1:1 万基础地理信息数据库更新工程数字线划图(DLG)数据标准》的要求。

#### 3.2.2 鲁棒性测试

在数据使用过程中,用户通常对数据的操作一般分为数据格式转换、投影变换、要素的增删、图形的放大缩小、要素移动等。该文把水印信息嵌入到外接矩形信息中,并不直接修改实际地物的坐标信息。实验表明:要素的添加或删除、图形的放大缩小、要素移动等常规操作并不会破坏水印信息。由于此种水印方式只适用于 Personel Geodatabase 数据,对数据格式以数据的坐标信息依赖性较高,所以此种水印方式不支持数据格式转换、投影变换等操

作。

表 1 数据精度比较

序号	要素图层	要素 ID	添加水印前坐标值	添加水印后坐标值	结果
1	boup	3	X 坐标:41376649.748 Y 坐标:4149507.452	X 坐标:41376649.748 Y 坐标:4149507.452	无精度损失
2	lrld	14	X 坐标:41377416.478 Y 坐标:4149183.081	X 坐标:41377416.478 Y 坐标:4149183.081	无精度损失
3	terp	21	X 坐标:41378047.467 Y 坐标:4149242.629	X 坐标:41378047.467 Y 坐标:4149242.629	无精度损失
4	terl	5	X 坐标:41377193.206 Y 坐标:4149425.342	X 坐标:41377193.206 Y 坐标:4149425.342	无精度损失
5	lrld	25	X 坐标:41378237.948 Y 坐标:4149573.288	X 坐标:41378237.948 Y 坐标:4149573.288	无精度损失
6	resp	46	X 坐标:41378316.605 Y 坐标:41499600.658	X 坐标:41378316.605 Y 坐标:41499600.658	无精度损失
7	vegl	11	X 坐标:41376137.241 Y 坐标:4149323.425	X 坐标:41376137.241 Y 坐标:4149323.425	无精度损失
8	boua	14	X 坐标:41377412.252 Y 坐标:4149653.485	X 坐标:41377412.252 Y 坐标:4149653.485	无精度损失
9	hYda	23	X 坐标:41376524.125 Y 坐标:4149635.245	X 坐标:41376524.125 Y 坐标:4149635.245	无精度损失

## 4 结论

该文提出了一种基于 Personel Geodatabase 数字线划图数据的水印算法。该算法先将水印信息添加到数字线划图的最小外接矩形数据上,从而避开直接对数字线划图数据的直接操作,保证数据精度不受影响,并且通过对水印信息的转化与置乱,一定程度上增强了水印信息的强度。在保证数字线划图正常使用的前提下,使得水印标识具有很好的不可见性和鲁棒性。但该种水印方式不支持坐标信息的投影变换,而且对数据图层完整性要求也较高,因此,对于其他要素或方式的无损水印信息嵌入有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 孙建国. 矢量地图数字水印技术研究[M]. 北京:人民邮电出版社,2012:1-164.
- [2] 曹刘娟,门朝光,孙建国. 基于空间特征的二维矢量地图可逆水印算法原理[J]. 测绘学报,2010,39(4):422-427.
- [3] 许德合,朱长青,王奇胜. 矢量地图数字水印技术的研究现状和展望[J]. 地理信息世界,2007,5(6):42-48.
- [4] 李媛媛,许录平. 用于矢量地图版权保护的数字水印[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版),2004,31(5):719-723.
- [5] 李安波,阚国年,周卫. GIS 矢量数字产品版权认证技术[M]. 北京:科学出版,2012:1-256.

## Study on the Technology of Embedding Watermark into DLG Based on Personel Geodatabase

PING Zongwei<sup>1</sup>, SONG Yongjun<sup>1</sup>, NIU Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Bo<sup>2</sup>, CUI Hongxia<sup>1</sup>, XIAO Jia<sup>1</sup>

(1. Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong University, Shandong Jinan 250100, China.)

**Abstract:** Digital watermark technology is one of important means of protecting the copyright of digital line graph. In this paper, a method of embedding the scrambling watermark information into the data based on personel geodatabase of the minimum circumscribed rectangle has been put forward. It will not influence the data accuracy and effectively implement the traceability of data. Experimental results show that the algorithm has good robustness and practicality.

**Key words:** Digital watermarking; fundamental geographic information; DLG; lossless data hiding; copy-right protection