

基于外延特征的栅格地图噪声去除算法

季方 鲍远律

(中国科学技术大学自动化系 GPS 实验室,合肥 230027)

摘要 为了既能去除彩色城市交通地图的噪声,又能保持有用信息不致损失,在对彩色地图进行像素分类、聚类的基础上,提出了一种基于外延特征的栅格地图噪声去除新算法,该算法首先以所处理的噪声像素为原点建立一个极坐标,再通过8方向搜索来获得噪声像素的外延特征;然后按照“无偏”聚类准则与“有偏”聚类准则,确定该噪声点对道路或区域的新聚类。实验结果表明,该新方法不仅完全去除了地图中的噪声,而且使区域和道路界限分明。

关键词 栅格地图 模式识别 分类特征 字符噪声 道路识别

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)09-1062-07

A Method Erasing Noises on Raster Map Based on Extension Character

Ji Fang, BAO Yuan-lü

(GPS Lab, Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

Abstract This paper proposes a new procedure to erase noises on raster map. Basing taxon and clustering of color map pixels, and by establishing a polar coordinate system with its origin on any noisy pixel and searching along all eight directions till road pixel or area pixel is found, of course, sometimes neither road pixel nor area pixel is found because pixels from origin to edge of map along some direction are all noisy pixels, the number of road pixels, the number of area pixels and the number of edges at all eight directions can be obtained. Let r denotes the number of road pixels, a denotes the number of area pixels and e denotes the number of edges. r , a and e are called the character parameters of noisy pixels. Then by comparing r with a , the character of any noisy pixel can be extracted. With “equity” clustering rule, most of noisy pixels can be clustered and grouped into either road or area. Then with “partial” clustering rule, the limitrophe noisy pixels, which can not be grouped into either road or area, can also be grouped into either road or area. At last, all noisy pixels can be grouped into either road or area. This new method can completely erase the noises on raster map, so as to obtain more effective identifying with all roads and areas on a map.

Keywords raster map, pattern recognition, taxonomic character, character noise, road recognition

1 引言

随着计算机技术的发展和运用,近年来,地理信息系统(GIS, geographic information system)技术得到飞速发展,并已经应用于国民经济的各个领域。城市交通地图信息的识别是地理信息系统的基础,而城市交通地图中的道路信息的识别又是地理信息识别的一个重要组成部分。地理信息系统中应用的地图可分为栅格地图和矢量地图(又称数字地图)两类。因为矢量地图相对于栅格地图有很多优点,应用

越来越广泛,所以,将现有的栅格地图转化为矢量地图已成为地理信息系统应用的重要任务。要将一幅栅格地图转化成矢量地图就必须提取完整的道路信息,然后将道路进行细化、矢量化。如果要提取完整的道路信息,那么有效地去除栅格地图中的噪声(例如:道路名称、单位名称、单位标志等)是必不可少的环节,目前仍待探讨。

基于图像处理^[1]的去噪方法在地图噪声去除方面的研究工作已经很多,对栅格地图道路网络的自动识别^[2]也取得了很大进展。不少专门用于栅格地图道路图层识别的方法^[3~5]已取得了很有效的结

果,但是处理结果尚不令人十分满意,如有些情况下出现部分噪声不能完全去除或少数噪声被处理成区域等现象。通过分析字符等噪声点的某种外延特征,本文探索出一种新方法,该方法原理简单、实现方便,不仅可以完全去除地图中的噪声,而且可使区域和道路的识别效果更好。

本文算法主要是为了实现中国公路交通图册(光盘版)^[6](地质出版社地图编辑室所编制)中的城市栅格地图道路网络的自动识别提取,并以其中的山东省青岛市市区地图作为示范来说明噪声的特征和新方法的处理效果,使用的处理工具是 Matlab^[7]。

2 噪声特征分析

对于栅格地图的处理,以往总是按照不同的颜色对地图的像素进行分类,这样在一幅地图中就只包括道路像素类 R 、区域像素类 A 和噪声像素类 N 3 种像素类。本文就是要通过某种方法将噪声像素进行聚类,使一部分并入道路像素类,一部分并入区域像素类。如要能够有效地对噪声像素进行聚类,则首先要研究噪声像素的存在形式和特征。

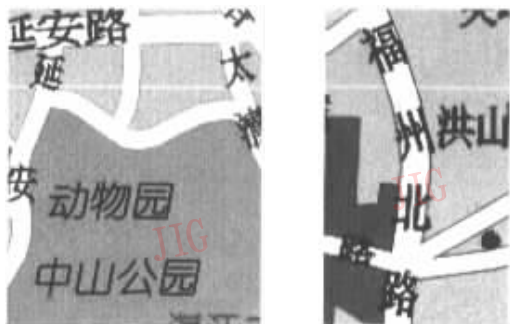
2.1 噪声的存在形式

一般交通地图中,字符噪声以下面 3 种形式存在:

(1) 噪声块全部位于区域内,如图 1(a)中的“动物园”,“中山公园”等,其特征就是噪声块被区域完全包围;

(2) 噪声块全部位于道路内,这种情况是存在的,但是很少见,因为位于道路上的噪声块一般是文字噪声块,字符噪声块一般以第 3 种形式存在;

(3) 噪声块位于道路上,同时延伸到区域上,如图 1(b)中的“福州北路”,这种情况比较复杂,是地图中噪声块最常见的存在形式。



(a) 区域包围的字符噪声

(b) 道路上的字符噪声

图 1 交通图上两种不同存在形式的字符噪声

2.2 噪声的外延特征

为了便于研究地图中噪声块的基本特征,此处选取城市地图中的一部分,若放大 5 倍观察(如图 2 所示),则可以清晰地看见每个像素点。

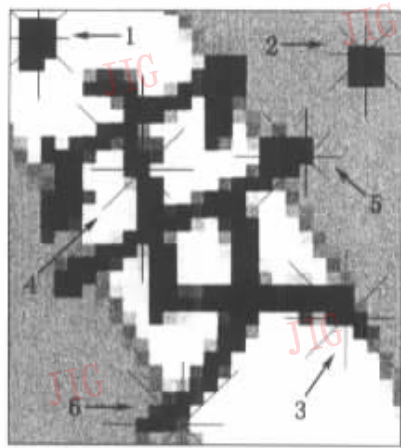


图 2 放大 5 倍的地图

地图上的道路看起来是弯曲的,但是单个噪声块所在的道路段的边缘线基本上是平行的(如图 1(b)、图 2 所示);同时,单个噪声块在道路上并没有把表示道路的像素完全覆盖,如图 2 中的“安”字,这是由以文字形式出现的噪声块的自身特征决定的。

在图 2 中包括了噪声块的如下 3 种不同的存在形式:箭头 1 所指的噪声像素块完全位于道路内;箭头 2 所指的噪声像素块完全位于区域内;图 2 中的“安”字便是噪声像素块存在的第 3 种形式。

如图 2 所示,选择 3 个噪声像素块中的 6 个像素点(分别用 1,2,3,4,5,6 指示,而且可以看到,此 6 点周围分别有 8 条射线射向 8 个方向)来研究它们的外延特征。

首先人为地观察这 6 个噪声像素,同时分析一下这些像素应该被聚类到道路像素类,还是聚类到区域像素类?显然,像素 1 应该聚类到道路像素类;像素 2 应该聚类到区域像素类;像素 3 位于道路和区域的边界上,可以保持不变;像素 4 应该聚类到道路像素类;像素 5 应该聚类到区域像素类;像素 6 位于道路和区域的边界上,可以保持不变。

然后以所考察噪声像素为中心,建立一个极坐标,以便对 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° 等 8 个方向上的像素进行搜索,并穿过其他的噪声像素,直到发现区域像素、道路像素或边界为止,再统计 8 个方向上最终所发现的道路像素、区域像素或边界像素的个数,并分别记为 r 、 a 和 e 。本文将 r 、 a

和 e 称为噪声像素的外延特征参数;参数 r 和 a 的大小关系,称为噪声像素的外延特征。例如,考察图 2 中噪声像素 6 时,首先设定它的特征参数初始值均为 0,那么在 0° 方向上首先发现了道路像素;在 45° 方向上也首先发现了道路像素;在 90° 方向上穿过 3 个噪声像素之后首先发现了道路像素;在 135° 方向上穿过 1 个噪声像素后首先发现了区域像素;在 180° 方向上穿过 3 个噪声像素后首先发现了区域像素;在 225° 方向上首先发现区域像素;在 270° 方向上穿过 1 个噪声像素到达边界;在 315° 方向上穿过 1 个噪声像素到达边界。经统计,首先发现道路像素的方向有 3 个、首先发现区域像素的方向有 3 个、没有发现道路像素或区域像素就已经到达边界的方向有 2 个,也就是,得到此噪声像素的外延特征参数为 $r=3, a=3, e=2$ 。

因为整幅地图的所有像素被分为道路像素类 R 、区域像素类 A 和噪声像素类 N 共 3 类,所以任何一个噪声像素的外延特征参数都是固定的,统计结果只有一个。这样统计 6 个像素的特征参数,就可得到各自的外延特征,并可与人为聚类结果相比较(如表 1 所示)。

表 1 统计 6 个像素的外延特征与人为聚类结果相比较

噪声像素	外延特征参数			外延特征	人为聚类结果
	r	a	e		
1	8	0	0	$r > a$	R
2	0	8	0	$r < a$	A
3	4	4	0	$r = a$	N
4	8	0	0	$r > a$	R
5	2	6	0	$r < a$	A
6	3	3	2	$r = a$	N

从表 1 可以看出,人为聚类结果与噪声的外延特征具有以下对应关系:当噪声的外延特征为 $r > a$ 时,人为聚类结果是将噪声聚类到道路像素类 R ;当噪声的外延特征为 $r < a$ 时,人为聚类结果是将噪声聚类到区域像素类 A ;当噪声的外延特征为 $r = a$ 时,人为聚类结果就会因噪声像素位于道路和区域的边界而暂不聚类。

也就是说,可以通过提取噪声像素的外延特征和设定某种或某几种判定准则来将地图中原有的噪声像素类聚类到区域像素类 A 或道路像素类 R 。本文将这种通过提取噪声像素的外延特征,利用某种或某几种判定准则来对噪声像素进行聚类的方法称为去除噪声像素的外延特征法。

3 算法步骤

3.1 道路的初始聚类

设代表道路的颜色值为 R, G, B ,然后将地图中每个像素的颜色值 r, g, b 均与道路颜色值 R, G, B 进行比较,并计算此像素与道路像素之间的接近程度 d ,即 $d = \sqrt{(r-R)^2 + (g-G)^2 + (b-B)^2}$ 。进行道路的初始聚类时,可预先设置一个道路聚类阈值 D_{road} (比较小的正数),如果 $d < D_{road}$,则将此像素聚类到道路像素类 R 。

3.2 道路的归一化

道路的归一化就是指将所有代表道路的像素,均划归道路像素类 R 。

3.3 区域的初始聚类

设代表区域的颜色值为 R, G, B ,然后将地图中每个像素的颜色值 r, g, b 均与区域颜色值 R, G, B 进行比较,并计算此像素与区域像素之间的接近程度 d ,即 $d = \sqrt{(r-R)^2 + (g-G)^2 + (b-B)^2}$ 。进行区域的初始聚类时,可预先设置一个区域聚类阈值 D_{area} (比较小的正数),如果 $d < D_{area}$,则将此像素聚类到区域像素类 A 。

3.4 区域的归一化

区域的归一化就是指将所有代表区域的像素,均划归区域像素类 A 。

3.5 “无偏”聚类

3.5.1 噪声外延特征的提取

如图 3 所示,中间 N 表示程序正在提取其外延特征的噪声像素。特征提取时,先以此噪声像素 N 为坐标原点建立极坐标,并以形式 $i, j (i=1 \sim 8, j=1 \sim K, K$ 由地图的大小决定)表示噪声 N 的 8 方向上的像素的位置,这个极坐标与一般极坐标不同的是 i 表示方向, j 表示半径;然后从像素 N 出发,分别向 8 个方向进行不断的搜索,同时计算噪声像素的外延特征参数,并提取噪声的外延特征。

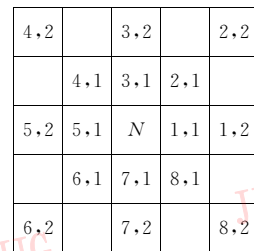


图 3 提取噪声像素外延特征示意图

3.5.2 “无偏”聚类准则

根据以下噪声像素的外延特征对噪声像素进行聚类:如果 $r > a$, 则将此噪声像素聚类到道路像素类 R ; 如果 $r < a$, 则将此噪声像素聚类到区域像素类 A ; 如果 $r = a$, 则此噪声像素仍属于噪声像素类 N , 暂不聚类。

本文将这种聚类准则称为“无偏”聚类准则。

3.5.3 “无偏”聚类的过程

“无偏”聚类时,首先,对整幅地图的每个噪声像素的外延特征参数进行提取;然后,利用“无偏”聚类准则对每个噪声像素进行聚类;再将聚类后的图与聚类前的图进行比较,如果发现聚类后的图与聚类前的图相同,则“无偏”聚类中止,如果不相同,则将聚类后的地图重新进行“无偏”聚类。

3.6 “有偏”聚类

3.6.1 “有偏”聚类准则

该准则是,首先设置一个比较参数 p ,再将其与噪声像素的外延特征参数之差 $r - a$ 进行比较。

如果 $r - a > p$, 则将此噪声像素聚类到道路像素类 R ;

如果 $r - a < p$, 则将此噪声像素聚类到区域像素类 A ;

如果 $r - a = p$, 则此噪声像素仍属于噪声像素类 N , 暂不聚类。

显然,如果此时 p 的取值为 0, 此聚类准则就是“无偏”聚类准则。一般情况下,比较参数 p 可以选取 1 或 -1, 相对于 $p = 0$ 时的“无偏”聚类准则,可以将此聚类准则定义为“有偏”聚类准则。当 $p = -1$ 时,此“有偏”聚类准则称为偏道路“有偏”聚类准则;当 $p = 1$ 时,此“有偏”聚类准则称为偏区域“有偏”聚类准则。

3.6.2 “有偏”聚类的过程

“有偏”聚类时,首先,对整幅地图的每个噪声像素的外延特征参数进行提取;然后,利用“有偏”聚类准则对每个噪声像素进行聚类。

4 算法分析

4.1 道路和区域的初始聚类和归一化的必要性分析

如图 4 所示,在中国城市交通地图中,城市道路基本是用白色表示,但是在有些特殊的道路上,比如为了特别注明此路为“步行街”、“非机动车道”等,则使用其他颜色。为了便于处理,还必须进行道路的归



图 4 交通地图中特殊道路和区域示例

一化。对于区域,同样要进行归一化,也就是说,要将代表湖泊、公园等特殊场所的特殊颜色(如绿色、蓝色等)统一为代表区域的同一种颜色。虽然代表区域的颜色种类特别复杂、繁多,但是本文所介绍的方法只需要将所占面积比较大的少数几种颜色(比如表示公园或风景区的绿色、代表湖泊的深蓝色等)进行归一化就可以了。

如图 2 所示的“安”字中,虽然肉眼可以看出此字中还有好多像素是“白色”的,但是事实上,这种“白色”并非真正与表示道路的白色是相同的颜色,它们只是一种与白色相近的颜色。这是由于地图印刷时颜色的应用误差和颜色的互相影响所引起的,如果不把这些颜色做一个初始聚类,那么这些近似的“白色”就会被归为噪声像素类 N , 而这些仅有的“白色”,却决定了噪声最重要的外延特征。另外对于区域同样要进行初始聚类,原因是相同的。

4.2 “无偏”准则的准确性说明

如图 5(a) 所示,外围大的矩形框表示区域边界,内部小的矩形框表示全部位于区域内的噪声像素块,显然此噪声像素块中的任何一个噪声像素的外延特征参数均为 $r = 0, a = 8, e = 0$; 由于利用“无偏”聚类准则时,这个噪声像素块中的所有噪声像素均可被聚类到区域像素类,这与实际情况相符,所以“无偏”聚类准则适用于这种噪声像素存在形式,不会发生误聚类现象。

如图 5(b) 所示,两条平行线表示道路的边界,内部小的矩形框表示全部位于道路内的噪声像素块,显然此噪声像素块中的任何一个噪声像素的外延特征参数均为 $r = 8, a = 0, e = 0$; 由于利用“无偏”聚类准则时,这个噪声像素块中的所有噪声像素均

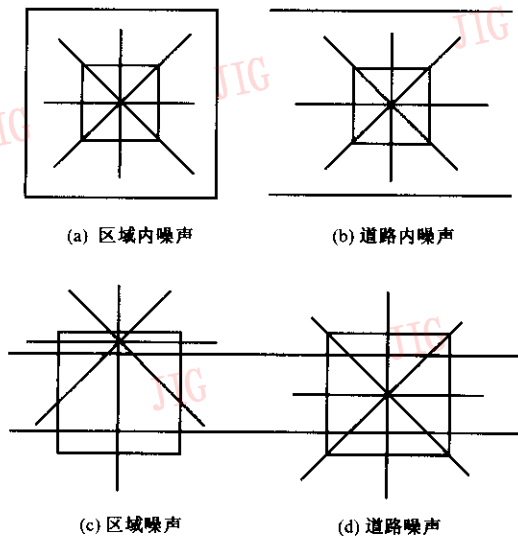


图5 几种不同类型噪声“无偏”准则处理示例

可被聚类到道路类,这与实际情况相符,所以“无偏”聚类准则也适用于这种噪声像素存在形式,不会发生误聚类现象。

如图5(c)、图5(d)所示,中间两条长的平行线代表理想的道路,两图中的两个正方形框代表文字噪声像素块。

在图5(c)中,选取文字噪声像素块中位于区域上的一个噪声像素,同时以此噪声像素为中心引出8条射线。显然,在8个方向上至少有1、2、3、4、5等共5个方向上最终必然搜索到区域像素,这时此噪声像素的外延特征一定为 $r < a$ 。按照“无偏”聚类准则,这个噪声最终聚类到区域像素类,这也与实际情况相符。

在图5(d)中,选取文字噪声像素块中位于道路上的一个噪声像素,当分析它的外延特征参数时,可能会误以为 $r=2, a=6$,但是,如果考虑一下中国文字的自身特点,就会发现这个正方形内并不全是噪声像素。大家知道,中国汉字是由笔画构成,不仅每个笔画之间都有一定距离,而且每个笔画的宽度与道路的宽度相比显然很小,本文所研究的噪声至少与道路的一个边缘之间存在多个笔画,而这些笔画间隙中的像素,在理想的情况下应该是道路像素。这样,由于至少有3个方向会发现道路像素,在理想的情况下 $r=2+3=5, a=6-3=3$,所以噪声像素的外延特征为 $r > a$,且此噪声像素可用“无偏”聚类准则聚类到道路像素类,这也与实际情况相符。

所以说,在理想的情况下,由于文字的笔画之间

存在间隙,并且这些间隙由道路像素组成,因此利用“无偏”聚类准则就完全可以正确聚类。

4.3 “有偏”准则的必要性和收敛性分析

4.3.1 “有偏”准则的必要性和收敛性分析

在利用“无偏”聚类准则对噪声像素进行聚类时,显然,若噪声像素位于道路和区域的边界,则这些边界噪声像素的外延特征为 $r=a$ 。根据“无偏”聚类准则,由于这些噪声像素将不进行聚类,仍然归为噪声像素类 N ,所以,仅仅利用“无偏”聚类准则不可能将所有噪声像素进行聚类,这是由“无偏”聚类准则自身决定的。为此必须引入“有偏”聚类准则才能将残留的边界噪声像素完全聚类到道路像素类或区域像素类。

实践证明,“有偏”聚类准则的应用可以有效并快速地对残留的边界噪声像素进行聚类。根据所使用的“有偏”聚类准则的不同,这些边界噪声将被聚类到不同的像素类。显然,如果使用偏区域的“有偏”聚类准则,则边界噪声像素将被聚类到区域像素类;如果使用偏道路的“有偏”聚类准则,则边界噪声像素将被聚类到道路像素类。

4.3.2 “有偏”准则的收敛性分析

由于利用“无偏”聚类准则进行聚类之后,剩余的边界噪声的外延特征必为 $r=a$,因此需再利用“有偏”聚类准则进行聚类,假如使用偏道路“有偏”聚类准则,那么任何边界噪声的外延特征参数必然满足 $r-a > -1$ 的要求,这样所有边界噪声像素将被聚类到道路像素类;假如使用偏区域“有偏”聚类准则,那么任何边界噪声的外延特征参数必然满足 $r-a < 1$ 的要求,这样所有边界噪声像素将被聚类到区域像素类,由此可见,“有偏”聚类准则具有收敛性。

5 实验结果

为了解本文算法效果,对一幅城市交通地图进行了去除字符噪声的处理实验,图6(a)为将要去除噪声的原图,经过道路的初始聚类、道路的归一化、区域的初始聚类和区域的归一化4个步骤,其处理结果见图6(b);然后提取图6(b)中噪声像素的外延特征,并利用“无偏”聚类准则对图6(b)的噪声像素进行聚类,聚类后的道路图如图6(c)所示;最后利用偏区域“有偏”聚类准则对图6(c)中残留的位于道路和区域边界部分的噪声进行聚类,其实验最终处理结果见图6(d)。



(a) 噪声去除前的原图



(b) 经过初始聚类 and 归一化处理后的地图



(c) “无偏”准则聚类结果图



(d) 偏区域“有偏”准则聚类最终结果图

图6 本文方法去除地图噪声处理结果

6 结论

由最终处理结果(图6(d))和源图(图6(a))的比较可见,显然,噪声已被完全去除,同时道路和区域的边界没有受到大的破坏。如果再用矢量化软件对图6(d)进行矢量化,会得到很好的效果。

本文分析了栅格城市交通地图中噪声的基本特征,并探索出一种行之有效的噪声去除方法,它不仅为栅格地图的噪声去除提供了一个简单、快速、有效的模块,而且对栅格地图的矢量化所必需的地图道路的提取具有重要的意义。

应用此基于外延特征的噪声去除方法,基本上可以对地质出版社地图编辑室所编制的中国公路交通图册中的所有城市地图进行噪声去除处理,但是,由于极少数城市地图(如上海)会偶尔出现道路比较窄,而标明道路名称的文字噪声相对又很大的特殊情况,即这种情况与理想情况相去甚远,因此在这些地方文字噪声会被误识别为区域。

当然,随着城市交通地图制作技术的不断进步,

文字的笔画宽度将会减小,代表文字噪声的像素块的面积相对于道路会越来越小,实际情况会越来越接近于理想情况,这种新的去除噪声的方法存在的问题将会逐渐消失。

参考文献

- 1 崔屹. 图像处理与分析数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- 2 Ding Bin, Wong Kok Cheong. A system for automatic extraction of road network from maps [A]. In: Proceedings of IEEE International Joint Symposia on Intelligence and Systems [C], Rockville, MD, USA, 1998: 359~366.
- 3 YE Jia-ming, BAO Yuan-lu, LIU Li-ping. Road extraction from color city map [A]. In: Proceeding of 2002 International Conference on Control and Automation China [C]. Xiamen, China, 2002: 260~264.
- 4 史久根, 张旺生, 鲍远律. 彩色地图图象中道路信息的识别和提取[J]. 微机发展, 2000, 10(1): 64~66.
- 5 张旺生, 鲍远律, 史久根等. 矢量电子地图的自动生成[J]. 微电子学与计算机, 1999, 16(4): 30~32.
- 6 中国公路交通图册(光盘版)[CD]. 北京: 地质出版社, 2000.
- 7 清源计算机工作室. MATLAB 高级应用——图形及影像处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.



季方 1983年生,2002年毕业于中国科学技术大学自动化系,现为该校硕士研究生。主要研究方向为全球定位系统技术及应用、地理信息系统技术及应用和交通矢量地图的自动生成。

E-mail: jifang@ustc.edu



鲍远律 1947年生,1969年毕业于中国科学技术大学近代物理系,1981年获自动控制专业硕士学位。现为该校自动化系教授,《控制理论与应用》编委。主要研究领域为控制理论与系统集成、全球定位系统GPS应用、交通矢量地图GIS、移动目标监控专用数字通讯。

《中国图象图形学报》文后参考文献编排格式

1. 专著、论文集、学位论文、报告

[序号]主要责任者.文献题名[文献类型标识].出版地:出版者(或存放单位),出版年.起止页码.

- 1 刘国钧,陈绍业,王凤.图书馆目录[M].北京:高等教育出版社,1957:15~18.
- 2 张筑生.微分半动力系统的不变集[D].北京:北京大学数学系数学研究所,1983.

2. 期刊文章

[序号]主要责任者.文献题名[J].刊名,年,卷(期):起止页码.

- 1 金显贺,王昌长,王忠东等.一种用于在线检测局部放电的数字滤波技术[J].清华大学学报(自然科学版),1993,33(4):62~67.

3. 论文集集中的析出文章

[序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[A].见(In):原文献主要责任者(任选).原文献题名[C].出版地:出版者(或会议地点),出版年:析出文献起止页码.

- 1 钟文发.非线性规划在可燃毒物配置中的应用[A].见:赵玮.运筹学的理论与应用——中国运筹学会第五届大会论文集[C].西安:西安电子科技大学出版社,1996:468~471.
- 2 Middleton V, Owen M J, Elliman D G *et al.* Development in non-axisymmetric filament winding[A]. In:Proceedings of 2nd International Conference on Automated Composite'88 Noordwijkerhout[C], the Netherlands, 1988:324~335.

参考文献类型及标识

参考文献类型	专著	论文集	报纸文章	期刊文章	学位论文	报告	标准	专利
文献类型标识	M	C	N	J	D	R	S	P

电子文献类型参考文献标识

电子参考文献类型	数据库	计算机程序	电子公告
电子文献类型标识	DB	CP	EB

载体类型标识

载体类型	联机网络	磁带	光盘	磁盘
载体标识	OL	MT	CD	DK