

文章编号: 1007-4619(2006)03-0373-08

一种基于面特征的遥感影像与 GIS 数据配准方法

张晓东, 李德仁, 龚健雅, 秦前清

(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘 要: 遥感图像与 GIS 数据的配准是遥感应用、遥感与 GIS 集成的基础和关键。目前的方式大多是通过人工选取一点数量的控制点, 通过几何纠正模型把遥感图像纳入到 GIS 坐标系统中, 同时改正遥感图像的几何畸变。随着遥感技术的发展, 传统人工作业方法无论是从效率还是从质量上都无法满足日益增长的应用需求, 因此需要研究实用化的遥感影像与 GIS 数据的自动配准方法。本文从实用化的角度出发, 在分析特征匹配理论的基础上, 提出了一种基于面状地物多边形特征的遥感影像与 GIS 数据自动配准方法。该方法不同于一般的特征匹配方法之处在于特征提取与特征匹配同步解求。本文对新方法的理论进行了详细论述, 最后对上海浦东地区的 QUICKBIRD 影像和 1:2000 GIS 数据进行了配准实验, 对比传统方法计算结果, 新方法具有明显优势。

关键词: 遥感图像; GIS; 配准; 特征匹配; 图像纠正

中图分类号: P208/TP391 **文献标识码:** A

A Matching Method of Remote Sensing Image and GIS Data Based on Area Feature

ZHANG Xiao-dong, LI De-ren, GONG Jian-ya, QIN Qian-qing

(State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,
Wuhan University, Hubei Wuhan 430079, China)

Abstract: Matching remote sensing imagery and GIS data is very important and a key step for applications of the imagery and integration of the imagery and GIS. The general approach includes following steps: control points selection, computation of rectification model parameters of the image and rectification of the whole image pixel by pixel. But the processing is very time-consuming when performed manually. To improve the processing efficiency, we present a new method based on area features. Our approach, guided by GIS knowledge, iteratively extracts an area feature and matches area features simultaneously. The matching experiment, which uses a QUICKBIRD image and 1:2000 GIS data in Pudong, Shanghai is presented. Comparison of the results of our approach and that of the traditional method indicates that the new approach can obtain better accuracy with limited manual operations.

Key words: remote sensing image; GIS; feature matching; feature extraction; image rectification

1 引 言

卫星遥感影像几何纠正, 从某种意义上来说是

与 GIS 数据进行配准, 它是遥感应用中的一个基础处理步骤, 在一些实际应用中也是十分关键的处理, 如变化检测、图像融合、GIS 与遥感数据综合分析等^[1-3]。在遥感影像几何纠正过程中, 地面控制点

收稿日期: 2005-01-20; 修订日期: 2005-05-12

基金项目: 973 计划资助项目编号 2006CB701300 课题编号 2006CB701304; 山东省基础地理信息与数字化技术重点实验室开放基金资助项目 (SD2003-7); 广东省自然科学基金项目 (5000645)。

作者简介: 张晓东 (1974—), 男, 博士, 毕业于武汉大学摄影测量与遥感专业。武汉大学副教授。主要研究方向为图像处理、遥感与 GIS 应用, 以及相关的软件开发, 已发表文章 20 余篇。E-mail: xdzhang@mars.whu.edu.cn。

的选取是一个十分耗时和枯燥的工作,其工作量可以说占整个过程的 90%以上,控制点的定位精度是除纠正几何模型之外的另一个对最后影像几何精度有着关键性影响的因素。目前,获取地面控制点(GCP)的方式主要有三种^[4]:(1)从 GIS(数字地形图)上选取,这是一种最经济可行的方法;(2)从已有正射影像上获取;(3)用 GPS 或传统的野外测量的方法获取。随着 GIS 数据库的建设、发展和完善,从 GIS 中获取地面控制点已是一个主流趋势。人工对照影像和 GIS 选取同名控制点费时、费力,而且不同的操作人员的经验不同,会造成结果差异。为此,如何实现影像和 GIS 同名点的自动搜索、确定,从而实现卫星遥感影像和 GIS 参考数据的自动配准,提高海量遥感数据的处理效率和结果的一致性,是一项十分有意义的工作。

通过自动匹配技术寻找待纠正图像和参考基准图像之间的同名点,在摄影测量与遥感研究领域由来已久了,并取得了大量的实用性研究成果。匹配技术分为两大类^[5-7]:(1)基于一定大小局部区域灰度相关技术的方法。有时为了增加匹配的可靠性,在处理过程中还会加入一些几何约束条件;(2)基于特征的匹配方法,就是从影像中提取一些特征替代影像灰度来确定同名点。基于特征点和线的特征匹配研究得比较多,近年来也有学者利用面特征来进行配准研究^[5]。基于特征的配准层次更高、更抽象,比直接利用图像灰度匹配搜索的范围小,可靠性高。卫星遥感图像是地面覆盖的成像,而 GIS 数据是地表的地形、地物特征的符号表达,要把遥感图像纳入到 GIS 数据表达的制图坐标空间中,实现图像与 GIS 数据的配准,显然只能从特征匹配的方法来考虑。本文将从面状地物特征出发,提出一种遥感影像和 GIS 数据自动配准的方法,并应用该方法对 QUICKBIRD 影像进行几何纠正,从而验证其有效性。

2 基于面特征的遥感影像与 GIS 数据配准的方法

不同的匹配方法都可以看作是以下几个部分的组合^[8-10]:特征空间,相似测度,搜索空间,搜索策略。特征空间是用于匹配同名点的信息空间集合,它可以是图像的灰度,也可以是从图像上提取的地物点、线、面或者其他能够表征、描述匹配与参考数据之间同名地物的特征信息。相似测度是判断匹配特征与参考特征是否是同名特征的度量。相似测度

在匹配过程中显得尤为关键,直接关系到匹配的精度、准确性和可靠性。理想的相似性测度要求能够惟一地确定同名特征。常用的相似性测度有:相关系数、特征矩、熵和特征傅里叶描述等。搜索空间是与参考特征同名的匹配特征可能存在的集合,具体表现为匹配特征与同名参考特征之间的几何变换关系。搜索策略是为了能够快速、准确地特征空间中寻找到同名匹配特征而采用的搜索途径。不同的应用情况和目的,采用不同的方法对匹配的上述四个方面进行具体化和优化,结合遥感图像和 GIS 数据的实际情况和应用目的,我们也从匹配框架的四个方面入手来进行研究。

模拟人眼对图像的解译和识别机理是遥感图像计算机解译追求的最高境界^[5],人眼系统在识别图像目标时综合了形状、大小、纹理、颜色、灰度强度和相邻关系等信息。遥感图像是地物的成像表达,从灰度层次上描述地表覆盖;GIS 是现实世界地物及其关系的符号表达,是经过解译的地物特征和知识。GIS 数据能够为遥感图像非语言和语义信息的处理、提取提供先验知识和引导。基于以上分析和考虑,我们提出一套遥感和 GIS 数据配准方法,图 1 为其流程图。下面对流程图中的关键方法进行说明。

2.1 GIS 数据预处理

GIS 是现实世界的模型表达,在 GIS 系统中存贮着点、线、面、属性以及各个实体之间的拓扑关系等信息,为了提高遥感影像与 GIS 数据自动配准的效率和结果的可靠性,我们对 GIS 数据做如下预处理:

(1)从 GIS 数据中选取按实际成图比例表达的面状地物,并提取表达其几何形状的多边形。根据制图比例尺,在 GIS 数据中尺寸小于一定大小的面状地物的表达是不依比例尺的,也就是说其图形表达的不是几何形体大小,而仅仅是一个符号。这种地物的表达经过人工综合,是没有大小的地物,在图像上很难通过计算机找到同名地物,而且可靠性比较差。因此,用于匹配的多边形特征应该是按一定比例缩小的实际地物几何形体的表达,即图形数据和图像上的地物灰度特征存在一一对应关系。GIS 数据是按照层或者地物类等一定方式编码存贮管理的,根据地物编码很容易从 GIS 数据库中实现面状地物多边形的抽取。

(2)对抽取的多边形按面积大小进行筛选,按照实际要求选取一定数目面积比较大的多边形。在实际的 GIS 数据中往往会存在许多多边形,它们有

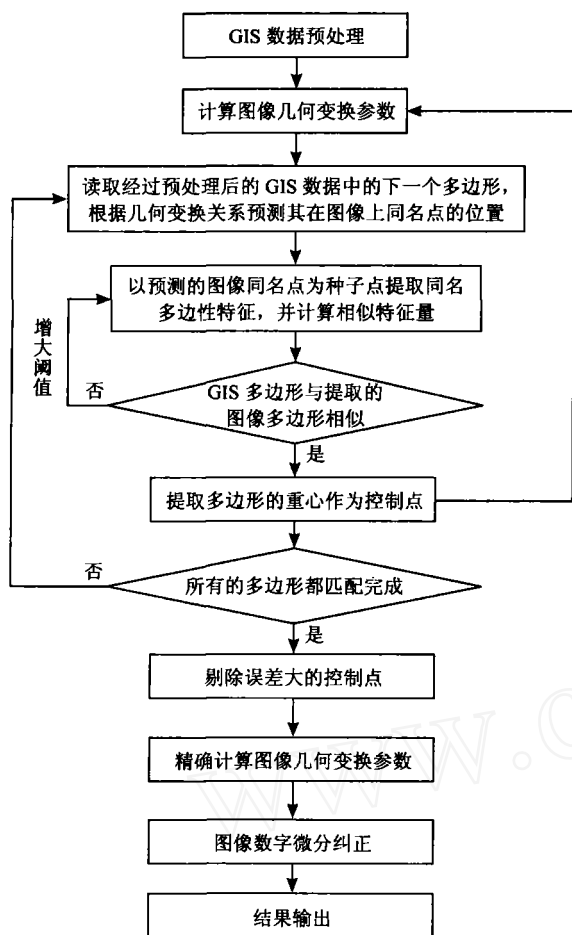


图 1 基于面特征的遥感影像与 GIS 数据配准流程图

Fig 1 Flow chart of matching remote sensing imagery and GIS data

大有小。在本文中匹配多边形的目的是为了获取遥感图像与 GIS 数据配准过程中所需的控制点,因此多边形的数目只要能满足遥感图像几何变换模型参数的最小二乘解求就够了。为此,可以根据多边形坐标计算面积,并对所有的多边形按面积进行排序,按照所需多边形的数目筛选出面积较大的、图形稳定性好的多边形用于匹配。

(3) 计算每一个用于匹配的多边形的相似特征量。相似性度量的计算我们将在 2.3 节中详细讨论。

(4) 确定匹配多边形的“Label”点。在本文提出的遥感图像与 GIS 数据配准的方法中,为了实现匹配处理的自动化,需要用到一个点,通过这一个点来实现 GIS 数据对图像同质区域特征提取的引导,这个点在图像上的同名点将作为同质区域提取的种子点。为了尽可能地包容几何误差的影响,要求该点尽可能

地位于多边形中心。这个点的特性与 GIS 中 Label 点的特性有相似之处,在这里我们仍沿用这一名称。

Label 点的计算方法很多,如用计算多边形重心的方法来计算 Label 点和计算多边形每条边的中线,用多数中线的交点作为 Label 点等。对于凹多边形,这些计算方法仍然不能保证 Label 一定位于多边形内,即使对于凸多边形,Label 点的位置也不能保证在中心附近。为此,我们提出一种基于数学形态学的 Label 点的计算方法,以克服上述不足。

对每个匹配多边形按照以下步骤,计算 Label 点:

(1) 根据每个多边形的坐标在计算机内存中进行栅格化,生成多边形最小外接矩形大小的二值图像。

(2) 用数学形态学中的腐蚀运算 (Erosion) 对 (1) 中的结果进行多次腐蚀处理。在进行腐蚀的过程中,一般取腐蚀结构元素为 $\begin{bmatrix} 1 & 1; 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。腐蚀结构元素的对称性主要是控制腐蚀的方向。如果图像是一个凸多边形,在经过处理后,会变成一条直线;如果图形是一个凹多边形,腐蚀的结果会是一条或多条联通的曲线。

(3) 对 (2) 生成的结果,在选取 Label 点时,有两种方法:一是从这些直线或者曲线中,选取一个中间点,作为 Label 点;二是继续利用腐蚀运算,对得到的线图像进行运算,直到线变成一个点,最后得到的这个点,就可以作为图像的 Label 点。在对 (2) 中的结果进行腐蚀时,腐蚀结构元素一般定义为 $\begin{bmatrix} 1 & 0; 0 & 1 \end{bmatrix}$ 。

对大量的各种凸、凹多边形进行处理,把计算得到的 Label 点与原始图形叠合,通过计算和分析,结果表明,Label 点都位于多边形内部,且都在或非常接近中心。从而验证了本文提出的基于数学形态学的 Label 点计算方法的有效性。

2.2 几何变换参数的计算和图像上同名多边形区域种子点的计算

配准的核心内容就是正确地解算几何变换模型参数,进而确定几何变换模型。通过几何变换模型,逐个像素改正由于各种原因引起的几何变形,并变换到参考数据所在的制图坐标系统中,从而实现二者之间的几何配准。常用的几何变换模型有:仿射变换,多项式变换和透视投影变换 (共线方程) 等。仿射变换模型是一种常用的几何变换,它不仅包含了比较复杂的几何变换关系,而且还有一些很好的数学特性。多项式模型是更为一般的全局几何变

换,能够考虑多种复杂的几何变形,只要变形相对于图像来说不大,例如对于地形起伏不大而引起的几何变形,都可以通过多项式变换模型来改正。透视投影变换模型考虑的几何变形是三维物体通过一个理想的成像系统投影到二维像平面过程中产生的变形,应用投影变换模型需要知道地物的高程信息。

在本文的方法中图像的几何变换模型根据不同的实际情况可以分别采用三种方式:(1)对于地形比较平坦的地区,先采用简单的多项式变换作为遥感图像几何变换粗略模型,待通过匹配确定了足够的、高精度的控制点后,再应用严格的影像纠正模型进行高精度微分纠正;(2)一开始就采用遥感影像几何畸变的严格纠正模型,随着控制点数目和精度的提高不断精化模型参数;(3)采用(1)和(2)的混合型,先采用简单的多项式变换作为遥感图像几何变换粗略模型,待通过匹配获取到了能够解求严格模型参数所需的最少数目控制点后,采用影像畸变严格改正模型,再随着控制点数目的增加对严格的影像纠正模型参数进行迭代精化。

为了叙述的方便又不失一般性,本文采用第一种方式,先采用仿射变换作为粗略几何变换模型,如式(1)所示。要确定仿射变换中的参数至少需要三个控制点。为此,我们先通过人工交互指定三对(交互指定的同名多边形个数根据选用的粗略几何变换模型来确定,对于多项式所需的最少数目为 $N = (n+1) \times (n+2) / 2$,其中 n 为多项式的阶数)同名多边形,指定的方式只需要分别在GIS和图像上的同名多边形中用鼠标任意点击一个点,这两个点可以不是同名点。在GIS数据中可以通过指定点的坐标计算出其所在的多边形,在遥感图像中把指定的点作为种子点,反复迭代提取同名多边形区域,提取方法在2.4节中详述。对同名多边形分别计算其重心,作为控制点。多边形重心是一个与比例和旋转无关的统计量,而且采用重心作为控制点还可以消除随机误差,因此具有很好的稳定性。通过三对同名控制点计算仿射变换参数的初始值,仿射变换只作为粗略变换来预测GIS多边形Label点的同名点,精度要求不高,只要求它落在图像上的同名多边形内就可以了,而且相比严格的透视成像几何模型,仿射变换计算量小,因此采用仿射变换作为粗略几何变换对大多数情况是一个很好的折衷。

$$\begin{aligned}x &= a_1 X + b_1 Y + c_1 \\y &= a_2 X + b_2 Y + c_2\end{aligned}\quad (1)$$

式中, x 、 y 和 X 、 Y 分别是图像和GIS数据的坐标。

根据图像几何变换模型参数,由式(1)很容易求得GIS多边形Label点对应的图像上的点,对这个点惟一的要求就是要落在同名多边形内,因此允许有一定的误差,而且多边形越大允许的误差也越大。

2.3 相似性度量

2.3.1 多边形相似特征量的定义

相似性度量的定义在特征匹配中十分关键,它是判断同名特征的尺度。相似性度量的定义直接关系到特征匹配结果的可靠性、稳定性和惟一性,也决定了匹配过程的计算量的大小。

对于面状地物的多边形特征我们定义以下五个特征相似量来描述其相似性:

- (1)多边形最小外接矩形的面积;
- (2)多边形最小外接矩形的宽和高;
- (3)多边形的面积;
- (4)多边形的周长;
- (5)多边形的形状。

这些特征相似量在一起组成了一个由粗到细的相似度量集合,虽然单就每一个测度量而言不能惟一确定同名特征,但这一组相似度量却可以把候选特征缩小到很小的范围内,再加上2.2节中计算的粗略几何位置的约束,就可以惟一确定同名特征。这种由粗到细的相似性判断过程可以大大减少计算量,提高匹配效率。前四个相似性度量比较简单,下面着重介绍一下多边形形状描述方法。

2.3.2 多边形的形状描述方法

链码是用能够表示方向的整数来表达区域边界的形状描述方法。链码中的起始码能够记录边界的起始位置和方向,根据整个链码可以重建该区域。Freeman码是链码表示方法中应用比较多的一种方法,定义了4个或8个方向码值^[11],如图2所示。

Freeman码在实际应用中存在一些问题:(1)编码结果与起始点相关;(2)码值对细小的变化很敏感。而用于特征匹配的形状特征要求具有旋转不变性,与描述的形状的起始点无关,为此需要对上述编码方式进行改进。对Freeman编码的结果进行差分,再根据码值是以定义的方向数(4或8)为周期的特点,对差分的结果相对方向数取模,最后统计各个方向上码的频数。图3中分别给出了Freeman码和改进的Freeman码表示区域形状特征的结果。改进的Freeman码虽然不能惟一标识区域,但是它提供了一种能够描述区域显著特征的方法,在该特征的基础上再结合其他区域特征就能够惟一标识区域。

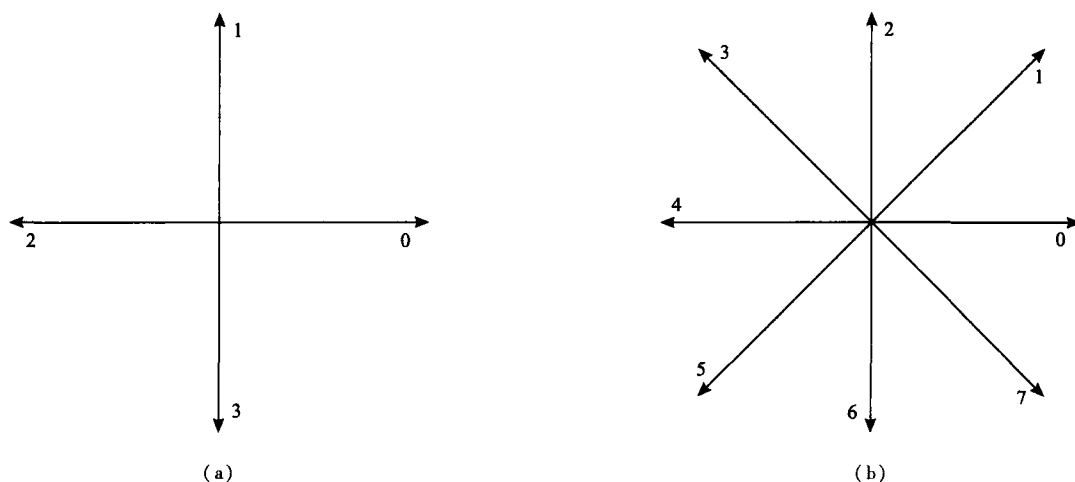


图 2 多边形形状编码方案

(a) 4 个方向编码; (b) 8 个方向编码

Fig 2 Coding scheme of polygon shape

(a) Coding scheme of 4 directions; (b) Coding scheme of 8 directions

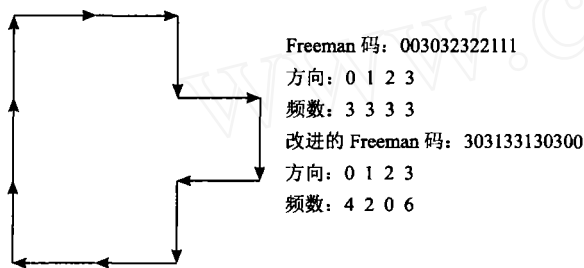


图 3 Freeman 码和改进的 Freeman 码编码结果

Fig 3 A shape with its chain code, chain code differences, and chain code frequencies

2.4 面状地物多边形特征的提取方法

区域是图像上具有灰度强相关性的像素集合,区域内的像素具有某一个相似属性,如灰度值、纹理等。区域把图像分割成一些具有明显特征的不同部分,相对点特征和线特征而言,区域特征具有更明显区别于周围像素的特征,包含更丰富的特征信息,这些特征和信息在区域提取和识别中是非常有用的。

经典的区域生长是众多区域分割算法中比较简单、有效的方法。给定一个生长的种子点,事先定义一个灰度一致性的阈值,当种子点周围邻近像素点的灰度值与种子点的灰度值差异小于预定的阈值时,就认为该像素与种子点属于同类地物,反之则属于不同类的地物。区域生长方法在理论上能够很好地分割不同类型的匀质区域,但在实际分割反映复杂地表的遥感图像时,并不很理想。地球表面十分

复杂,严格意义上的匀质区域相对很少;相同的地物在不同环境下的表现不尽相同;太阳光照的影响也使得相同的地物在图像灰度上的表现不同。这些原因会导致看似匀质的区域中,往往包含着小范围内的非匀质性,简单利用区域生长方法提取的特征区域往往会含有许多小岛或空洞,例如在一个湖中有一个小岛,一块草地中有一颗树等。GIS 数据中的面状区域是按一定比例尺表达地面情况的,小的地物可能在相应的比例尺中被综合掉了,如草地中的独立树等。为了能够与 GIS 面状地物的多边形特征匹配,从图像上提取特征时必须具有自适应能力。

我们利用区域内像素灰度强相关的特点,采取自适应迭代区域生长方法来提取区域特征。区域生长的种子点由 GIS 多边形 Label 点对应的几何变换结果给出,迭代进行的条件由 2.3 节中定义的相似性测度来判断,直到从图像中提取出最相似的多边形为止;灰度一致性的阈值从零开始随着迭代次数增加逐步增大。

2.5 匹配搜索策略

匹配搜索策略就是在寻找同名特征的过程中采用的方法,它是特征匹配技术的重要组成部分,关系到匹配的效率和正确性。不同应用采用的匹配搜索策略不尽相同,要结合具体的应用情况进行优化。在同名特征匹配过程中,用 GIS 多边形特征 Label 点的几何变换结果引导,为了兼顾计算效率和匹配准确性,采用如下搜索策略:

(1)以配准了的多边形特征为中心,逐步进行匹配。对于已经配准的多边形区域,计算其重心,并作为控制点参与图像几何变换模型参数的最小二乘平差解算。在控制点范围内几何变换精度是内插出来的,而在控制点范围以外的几何变换精度是外推出来的。以配准了的多边形区域为中心逐步匹配其他多边形特征,可以保证经过图像几何变换模型计算的 GIS 多边形 Label 点落在同名的图像区域内。

(2)对同名特征的匹配采用分层匹配、逐步细化的搜索策略。具体方法如下:以 GIS 多边形 Label 点的几何变换结果作为图像同名多边形区域提取的种子点,以 GIS 多边形最小外接矩形的面积为相似度量,逐步增大灰度一致性阈值,提取图像多边形区域。多边形面积相似的度量阈值可以预先设定,阈值的设定可以宽松些。从图像上提取、记录每个满足阈值的多边形,作为候选的同名多边形特征。

以多边形最小外接矩形的宽和高为相似度量,从结果中选择相似的多边形特征。以多边形的面积为相似度量,从结果中选择相似的多边形特征。

以多边形的周长为相似度量,从结果中选择相似的多边形特征。以多边形的形状编码为相似度量,从结果中选择相似的多边形特征。选择形状编码相似性最大的多边形为同名特征。

2.6 图像几何配准变换和结果输出

把所选的 GIS 多边形都匹配完成后,将同名多边形的重心作为控制点,通过最小二乘方法解算图像严格几何配准变换模型参数,剔除残存大的控制点,反复迭代计算图像几何配准变换模型参数,直到满足要求为止。

应用建立的几何配准变换模型,对图像的每个像素进行纠正,生成与 GIS 数据配准的新图像。在这个处理过程中实际包含两个步骤:一是计算新图像像素在原图像上的位置;二是计算纠正后图像像素的灰度值,如果反算到待纠正图像上的像素位置正好落在图像的像素上,就取该像素的灰度值为纠正后图像像素的灰度值,否则要根据待纠正图像上的相邻像素来内插纠正后图像像素的灰度值。常用的图像灰度内插方法有最邻近像元法、双线性内插法和双三次卷积法等。

3 实 验

为对上述理论和方法进行验证,选取位于上海市

浦东地区的一幅 2002 年 7 月 11 日的 QUICKBIRD 影像为实验数据。图像大小为 884 像素 \times 884 像素,分辨率为 0.6m,产品级别为预正射级,如图 4 所示。该地区比较平坦,主要地物包括耕地、水塘、植被、河流和房屋等。GIS 数据是采用地方坐标系的上海市 1:2000 地形图。原始的矢量数据是 AUTOCAD dwg 格式的,我们把矢量数据转入到武汉大学吉奥公司开发的 GIS 软件 Geostar 系统中,原始的矢量数据基本上是按地物类存储的,在 Geostar 系统中稍加整理,从中提取面积较大的依比例地物——耕地和水塘,结果如图 5 所示,共有 155 个多边形。

QUICKBIRD 原始影像具有较高的定位和内部精度(无地面控制点的定位精度 14m)^[12],考虑到实验区域比较平坦,采用仿射变换为图像粗略几何



图 4 实验区图像

Fig 4 The image of study area



图 5 实验区 GIS 数据

Fig 5 The GIS data of study area

变换模型。以提取的每一个 GIS 多边形为对象,按待匹配图像的分辨率在内存中栅格化多边形,分别计算 Label 点坐标、重心坐标、相似度量,并连同其边界坐标记录到一个文件中,经过这样处理就消除了 GIS 多边形与图像之间的比例尺差异了。相似度量的阈值分别设置为:多边形最小外接矩形面积 0.5—1.5 倍,最小外接矩形宽和高 0.8—1.2 倍,多边形面积 0.5—1.5 倍,多边形周长 0.5—1.5 倍,多边形形状编码差异 10%。计算出来的控制点分布情况如图 6 所示。利用获取的控制点,采用严格几何变换模型^[13]对 QUICKBIRD 影像进行纠正。

4 实验结果比较和讨论

传统的遥感图像与 GIS 数据配准的方法是通过人工交互选择控制点,计算几何纠正模型参数,进而对整个图像进行微分纠正。本文通过有经验的作业人员选取了 10 个控制点 5 个检查点,点位分布如图 7 所示;从本文提取的 155 个控制点中剔除误差改正数大于 1.5 个像素的点后,任选其中 5 个为检查点(图 6 和图 7 中黄色十字丝表示为检查点)。本文方法和传统方法分别计算的结果精度见表 1。



图 6 本文方法自动提取的控制点分布
(黄色:检查点,蓝色:控制点)
Fig. 6 Control points generated by the new method
(the yellow are check points and the blue are control points)



图 7 传统方法选取的控制点分布
(黄色:检查点,蓝色:控制点)
Fig. 7 Control points selected manually
(the yellow are check points and the blue are control points)

表 1 纠正精度

Table 1 Rectification accuracy

选取方式	控制点最大 X 误差 /m	控制点最大 Y 误差 /m	控制点 X 方向中误差 /m	控制点 Y 方向中误差 /m	控制点位中误差 /m
自动选点	0.2961	0.3240	0.1756	0.1749	0.2479
人工交互选点	1.687	1.254	0.738	0.776	1.071

选取方式	检查点最大 X 误差 /m	检查点最大 Y 误差 /m	检查点 X 方向中误差 /m	检查点 Y 方向中误差 /m	检查点位中误差 /m
自动选点	0.2325	0.2448	0.1713	0.1531	0.2297
人工交互选点	2.741	2.653	1.491	1.793	2.332

对比计算结果我们发现,新方法结果的精度明显高于传统方法。分析其原因,在同样的严格几何纠正模型条件下,图像与 GIS 数据配准的误差主要来自控制点精度和数目^[14],本文提出的控制点获取方法,在匹配的过程中能够容忍一定的几何误差,而

在确定控制点时采用的是重心,重心坐标是多边形边界坐标的平均,在统计上它可以消除随机误差,而且可以达到子像素级精度;自动匹配的方法可以获取大量的控制点,这为高精度控制点的筛选提供了可能。另外,人工选择控制点工作量大,劳动强度

高,不适于选取大量的控制点,特别是图像范围比较大时。因此本文提出的方法在图像范围大、需要的控制点数目多时优势比较明显。

5 结 论

遥感影像与 GIS 数据配准是遥感应用、GIS 与遥感集成应用与分析过程中的基本处理。随着遥感、GIS 技术的发展和应用需求的增长,处理的数据量日益增加,对配准结果精度的要求也越来越高,传统的人工作业方式受到了挑战。本文提出了一套自动化的遥感图像与 GIS 数据配准的方法,该方法以面状地物的多边形区域为特征,利用图像与 GIS 数据之间的粗略变换关系引导图像面状地物特征提取,定义特征相似量控制图像特征自适应迭代提取;提出了一种由粗到细的特征匹配策略;利用计算的控制点解算图像严格几何变换模型参数时,通过剔除残差大的控制点,提高解的可靠性和精度,从而实现遥感影像与 GIS 数据自动高精度配准。整个处理过程中,只需要在开始时人工交互选定三对同名面状地物,其他工作全部由计算机自动处理完成,自动化程度高。实验结果表明,配准精度可以达到 0.5 个像素以内,方法是可行的,与传统方法相比具有明显的优势。

参 考 文 献 (References)

- [1] Li D R. Change Detection from Remote Sensing Images [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2003, **28** (Special Issue): 7—12. [李德仁. 利用遥感影像进行变化检测 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003, **28** (增刊): 7—12.]
- [2] Walter V, Fritsch D. Automated Revision of GIS Databases [A]. *Proceedings of the Eight ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems* [C]. Washington, 2000.
- [3] Georgios Mountrakis. Image-based Change Detection Using An Integrated Spatiotemporal Gazetteer [D]. The Graduate School, The University of Maine, August 2000.
- [4] Chen A Q, Zhang X D. Data Preparation and Operating Procedure of Satellite Image Fine Rectification by Applying GeoImager [J]. *Journal of Geomatics*, 2001, **2**: 17—21. [陈爱群, 张晓东. GeoImager 进行卫片几何精纠正的数据准备及作业流程 [J]. 测绘信息与工程 [J], 2001, **2**: 17—21.]
- [5] Abbasi-Dezfouli M, Freeman T G. Patch Registration for Matching SPOT Stereo Images [A]. *Proceedings of 7th Australasian Remote Sensing Conference* [C]. Melbourne, Australia, March, 1994.
- [6] Walter V, Fritsch D. Automatic Verification of GIS Data Using High Resolution Multispectral Data [A]. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* [C]. 2000, Vol 32, Part 3/1.
- [7] Heiner Hild, Norbert Haala, Dieter Fritsch. A Strategy for Automatic Image to Map Registration [A]. *APRS* [C], Vol 33, Amsterdam, 2000.
- [8] Lisa Gottesfeld Brown. A Survey of Image Registration Techniques [J]. *ACM Computing Surveys*, 1992, **24** (4): 315—376.
- [9] Besl P J, McKay P J. A Method for Registration of 3-D Shapes [J]. *IEEE Trans on Pattern Anal & Machine Intell*, 1992, **14** (2): 239—256.
- [10] Schickler W. Feature Matching for Outer Orientation of Single Images Using 3-D Wireframe Controlpoints [A]. *Proc ISPRS Congress Comm. Vol 3* [C], 1992.
- [11] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. *Digital Image Processing* Second Edition [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004. [冈萨雷斯. 数字图像处理 (第 2 版). 北京: 电子工业出版社, 2004.]
- [12] Standard Imagery Positional Accuracy. http://www.digitalglobe.com/product/standard_imagery.shtml, 2005.
- [13] Di K, Ma R, Li R. Rational Functions and Potential for Rigorous Sensor Model Recovery [J]. *PE&RS*, 2003, **69** (1): 33—41.
- [14] Downman I. Automating Image Registration and Absolute Orientation: Solutions and Problems [J]. *Photogrammetric Record*, 1998, **16** (91): 5—18.