

道路网信息投影匹配方法研究

郭黎¹ 李宏伟¹ 张泽建² 张斌¹

(1 信息工程大学地理空间信息学院,郑州市陇海中路 66 号,450052)

(2 71834 部队,郑州市,450199)

摘要:针对道路网要素特点,提出了基于投影的道路网信息几何匹配方法。根据线段斜率,对线段进行投影、分割,提取线要素特征点,将复杂的道路网匹配转化为特征点匹配,可解决复杂的多对多匹配。通过渐进式的匹配策略,逐步、快速缩小匹配范围,提高了匹配效率。通过实验合理地调整匹配阈值,减少漏匹配与误匹配,提高整体匹配准确率。结果表明,本算法效率高,可靠性好,符合应用需求。

关键词:道路网;几何匹配;投影;特征匹配;匹配策略

中图法分类号:P208

我国城乡道路的年平均变化率已经接近 20%,日新月异的城市建设使得人们出行越来越依赖于新的导航数据,而导航地图产品的现势性远不能满足日益增长的要求。因此,导航数据更新一直是近年来研究的热点技术,其中路网数据匹配技术则是其中的关键技术之一^[1-2]。本文针对道路这一线要素特点,研究道路网数据匹配的方法与策略。

道路数据的匹配,可归为线要素匹配,判断的依据有几何匹配、拓扑匹配、语义匹配^[3]等。其中,几何匹配是一种强条件匹配^[4],可以采用多种评判指标作为匹配依据,包括距离度量、形状相似度、位置邻近度、图形结构、方位关系相似度等^[5]。在实际的匹配工作中,往往需要综合运用多种匹配指标来进行实体匹配。匹配结果的实现,除了依赖于各种匹配指标,还需采用合适的匹配策略,如顺序匹配、双向匹配、并行匹配、渐进匹配等,以达到最高的匹配效率^[6-7]。

1 线段投影的基本原理

在匹配时,希望通过特征点来判断线段的匹配,而滤掉大量的节点。只要两条线的特征点能够匹配得较好,就可以认为两条线是匹配的。因此,算法的核心是特征点的提取与特征点的匹配。

本文主要采用基于斜率来投影的方法来解决特征点的提取与特征点的匹配。首先根据线段的斜率,对线段进行切割并投影,进而求取特征点,进行线段的匹配。

1.1 线分类

矢量线不论是直线、曲线,都是由一串串点构成的折线逼近的。不论比例尺的大小如何,明显的特征点一定是会保留的。只要两条线的特征点全部匹配,两条线就是匹配的。

为了能够方便地提取特征点,将要匹配的两条线按斜率进行分割:斜率 $k \geq 1$ 或 $k \leq -1$ 的线段作为第 1 类, $-1 < k < 1$ 的线段作为第 2 类。

1.2 线段特征点的提取

对所有的节点加以过滤,只提取能反映线要素形状、方向有明显变化的特征点。

1) 将构成线的节点坐标转换成 TD 坐标。 (x_0, y_0) 为首点坐标, (x_1, y_1) 为尾点坐标。转换公式为:

$$t = x_1 - x_0; d = y_1 - y_0$$

首尾点连线斜率的绝对值 ≤ 1 , 如图 1。或者: $t = y_1 - y_0; d = x_1 - x_0$; 首尾点连线斜率的绝对值 > 1 , 如图 2。

2) 舍掉一部分点,只保留明显的特征点。在这里只保留较明显的峰点和谷点,还有首尾点。具有如下性质之一的特征点被保留:① 如果 $t_1 <$

收稿日期:2013-03-21。

项目来源:国家自然科学基金资助项目(41001313, 41101362)。

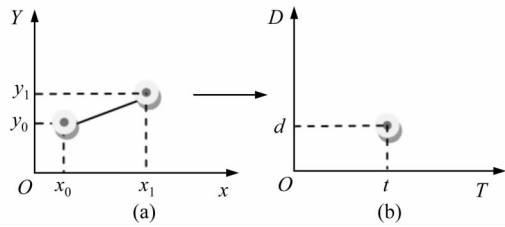


图1 TD坐标的转换1

Fig. 1 Coordinates Conversion 1

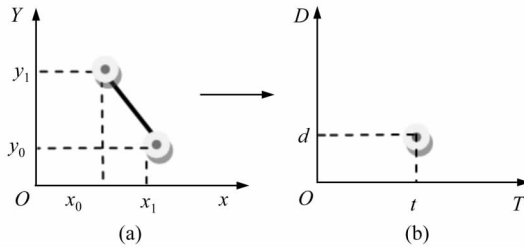


图2 TD坐标的转换2

Fig. 2 Coordinates Conversion 2

$t_0 < t_2, d_0 > d_1$, 且 $d_0 > d_2$, 如图 3(a)。② $t_1 < t_0 < t_2, d_0 < d_1$ 且 $d_0 < d_2$, 如图 3(b)。

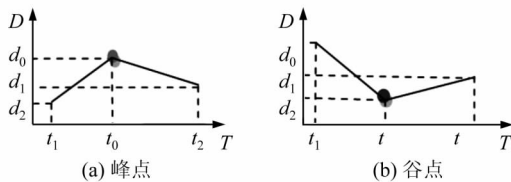


图3 特征点的选择

Fig. 3 Choice of Characteristic Point

图4中,点2、3、5、6、7是更为明显的峰点或谷点,需保留。点4、点8虽然也能取得峰点或谷点,但是不需保留。

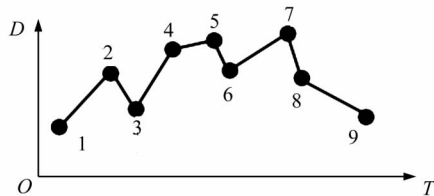


图4 特征点分类

Fig. 4 Characteristic Point Classification

1.3 线投影与裁剪

现实中需要匹配的线,往往首尾点并不一致,甚至存在很大的差异。为了能准确地进行同名线实体的匹配,需要在匹配之前裁剪两条线,使其首尾点一致。由于数字化时的方向可能不同,在裁剪前,需检查线的方向,保证匹配线方向的一致性。

对于第一类线段,按向 y 轴的投影线进行裁剪,并保证由起点到终点沿 y 方向递增;对于第二类线段,按向 x 轴的投影线进行裁剪,并保证由起点到终点沿 x 方向递增。其具体步骤如下(图5)。

- 1) 判断两条线在投影线上的投影是否有重合,若有,则往下执行。
- 2) 判断两线首点在投影线上投影点的坐标值大小,取较大值所对应的点。
- 3) 以过该点的垂直投影线的直线与另一条线的交点作为另一条线的首点,另一条线后面的结点和线结点数依次调整。

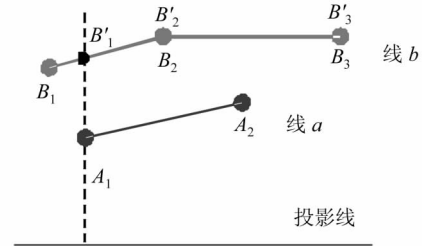


图5 线段投影与裁剪

Fig. 5 Line Projection and Cutting

尾点判断方法类似首点。

1.4 线切割

判断每条线相邻结点构成的线段的斜率,如果相邻线段斜率 k 满足: $k > 1$ 或 $k < -1$, 或者 $-1 < k < 1$, 则不进行切割,如图 6(a); 否则,在两段线间切割,分为两条线,如图 6(b)。

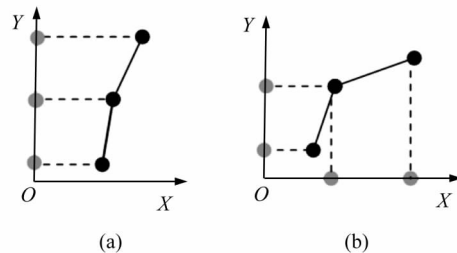


图6 线切割

Fig. 6 Line Cutting

2 空间线实体投影匹配策略

由于路网数据的数据量较为庞大,为了提高计算效率,可采用渐进式的匹配策略,即按照一定的步骤逐步执行不同的算法,快速剔除掉一批不匹配的对象,逐渐缩小匹配范围,最后采用精确的算法,精准地获得匹配结果。

结合上文所述的投影的基本原理,匹配算法

分以下几步进行。

1) 建立等间距的规则格网^[8]。根据目标数据中各道路结点所在的格网索引,快速获得目标数据中对应于这些格网的点集合,去除无关的点集,提高效率。

2) 建立线外接矩形判断空间两条曲线位置关系的大概情况,快速排除一部分不匹配的对象。

3) 求取切割后的各线的外接矩形,排除切割后不匹配的子线段。

4) 精确匹配,通过特征匹配判断两条曲线是完全匹配还是部分匹配,即区分同名线实体的相似度在整体和局部的不一致。

3 基于投影的空间线实体匹配算法

3.1 外接矩形匹配

匹配过程中,为了提高匹配的速度,消除误匹配,在匹配之前先进行匹配线外接矩形的判断,主要步骤如下。

- 1) 取一条原线数据,求取原线外接矩形。
- 2) 取一条待匹配线数据,求取该线外接矩形。
- 3) 判断两个线外接矩形是否相交,如果相交,则将两条线按斜率切割。否则返回,判读下一条匹配线数据。
- 4) 切割后的各线,求取外接矩形,判断是否相交。若相交,则进行特征匹配;否则,返回下一段匹配线外接矩形判断,直到所有段都处理完。

3.2 特征匹配

通过外接矩形的匹配后,对待匹配的子线段要进行更为精确的匹配——特征匹配。

- 1) 判断两条线段的投影线是平行 x 轴还是平行 y 轴。
- 2) 根据投影线的水平或竖直方向,对线的结点按 x 值或 y 值从小到大排序。投影线平行 x 轴按 y 值排序,否则按 x 值排序。
- 3) 根据投影线对线进行首尾点对应点的查找,得到线 1 和线 2,其长度相当。
- 4) 求取线 1 和线 2 的外接矩形;如果两个矩形相交,则认为外接矩形匹配通过。
- 5) 比较两个外接矩形的长和宽,如果长宽相差的数值在一定的阈值内,则外接矩形相似度匹配通过。
- 6) 求取两条线的首尾点和特征点。
- 7) 判断两条线首尾点偏离情况,偏离不大则认为匹配通过。

8) 如果首尾点位置偏差不大且有 $1/2$ (该值可修改)以上的特征点位置偏差不大,则认为特征点匹配通过。整个特征匹配的流程如图 7 所示。

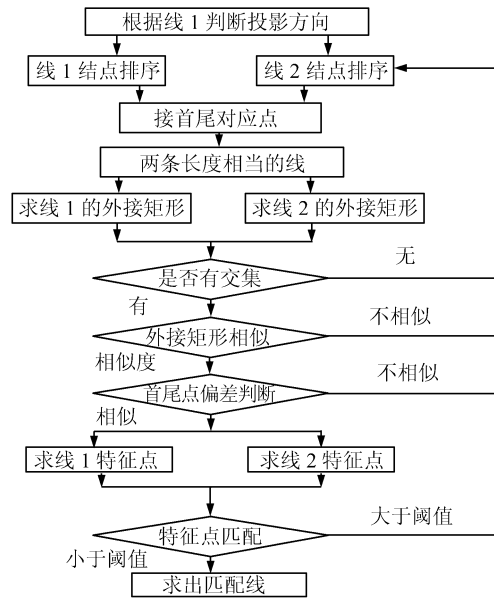


图 7 特征匹配流程

Fig. 7 Feature Matching Process

3.3 匹配结果的整合

大多数的匹配算法,需要分别考虑 $1:1, 1:n, m:n$ 等各种复杂的情况,而本算法将线切割后匹配,不需要区分这些情况。但由于线进行了切割,所以结果数据还要整合,否则会出现相邻线段间部分线段漏匹配的情况。所以在完成了匹配之后,还需要对匹配结果进行处理。

为了排除漏点的情况,需要比较匹配后的线是否是匹配时的相邻段,如果是而且两段线中间有点的话,中间的点一定也应该被匹配上,即在匹配时漏了点,需要把漏掉的点补上。

4 实验与分析

本文以 Microsoft Visual C++ 6.0 为平台,采用郑州地区两种来源的导航数据为实验数据。为观察方便,将数据重新设置显示颜色,并对算法进行了验证与分析,如图 8 所示。

基于投影的道路网信息几何匹配方法,在外接矩形匹配阶段和特征匹配阶段,分别设置了不同的匹配阈值参数:

```

int lextra;
//外接矩形匹配阶段线外接矩形长宽偏离度
double rectlike;
//特征匹配阶段线矩形长宽偏离度

```

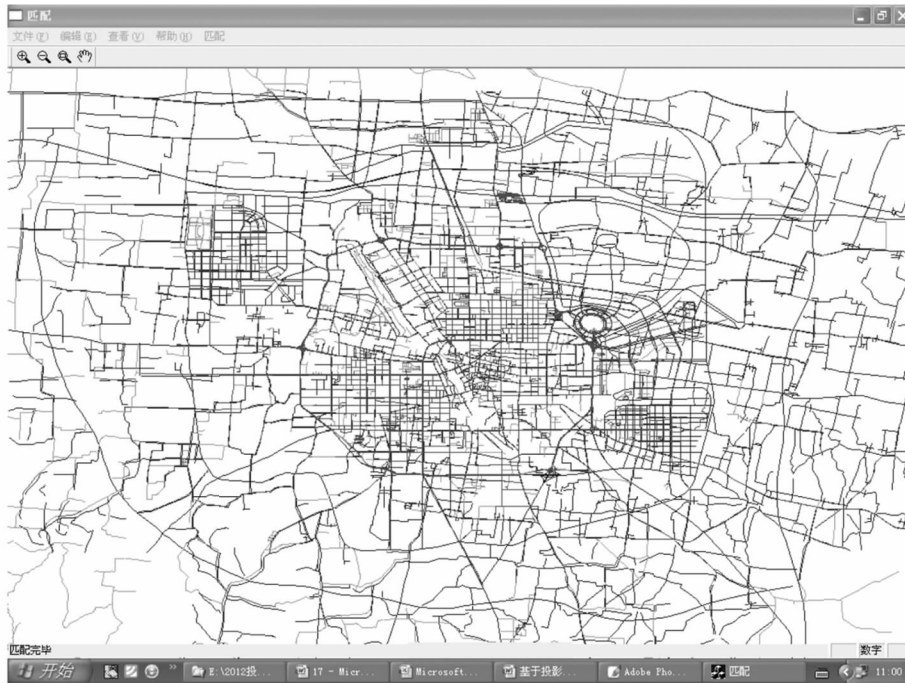


图8 匹配效果图

Fig. 8 Matching Effect Picture

double lptLike;

//特征匹配阶段线首尾点偏离度

为计算方便,算法将原始坐标放大 1 000 000 倍后进行计算,lextra 主要用于控制线切割前的匹配设置,通过线的外接矩形大小起到快速排除掉一部分不匹配的对象,阈值过大,起不到加速计算的目的;阈值过小,则会将应匹配的对象过滤掉。rectlike 和 lptLike 的设置主要用于特征匹配时,控制线切割后的匹配参数,阈值取得大时,会减少漏匹配,但会带来误匹配;反之,阈值取得小

时,误匹配小,但漏匹配大。

算法对于接近水平或垂直方向的道路匹配准确率极高,对于斜率接近正负 1 附近的道路线段,调整首尾偏离度参数,也能达到很好的匹配效果。

当 lextra 值为 10 000 时;rectlike 值为 1 500 时,调整首尾偏离度值,匹配结果如表 1,当 lptLike=400 时,误匹配虽小,但漏匹配太高;当 lptLike=2 300 时,漏匹配虽小,但误匹配太高;当 lptLike=1 500 时,漏匹配与误匹配都能降低到一个合理的值,匹配正确率达到最高。

表 1 匹配参数调整

Tab. 1 Matching Parameter Adjustment

lptLike 值	400	800	1 000	1 300	lpt Like 值	1 500	1 800	2 000	2 300
误匹配/%	1	1.3	1.5	1.8	误匹配/%	2	3.2	8	13
漏匹配/%	27	12.9	9.6	4.8	漏匹配/%	1.6	1.4	1	0.5
匹配正确率/%	72	85.8	88.9	93.4	匹配正确率/%	96.4	95.4	91	86.5

1) 匹配效率较高,算法利用两步外接矩形匹配判断直线的位置关系,可以省去大量不相似的实体间的判断,所以匹配速度较快,可以用于处理大批量的地图数据。

2) 匹配正确率较高,由于将直线按投影方向分割成子段进行匹配,即使是多对多的匹配难题,也能将匹配子线段准确无误地找出,很自然地解决了多对一、多对多匹配的难题,经过试验验证,匹配准确率极高。

3) lptLike 值的设定,决定整个数据集的匹配准确率,设定时可选取一些有代表性的道路,调

整 lptLike 值,观察其匹配效果,确定 lptLike 值。

完全匹配上的路网数据,说明其几何数据未发生变化,需进一步检测、比较其属性数据,如有变化,则抽取其变化的属性项,更新到融合后的数据中;部分匹配上的路网数据,说明原有道路局部发生了变化,则保留旧版本数据集中未变化的几何数据,从新版数据中抽取变化的几何数据,同时,比较并更新其属性数据;旧版本中没有,新版本中增加的数据,为新增的路网数据,则将新版本增加的几何与属性数据同时更新到融合后的数据中;旧版本中存在,新版本中消失的数据,为删除

道路,则将旧版本中相应的几何与属性数据删除。

参 考 文 献

- [1] Quddus M A, Ochieng W Y, Noland R B. Map Matching Algorithms for Intelligent Transport Systems Applications[C]. The 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, London, 2006
- [2] Stigmar H. Matching Route Data and Topographic Data in a Real-time Environment [C]. The 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, Stockholm, 2005
- [3] 张桥平,李德仁,龚健雅. 地图合并技术[J]. 测绘通报,2001(7):6-8
- [4] 安晓亚,孙群,尉伯虎. 利用相似性度量的不同比例

尺地图数据网状要素匹配算法[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2012,37(2):224-228

- [5] 徐枫,邓敏,赵彬彬,等. 空间目标匹配方法的应用分析[J]. 地球信息科学学报,2009,11(5):657-663
- [6] 郭黎. 多源地理空间矢量数据融合理论与方法研究[D]. 郑州:信息工程大学,2008
- [7] 赵彬彬,邓敏,徐震,等. 多尺度地图面目标匹配的统一规则研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2001,36(8):991-994
- [8] 陈玉敏,龚健雅,史文中. 多尺度道路网的距离匹配算法研究[J]. 测绘学报,2007,36(2):84-90

第一作者简介:郭黎,讲师。现从事空间数据集成与融合、GIS 开发与应用研究。

E-mail:gl_750312@163.com

Geometry Matching Method for Transportation Road Network Data Based on Projection

GUO Li¹ LI Hongwei¹ ZHANG Zejian² ZHANG Bin¹

(1 Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University,

66 Middle Longhai Road, Zhengzhou 450052, China)

(2 71834 Troops, Zhengzhou 450199, China)

Abstract: This paper puts forward a geometry matching method for transportation road network data based on projection. Characteristic points can be extracted from lines by projection and segmentation, so complex matching of road networks is converted into a characteristic point matching problem. An incremental matching strategy was designed, that narrows the range of matching and improves matching efficiency. A proper matching threshold can not only reduce leakage match and mismatch but also improves matching accuracy. Experimental results show that this method can obtain a higher correct matching rate that meets application requirements.

Key words: transportation road network; geometry matching; projection; characteristic matching; matching strategy

About the first author: GUO Li, lecturer. Her major research areas include spatial data integration, GIS analysis and application.

E-mail: gl_750312@163.com