

多尺度地图的水系面目标与线目标匹配方法与实验

赵彬彬^{1,2}, 邓 敏¹, 刘慧敏¹, 徐 震¹

(1. 中南大学 测绘与国土信息工程系, 长沙 410083; 2. 长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410004)

摘要: 目标匹配是实现多比例尺地图数据变化探测和更新的一个关键技术,它是依据几何、拓扑、语义等来进行判断的。同一地物在多比例尺地图中表达方式各异,甚至差异很大,可将较大比例尺面目标与较小比例尺线目标间的匹配模式归纳为6种:1:0、1:1、0:1、1:M、N:1和N:M。本文通过计算较小比例尺线目标的最小约束矩形(简记为MBR),并对与该MBR交集非空的较大比例尺面目标进行分析判断,进而构建候选匹配集。在分析各匹配模式特点的基础上,通过提取较大比例尺面目标的中轴线并将其与较小比例尺线目标比较,建立相应判断规则,提出了一套较为完整的适用于多尺度矢量空间面目标与线目标之间的几何匹配解决方案。实验结果表明,本文所提方法是有效实用的。

关键词: 目标匹配;多尺度地图;规则;地图更新

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00361

1 引言

匹配技术主要用于计算机视觉、模式识别、图像分析与理解等领域中^[1-2]。随着匹配技术的不断发展,其应用范围日渐扩大。例如,在多源空间数据集成(或融合)中采用匹配技术主要是用来解决不同来源空间数据间的不一致性问题^[3],服务于多源数据信息互补,数据质量改善及数据应用范围扩展。随后,在空间数据质量改善和评价^[4-5]、多尺度空间数据库的维护和更新^[6-7]、导航^[8]等方面亦得以应用。

目标匹配指对空间目标几何、拓扑和语义进行相似性度量,识别出同一地区不同来源不同比例尺的地图数据库中同一地物(集),从而建立两个地图数据库中同名目标间的联接,以及探测不同数据集间的差异或变化。目前,国内外学者们的研究工作主要集中在相同或相近比例尺地图之间的空间目标匹配,并用于地图数据合并(或集成)。而在地图数据更新中,一个非常有前景的更新方案是利用已更新的较大比例尺地图数据去更新较小比例尺地图数据,其中主要涉及两个不同比例尺的地图目标

匹配,但在这方面的研究相对还很少^[9],主要原因在于多比例尺地图目标匹配较为复杂,在匹配的过程中可能同时涉及到空间目标间的几何差异、拓扑差异和语义差异,甚至需要综合考虑它们。为此,本文主要探讨不同比例尺(简称多尺度)地图空间目标间匹配问题,建立多尺度地图空间目标间匹配的统一规则。

2 多尺度地图空间目标匹配的方法

从目标匹配过程中采用的判别准则来看,空间目标匹配主要是以空间目标的几何、拓扑或语义约束来进行的,相应的匹配方法有几何匹配、拓扑匹配和语义匹配。从匹配候选空间目标的类型来看,可有(按较大比例尺到较小比例尺对应)点与点、线与点、面与点、线与线、面与线和面与面共6种类型。另针对每种类型,还可以进行更详细的划分,例如,面与面匹配类型可以细分为:单个面与单个面、面群与单个面、面群与面群3种。本文主要探讨多尺度地图空间面目标与线目标的匹配判定规则,详细分析了多尺度地图上目标与线目标(以

收稿日期: 2011-02-23; **修回日期:** 2011-03-22.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871180);现代工程测量国家测绘局重点实验室开放基金项目(TJES0801);东华理工大学江西省数字国土重点实验室开放基金项目(DLLJ201114)。

作者简介: 赵彬彬(1980-),男,汉族,讲师,博士研究生,主要从事空间关系理论及在空间数据库更新中的应用研究。

E-mail: zbbssir@163.com

河流为例)的匹配对应关系,即匹配类型。

河流和道路两者有一个共性,即同一条河流(或道路)对象在大比例尺地图上多呈条带状的面目标,在中比例尺地图上可能部分呈面状,部分呈线状,在小比例尺地图上则可能表达为线目标。如图 1(a)表达的是较大比例尺地图中的面状河流与其支流,支流曲折明显,且随水面宽度变化表达详

细程度不同;图 1(b)表达的是中比例尺地图中的同一河流,其支流的曲折、宽度等不如图 1(a)表达的详细;图 1(c)为同一河流在较小比例尺地图中的表达,其支流的表达不再是面状,而是线状。此时,若将图 1(a)的支流与图 1(c)的支流进行匹配,则属于面目标与线目标之间的匹配(类似情形亦出现于道路地物匹配中)。

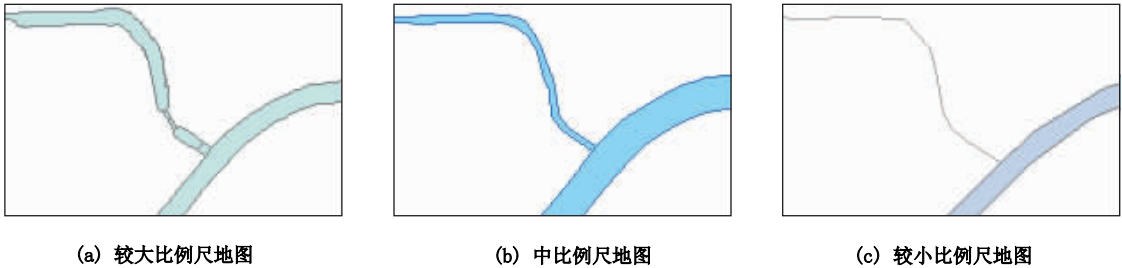


图 1 河流在不同比例尺地图中的不同表达
Fig. 1 Different representation modes for rivers in maps of different scales

由于地物实际变化和制图综合影响,较大(小)比例尺地图面(线)目标可能无对应较小(大)比例尺地图线(面)目标与之匹配,同时,考虑到较大比例尺面目标和较小比例尺线目标匹配对所包含的目标个数的差异,因此,理论上面目标与线目标匹配可分为 1 : 0、1 : 1、0 : 1、1 : M、N : 1 和 N : M 共 6 种不同匹配模式,如表 1。这 6 种匹配模式不仅反映了不同时段地面目标数目的变化,也表达了制图综合操作中较大比例尺地图目标和较小比例尺地图目标之间的对应关系。下面详细叙述不同模式的多尺度面目标匹配过程。

表 1 多尺度地图水系面目标与线目标匹配模式
Tab. 1 Matching mode for area objects and line objects of river system between multi-scale maps

匹配模式	较大比例尺	较小比例尺
1 : 0		
1 : 1		
0 : 1		
1 : M		
N : 1		
N : M		

3 面目标与线目标匹配过程及模式的判断规则

为了统一不同来源不同比例尺数据的坐标系并去除粗差^[10],匹配前需根据实际情况对待匹配数据进行预处理,然后将较大比例尺数据和较小比例尺数据叠置,准备构建候选匹配集。如图 2,以地图更新为例,将已更新较大比例尺地图中的面目标集记为 $A\{\cdot\}$ (如图 2(a)中的目标 1 和 2),待更新较小比例尺地图中的线目标集记为集合 $L\{\cdot\}$ (如图 2(b)中的目标 1 和 2),设集合 $\Omega\{\cdot\}$ 、 $\Phi\{\cdot\}$ 分别表示存在匹配对应关系的较大比例尺面目标集合和较小比例尺线目标集合。如图 2, $\Omega\{\cdot\}$ 取值为图 2(a)中的目标 1;而 $\Phi\{\cdot\}$ 则取值为图 2(b)中的目标 1 和 2。 $CandA\{\cdot\}$ 、 $CandL\{\cdot\}$ 分别表示较大比例尺目标中的候选匹配集和较小比例尺目标中的候选匹配集,两者的取值分别为图 2(a)中的目标 1,以及图 2(b)中的目标 1 和 2。

具体的,匹配过程:

- (1) 清空集合 $\Omega\{\cdot\}$ 、 $\Phi\{\cdot\}$ 、 $CandA\{\cdot\}$ 和 $CandL\{\cdot\}$,从集合 $L\{\cdot\}$ 中取一线目标 l_j ,将 l_j 加入集合 $\Phi\{\cdot\}$ 中。
- (2) 获取集合 $\Phi\{\cdot\}$ 中新增线目标 l_j 的最小外接矩形(简称 MBR),将与该 MBR 相交的集合 $A\{\cdot\}$ 中的面目标加入到集合 $CandA\{\cdot\}$ 中,从而构建线目标 l_j 的候选匹配集 $CandA\{\cdot\}$ 。

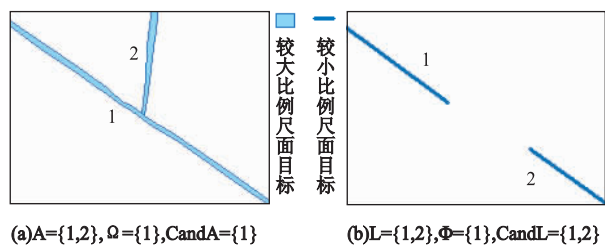


图 2 面目标与线目标匹配中各集合构成

Fig. 2 Matching process between area and line objects

假设 $Card\{\cdot\}$ 为求集合元素数的函数,令 $Card(\Omega)=N, Card(\Phi)=M$,若 $Card(CandA)=0$,则采用如下规则对匹配模式 (T_M) 进行判断并确定匹配目标对 (M_O)。

规则 A:若 $N=0$ 且 $M=1$,则 T_M 为 $0:1, M_O$ 为 $\Phi:l_j$;若 $Card(CandA) \neq 0$,则遍历集合 $CandA$,将其中所有与 l_j 相交的 a_k 加入集合 $\Omega\{\cdot\}$ 中。

(3)遍历集合 $\Omega\{\cdot\}$ 中的面目标 A_m ,求面目标 A_m 的主轴中心线方向,若该中心线方向与线目标 l_j 的方向差值小于阈值 ϵ_{Dir} ,则获取 A_m 的 MBR,将集合 $L\{\cdot\}$ 中与该 MBR 相交的线目标加入集合 $CandL\{\cdot\}$ 中,以此构建 A_m 的候选匹配集 $CandL\{\cdot\}$ 。遍历集合 $CandL\{\cdot\}$ 中的线目标 l_n ,判断 A_m 与 l_n 是否相交,若相交,且 $l_n \notin \Phi\{\cdot\}$,则将 l_n 加入到集合 $\Phi\{\cdot\}$ 中。

(4)重复步骤(2),遍历集合 $\Phi\{\cdot\}$ 中的新增线目标,

规则 B:若 $N=1$ 且 $M=1$,则 T_M 为 $1:1, M_O$ 为 $a_k:l_j$;

规则 C:若 $N=1$ 且 $M>1$,则 T_M 为 $1:M, M_O$ 为 $a_k:\Phi\{\cdot\}$;

规则 D:若 $N>1$ 且 $M=1$,又 $\Phi\{\cdot\}$ 中线目标的长度与 $\Omega\{\cdot\}$ 中各面目标中心线长度之和的差值小于阈值,则集合 Ω 和 Φ 之间的匹配模式 T_M 为 $N:1$,匹配目标对 M_O 为 $\Omega\{\cdot\}:\Phi\{\cdot\}$,否则, Ω 和 Φ 之间为 $1:1$ 的匹配对应关系, M_O 为 $A_{max}:l_j$ (A_{max} 为集合 $\Omega\{\cdot\}$ 中主轴中心线长度与 l_j 差异最小的面目标),如图 3。

规则 E:若 $N>1$ 且 $M>1$,则集合 Ω 和 Φ 之间 T_M 为 $N:M, M_O$ 为 $\Omega\{\cdot\}:\Phi\{\cdot\}$ 。

(5)重复(1),直到遍历集合 $L\{\cdot\}$ 中的每个较小比例尺线目标为止。最后,较大比例尺地图中未配对的面目标 T_M 为 $1:0, M_O$ 为 $a_k:\Phi$ (说明:目前对面目标的中轴线的提取方法的研究已有很

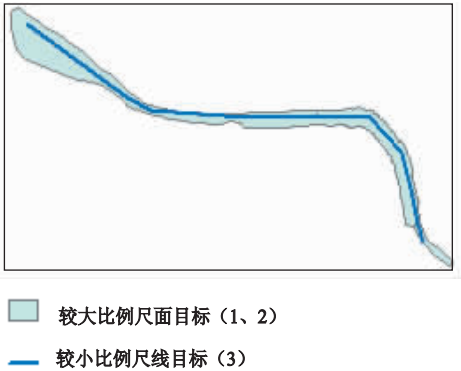


图 3 规则 D

Fig. 3 The rule D

多^[11],算法亦相当完善,整个匹配过程中,按照生成 Delaunay 三角网的骨架线^[12]的方法提取狭长面目标的中轴线,从而实现较大比例尺地图狭长面目标中心线与较小比例尺地图线目标长度、方向等的比较),如图 4。

4 多尺度地图目标的匹配实验及结果分析

为了检验上述不同比例尺地图中面目标与线目标之间匹配方法的有效性,现以两种不同比例尺 ($1:10\,000$ 和 $1:50\,000$) 的水系数据进行实验,如图 5(a)和(b)分别为实验区 $1:10\,000$ 面状水系目标和 $1:50\,000$ 线状水系目标数据。 $1:10\,000$ 地图数据中共有 67 个面目标, $1:50\,000$ 地图数据中共 15 个线目标。

利用计算机程序按照上述流程(如图 3)对两种不同比例尺的面目标和线目标进行匹配,结果如表 3,经

表 3 $1:10\,000$ 面目标与 $1:50\,000$ 线目标匹配实验结果统计

Tab. 3 Matching results of area object ($1:10\,000$) and line object ($1:50\,000$)

匹配模式	$1:10\,000-1:50\,000$		
	固有数	匹配数	准确率(%)
$1:0$	64	64	100
$1:1$	0	0	100
$0:1$	2	2	100
$1:M$	1	1	100
$N:1$	0	0	100
$N:M$	1	1	100

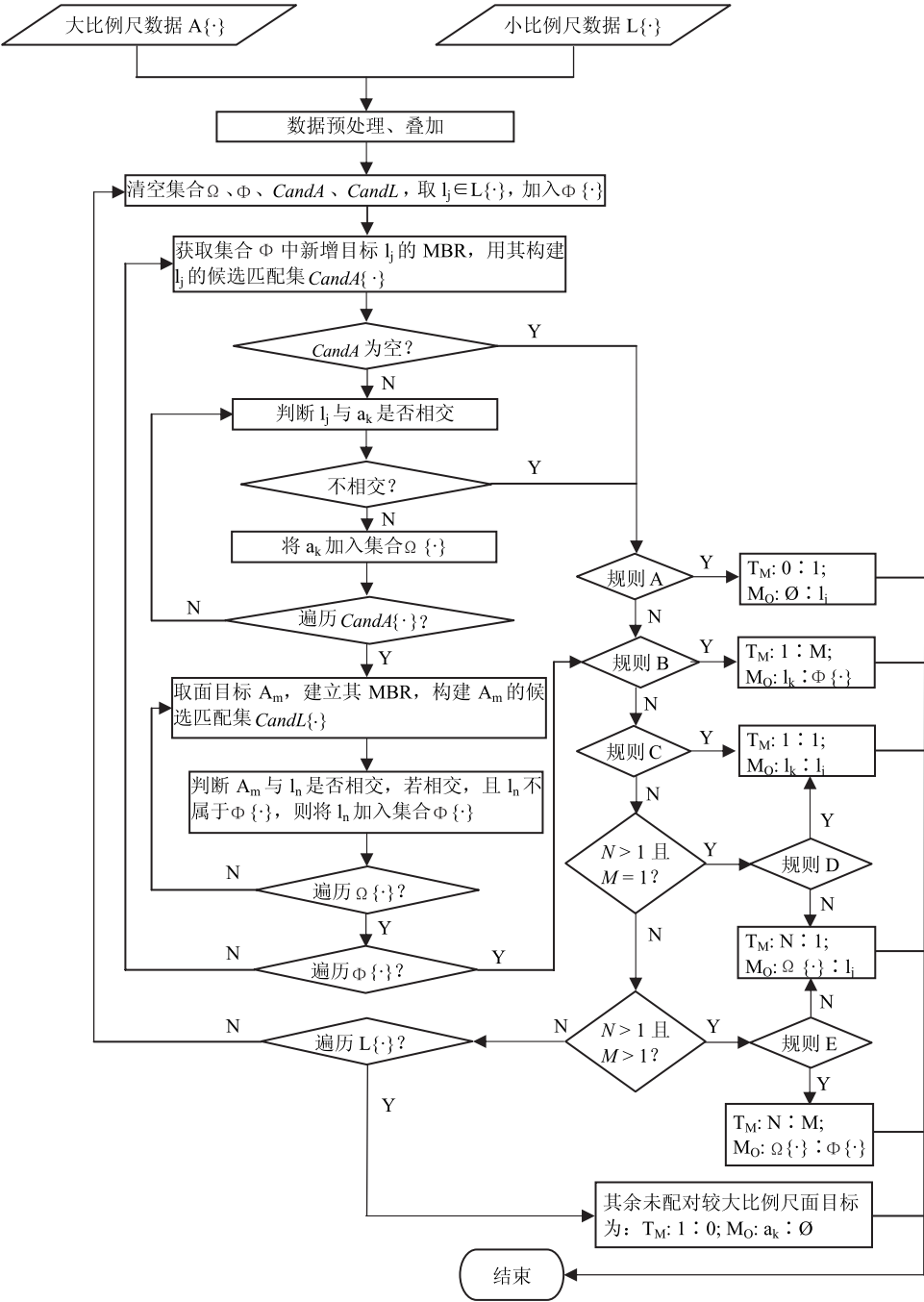


图 4 面目标与线目标匹配流程图

Fig. 4 Flow chart for matching between area and line objects

比对判断,从匹配结果来看,效果良好,未出现错匹配和漏匹配现象。即建立了该实验区中两种不同相不同比例尺地图同名目标(1 : 10 000 面目标与 1 : 50 000 线目标)之间的对应关系,亦证明了上述匹配方法对较大比例尺地图面目标和较小比例尺地图线目标进行匹配的可靠性和有效性。

由匹配实验结果统计可以看出(如表 3),该实

验区中只包含了 1 : 0、0 : 1、1 : M 和 N : M 这 4 种模式的匹配目标对,其他 2 种模式(即 1 : 1 和 N : 1)未出现。各匹配模式的目标对分别如下:

- 1 : 10 000 比例尺地图中有 64 个面目标无对应的 1 : 50 000 比例尺线目标,为 1 : 0 匹配模式;
- 1 : 50 000 比例尺地图中有 2 个线目标无对应的 1 : 10 000 比例尺面目标,为 0 : 1 匹配模式;



(a) 1 : 10 000 面目标



(b) 1 : 50 000 线目标

图 5 1 : 10 000 面目标与 1 : 50 000 线目标匹配实验

Fig. 5 The matching between area object (1 : 10 000) and line object (1 : 50 000)

• 1 : 10 000 比例尺地图中有 1 个面目标与 6 个 1 : 50 000 比例尺线目标对应,为 1 : M 匹配模式;

• 1 : 10 000 比例尺地图中有 2 个面目标与 7 个 1 : 50 000 比例尺线目标对应,为 N : M 匹配模式。

总体而言,上述方法取得了很好的匹配准确率,但亦存在不足。例如,由于可获得的数据有限,实验中未能出现 1 : 1 和 N : 1 这 2 种模式的匹配目标对,故表 3 中此 2 种模式的匹配准确率有待进一步考察。

5 结论

目标匹配是实现多尺度地图数据合并、持续更新^[13]的关键环节和重要内容之一,其目的是利用已更新的较大比例尺地图数据更新较小比例尺地图数据,最终达到在不同比例尺地图数据间传播变化,实现快速更新的目的。就狭长面状地物而言,在较大比例尺和较小比例尺地图中分别表达为面目标和线目标时,两者间的匹配模式共有 1 : 0、1 : 1、0 : 1、1 : M、N : 1 和 N : M 等 6 种。为了对诸多匹配模式进行较为系统地研究,本文由较小比例尺地图中的线目标出发,基于其 MBR 构建候选匹配集,通过分析各匹配模式的特点及候选匹配集中面目标的特征,进而建立不同匹配模式的判断依据,提出了较为完整、统一的适用于狭长面状地物的匹配规则。实验表明,上述规则能够很好地用于多尺度地图中面目标与线目标之间的匹配,为进一步进行变化探测及多尺度地图更新提供了技术方法基础。

参考文献:

[1] Amit Y, Geman D, Fan X. A Coarse-to-fine Strategy for Multi-class Shape Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26

(12): 1606 - 1621.

[2] 于家城,陈家斌,晏磊,等. 图像匹配在海底地图匹配中的应用[J]. 北京大学学报·自然科学版,2007,43(6): 733 - 737.

[3] 郭伦,张毅. 分布式多数据库系统集成技术[J]. 地理学与国土研究,2002,18(1): 6 - 10.

[4] Goodchild M F, Hunter G. A Simple Positional Accuracy Measure for Linear Features[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1997, 11(3): 297 - 306.

[5] Duckham M, Worboy F. An Algebraic Approach to Automated Information Fusion[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005, 19(5): 537 - 557.

[6] Badard T. On the Automatic Retrieval of Updates in Geographic Databases Based on Geographic Data Matching Tools[C]. Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, Ottawa, Canada, 1999, 47 - 56.

[7] Anders K H, Bobrich J. MRDB Approach for Automatic Incremental Update[C]. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Leicester, England, 2004.

[8] Quddus M A, Ochieng W Y, Noland R B. Map Matching Algorithms for Intelligent Transport Systems Applications[C]. Proceedings of the 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, London, 2006.

[9] 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.

[10] Masuyama A. Methods for Detecting Apparent Differences between Spatial Tessellations at Different Time Points[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2006, 20(6): 633 - 648.

[11] 艾廷华,郭仁忠,陈晓东. Delaunay 三角网支持下的多边形化简与合并[J]. 中国图象图形学报,2001,6(7): 703 - 709.

[12] Bader M, Weibel R. Detecting and Resolving Size and Proximity Conflicts in the Generalization of Polygonal

Map[C]. Proceedings of the 18th ICC, Stockholm, Sweden, 1997, 1525 – 1532.

[13] 陈军, 蒋捷, 李志林, 等. 基础地理数据库的持续更新问题[J]. 地理信息世界, 2004, 2(5): 1 – 5.

An Approach to Matching Area Objects and Line Objects of River System in Multi-scale Maps

ZHAO Binbin^{1, 2}, DENG Min¹, LIU Huimin¹, XU Zhen¹

(1. *Department of Surveying and Geo-informatics, Central South University, Changsha 410083, China;*

2. *School of Communication and Transportation Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410004, China*)

Abstract: As spatial data is becoming abundant, improving of both the reuse and the quality of existing spatial data has been more concerned than ever. So it is urgent to develop approaches for spatial data integrating and updating, and object matching has becoming one of the productive solutions for data integrating and updating between multi-scale maps. It bases on the similarity of geometry, topology and semantics between multi-scale objects. In real world, objects, such as rivers, roads and houses, etc, have many kinds of features. These features can be classified into three categories, i. e. areal features, line features and point features. Meanwhile, there are three corresponding representations in maps, i. e. area objects, line objects and point objects, respectively. Generally, different features have different representations in a map. Besides, a feature can be represented in two different ways in maps with different scales, this mostly happens to some extraordinary features. Long-narrow regional features, such as a river, it could be a thin narrow object in a large scale map, it also could be represented as a line object in a smaller scale map. In view of there are six possible permutations and combinations between different types of objects (i. e. area object, line object and point object), the matching methods based on object types can be further referred as (from larger-scale to smaller-scale) point to point, line to point, region to point, line to line, region to line and region to region matching. This paper focuses on one of these methods, i. e. region to line matching. During the process of object matching, by taking difference of the quantity between both sides of matched pairs into account, there are probably six matching mapping relations between area objects and line objects from a larger-scale map and a smaller-scale one, respectively, namely $1:0$, $1:1$, $0:1$, $1:M$, $N:1$ and $N:M$. Therefore, in this paper a common geometric matching solution is proposed for matching area objects and line objects between multi-scale maps. This method constructs candidate matching set by taking all larger-scale area objects into account, which have an intersection with the minimum bounding rectangle (MBR) of a smaller-scale line object. Usually, a buffer is used to search matching candidates, but in this paper, in order to avoid buffer distance choosing, that is done by using minimum bounding rectangle in stead. After analyzing the characteristics of all matching modes, by comparing the central axis line of larger-scale region and smaller-scale line, the corresponding rules are made to identify six matching mapping relations mentioned above from each other. At the end of this paper, a matching test has been done on sample data from two maps of different scales. It is also shown from experiment results that these rules work properly.

Key words: object matching; multi-scale maps; rules; map updating