引文格式：林源,张永贵,郑翔. 利用缓冲区优化的城市道路匹配方法研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(3): 112-116. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.03.023

利用缓冲区优化的城市道路匹配方法研究

林　源，张永贵，郑　翔
（福建省测绘院，福建 福州 350003）

摘　要：为提升城市道路多源数据匹配效率与精度，提出了一种基于缓冲区优化的城市道路匹配方法。以相似度、长度差、长度差占比为主参数，以Fréchet距离和平均线向量余弦相似度为辅助参数，构建主控+预警的组合判定体系，并通过聚类分析与人工复核相结合的方式确定参数阈值；再采用双向比对策略，实现道路匹配自动分类与差异筛选。在福州实验区的应用表明，该方法能有效识别各类匹配关系，显著减少人工核查量，提高匹配查全率，具备较强的推广性，可为城市道路数据更新、智能交通系统构建提供有力支撑。

关键词：城市道路匹配；缓冲区分析；形态相似度；Fréchet距离；自动化比对
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）03-0112-05

Research on Urban Road Matching Method Based on Buffer Zone Optimization

LIN Yuan, ZHANG Yonggui, ZHENG Xiang
(Fujian Surveying and Mapping Institute, Fuzhou 350003, China)

Abstract: To improve the efficiency and accuracy of multi-source urban road data matching, we proposed an urban road matching method based on buffer zone optimization. Taking similarity, length difference, and length difference ratio as primary parameters, and Fréchet distance and average directional vector cosine similarity as auxiliary parameters, we constructed a combined decision system of primary control and anomaly early warning, and determined parameter thresholds through clustering analysis and manual verification. Then, we adopted a bidirectional matching strategy to enable automatic classification and discrepancy screening. Practical application in Fuzhou experimental area shows that the method can effectively identify various types of matching relationships, significantly reduce manual verification workload, improve the recall rate of matching, and has strong scalability, which provides solid support for urban road data update and the intelligent transportation system construction.

Key words: urban road matching, buffer zone analysis, shape similarity, Fréchet distance, automated comparison

随着城市化进程的加快和智能交通系统的快速发展，城市道路数据的多源化和高频率更新需求日益显著。城市道路数据通常来源于传统测绘数据、遥感影像、GPS轨迹、车载传感器等渠道，在坐标系、精度、更新频率等方面存在显著差异。如何高效、精准地匹配多源道路数据，是地理信息系统和智能交通领域的重要研究课题[1-2]。目前城市道路数据主要包括传统基础测绘成果和新型城市监测数据两大类，其中1∶10 000数字线划图（DLG）具有数据结构严谨、要素分类清晰、覆盖范围广等特点，常用于地图制图、政务管理等领域，但更新周期较长，难以及时反映城市道路的微观变化[3-4]；城市国土空间监测数据则注重现势性和城市治理需求，尤其在反映新增道路、调整道路走向等方面具有较强的时效性与补充价值[5-6]。将两类数据进行融合比对，能在保证规范性的同时提升更新效率，是城市道路数据更新的重要方向。然而，现有道路匹配更新方法在面对复杂城市环境时，往往存在匹配精度不足、误匹配率高、内业比对工作量大等问题[7-9]；特别是在道路拓扑结构复杂、数据质量不一致的情况下，人工内业比对方法不仅耗时耗力，还易因人为疏忽导致遗漏或错误[10-13]。因此，探索一种高效、精准的道路匹配方法具有重要的理论意义和实际应用价值。本文以DLG和监测数据为基础数据源，快速识别同名或相近道路在空间位置、走向与形态上的一致性或差异性，为DLG城市道路数据的高效更新提供技术支撑。

1　匹配参数体系与判定机制

1.1　总体思路

为解决现有方法在精度、效率与适用性方面的不

项目来源：福建省自然资源科技创新资助项目（KY-100000-04-2024-017）。
第一作者简介：林源（1986—），本科，高级工程师，主要从事测绘地理信息领域的技术研究及成果应用等工作，E-mail：285683413@qq.com。

足，本文提出了一种缓冲区分析+参数判定+人机协同的道路匹配方法。以构建缓冲区、判定主参数、引入辅助参数为核心步骤，采用双向比对策略（DLG对监测数据的正向匹配与监测数据对DLG的反向匹配），利用主参数（相似度、长度差、长度差占比）对道路匹配关系进行自动筛选，同时通过辅助参数（Fréchet距离、平均线向量余弦相似度）校验走势的合理性和异常预警。输出匹配结果和差异类型，并通过机器筛选+人工核实的方式生成道路更新清单，大幅提升更新效率与成果质量。

1.2　匹配参数分类与作用

为科学设定主参数与辅助参数的阈值，首先基于大量典型样本开展聚类分析与回归分析，初步获得各参数的推荐区间；然后在初始阈值邻域内，结合实际匹配结果对样本进行人工复核，并分析匹配误差的分布特征；最后通过多轮迭代修正和试验调整，确定各参数的经验性最优阈值。

1）主参数。本文选取相似度、长度差和长度差占比作为主参数。相似度（Similarity）是指监测数据道路（道路B）落入DLG道路（道路A）缓冲区部分的长度占其总长度的比例，反映两条道路空间位置的一致程度。值越高，表示道路在地理位置上的相似性越强，是判断“是否为同一条道路”的首要指标。实验证明，当Similarity≥ 70%时，匹配结果具有较高的可信度。长度差（Length_DIFF）是指匹配的两条道路之间的绝对长度差值。通常当Length_DIFF< 100 m时，可认定为道路长度基本一致。长度差占比（Length_DIFF_PERCENT）是指Length_DIFF占其道路总长度的百分比，反映道路长度差异的相对程度，避免因道路本身长度不同而导致误判。当该值小于10%时，可进一步增强道路匹配结果的鲁棒性。3个主参数共同构成判断道路是否完全匹配的核心依据，同时满足这3项条件的道路在空间位置与形态长度上基本能保持高度一致。

2）辅助参数。为增强对局部道路形态差异的识别能力，引入两项辅助参数，从几何形态与走向一致性角度对匹配结果进行趋势判定与差异预警。Fréchet距离（Fréchet_distance）是衡量两条曲线整体形态差异的经典指标，可类比为“一个人遛狗”场景：人和狗分别沿着两条路径行走，始终由一根牵引绳连接，绳长的最小值即为Fréchet_distance。该指标兼顾整体路径与局部拐点特征，数值越小，表示形态越接近[14-15]。本文中将Fréchet_distanc作为形态一致性的补充判据，经过多个区域数据的验证，若Fréchet_distance> 200 m，则道路走势大概率存在差异。其作用已实质性地参与到匹配结果的分类细化中，用于辅助识别形态异常、提升匹配分类的准确率。平均线向量余弦相似度（Vector_similarity）将道路视为由一系列方向向量构成的轨迹，计算其平均方向后，评估两条道路走向的一致程度。该指标的取值范围为0~1，越接近1表示走向越一致。实验证明，当Vector_similarity< 0.85 时，道路走向有可能存在差异[16]。该参数主要用于辅助识别走向性错误，提升人工筛查效率；与主参数协同使用，使人工核查的方向更具针对性。

2　城市道路匹配方法实现

2.1　匹配流程设计

本文构建了一套完整的匹配实现机制，涵盖数据预处理、双向比对、参数分类、差异标注与分类处理策略等关键环节，最终形成以缓冲区+主参数+辅助参数为核心的全流程匹配框架。

1）数据预处理。为避免名称重复和分段表达造成的干扰，在道路比对前，先对两套数据中具有相同名称且连续的道路线段进行融合处理。经多区域实例数据验证，融合处理有效简化了道路对象数量，提升了后续比对的准确性与效率。

2）正向比对。①以融合后的DLG城市道路为中心线，生成5 m宽的缓冲区范围。为验证缓冲区半径设置的合理性，选取福州实验区城市道路数据（按名称融合后共计2 082条），根据道路类型分为快速路、主干道、次干道和支路4类，分别测试在缓冲区半径为3、5、8 m情况下的匹配结果（表1）。结果表明，缓冲区半径为5 m时匹配准确率与查全率取得最佳平衡。需要说明的是，缓冲区匹配实验中的遗漏率与本文规则分类中的完全匹配是两个不同维度的统计指标，前者衡量的是道路在空间上是否进入缓冲区、能否建立匹配关系；后者是在建立匹配关系的基础上，进一步按特征相似性进行分类的结果。因此，在缓冲区内匹配成功的道路中，既包括完全匹配，也包括部分匹配和存在差异的情况。②对于每条DLG道路的缓冲区，遍历分析周围监测数据的道路，计算每条监测数据道路落入DLG缓冲区的长度比例，通过Similarity字段记录。③对每条DLG道路的缓冲区，以Similarity值最高的监测数据道路为正向初筛匹配结果，形成一对一匹配关系。④针对初步匹配成功的道路对象，进一步计算道路相关参数，并记录在DLG的道路缓冲区属性字段内。图1中紫红色线为DLG道路，蓝色线为监测数据道路，高亮显示的是DLG道路柳兴路的缓冲区范围，可以看出，这两套数据的柳兴路能够匹配为一致道路。

表1 各道路类型不同缓冲区半径匹配情况表

道路类型	道路数量/条	缓冲半径/m	遗漏率/%	误匹配率/%
快速路	2	3	0	0
		5	0	0
		8	0	0
主干道	177	3	15.25	2.26
		5	8.47	2.82
		8	4.52	5.08
次干道	489	3	17.59	2.25
		5	9.00	3.07
		8	6.34	6.13
支路	1 414	3	20.30	3.39
		5	11.10	4.03
		8	7.57	6.79

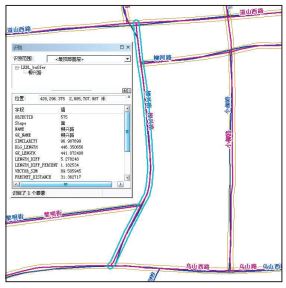


图1 同步计算其他参数

3）反向比对。具体步骤包括：①以融合后的监测数据道路为中心线，生成5 m宽的缓冲区；②对于每条监测数据道路，遍历分析周围DLG道路线，计算DLG道路落入监测数据缓冲区的长度比例，通过Similarity2字段记录；③对于每条监测数据道路，以Similarity2值最高的DLG道路为反向初筛匹配结果。反向比对有效弥补了单向比对中可能存在的遗漏，主要是筛选出监测数据采集而DLG未采集的道路。如图2所示，与监测数据奋进路（图中高亮缓冲区位置）匹配度最高的DLG道路是西河路，二者属于相交关系，因此，奋进路属于监测数据采集而DLG未采集的情况。图3中DLG道路均不能与高亮显示的监测数据道路匹配，因此Similarity2为空，该类情况能直接筛选出监测数据采集而DLG未采集的道路。

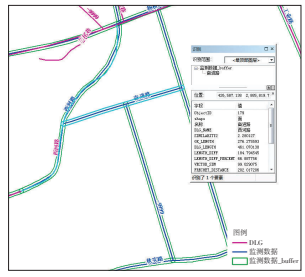


图2 Similarity2小于10%的相交道路

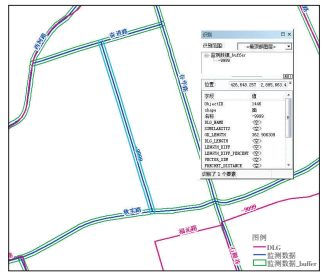


图3 监测数据采集，DLG未采集的道路

2.2 匹配分类体系构建

结合大量试验与人工验证结果，将匹配结果分为9类（表2），分别对应不同的空间关系与更新策略。

表2 参数应用规则表

分类编号	条件要求	匹配判定	处理建议	核查方式
1	Similarity ≥ 70%，Length_DIFF< 100，Length_DIFF_PERCENT< 10，Fréchet_distance< 200	完全匹配，走势和长度一致	可认定为同一条道路，名称一致无需更新，不同需更新	软件自动标识名称不同的道路，作为比对差异
2	Similarity ≥ 70%，Length_DIFF< 100，Length_DIFF_PERCENT< 10，Fréchet_distance≥ 200	部分匹配，走势可能有差异	部分道路走势不一致	软件初筛+人工核实
3	Similarity ≥ 70%，Length_DIFF≥ 100，Length_DIFF_PERCENT< 10	部分匹配，存在长度差异	软件标注位置，人工核实长度差异	软件初筛+人工核实
4	Similarity ≥ 70%，Length_DIFF< 100，Length_DIFF_PERCENT ≥ 10	大部分一致，局部存在长度差异	软件标注位置，人工核实长度差异	软件初筛+人工核实
5	Similarity ≥ 70%，Length_DIFF≥ 100，Length_DIFF_PERCENT ≥ 10	部分匹配，但存在较大的长度差异	软件标注位置，人工核实长度差异	软件初筛+人工核实
6	10% ≤ Similarity < 70%	部分匹配：①道路走势不一致，②道路长度有差异，③道路走势和长度均有差异；不匹配	结合Fréchet_distance≥ 200或Vector_similarity< 0.85，人工核实走势和长度差异	软件初筛+人工核实
7	Similarity < 10%	多为相交道路	大部分为交叉情况，需人工快速核实并筛选出可匹配道路和差异	软件初筛+人工快速核实
8	Similarity为空	DLG采集，监测数据未采集	核实DLG是否合理存在，决定是否保留	软件自动标识差异位置
9	Similarity2 < 10%或Similarity2为空	监测数据采集，DLG未采集	筛选有名称的城市道路，补充到DLG更新数据中	软件初筛+人工快速核实；软件自动标识差异位置

根据上述匹配流程和分类体系，本文开发了自动化比对软件，实现了匹配规则的程序化执行。软件集成了名称融合、缓冲区构建、参数计算、双向比对和分类输出等功能模块，可自动判定道路之间的匹配关系，并生成分类标识和差异清单。

3　区域实验与结果分析

为验证本文方法的有效性与适应性，选取福州市主城区作为实验区，通过对比分析不同匹配类型的分布、匹配准确率、参数表现与处理效率，进一步评价方法的稳定性、扩展性与实际应用价值。

3.1　实验区数据

匹配目标要素为城市道路（快速路、主干道、次干道、支线）。1∶10 000DLG数据来源于基础地理信息年度更新（2023年度）项目，采用图幅式标准化生产，融合前包括5 342条城市道路。监测数据为2023年度城市国土空间监测成果，按照县域组织生产，具备较高的现势性与覆盖完整度，融合前包括4 624条城市道路。

3.2　样本统计

通过自动化比对软件，实现DLG道路全覆盖核对与监测数据新增道路筛查的闭环机制。对融合后的2 082条DLG道路进行完整核对，匹配每条道路的最相似监测数据对象并分类标注。对融合后的1 829条监测数据道路进行反向比对，筛选出320条Similarity2 < 10% 或为空的记录，进一步筛查其中具备名称的道路，用于DLG补充更新。由此形成2 402条完整比对对象清单，实现双向全面覆盖与差异捕捉，支撑城市道路的全要素更新策略。

软件根据主参数和辅助参数，按照匹配类型，分别识别出一致道路、长度走势差异道路、相交道路和缺失道路等典型类型。分类1、8可通过软件自动筛选，分类2~7则通过软件标识差异大致范围，再进行人工核实。其中，分类1的样本数量为725条，所有的道路均能完全匹配，655条名称一致道路，70条名称不同道路；分类2的样本数量为9条，8条道路能完全匹配，1条道路走势有差异，其Fréchet_distance高达602，明显超过阈值，经核实确为走势不一致；分类3的样本数量为11条，11条道路能部分匹配，均存在长度差异；分类4的样本数量为71条，18条道路能完全匹配，53条道路能部分匹配，存在长度差异；分类5的样本数量为309条，所有道路均能部分匹配，存在长度差异；分类6的样本数量为330条，36条道路能完全匹配，288条道路能部分匹配，存在长度差异，6条道路为相交情况，无法匹配；分类7的样本数量为386条，36条道路能部分匹配，存在长度差异，350条道路为相交情况，无法匹配；分类8的样本数量为241条；分类9的样本数量为320条，通过软件标识差异大致范围，再进行人工快速核实得出Similarity2 < 10%的250条，15条道路能部分匹配，存在长度差异，235条道路为相交情况，无法匹配，通过软件自动筛选得出Similarity2为空的70条道路，有名称的21条，可作为DLG道路的补充核实。

以图4中登云路为例，在箭头标记处出现了走势分叉，两套数据的Similarity为70.67%，Length_DIFF仅为86 m，Length_DIFF_PERCENT为2.18%，均符合完全匹配的判定条件。然而，其Fréchet_distance高达602 m，明显偏离该类道路在福州实验区的常规水平（均值49 m），表明走势存在较大形态差异。由图5可知，道路的Length_DIFF和Length_DIFF_PERCENT均超出设定阈值，说明两套数据在道路覆盖范围上存在较大差异，监测数据中的白龙支路明显短于DLG的表达，二者在终点段出现显著差异（红色箭头）。

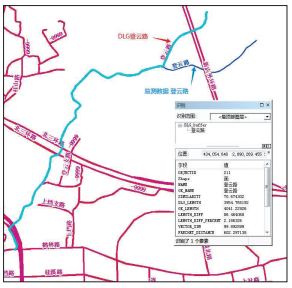


图4　Fréchet距离超限

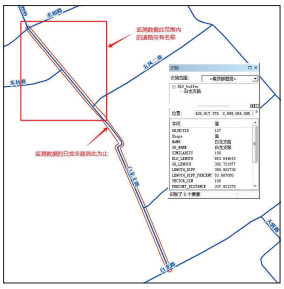


图5　长度差和长度差占比均超限

Similarity在10%~70%之间时，匹配关系较弱但仍存在多种情形：①监测数据的金洪路与DLG的杨周东路大部分位置吻合，仅在局部出现偏移，造成整体Similarity下降，但仍能认定为完全匹配（图6）；②石边路属于监测数据明显长于DLG的情况，由于两条路只有部分重合，未匹配的路段拉低了Similarity，但重合段仍能视为一致道路（图7）。

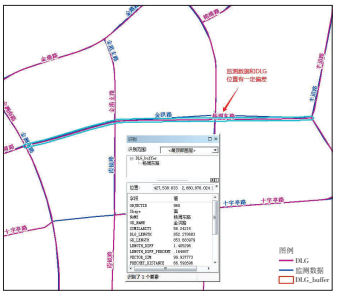


图6　部分路段精度存在偏差

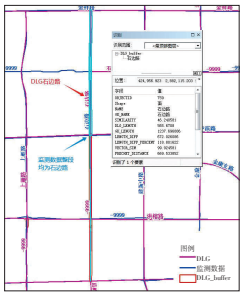


图7　长度差较大导致相似度低

3.3　匹配效率与正确率分析

将福州实验区的道路匹配类型分为软件自动匹配和人工核实差异两类，结果见表3，可以看出，相较于传统纯人工比对方式，以自动化比对为主，人工筛

选为辅的新型作业方式在筛查效率、查全能力和分类准确性方面均表现优异；自动化软件将需人工处理的对象数量由2 402条降至1 366条，减少了43.1%的工作量，在人工核实部分，730条需重点核查，636条仅需快速复核，且软件提供了重点核查的方向，进一步降低了作业强度；本文方法识别出593条道路的差异，比人工筛选多发现18条，体现出更强的系统性；软件自动识别为一致或补充的道路，经人工核实全部准确，正确率为100%，软件标记为差异的道路，经人工核实后，均可明确归类为完全匹配、部分匹配或无法匹配3类，系统的初始分类提示与人工复核结果一致，未出现将完全匹配的道路误归为不匹配，或将无法匹配道路误判为一致的情况，分类判断正确率达100%。因此，在自动识别+人工核实的协同机制下，本文方法实现了匹配分类的全覆盖和高可靠性。

表3 实验区道路匹配类型情况表

匹配类型	匹配情况	样本量	占比/%
软件自动匹配	匹配为一致道路	725	43.13
	DLG采集，监测数据未采集	241	
	监测数据采集，DLG未采集	70	
人工核实差异	需人工核查（9+11+71+309+330）	730	30.39
	人工快速核实（386+250）	636	26.48

综上所述，本文方法实现了从传统人工比对向自动化、参数化、流程化的飞跃，构建了主参数强判定+辅参数预警+双向闭环筛查的全流程机制，实现了对城市道路要素更新的精准筛选与分类核查，为后续标准化推广打下了坚实基础。

3.4 参数表现分析

实验结果表明，Similarity、Length_DIFF、Length_DIFF_PERCENT作为主参数具有强判别力，可筛出超过95%的完全匹配道路。对于辅助参数，以Fréchet_distance≥200或Vector_similarity<0.85为阈值，在识别走势不一致道路中起到良好的预警效果。由福州实验区的统计情况可知，辅助参数在分类5和分类6样本中的预警表现尤为显著，可判定走势不一致的道路比例达到94.4%，能有效协助作业人员快速聚焦重点核实方向。

4 结 语

本文提出了一种基于缓冲区优化的城市道路匹配方法，构建了由相似度、长度差和长度差占比为主参数，Fréchet距离、平均线向量余弦值为辅助参数的判定体系；并结合双向缓冲区匹配与分类规则，实现了城市道路数据之间的半自动化差异识别与匹配分类。福州实验区的应用验证表明，该方法在效率、精度和全面性方面均具有良好效果，有效减少了人工比对量，具备较强的应用价值。

然而，本文方法在应对道路仅部分匹配且长度存在差异的情况时仍依赖人工核实，未来研究可结合深度学习与图神经网络模型，进一步提升复杂场景下道路匹配的自动判定能力与适应性。随着城市基础地理信息更新需求的不断增长，本文方法可拓展应用至大比例尺地形图数据以及交通、公安等权威部门的道路数据融合场景。通过集成语义规则与属性信息，有望构建更加智能、精准的道路匹配与融合体系，支撑城市时空数据治理与智能交通系统建设。

参考文献

[1] 庄清文. 基于知识图谱的道路网匹配方法研究[D]. 开封:河南大学,2024

[2] 罗浩,任东宇,周启,等. 层次化表达模型辅助的导航与制图道路网匹配方法[J]. 测绘科学,2023,48(10):225-236

[3] 陈良松,魏灵辉,孙伟. 双驱动模式的1∶10 000 DLG快速更新关键技术研究[J]. 地理空间信息,2024,22(12):106-109

[4] 魏灵辉,周利利. 基于多源数据的1∶10 000 DLG更新与质量控制[J]. 地理空间信息,2021,19(11):139-142

[5] 郑继武,邓学锋. 城市国土空间监测成果质量检验问题分析探讨[J]. 地理空间信息,2023,21(10):131-134

[6] 易横府,杨光. 城市国土空间监测数据处理技术研究[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(增刊1):63-64

[7] 张红萍,赵东保. “天地图·甘肃”道路数据融合技术优化研究[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(6):82-84

[8] 王庆社,王雅欣,姜青香,等. “天地图·北京”多源道路数据融合关键技术研究[J]. 北京测绘,2024,38(6):874-879

[9] 吴冰娇. 基于几何与语义相似性的多尺度道路网数据匹配方法研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2022

[10] 吴冰娇,王中辉,杨飞. 用于多尺度道路网匹配的语义相似性计算模型[J]. 测绘科学,2022,47(3):166-173

[11] 周秀华,李乃强. 基于多种相似度特征的道路实体融合方法[J]. 测绘通报,2021(8):102-105

[12] 闻俏. 多尺度路网矢量数据匹配方法研究[D]. 淄博:山东理工大学,2021

[13] 赵云鹏,孙群,刘新贵,等. 面向地理实体的语义相似性度量方法及其在道路匹配中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(5):728-735

[14] 邵世维,刘辉,肖立霞,等. 一种基于Fréchet距离的复杂线状要素匹配方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2018,43(4):516-521

[15] 郑少波,周国祥,张本宏,等. 基于离散Fréchet距离的地图匹配方法[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2017,40(1):42-46

[16] 安瑶军,陈晓轩,隋立春,等. 一种依据点云法向量相似度的结构化道路提取方法[J]. 测绘通报,2018(11):69-72