引文格式：阎逸飞. 基于缓冲区的道路中心线提取方法与应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 36-38. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.11.009

基于缓冲区的道路中心线提取方法与应用

阎逸飞[1]
（1. 上海交通规划设计研究院有限公司，上海 200030）

摘　要：为解决提取双线路网道路中心线生成单线路网的难题，在分析传统中心线提取方法存在的难以处理大范围路网和处理效率低下等问题的基础上，提出了在ArcGIS中将缓冲区工具与ArcScan栅格矢量化工具相结合的方法。该方法将双线路网的缓冲区转为栅格，并增加空白栅格，可大范围、快速提取道路中心线，从而生成单线路网，可为各类交通规划分析带来便利。

关键词：道路中心线；缓冲区；ArcScan；双线路网；单线路网
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）11-0036-03

Road Centerline Extraction Method Based on Buffer and Its Application

YAN Yifei[1]
(1. Shanghai Traffic Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200030, China)

Abstract: To solve the problem of extracting road centerline from double road network to generate single road network, we analyzed the problems in traditional road centerline extraction method, such as difficult to deal with road network in large scale and the low efficiency at first. And then, we proposed a method of combing buffer toolbox with ArcScan grid vectorization toolbox in ArcGIS. This method converts the buffer of double road network into grid, and adds the blank grid, which can rapidly extract road centerline in large scale, and generate single road network. The result can bring many conveniences to transportation planning analysis.

Key words: road centerline, buffer, ArcScan, double road network, single road network

在各类城市规划研究中，矢量路网数据是必备的基础数据。然而，OSM等免费开源的矢量路网数据和向地图服务供应商等购买的矢量路网通常是双线路网，除高速公路、快速路等由于双向车道有严格的物理隔离，且不同方向对应不同的匝道，用双线表示较合理外，很多达到一定宽度或等级的地面道路也会采用双线表示，这就会给城市研究带来诸多困难。例如，城市路网指标分析中路网长度、密度等指标均需利用道路中心线进行计算，单线道路可看作道路中心线，而双线道路则需合并成单线后才能使用，大范围路网采用人工手动合并过于繁琐，实际应用中通常简单地将单线道路总长计算1次，双线道路总长除以2参与计算，但双线道路根据方向属性来汇总长度时会发现正向与反向道路总长未必相等，简单除以2计算会产生一定的误差。目前的研究[1-14]主要是利用栅格数据提取道路中心线，少有结合矢量工具的方法，实现起来较复杂。缓冲区作为常用的GIS地理矢量分析工具，广泛应用于城市规划研究中。无论是多大范围的单线路网还是双线路网，向道路两侧进行相应偏移都可快速生成缓冲区，并获得缓冲区的边界。已知道路缓冲区边界，理论上则可反推缓冲区的中心线，而该中心线可看作道路中心线，自然就能把双线路网转换成单线路网。然而，即使缓冲区工具已大量普及，各种GIS分析软件、工具包，甚至地理数据库软件也均已支持，但目前只支持双线路网生成缓冲区，并不能反向由缓冲区来提取道路中心线生成单线路网。因此，很有必要将成熟的缓冲区矢量工具结合栅格数据应用于双线路网合并提取单线路网的工作中，本文将探究利用缓冲区快速、大范围提取中心线的方法，并对获取的中心线的应用场景进行相应分析。

1　传统中心线提取方法

1.1　传统中心线矢量提取工具

以ArcGIS10. 2为例，若只显示单线路网无需生成矢量数据，则可直接在显示中设置，若需生成矢量数据则有两种工具：①提取中心线工具，用于较规则且接近平行的路网，中心线只能创建在末端开口的线之间，且不能对多车道复杂道路进行合并简化[15]；②合

收稿日期：2022-03-02。
作者简介：阎逸飞（1991—），硕士研究生，工程师，主要研究方向为交通模型、交通大数据，E-mail：fin20121221ish@163. com。

并分开道路的工具，可对同一类型的多车道、走向大致相互平行的道路进行合并。然而，实际的城市路网非常复杂，很多时候并不能满足这两种工具的适用范围，如存在几何自相交或多部件，要么需要人工将大量封闭线打断，要么为了保留道路的连通性，许多复杂路网（如匝道、辅道等）无法真正合并。

1.2 栅格矢量化提取中心线

传统的中心线提取工具或多或少存在一些问题，因此在实际城市规划项目中，除人工根据路网底图手绘外，更多的是采用栅格矢量化方法。栅格矢量化需要栅格的路网数据，路网数据来源一般为自定义瓦片地图、矢量路网或扫描图片转换为tiff格式的栅格图片。为了便于计算机识别，路网栅格图片通常为黑白两色，并通过ArcScan矢量化工具生成中心线。地图缩放级别与图片分辨率会对结果产生重要影响，在相同屏幕显示范围条件下，地图缩放级别越大，路网显示越粗，识别率就越高。对于自定义瓦片地图，为获取完整、高清的大范围路网底图，所需的瓦片数量较多，生成的图片文件体积也很大，使大范围路网处理变得很麻烦；对于矢量路网转换为tiff格式的数据，当路网很密时，过粗的路网就会一团黑，从而影响识别，因此需增加缩放级别来提高清晰度，也会遇到图片文件体积较大的问题；对于扫描图片并地理配准得到的tiff数据，图片分辨率低会导致栅格精度不高，遇到非常复杂的路网时，部分区域ArcScan难以识别，需通过调节参数等方式来提高识别质量。此外，分辨率的单位为dpi，还需转换为精度误差，因此栅格矢量化提取中心线方法通常用于小范围路网，提取后还需人工检查修正，目前需要一种快速便捷且能以较高精度提取中心线的方法，以更好地应用于大范围中心线提取。在此基础上，本文利用道路缓冲区生成路面，尽量保留道路精度，并结合栅格矢量化进行优化改进。

2 基于缓冲区的中心线提取方法

根据上述分析，中心线提取可优化的内容包括：①处理大范围路网，存在地图缩放等级和图片分辨率等问题，需拼接大量路网栅格底图，栅格图片提取中心线的原理是通过设置道路的显示粗细从视觉上使双线道路形成路面，相当于“合并”成单线道路，而对路网作缓冲区也相当于生成路面，可利用缓冲区结果代替栅格图片显示路面，且缓冲区是矢量文件，无需导出为静态的栅格图片，避免了地图缩放等级和图片分辨率等问题；②栅格图片中存在大量空白栅格，影响文件大小与处理效率，通过缓冲区转换为栅格文件但不保存成图片时，栅格像元数量只保留在缓冲区内（像元边界可略微超出缓冲区范围），将大幅减少空白栅格像元数量。

由于ArcScan矢量化工具在栅格数据提取中心线方面较成熟，本文将缓冲区工具与ArcScan相结合进行提取，整个方法全部在ArcGIS中实现。具体步骤为：①路网数据投影；②对路网生成半径为 R 的缓冲区，若需单独合并不同道路等级的路网，如高速公路与快速路合并、地面道路合并，则可分别生成缓冲区进行后续提取工作；③缓冲区转栅格，在缓冲区范围内利用面转栅格工具生成像元大小为 h 的栅格，为确保识别精度，h 取值范围建议在 $(0, R/3]$；④生成空白栅格，本文采用欧氏距离工具增加空白栅格，其中最大距离与输出像元大小参数均为 h，以确保缓冲区最外侧被一圈空白栅格包围；⑤栅格重分类，重新设置栅格像元的值，以确保缓冲区的栅格值为1，空白栅格值为0；⑥ArcScan矢量化，对重分类的栅格进行ArcScan矢量化；⑦单线路网数据投影。

在有矢量路网的情况下，优化方法可大幅提高提取效率，且操作方便。以上海全市范围路网为例，利用处理器为I7、内存为8G的电脑处理缓冲区半径25 m、栅格像元大小8 m的数据，耗时约为十几分钟，这是传统方法难以实现的。然而，最终结果仍存在一些问题需要优化改善：

1）路网连通性与属性丢失问题。默认所有相交的道路都会被打断，而实际路网中存在道路高架立交交叉但并不相连的情况，且路网属性也会丢失。后续需要研究如何对丢失的路网连通性信息进行记录补充。

2）误连接问题。在生成的双线之间，由于栅格之间的交错（图1），ArcScan会误认为相连，而生成大量的短线来穿越缓冲区的范围，此时可利用缓冲区来筛选不完全在其内部的短线进行剔除。

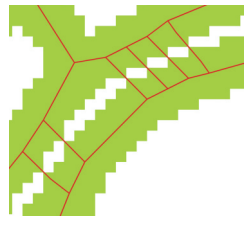


图1　栅格交错导致的误连

3 基于缓冲区的中心线应用

3.1 双线路网转为单线路网

通过提取上海市双线路网的中心线来生成单线路

网，局部示例见图2，由于缓冲区覆盖遮蔽了细节，使得提取中心线变得更容易，去除了大量不必要的道路，简化了路网。上海复杂路网提取中心线并转换为单线路网示例见图3。此外，对于交叉口，双线路网往往需要4个点才能表示，使得交叉口属性很难赋值，每个点只能写一部分属性，甚至需引入一个虚拟点来表示交叉口；而合并为单线路网后，交叉口用一个点表示，所有属性均可写入一个点，利用TransCAD软件还可根据一个点的交叉口流量生成交叉口流量转向图。

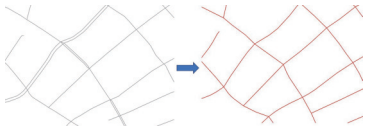


图2 双线路网转单线路网

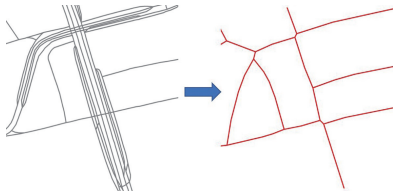


图3 复杂双线路网转单线路网

3.2 在公交模型中的应用

同一条道路上往往有许多公交线路，若需获知公交线网长度，就得去除各公交线路共同经过的重复道路。传统方法采用双线路网的公交模型获取公交线网，双线道路上的公交线网长度被重复计算了，且当查询每条路上途经的公交线路时，双线道路需分别记录每个方向途经的公交线路数，统计汇总非常麻烦；而根据公交线路矢量数据生成的公交道路不仅避免了公交线网长度的重复计算，而且将道路双向途经公交数据写入同一条道路，便于统计分析与展示（图4）。此外，生成的公交路网还能方便建立公交模型。传统公交模型建立在双线路网中，由于路网的复杂性和时效性，即使采用谷歌的通用公交标准数据生成公交线网也会导致许多公交线路偏移，不得不花费很多时间进行线路核对；而公交模型建立在提取中心线生成的公交单线路网上，能确保公交线路尽可能地在其应在的位置上。



图4 基于单线路网的公交线路展示

3.3 GPS点生成路网

通过车辆GPS数据和路网数据可计算道路上的车速，若没有路网数据，则可将GPS点连线后生成途经该路段所有车辆的轨迹线，提取中心线即可生成相应的单线路网，进而计算对应的车速。此外，单线路网还便于GPS点匹配路网，路段双向车速图可借助TransCAD软件进行展示。

3.4 道路面提取道路中线

获取用地地块时，道路是以面形式存在的，可近似看作单线或双线道路生成的缓冲区，提取中心线后可获得线状的路网，用于后续分析（图5）。此外，获得的线状路网还能作为各地块之间的边界，确保各地块相邻且有公共边。地块交通出行分析时的蛛网图就需使用这样的公共边来查找相邻地块，用于出图。



图5 基于道路面获取的道路中心线

4 结 语

基于缓冲区并结合ArcScan矢量化工具的道路中心线提取方法能大范围、快速生成较高质量的道路中心线，可用于双线路网转为单线路网、公交模型、GPS点生成路网以及道路面提取道路中线等各类交通规划分析，特别是在公交模型中，非常需要基于单线路网的公交模型进行研究和分析。然而，该方法仍存在一些不足，如路网连通性与属性丢失、误连接等问题，其中连通性与属性丢失是使用栅格数据处理时都会遇到的问题，后续需持续改进，而误连接问题则可通过缓冲区来解决。

参考文献

[1] 曹云刚，王志盼，慎利，等. 像元与对象特征融合的高分辨率遥感影像道路中心线提取[J]. 测绘学报，2016，45(10)：1 231-1 240

[2] 苗则朗，史文中，张华. 一种高分辨率影像道路中心线提取算法[J]. 中国矿业大学学报，2013，42(5)：887-892

[3] 袁鹏飞，黄荣刚，胡平波，等. 基于多光谱LiDAR数据的道路中心线提取[J]. 地球信息科学学报，2018，20(4)：452-461

（下转第67页）