doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.02.019

高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划方法

杨　艳[1]
（1. 青海省规划设计研究院有限公司，青海 西宁 810000）

摘　要：常规的用地规划方法没有建立一个完整的空间网络体系，导致廊道在城市空间基础设施中的连通性较差，为提高廊道对城市基础设施的连通能力，研究高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划方法。建立公共空间基础设施图层结构，设计基础设施廊道网络模式以及公共空间基础设施廊道网络体系，基于网络体系缓冲区分析技术规划廊道用地。根据实验结果可知：所提方法下15个区域的连通率平均值约为2.184，3种常规方法的连通率平均值分别为1.801、1.726、1.754。所提方法下点状数据与线状数据之间的网络连接度平均值约为0.574，面状数据与线状数据之间的网络连接度平均值约为0.486，而常规方法下点状数据与线状数据之间的网络连接度平均值分别为0.392、0.434、0.248，面状数据与线状数据之间的网络连接度平均值分别为0.315、0.305、0.278。由此可见，所提方法与常规方法在廊道连通率对比中拥有较好的测试结果，说明该方法在廊道用地规划中具有更好的效果。

关键词：高密度城市；公共空间；基础设施；廊道用地规划；网络体系
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）02-0093-04

Land-use Planning Method of Infrastructure Corridor in High Density Urban Public Space

YANG Yan[1]
(1. Qinghai Urban Planning & Design Institute, Xining 810000, China)

Abstract: Conventional land use planning methods do not establish a complete spatial network system, which leads to poor connectivity of corridors in urban spatial infrastructure. In order to improve the connectivity of corridors to urban infrastructure, we studied the high density urban public space infrastructure corridor land-use planning method. We established the layer structure of public space infrastructure, designed infrastructure corridor network mode and public space infrastructure corridor network system, and planed corridor land based on network system buffer analysis technology. According to the experimental results, the average connectivity of 15 regions under the proposed method is about 2.184, and the average connectivity of 3 conventional methods is 1.801, 1.726 and 1.754 respectively. Under the proposed method, the average network connectivity between point data and line data is about 0.574, the average network connectivity between area data and line data is about 0.486. While under the conventional method, the average network connectivity between point data and line data is 0.392, 0.434 and 0.248 respectively, and the average network connectivity between area data and line data is 0.315, 0.305 and 0.278 respectively. It can be seen that the proposed method has better test results in the comparison of corridor connectivity, indicating that the method has better effect in corridor land planning.

Key words: high density city, public space, infrastructure, corridor land-use planning, network system

廊道通常指分隔开两侧基质的狭长地带，是一种线性结构的狭长单元，而公共空间基础设施廊道则表示在城市或乡村内部，将各个基础设施分隔开的通道，这种通道主要用于对城市公共基础设施的阻隔与划分，同时还具备一定的通道作用[1-2]。然而在大城市中，外来务工人员大量涌入，导致城市中的人口密度不断增高，其公共基础设施在保证功能效用的前提下变得十分拥挤，对其进行功能划分与阻隔的廊道也变得支离破碎，完全无法起到相应的连通与分隔作用，因此，需要对高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划方法进行研究。

相关研究者开展了基于GIS的廊道建模方法，并评估了周边绿色基础设施的网络结构模型，对其潜在生态区域的应用价值作出了修复。除此之外，文献[3]以优化当地城市的社会经济发展为前提，以改善城市公共基础空间的布局为最终目的，对城市中心区域的公共建设廊道进行了划分，并提出了用地规划方法。文献[4]通过GIS系统确定了野生动物的栖息连通区域，划分了其生存空间廊道，对野生动物的生态精细化空间廊道划分进行了研究。本文以以上文献作为参考，提出了针对高密度城市公共空间基础设施廊道的用地规划方法，用于解决高密度城市中公共基础设施

收稿日期：2021-03-16。

廊道的功能性建设问题。

1 高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划方法设计

1.1 建立公共空间基础设施图层结构

由于初始图像数据的结构类型、空间坐标系以及资料年代都不相同，很多数据资料都无法在GIS平台中叠加，无法有效形成能够直接使用的影像资料。因此，需要将初始影像数据加载在GIS软件中进行空间叠加分析与矢量转换处理，在图像预处理的过程中，可以将这些影像资料转化为能够被GIS识别的数据结构，并将所有坐标系统统一规划成一个序列，以便提高数据分析的准确性以及流畅性。

在矢量化过程中，由于气温数据、降水信息等大多都是纸质版数据，且以表格、图表形式为主，因此，在将其转换为光栅图像的过程中，可以适当利用GIS平台中的数据计算功能，使用R2V软件将其矢量化，由于R2V软件的特殊性，整个光栅图像矢量化转换的全过程是不需要进行人工干预的，这样能够节省大量的时间，提高数据转换的准确率。同时，也可以通过R2V软件自身携带的数据扫描能力，将各种以影像资料为主的地理图像扫描到计算机软件中，并通过GIS转换为能够在GIS中进行计算的文件格式。

大多数来自地理空间数据云的影像资料通常是卫星图像，需要在使用前进行遥感解译工作，且大多需要将破碎的图像相互拼凑才能构成一个完整的城市影像。拼凑工作可以直接在GIS中完成，并利用地理空间数据云获取该城市的行政区域高程数字影像，最后通过工具栏进行空间分析[5]。

然后将已经初步设定好原始坐标的图像进行图层构建，该类图层分为“点”型图层、“线”型图层以及“面”型图层，具体的分类标准如表1所示。

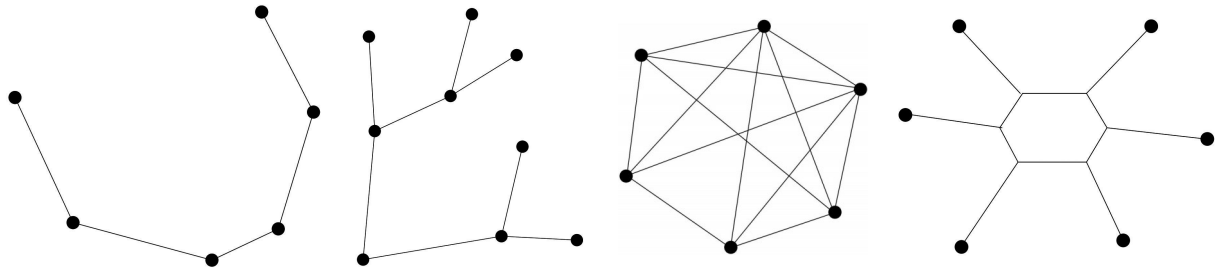
表1 图层分类标准

功能类型	数据类型	内容
区域型	Single	健身公园、社区花园、休闲场所、避难场所、室外活动场所等
流线型	Long	廊道（步行道、自行车道、滨河道、花园绿道等）
设施型	Long	图书馆、医院、学校、幼儿园、健身器材、商业大厦、公园绿地等

如表1所示，提取图形的基本数据，将其与影像资料的坐标系相关联后，就能够通过公式计算各类图层的周长、面积等基本信息，便于缓冲区的建立。在GIS软件中，也可以在周长、面积等数据之后添加合适的字段，并利用计算机工具自动生成正确的数据信息[6]。还可以将由计算机生成的数据导入到软件外的表格计算工具中，以便更好地运算与统计，如此就能够形成公共空间基础设施的图层结构。

1.2 设计公共空间基础设施廊道网络体系

综合考虑用地规划重要度、距离成本以及连通性等因素，参考如图1所示的几种常见廊道网络模式，实现生态廊道网络的多方案设计。



a 开放式结构　b 树状结构　c 网状结构　d 放射状结构

图1 基础设施廊道网络模式

在高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划的标准化区间中，可以通过GIS平台计算得到其覆盖指数的标准化区间，结合如图1所示的廊道网络模型恰好能够得到廊道用地规划的对应分值，如表2所示。

结合表2中的数据，在4种网络模式下形成如图2所示的网络拓扑体系。

在图2所示的廊道拓扑网络体系中可以适当以外部关键点为骨架，建立不同样式的用地规划体系，着重考虑将网络体系设置为一个闭合的环，以增强网络体系的标准化分值，从而构建性能更优越的廊道拓扑网络体系[7]。

1.3 基于网络体系缓冲区分析技术规划廊道用地

本文通过对网络体系建立缓冲区来设计廊道用地规划方法，在建立缓冲区的过程中，可以对网络节点 P_i 进行如下定义：

$$O=\{\lambda:d(\lambda,P_i)\leqslant X\} \tag{1}$$

式中，P_i 为地理网络节点，该节点主要表示基础设施的“点”型图层；O 为在该地理网络节点周边建立的

表2　网络体系标准化参数对应分值

网络模式	标准化区间	对应分值
开放式结构	最小值	−3
开放式结构	[0.4,0.6]	−2
树状结构	[0.2,0.4]∪[0.6,0.8]	−1
树状结构	[0.8,1.0]∪[0.2,0.4]	0
网状结构	[0.6,0.9]	1
网状结构	[0.4,0.6]	2
放射状结构	[0.6,0.7]∪[0.8,1.0]	3

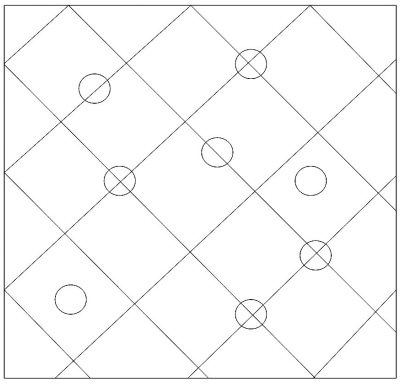


图2　廊道拓扑网络体系

缓冲区；λ为网络体系标准化参数对应的分值，$\lambda\in\{-3,-2,-1,0,1,2,3\}$；$d$为最小欧氏距离；$X$为城市区块总数[8]。在通过缓冲区分析方法计算公共设施配套范围的过程中，可以同时对O进行标准化处理，并将所有公共设施周边的缓冲区汇总到同一图层中。分别统计X个图层区块中缓冲区内廊道的数量，并计算每个廊道区间内缓冲区面积占O总面积的比例。将每个缓冲区中对应的分支与各自的占比相交，得到如公式（2）所示的设施覆盖度：

$$I_i=\sum_{i=1}^{n}\frac{P_iN_n}{X} \tag{2}$$

式中，I_i为每一个公共空间基础设施的空间覆盖度；N_n为第n个设施与其周边廊道之间的连通性能。在得到设施覆盖度以后，可以通过GIS平台直接得到高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划图像[9-10]，利用图像完成对高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划。

2　实验研究

为了验证所提方法在高密度城市公共空间基础设施廊道用地规划中的应用效果，进行实验研究。

2.1　实验准备

选取某大型城市作为研究对象，将其相关统计数据、遥感影像数据、地理矢量化数据作为实验数据。由于信息来源不同，很容易因时间差异导致不同类型数据之间出现小范围误差，因此，将数据的来源时间设定为2015年，以保证数据结果的统一性。使用ENVI解译遥感影像数据，并通过ArcGIS对地理矢量数据进行栅格化处理，同时进行投影转换、替换土地类型等操作。将预处理后的影像资料进行叠加，重新采样并转换数据格式，再通过索引材料模拟计算。将该城市网络分为15个面状区域、107个基础设施节点、237个廊道线条，并分别编号。

在本实验中，通过廊道连通性评价用地规划方法的性能。在测试中，通常可以将廊道抽象为线状结构，将公共空间抽象为面状结构，将基础设施抽象为点状结构，并据此构建一个大型的简化城市网络。以廊道的线点率以及网络连接度评价该城市网络的连通性能。

$$\alpha=\frac{L}{V} \tag{3}$$

$$\beta=\frac{L}{3\times(V-2P)} \tag{4}$$

式中，α为城市网络的线点率，α取值区间通常为[0，3]，当α=0时表示该城市中无网络结构存在；β为城市公共空间之间的网络连接度，即廊道对于城市公共空间基础设施的连接程度，β取值通常为[0，1]；L为城市网络在各个面状分区中的边，也可以为各个基础设施节点之间连接线的数目；V为基础设施的节点数；P为城市网络中无法通过廊道连通的面状区域数。

为验证文中规划方法确实能够实现对高密度城市公共空间基础设计廊道用地规划的优化，将基于GIS的廊道建模方法（常规方法1）、文献[3]方法（常规方法2）和文献[4]方法（常规方法3）与文中方法进行对比实验。

2.2　廊道连通率测试

首先，通过公式（3）计算4种方法的廊道连通率，使用Matlab软件进行计算，经过整理后得到如表3所示的廊道连通率数据对比表格。在15个面状空间中，4种廊道用地规划方法下点、线、面之间的连通率均不同。当β=0时表示面与面、节点与节点之间无线状结构相连；当β＜1时表示城市网络呈现出树状结构；当β=1时表示该城市的网络结构有至少一个回路；当1＜β＜3时表示该城市的用地网络较为复杂。在使用文中廊道用地规划方法时，其连通率均大于1，可见该方法能够在15块面状区域中构建复杂的回路，其连通率的平均值约为2.184。而在使用其他3种方法规划廊道用地时，大部分连通率在1～3之间，极少数情况会小于1，其连通率的平均值约为1.801、1.726、1.754。由此可见，文中方法的连通率明显高于其他3种方法。

表3 廊道连通率对比

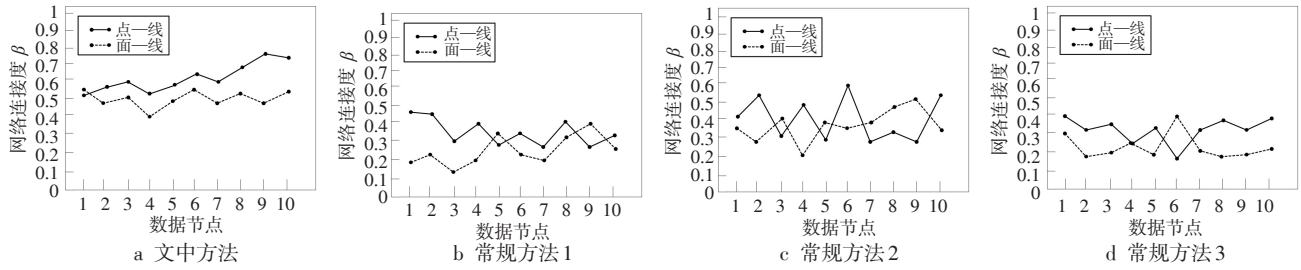
编码	连通率/ β			
	文中方法	常规方法1	常规方法2	常规方法3
1	2.125	1.968	2.006	2.023
2	2.325	1.152	2.175	2.147
3	2.548	2.024	1.635	1.236
4	2.659	2.068	1.369	1.452
5	1.425	1.259	1.415	1.621
6	2.145	2.006	2.104	2.147
7	2.246	2.134	2.368	0.156
8	1.956	1.569	1.457	1.654
9	1.236	1.345	1.012	1.258
10	1.847	1.547	0.969	1.456
11	2.475	1.996	1.134	2.987
12	2.859	1.693	2.254	2.365
13	2.645	2.547	2.635	1.424
14	2.754	2.258	2.189	2.204
15	1.518	1.435	1.165	1.187

2.3 廊道网络连接度测试

根据上述实验中的廊道连通率对比结果，可以在ArcGIS软件中直接通过公式（4）得到廊道网络连接度，并绘制如图3所示的廊道网络连接度测试效果图。

图3所示的廊道网络连接度测试中，高密度城市公共空间基础设施廊道的网络连接度在文中方法的帮助下“点线”与“点面”之间均有较好的网络连接性，其中数据节点与廊道线条之间的网络连接度平均值约为0.574，面状区域与廊道之间的网络连接度平均值约为0.486。在3个常规方法中，数据节点与廊道之间的网络连接度平均值约为0.392、0.434、0.248，面状区域与廊道之间的网络连接度平均值约为0.315、0.305、0.278，均低于文中方法。

综合上述2个实验可以得出如下结论：文中针对高密度城市公共空间基础设施廊道设计的用地规划方法拥有较好的连通效果，无论是在连通率还是在网络连接度方面均优于常规方法，说明文中方法拥有较好的规划效果。



a 文中方法 b 常规方法1 c 常规方法2 d 常规方法3

图3 廊道网络连接度测试

3 结 语

本文通过设计公共空间基础设施廊道网络体系，得到了较为完整且成体系的城市公共空间基础设施廊道用地规划方法。并通过实验验证了该方法比常规方法更具备实用性，其廊道连通效果在连通率和网络连接度中均具备较好的测试结果，使用该方法进行规划可以得到更好的效果。

参考文献

[1] 钟婷,李成楠,姚南,等. 国土空间规划背景下城镇低效用地识别方法探索:以成都市中心城区为例[J]. 四川环境,2020,39(6):140-150

[2] 顾媛媛,邢忠,叶林,等. 绿色低碳背景下城区边缘绿色空间规划思路与方法研究:以宝鸡中心城区南部台塬区生态建设规划为例[J]. 西部人居环境学刊,2018,33(6):33-42

[3] 莫尚剑,沈守云,廖秋林. 基于WRF模式的长株潭城市群绿心通风廊道规划策略研究[J]. 中国园林,2021,37(1):80-84

[4] 李欣鹏,李锦生,侯伟. 区域生态网络精细化空间模拟及廊道优化研究:以汾河流域为例[J]. 地理与地理信息科学,2020,36(5):14-20+55

[5] 陈松. 建筑导向下城市高密度中心区开放空间优化设计研究[J]. 华中建筑,2020,38(12):59-62

[6] 姜良恒. 交通基础设施用地国土空间用途管制研究:以公路用地为例[J]. 产业科技创新,2019,1(11):8-9

[7] 王波. 面向实施的公共停车场用地规划方法研究:以广州为例[J]. 城市规划,2020,44(8):107-111

[8] 沈丽萍. 新背景下小城镇总体规划编制方法探索:以《宜兴市湖镇总体规划(2017-2035)》为例[J]. 江苏城市规划,2019,23(12):14-18+31

[9] 王森,蒋慎强,刘亚茹. 微气候视角下高密度城市空间形态研究:以西安市张家堡中心区为例[J]. 城市建筑,2020,17(5):38-39+69

[10] 李向党. 地理信息技术在道路网竖向规划中的应用:以沈阳上沙国际公园城竖向规划为例[J]. 城市住宅,2020,27(4):49-53

作者简介：杨艳（1982—），高级工程师，主要研究方向为国土空间规划、各类详细规划、各类专项规划等。