

基于 GIS 的城市公共绿地景观可达性评价方法^{*}

马林兵，曹小曙
(中山大学地理科学与规划学院，广东 广州 510275)

摘 要：城市公共绿地景观对居民的服务能力是衡量一个城市现代化发展水平、和谐的人地关系的一个重要参考，可达性是一个量化的评价指标，能够综合多种因素对这种服务能力做出评价，为城市规划、园林规划提供借鉴。提出的一个基于网格划分的城市公共绿地景观可达性计算方法，利用每个网格的道路密度来近似模拟交通成本的阻力，在可达性计算中综合了考虑人口分布、公共绿地景观服务力、交通成本等因素，来研究城市公共绿地景观可达性的空间分布特点，该方法具有较好的实用性和可计算性。最后，利用 ArcIn69 这一 GIS 工具，以广州市为例进行了实例研究。

关键词：公共绿地景观；可达性；网格
中图分类号：F512.99 **文献标识码：**A **文章编号：**0529-6579 (2006) 06-0111-05

城市公共绿地是城市景观的一个重要元素，也是城市规划所要考虑的一个重要因素。它对保障一个可持续的城市环境，维护居民的身心健康有着至关重要的作用^[1]。城市绿地作为“自然的服务系统”，居民能否方便地获取享受这种自然的服务是衡量一个城市现代化发展水平、和谐的人地关系的一个重要指标。在许多城市的规划中，都强调了城市发展的“园林”要素和“山水”要素，却没有一个很好的评价指标，传统的作法是采用人均绿地面积、绿地率、绿地覆盖绿等指标来进行评价，这些指标是存在很多缺陷的，其中最重要的是这些评价指标没有考虑到城市绿地的空间分布情况，因为绿地在城市中位置的设置重要性比绿化覆盖率更重要^[2]。

空间可达性 (Accessibility) 反映了空间实体之间克服距离障碍进行交流的难易程度，表达了空间实体之间的疏密关系，它与区位、空间相互作用和空间尺度等概念紧密相关^[3]。结合 GIS 技术，空间可达性已用于社区服务设施 (医院、诊所、学校、加油站) 的区位确定，评价不同群体对于特定社会服务的接近程度是否公平。如文献 [4-5] 利用 GIS 实证研究了某地区医疗设施的空间可达性；文献 [6] 进行了房产开发的社区服务空间可达性分析；HARVEY^[7] 将 GIS 应用于交通规划可达性分析中等。国内的周廷刚^[1,2]、俞孔坚^[8]等

利用 GIS 技术，对城市绿地景观可达性进行了研究，其中，俞孔坚等提出一个阻力矩阵分布模型，通过给出不同土地利用类型的阻力指标，利用空间路径搜索算法，求出每一个矩阵单元的可达性指标，但其计算假设前提是人口分布密度是均匀的，并且没有对道路交通网络的影响作特殊的考虑。周廷刚等侧重于城市绿地景观引力场的研究，并在指标计算中考虑了人口分布、土地利用类型等因素。因此，本文在上述研究基础上，提出了一个基于网格划分的城市公共绿地景观可达性评价方法，并以广州市为例进行实例研究。

1 城市公共绿地景观可达性的计算要素

可达性的计算与 3 个要素有关：①交通成本，一般以两地间的交通时间或交通距离作为计算依据；②端点区位吸引力，指提供某种可达性服务的能力；③端点区位需求力，指对某种可达性服务的需要量^[3]。我们认为，影响城市公共绿地景观可达性的因素主要有：城市道路交通网络情况、城市土地利用情况、城市人口分布密度、绿地景观本身的质量，居民的习惯及心理等，这几个因素是与可达性的计算紧密相关的。

每个居民到任一绿地的路径不止一条，每一条路径上所需的交通成本都不一样，一般取其中交通

^{*} 收稿日期：2006-04-19
基金项目：国家“985工程”GIS与遥感的地学应用科技创新平台资助项目 (105203200400006)；国家自然科学基金资助项目 (40571052)
作者简介：马林兵 (1968年生)，博士，讲师；E-mail: mlib1999@yeah.net
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成本最小的一条进行可达性计算。城市的道路交通情况和土地利用情况直接影响到城市居民对公共绿地景观的访问方便程度，我们认为，道路网络情况对交通成本起主导作用，但是，道路网络对交通成本的影响涉及的因素很多，包括道路长度、道路交通容量、OD量、交叉口延迟、流向控制等，这些数据的收集往往是很困难的，这里，我们采用道路网络密度作为交通成本的基本计算依据，具体方法见下节。

决定城市绿地景观的吸引力是绿地景观的质量，它包括景观面积、游戏设施、景观布局、收费高低、历史影响等。但是，这些指标数据收集困难，一般说来，面积越大的绿地景观，服务设施就越完善、对居民的影响力就越大^[8]，由于绿地面积获取很容易，因此，这里采用绿地景观面积作为绿地吸引力的评价标准。

人口密度对公共绿地景观的可达性影响很大。由于绿地景观是一个休闲场所，居民只是偶尔才会需求这个服务，因此，可以不考虑需求方可得到服务机会的竞争关系^[9]，我们认为，绿地景观附近的人口密度越大的地方，其绿地景观的服务效应就越高，可达性就越高，如果人口密度大的地区，绿地景观少，则该地区的居民为了获取绿地景观必须克服较多的交通成本获取其它地区的绿地景观的服务。

我们将研究区域按照一定间距划分方格网，通过计算每个网格区域到各个公共绿地景观的可达性，来研究整个区域的居民到公共绿地景观可达性的空间分布特点。综合考虑人口分布、公共绿地景观服务力、交通成本等因素，我们得到如下每个网格可达性计算公式：

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_i M_j}{\sum_{j=1}^n P_i C_{ij}} \tag{1}$$

A_i 表示第*i*个网格对所有公共绿地景观的可达性； P_i 是第*i*个网格的人口密度； M_j 表示第*j*块公共绿地景观的服务力，这里*M_j*为绿地景观的面积； C_{ij} 表示*i*网格区到第*j*块公共绿地景观的最小交通成本。

2 网络交通成本的计算

城市道路网络的密度，是衡量一个城市道路交通整体发展情况的重要指标^[4]。例如，我们通过网格划分（如图 1），将广州市某一局部区域的道路交通划分成 4×6 方格网。

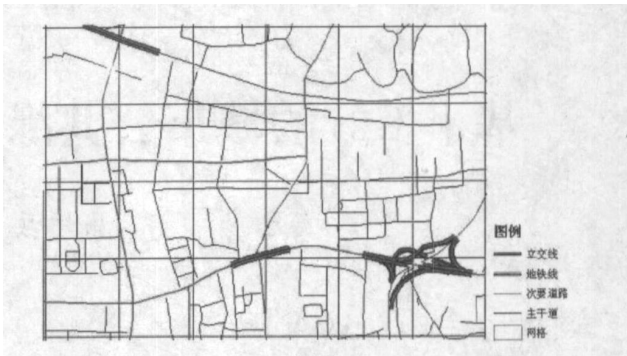


图 1 某一局部区域的道路交通划分方格网
Fig. 1 Grid partition of road in certain area

每个网格的道路密度由下式计算：

$$D_i = \frac{\sum_{j=1}^n f_j L_j}{\text{area}(G_i)} \tag{2}$$

城市中的道路的类型有多种，不同类型的道路对交通成本的影响是不一样的，*m* 表示多少道路类型，这里我们将道路分成四类，即 1—主干道、2—次要道路、3—立交高架路、4—地铁。*L_j*表示落在网格内*j*类道路的长度，*f_j*是第*j*类道路的影响因子，地铁最高，次要道路最低。*D_i*表示第*i*个网格的道路密度，*area* (*G_i*)表示第*i*个网格的面积，由于所有网格面积相等，所以上式可简写为：

$$D_i = \sum_{j=1}^n f_j L_j \tag{3}$$

对于每个网格而言，通过该网格区域的交通成本*C*与该网络道路密度呈反相关。则每个网格承载的交通成本（Cost）为见表 1。

$$C_i = [\text{Norm}(D_i)]^{-\lambda} \tag{4}$$

考虑到*D_i*算出来的值可能较大，Norm表示先进行归一化处理，λ是相关系数，一般取 1.0 则图 1 中各网格承载的交通成本见表 1。

表 1 网格交通成本计算结果
Tab. 1 Computing result of grid traffic cost

	1	2	3	4	5	6
1	2.86	2.43	6.22	3.97	4.93	5.49
2	2.58	4.26	3.74	3.23	7.38	6.29
3	2.97	3.92	3.16	2.10	1.82	1.53
4	3.22	2.71	1.75	5.51	1.00	1.03

$f_1=1.0$ $f_2=0.5$ $f_3=2.0$ $f_4=3.0$

两个相邻网格之间的交通成本为两个网格中所有点之间交通成本的平均值，如图 2 网格 1 与网格 2 相邻，则网格 1 到网格 2 的交通成本为： $(C_1$

+C₂) 2 网格 1 到网格 3 的交通成本为: (C₁ + C₃) √2 2

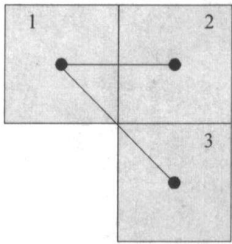


图 2 网格间平均交通成本示例

Fig.2 Example for average traffic cost between grids

由于每个网格所承载的交通成本不一样，如何求取任一网格到达另一网格所克服的空间阻力（交通成本）的最小值是问题的关键。这里以网格的中心为节点，任一网格与其八邻域网格间交通成本的平均值为边的权重，则可以构造一个无向网络图，求取任一网格到达另一网格所克服的空间阻力（交通成本）的最小值转换为求网络图的最短路径。图 3 是图 1 中 24 个网格构成的网络（注：不相邻的网格中心点间边的权重为∞，即两个不相邻网格中心点间不存在边）。

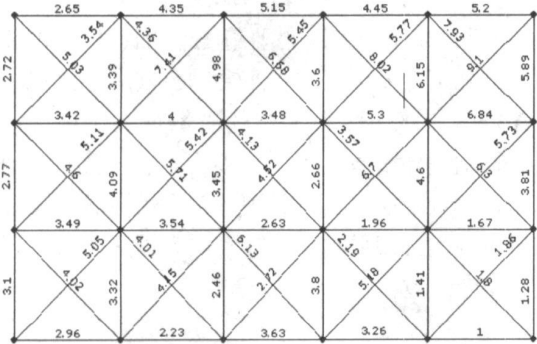


图 3 24 个网格中心点构成的交通成本网

Fig.3 Traffic cost net consists of 24 grid center

利用最短路径算法，很容易求得任一网格到其它所有网格最小交通成本的和，如表 2。

表 2 最小交通成本和计算结果

Tab.2 Computing result of summing minimum traffic cost in each grid

	1	2	3	4	5	6
1	253.45	214.44	229.83	210.13	253.22	334.80
2	235.55	202.30	162.06	157.40	225.99	252.09
3	226.31	186.31	156.18	144.57	160.86	186.23
4	231.20	186.86	164.45	196.84	168.22	182.63

根据表 2 网格（3 4）到其它网格最小交通成本的和最小（144.57），说明该网格交通可达性最好，网格（1 6）到其它网格最小交通成本的和最大（334.80），说明其交通可达性最差。

3 广州市城市公共绿地景观可达性

3.1 数据准备

研究区域包括广州市几个主要行政区：天河、海珠、越秀、东山（后并入越秀）、荔湾、白云、芳村。道路的数据采用广州市 1: 10000 交通电子地图，分为主干道、次要道路、立交高架路、地铁等道路类型。将广州市 2005 年 spot 遥感卫星影像与道路数据进行配准，在影像上解译提取出公共绿地景观的地块范围，主要包括城市公园、大型绿化广场、靠近市中心的风景点、名胜古迹等，不包括居民小区的花园、校园等非公园性质的绿化区域。利用 ArcInfo 9.0 在研究区域建立 500 m 间距的方形网格，利用 ArcInfo 提供的叠置分析功能，剪切出每个网格的包含的各种类型道路，公共绿地等。如图 4。

人口的空间分布是绿地景观可达性的计算的重要因素，我们从有关部门得到广州市各街区的五普人口数和人口密度，平均分配到每个网格上，可大致作为人口空间分布的计算依据，如图 5。

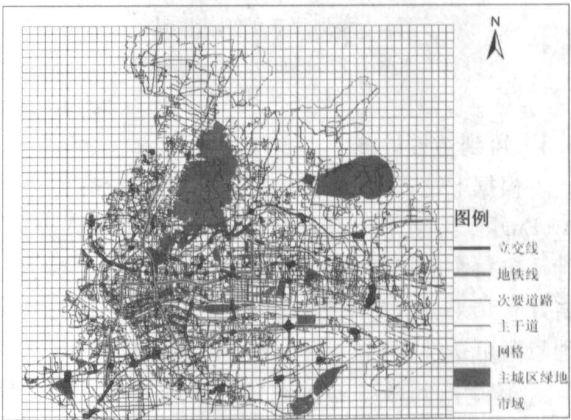


图 4 广州市绿地和道路交通网格图

Fig.4 Grid graph of green landscape and road in Guangzhou city

3.2 绿地景观的到达区域

一个绿地景观的面积会覆盖多个网格，对这些被覆盖的网格在四邻域方向作 +1 的膨胀运算，得到图的阴影网格，由于公共绿地景观要么是开放式的，要么在东、南、西、北各个方向都有入口，不需要考虑到达路径的方向。本文中，网格按 500 m 划分，是人很轻松的步行距离，因此我们可以认

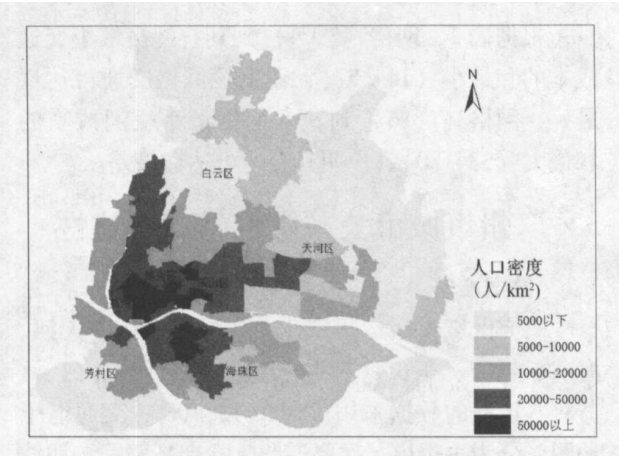


图 5 广州市人口密度分布图

Fig. 5 Distributing diagram of population density in Guangzhou city

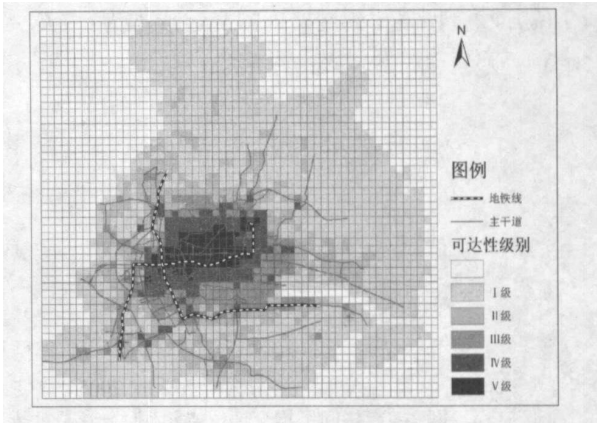


图 7 广州市公共绿地景观可达性指标的空间分布图

Fig. 7 Distributing diagram of accessibility index of public green landscape in Guangzhou city

为，从其它任一地方按最小交通成本的原则到达某一阴影网格，则视为到达了该绿地景观。

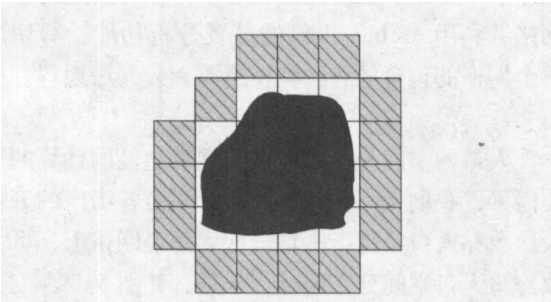


图 6 绿地景观的到达区域

Fig. 6 Arrival region of green landscape

3.3 可到达性计算

根据上述方法，利用 ArcInfo 的二次开发工具 ArcEngine 编制了公共绿地景观可达性计算程序，计算出每个网格对公共绿地景观的可达性指数，并将计算结果分成 5 个等级，最后得出广州市公共绿地景观可达性指标的空间分布图，如图 7。

位于广州市中心的东山区、越秀区、荔湾区人口密度大，交通道路密度大，在这几个区中，集中了几个著名的绿化景观，如：越秀公园、麓湖公园、中山纪念堂、流花湖公园、广州雕塑公园、黄花岗公园、广州动物园等，因此，这一中心区域的可达性指标一般很高，达到 V 级或 IV 级。白云山风景区面积大，具有很强的绿地景观空间吸引力，白云山以南的区域可达性指标为 V 级或 IV 级，但白云山以东、以西、以北的地区交通密度小、人口密度小，离中心区渐远，因此，白云区的可达性指标由南向北逐渐降低。海珠区、芳村区面积大，人口密度比较高，人口数多，但这两个区域的公共绿地景观很少。以海珠区为例，全区约 90.4 km²，只有

海印公园、晓港公园、海幢公园几个小型公园，总面积不足 0.3 km²，瀛洲生态公园面积较大，但位于海珠区最西南端，交通不方便，因此整个海珠区的可达性指标很低，大部分为 I 级，芳村区的情况类似。天河区交通便利，有地铁线和几条主干道穿越，人口密度较高，天河区西部和南部的可达性指标为 II 级或 II 级，天河区东部和北部大多为 I 级。另外，交通干线对可达性的影响非常大从图中可以看到，沿 1 号、2 号地铁线的网格区域颜色要深，说明交通便利的干线区域居民到达公共绿地景观更方便一些。总的说来，由于历史原因，广州市珠江以北的几个老城区集中了主要的公共绿地景观，而珠江以南的海珠区和芳村区面积很大，总人口数多，特别是外来暂住人口较多，而居民公共绿地景观可达性级别明显偏低，因此，有关园林规划部门和城市规划部门要重点考虑解决海珠区和芳村区存在的这个问题。

4 小 结

城市公共绿地景观对居民的服务能力是衡量一个城市现代化发展水平、和谐的人地关系的一个重要参考，可达性是一个量化的评价指标，能够综合多种因素对这种服务能力做出评价，为城市规划、园林规划提供借鉴。本文提出的一个基于网格划分的城市公共绿地景观可达性计算方法，利用每个网格的道路密度来近似模拟交通成本的阻力，在可达性计算中综合考虑了人口分布、公共绿地景观服务力、交通成本等因素，该方法具有很好的实用性和可计算性，并可用于其它服务设施的可达性研究中，如商业区、学校、医院等。但是，本文在交通成本的阻力计算中，仅顾及了网格内道路密度这个指数，还应该进一步引入道路的形态指数、人口密

度对交通的影响因素等。另外，网格划分的尺度对可达性计算结果的影响本文没有讨论，这将在以后的工作中做进一步研究。

参考文献:

[1] 周廷刚, 郭志达. 基于 GIS 的城市绿地景观引力场研究——以宁波市为例 [J]. 生态学报, 2004 24 (6): 1158 – 1163

[2] 周廷刚, 郭志达. 基于 GIS 的城市绿地景观空间结构研究——以宁波市为例 [J]. 生态学报, 2005 123 (5): 901 – 907.

[3] 李平华, 陆玉麒. 城市可达性研究的理论与方法评述 [J]. 城市问题, 2005 123 (1): 69 – 73

[4] LUO W, WANG F H. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and case study in the Chicago region [J]. Environment and Planning 2003 30 , 865 – 884

[5] ROSERO-BIKBY Luis Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS – based study [J]. Social Science & Medicine 2004 58 1271 – 1284

[6] SHEN G. Location of manufactured housing and its accessibility to community services: a GIS – assisted spatial analysis [J]. Socio – Economic Planning Sciences 2005 39 25 – 41.

[7] HARVEY JM. GIS Software for Measuring Space – Time Accessibility in Transportation Planning and Analysis [J]. Geoinformatica 2000 4 (2): 141 – 159.

[8] 俞孔坚, 段铁武, 李迪华, 彭晋福. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例 [J]. 城市规划, 1999 23 (8): 8 – 11.

[9] RITSEMA van Eck J R JONG de T. Accessibility analysis and spatial competition effects in the context of GIS – supported service location planning [J]. Computers Environment and Urban Systems 1999 23 75 – 89

A GIS based Evaluation Method for Accessibility of Urban Public Green Landscape

MA Lin-bing¹, CAO Xiao-shu¹

(School of Geography and Planning Sun Yat-Sen University GuangDong 510257 China)

Abstract In the paper a method for computing accessibility of urban public green landscape is put forward to estimate more efficaciously the effect of the urban public green landscape on people. As an important index, the ability of urban public green landscape serving for residents is often used to measure the level of urban developing and harmonicity of human-land relation. Traditional evaluating method did not take into account the spatial distribution of green landscape. Actually, the main factors affecting public green landscape accessibility include quality of public green landscape, distribution of the urban population, actuality of urban land use, and road traffics establishment. Based on GIS, the study area is divided into many regular grids. Spatial distribution features of accessibility of public green landscape are researched by computing the accessibility in each cell. The resistance of traffic cost is simulated by computing road density in each cell and simultaneous population density distributing and area of public green landscape are also integrated into the computing method. A case study in Guangzhou city area was implemented by GIS to ArcInfo9 and some research results were gained by computing accessibility of public green landscape. It is concluded that the method has better practicability and calculability and provides a scientific basis for urban plan and green landscape plan.

Key words public green landscape; accessibility; grid