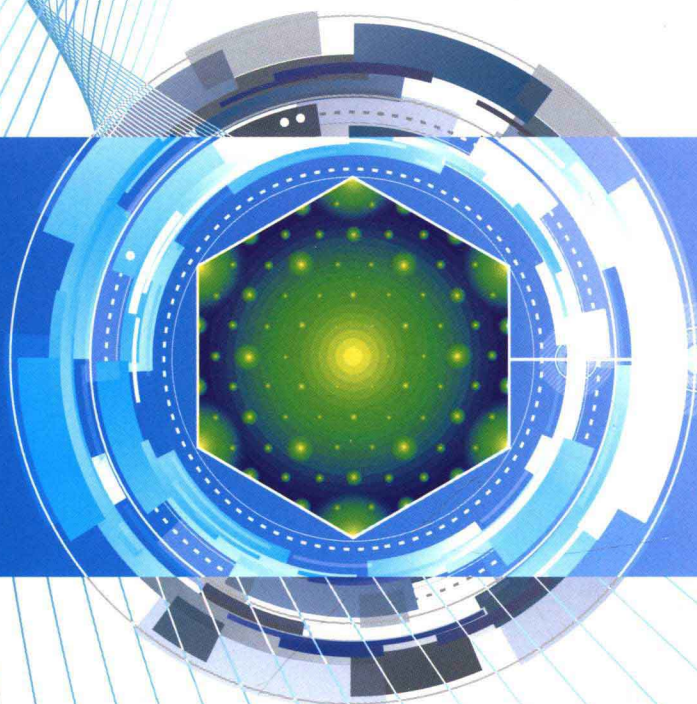


可达性与 区域空间结构

Accessibility and Regional
Spatial Structure

张莉著



可达性与区域空间结构

张 莉 著

国家自然科学基金项目“区域可达性
空间分析方法与实证研究”(41001074)
江苏高校优势学科建设工程项目

联合资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以可达性与区域空间结构的相关概念和基本理论为基础,从可达性空间分析的角度研究区域空间结构的扩散、空间相互作用、空间吸引范围和一日交流圈。基于GIS空间分析方法,构建可达性空间分析模型及实现算法,开发可达性空间分析信息系统,为可达性与区域空间结构的量化研究提供技术支撑。以长江三角洲为实证区域,探讨其可达性与区域空间结构及其演化过程和发展态势。并尝试从可达性的视角对点—轴系统理论和中心地理论进行空间分析,进一步认识这些理论的形成机制以及内在联系。

本书可供地理、交通、城市规划专业的本科生、研究生、教师与科研人员阅读参考。

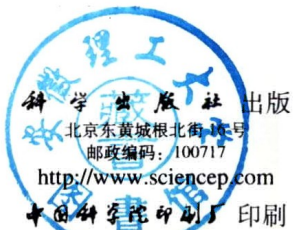
图书在版编目(CIP)数据

可达性与区域空间结构/张莉著. —北京:科学出版社, 2013.11
ISBN 978-7-03-039032-5

I. ①可… II. ①张… III. ①区域地理学-可达性-空间结构-研究
IV. ①P901

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 259037 号

责任编辑:周 丹 罗 吉 / 责任校对:张怡君
责任印制:肖 兴 / 封面设计:许 瑞



科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 11 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 469 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

可达性 (accessibility) 是人文地理学中的一个重要概念。可达性, 也叫通达性、易达性。简单地说, 指从一个地方到另一个地方的容易程度。1959 年 Hansen 首次提出了可达性的概念, 将其定义为交通网络中各节点相互作用机会的大小。之后基于研究角度的不同, 可达性的含义得到不断引申和发展。在人文地理学里, 它被用来解释社会现象的空间变化, 如城镇的增长、服务设施的选择、土地利用的空间结构。可达性的度量方法主要有距离度量法、拓扑度量法、重力度量法、累积机会法和等值线法等, 其计算公式反映了空间实体之间克服距离障碍进行交流的难易程度, 与人文地理学中区位、空间相互作用、空间吸引范围、等时圈等概念紧密相关。

可达性是一个空间概念, 可达性的评价涉及大量空间数据, 空间分析指空间地理数据的拓扑与属性数据的联合运算。伴随着计算机技术、地理信息系统技术以及空间科学的不断发展, 可达性的计算过程以及结果分析越来越需要直观、有效的空间表达。可达性的研究逐渐走向与计算机技术相结合的道路, 而地理信息系统的发展和应用更为这些研究提供了有效的技术手段。

本书以区位论、区域空间结构理论、区域空间相互作用理论、可达性的概念和度量方法为理论基础, 从区内联系和区外联系两个方面界定区域可达性的概念和内涵, 构建一套适用于区域尺度的, 以公路、铁路构成的陆路交通网为基础的空间全覆盖的区域可达性空间分析方法。从可达性空间分析的角度研究区域空间结构的扩散 (spatial diffusion)、空间相互作用、空间吸引范围和一日交流圈。基于地理信息系统 (geographic information system, GIS) 平台开发专门用于可达性空间分析的信息系统, 实现可达性的动态演示和多情景模拟, 为可达性的空间分析和区域空间结构的定量化研究提供技术支撑。以长江三角洲为实证区域, 对其可达性进行空间分析, 探讨其空间结构的演化过程与发展态势。用可达性空间分析技术对点—轴系统理论和中心地理论 (central place theory) 进行计算机模拟, 进一步认识这些理论的形成机制以及内在联系。

本书按照从理论到方法再到实证的思路展开, 主要可以归结为以下几个部分: 理论基础的回顾、基于 GIS 技术的区域可达性空间分析方法、长江三角洲实证分析、区域空间结构理论的空间分析。以下是具体章节安排。

第 1 章, 可达性。从可达性及其相关概念、可达性的评价和度量方法、可达性的实证研究以及可达性与区域空间结构的关系几个方面回顾总结了可达性的相关研究进展。

第 2 章, 区域空间结构。从区域空间结构的含义、基本要素、区域空间相互作用、区域空间结构理论几个方面回顾总结了区域空间结构的研究进展。

第 3 章, 可达性空间分析方法。介绍了 GIS 空间分析的内涵、GIS 空间分析方法在可达性研究中的应用。提出了基于 GIS 技术的可达性空间分析方法的内涵及技术路线, 构建了可达性空间分析模型及实现算法。

第4章,可达性空间分析信息系统。介绍了系统设计原则、系统运行环境设计、系统开发方式、系统开发结构、系统数据库设计和系统主要功能。

第5章,均质背景下长江三角洲城镇节点可达性与空间结构。选取长江三角洲区域16市及所辖各县行政单位为研究单元,分别将长江三角洲16个地级及以上级别城市和76个县、县级市及城市市区抽象为16个和76个空间节点,从空间分布、综合实力的评价、空间可达性、空间扩散和空间吸引范围五个方面来分析均质区域背景下长江三角洲城镇节点的可达性与空间结构。

第6章,基于交通路网的长江三角洲可达性与空间结构。本章研究的节点主要包括长江三角洲16个地级及以上级别的城市节点,交通节点主要包括水运港口、航空机场、铁路火车站和高速公路互通口,在此基础上,研究了城镇节点基于内河航道、铁路交通网、公路交通网和陆路交通网的轴向渐进式空间扩散,基于陆路交通网的海港、长江干线港口、水运港口、航空机场、铁路火车站和高速公路互通口的轴向渐进式空间扩散,基于陆路交通网的城镇节点的区域可达性评价、城市节点的等时圈及一日交流圈分析,以及基于时间可达性的城镇节点和交通节点的吸引范围。

第7章,长江三角洲可达性与空间结构的演化过程及发展态势。本章选择了1985年、1995年、2006年和2020年的长江三角洲陆路交通网作为研究的轴线,研究的节点主要包括长江三角洲16个地级及以上级别的城市节点,交通节点主要包括水运港口、航空机场、铁路火车站和高速公路互通口,在此基础上,分析了基于陆路交通网的城镇节点和交通节点的轴向渐进式空间扩散的演化过程与发展态势,基于陆路交通网的城镇节点的区域可达性空间格局及其演化,以及城市节点的等时圈及一日交流圈的动态变化分析。

第8章,基于可达性的区域空间结构理论的空间分析。本章尝试从可达性的视角对点—轴系统理论和中心地理论进行空间分析,进一步认识这些理论的形成机制和内在联系,探讨不同理论形成的区域背景以及同中心地理论的关系。

本书以现有的可达性与区域空间结构理论为基础,提出了基于GIS技术的可达性空间分析方法,以长江三角洲为例,对其可达性进行空间分析,探讨长江三角洲可达性与空间结构及其演化过程和发展态势,并尝试从可达性的视角对点—轴系统理论和中心地理论进行空间分析。尽管作者力求构建一种相对合理、客观的技术方法,然而很多观点还不成熟,不当之处还请读者不吝赐教,以推动可达性与区域空间结构的研究不断深入。

张莉

2013年9月

目 录

前言

第 1 章 可达性	1
1.1 可达性及其相关概念	1
1.1.1 可达性的概念	1
1.1.2 可达性的分类	2
1.1.3 可达性的影响因素	3
1.1.4 可达性的主要特征	4
1.2 可达性的评价	5
1.2.1 可达性的评价方法	5
1.2.2 可达性评价指标的选择与测算	7
1.3 可达性的实证研究	10
1.3.1 洲际尺度的可达性研究	10
1.3.2 国家尺度的可达性研究	11
1.3.3 区域尺度的可达性研究	11
1.3.4 都市区内部的可达性研究	12
1.4 可达性与空间结构	12
第 2 章 区域空间结构	14
2.1 区域空间结构的基本含义	14
2.2 区域空间结构的基本要素	15
2.2.1 节点及区位	16
2.2.2 线及网络	17
2.2.3 域面	18
2.2.4 区域空间结构要素的组合模式	19
2.3 区域空间相互作用	20
2.3.1 区域空间相互作用的条件	20
2.3.2 区域空间相互作用的基本模式	21
2.3.3 空间扩散	25
2.4 区域空间结构理论	31
2.4.1 中心地理论	31
2.4.2 增长极理论	33
2.4.3 点—轴渐进扩散理论	34

2.4.4 圈层结构理论	36
2.4.5 核心—边缘理论	36
2.4.6 双核空间结构理论	37
第3章 可达性空间分析方法	39
3.1 GIS空间分析	39
3.1.1 空间分析的内涵	39
3.1.2 空间分析方法	40
3.1.3 空间分析是GIS的核心功能	40
3.2 GIS空间分析方法在可达性研究中的应用	41
3.2.1 可达性结果的空间表达	42
3.2.2 基于GIS软件进行可达性的空间分析	44
3.2.3 基于GIS平台开发可达性分析模块	49
3.2.4 可达性空间分析方法比较	49
3.3 可达性空间分析方法的内涵与技术路线	51
3.3.1 可达性空间分析方法的内涵	51
3.3.2 区域空间抽象	52
3.3.3 可达性空间分析的技术路线	52
3.3.4 基于网格法的空间单元划分	53
3.4 可达性空间分析模型及实现算法	55
3.4.1 基于交通路网的节点的时间可达性评价模型	55
3.4.2 基于时间可达性的最小种子算法	55
3.4.3 基于交通路网的节点的时间距离衰减扩散模型	60
3.4.4 基于多边形网格快速填充的分值扩散算法	63
第4章 可达性空间分析信息系统	67
4.1 系统总体设计	67
4.1.1 系统设计原则	67
4.1.2 系统运行环境设计	68
4.1.3 系统开发方式	69
4.1.4 软件介绍	70
4.2 系统开发	72
4.2.1 系统开发结构	72
4.2.2 系统数据库设计	72
4.3 系统主要功能	74
4.3.1 系统登录	74
4.3.2 系统设置	75
4.3.3 数据录入	78

4.3.4 数据处理	88
第5章 均质背景下长江三角洲城镇节点可达性与空间结构	92
5.1 城镇节点的空间分布	92
5.1.1 城镇节点的离散度	92
5.1.2 城镇节点的几何居中性	95
5.1.3 城镇节点的分布轴线	98
5.2 城镇综合实力的评价	101
5.2.1 城镇综合实力评价方法的选择	101
5.2.2 长江三角洲 16 个地级及以上级别城市综合实力的评价	103
5.2.3 长江三角洲 75 个县、县级市及城市市区的综合实力评价	111
5.3 城镇节点的空间可达性	121
5.3.1 可达性评价指标的选择	121
5.3.2 长江三角洲 16 个地级及以上级别城市空间可达性的评价	122
5.3.3 长江三角洲 76 个县、县级市及城市市区空间可达性的评价	125
5.4 城镇节点的空间扩散	144
5.4.1 城镇节点无权重的空间扩散	144
5.4.2 城镇节点加权空间扩散	146
5.4.3 基于均质路网的城镇节点无权重的空间扩散	148
5.4.4 基于均质路网的城镇节点加权空间扩散	151
5.5 城镇节点的空间吸引范围	152
5.5.1 Voronoi 图的概念	152
5.5.2 基于 Voronoi 图的城镇节点的空间吸引范围	153
5.6 小结	155
第6章 基于交通路网的长江三角洲可达性与空间结构	158
6.1 城镇节点的轴向渐进式空间扩散	158
6.1.1 基于内河航道的城镇节点的空间扩散	158
6.1.2 基于铁路交通网的城镇节点的空间扩散	162
6.1.3 基于公路交通网的城镇节点的空间扩散	164
6.1.4 基于陆路交通网的城镇节点的空间扩散	168
6.2 基于陆路交通网的交通节点的轴向渐进式空间扩散	170
6.2.1 水运港口的空间扩散	170
6.2.2 机场的空间扩散	175
6.2.3 火车站的空间扩散	178
6.2.4 高速公路互通口的空间扩散	179
6.3 基于陆路交通网的城镇节点的区域可达性评价	181
6.3.1 区内可达性的评价结果	182

6.3.2	区外可达性的评价结果	184
6.3.3	区域可达性的评价结果	188
6.3.4	区域可达性的空间格局	189
6.3.5	城市节点的等时圈及一日交流圈分析	194
6.4	基于时间可达性的城镇节点吸引范围的划分	199
6.4.1	基于时间可达性的城市吸引范围的概念	200
6.4.2	长江三角洲城市等级的划分	200
6.4.3	一级城市吸引范围的划分	201
6.4.4	二级城市吸引范围的划分	203
6.4.5	三级城市吸引范围的划分	205
6.4.6	四级城市吸引范围的划分	206
6.4.7	城市吸引范围的等级体系	206
6.5	基于时间可达性的交通节点吸引腹地的划分	207
6.5.1	水运港口的吸引腹地的划分	207
6.5.2	航空机场的吸引腹地的划分	210
6.6	小结	213
第7章	长江三角洲可达性与空间结构的演化过程及发展态势	216
7.1	长江三角洲陆路交通网的空间演化	216
7.1.1	陆路交通网的演化过程	216
7.1.2	陆路交通网络拓扑图的构建	226
7.1.3	陆路交通网演化的网络分析	227
7.2	城镇节点空间扩散的演化过程及发展态势	229
7.2.1	基于不同时期陆路交通网的城镇节点的空间扩散	229
7.2.2	基于陆路交通网的城镇节点空间扩散的演化过程及发展态势	230
7.3	交通节点空间扩散的演化过程及发展态势	233
7.3.1	基于陆路交通网的水运港口空间扩散的演化过程及发展态势	233
7.3.2	基于陆路交通网的航空机场空间扩散的演化过程及发展态势	236
7.3.3	基于陆路交通网的火车站点空间扩散的演化过程及发展态势	238
7.3.4	基于陆路交通网的高速公路互通口空间扩散的演化过程及发展态势	243
7.4	城镇节点的区域可达性空间格局及其演化	244
7.4.1	区内可达性的空间格局及其演化	244
7.4.2	区外可达性的空间格局及其演化	252
7.4.3	区域可达性的空间格局及其演化	256
7.4.4	城市节点的等时圈及一日交流圈的动态变化分析	257
7.5	基于时间可达性的城镇节点吸引范围的空间演化	259
7.5.1	一级城市吸引范围的空间演化	262

7.5.2 二级城市吸引范围的空间演化	262
7.5.3 三级城市吸引范围的空间演化	263
7.5.4 四级城市吸引范围的空间演化	264
7.6 基于时间可达性的水运港口吸引腹地的空间演化	264
7.6.1 一级水运港口吸引腹地的空间演化	267
7.6.2 二级水运港口吸引腹地的空间演化	267
7.6.3 三级水运港口吸引腹地的空间演化	267
7.7 基于时间可达性的航空机场吸引腹地的空间演化	269
7.7.1 一级航空机场吸引腹地的空间演化	271
7.7.2 二级航空机场吸引腹地的空间演化	271
7.7.3 三级航空机场吸引腹地的空间演化	272
7.8 小结	274
第8章 基于可达性的区域空间结构理论的空间分析	277
8.1 基于可达性的点—轴系统的空间分析	277
8.1.1 点—轴系统理论	277
8.1.2 点—轴系统的空间分析方法	278
8.1.3 点—轴系统形成过程的计算机模拟	278
8.1.4 点—轴系统形成过程模式的空间分析	280
8.1.5 点—轴系统可达性的空间分析	282
8.2 基于可达性的中心地体系的空间分析	282
8.2.1 中心地理论	282
8.2.2 中心地体系的空间分析方法	283
8.2.3 均质背景下中心地体系的空间演化	283
8.2.4 交通背景下中心地体系的空间重构	289
8.3 小结	294
参考文献	296

第 1 章 可 达 性

可达性的渊源久远，从古典区位论开始，作为反映交通成本的基本指标，可达性的含义就已蕴含其中。在农业区位论和工业区位论中，杜能、韦伯就已把交通运输作为最根本的考虑因素。1959 年 Hansen 首次提出了可达性的概念，之后基于研究的角度不同，可达性的含义得到不断引申和发展，评价方法不断改进，理论、应用研究发展迅速，在不同领域与区域的研究、应用日益丰富。

1.1 可达性及其相关概念

1.1.1 可达性的概念

可达性，也叫通达性、易达性。简单地说，指从一个地方到另一个地方的容易程度 (Johnston, 1994)。Hansen (1959) 首次提出了可达性的概念，将其定义为交通网络中各节点相互作用的机会大小。韦伯的工业区位论和杜能的农业区位论中都渗透着可达性的概念，但是直到 20 世纪 60 年代随着数学在地理学中的广泛应用，可达性概念才被清楚地定义 (杨家文等, 1999)。戈特曼认为，通达性指一种在适当时间到达指定地点并依靠交通设施的能力。它的高低取决于人的移动性，即人的移动能力和由于移动而达到目的的机会。Bruinsma 等 (1998) 还针对通达性 11 种不同的概念进行对比和归纳，11 种概念如下。

- (1) 假如节点和网络之间是连接的，那么这个节点到网络是可达的。
- (2) 网络内某节点的可达性是该节点到网络内最近节点的距离。
- (3) 网络内某节点的可达性是该节点与其他所有节点的直接连接线路数。
- (4) 网络内某节点的可达性是连接到该节点的所有线路数。
- (5) 某节点到另一节点的可达性是由节点之间的出行耗费决定的。
- (6) 网络内某节点的可达性是该节点到网络内其他所有节点的加权平均出行耗费之和。
- (7) 网络内某节点的可达性是到其他任何节点最有效出行的期望值。
- (8) 网络内某节点的可达性是该节点到其他所有节点的空间相互作用。
- (9) 网络内某节点的可达性是在一定交通耗费限制下，可达的人口总数。
- (10) 某节点的可达性是单一或双限制空间相互作用模型中，平衡因素的反函数。
- (11) 可达性是由专业的判断来度量的。

王缉宪 (2004) 阐释了可达性概念在交通运输中的 4 种主要用法和定义。

- (1) 城市中一个地点到城市所有主要活动分布的总体易达程度，往往以时间来衡量，并且可以比较不同交通方式的差异。

(2) 城市中某一地点到某个距离内的某类活动地点的总体易达程度。

(3) 某一特定活动到城市其他地点的总体易达程度。

(4) 在涉及特定类型的人时, 易达程度特指为方便他们而设计或提供的专用设施的水平。

厄尔曼(Ullman)在空间相互作用模型上的开拓性工作, 网络分析方法在交通问题上的大量使用, 为可达性概念的精确定义和具体度量奠定了基础。

空间相互作用, 或者社会实体之间的相互关系, 被认为是区位选择及城市增长的重要因素, 而可达性通过不同活动之间的相互作用及其导致的交通行为来定义, 它以在给定的交通条件下, 一个地方的活动能够从另外一些地方接近的容易程度来衡量。因而, 可达性能够表示某一地域内不同地点之间的联系, 并可衡量把某一活动放在不同地点的相对优势。

在不同的空间尺度上, 可达性所衡量的具体对象也不相同。在区域范围内, 可达性反映了某一城市或区域之间发生相互作用的难易程度。可达性是产生区域经济发展空间差异, 并且使各区域在新的空间经济格局中进行角色调整、重新组织的重要原因。因此, 可达性是空间经济结构再组织的“发生器”(Mackiewicz et al., 1996)。Shen(1998)将城市空间定义为一系列城市居民与他们的社会经济活动之间的地理关系的整体, 而可达性则是衡量这些地理关系深度和广度的指标。

概括起来说, 对可达性概念的完整的理解应该包括以下几个方面。

(1) 交通系统的种类及不同种类的组合, 服务方式与服务质量, 如速度、费用、旅行时间、风险、舒适度等。

(2) 被评价的各个地理实体在区域中的分布。

(3) 端点的区位特性(吸引力), 如起点和终点的人口、收入、就业、产业或商店的数量等状况。

(4) 端点的选择, 是一点与多点之间还是一点与一点之间(杨家文等, 1999; 李平华等, 2005)。

1.1.2 可达性的分类

可达性的含义非常广泛, 有时空意义上的可达性, 也有社会学、心理学意义上的可达性(杨涛等, 1995)。可达性概念根据不同的划分标准, 有不同的类别。按研究领域划分, 可以划分为社会可达性、心理可达性、交通可达性等。按研究对象的区域尺度分, 可以分为大比例尺区域的可达性研究、中比例尺区域的可达性研究以及小比例尺区域的可达性研究(徐旭, 2005)。根据Li等(2001)、Gutiérrez(1996, 2001)、Gutiérrez等(1996, 1999)、Vickeman(1995)等学者的研究内容, 按研究时间对其进行划分, 可以分为现状可达性和潜在可达性。潜在可达性是指研究区域在未来一定的时间范围内, 可达性将会达到的水平。Kwan等(2003b)将可达性分为个体可达性和地方可达性两类, 前者是反映个人生活质量的一个很好的指标, 后者是指所有人口容易到达的区位或地方所特有的属性, 即某一区位“被接近”的能力。宋小冬等(2000)把可达性分为宏观可达性和微观可达性: 微观可达性指针对一个或几个出行

起始点或到达点，适用的对象不是太多，但结果往往要求比较精确，宏观可达性往往针对大范围、多点的情况。在 1997 年交通统计年报（*Transportation Statistics Annual Report*, TSAR）中，研究人员把可达性分为相对可达性（relative accessibility）和整体可达性（integral accessibility），前者指一个点相对于另一个点的情况，后者指综合几种活动的许多点。根据出发点和到达点的个数可以将可达性分为一对一、一对多和多对多三种情况。一对一指出发点与到达点都唯一，一对多指出发点唯一而到达点不唯一或是出发点不唯一而到达点唯一，多对多指出发点和到达点都不唯一（杨育军，2004）。

1.1.3 可达性的影响因素

1. 交通系统的影响

1) 交通成本

由起点到终点的难易程度表现为出行成本，往往因不同的研究情况而由不同的变量表示，主要包括以下三类。

- (1) 时耗：出行一共花费的时间。
- (2) 费用：出行一共花费的费用。
- (3) 舒适度：如出行的便利性、心理压力大小、安全性、风险等。

2) 距离衰减函数

出行总成本、起讫点间的相互作用直接与起讫点间的距离相关，相互作用随距离、时耗或费用的增加而衰减。距离的衰减函数主要有以下几类，见表 1-1。

表 1-1 可达性距离衰减函数

名称	函数	使用过此函数的学者
负幂函数	$f(d_{ij})=d_{ij}^{-a}$	Hansen, Clark, Davidson, Fotheringham, Song, 钮心毅, 廖雄纠
负指数函数	$f(d_{ij})=e^{-\beta d_{ij}}$	Wilson, Dalvi, Song
改进的高斯函数	$f(d_{ij})=e^{-\beta d_{ij}^2}$	Ingram, Guy
改进的对数函数	$f(d_{ij})=1+e^{a+blnd_{ij}}$	Hilber

函数的选择一般应考虑以下因素。

函数的陡度不宜太大，负幂函数与负指数函数衰减太快，对于短距离的变化太过敏感，这与实际不太符合。

距离为“0”时，函数的值应该在该点达到最大但不应该是无穷大。

通过实际数据可以对以上函数进行比较验证，Ingram 认为负幂函数和负指数函数相对于实际情况衰减太快，并推荐使用改进的高斯函数。Fotheringham 研究认为：幂函数适用于城市间的研究，指数函数更适合城市内部的研究。Hilber 认为：通常对数函数呈“S”型，能更好地解释距离衰减，更适合实际的交通情况。尽管“S”型函数

能够保证距离接近于零时,不会变化太快,距离为零时不会无穷大,但是这类函数的变化率不均匀,理想的距离衰减函数的衰减率应该是均匀递减的,即 $\frac{df(x)}{dx}$ 是均匀递减的,这样才能解释可达性对距离的敏感度是随距离的增加而逐渐减小的。

2. 土地使用的影 响

可达性的土地影响因素可分为两个方面:出行吸引点的空间分布及属性,如商业、办公、学校的位置及它们的吸引力大小等;出行产生点的空间分布及属性,如居住点的位置、规模等。出行吸引点和出行产生点的空间分布同时影响着可达性的大小。

3. 时间因素

对于可达性中的时间因素的研究最早源于 Hagerstrand 的时空地理学,其中时空棱的方法可应用于可达性的评价,从时空棱上可看出在给定的时间约束下,人们可能到达的时空范围。

4. 个人因素

参与社会经济活动的过程中,个人因素对可达性的影响很大,主要有三方面:个人需求、个人能力和机会。

个人需求与年龄、收入、受教育程度、家庭情况等因素有关,能力与个人自身条件和所采用的交通方式有关,机会与人们的收入、出行时间安排有关。在当代社会公平和公正越来越受到重视的大环境下,不同社会经济背景的人参与社会活动的机会及这些人在空间上的分布状况,越来越为研究者们所关注。

1.1.4 可达性的主要特征

李平华等(2005)曾经概括可达性的主要特征,具体如下。

(1) 可达性是一个空间的概念。可达性反映了空间实体之间克服距离障碍进行交流的难易程度,因此它与区位、空间相互作用和空间尺度等概念紧密相关。在空间意义上,可达性表达了空间实体之间的疏密关系。

(2) 可达性具有时间意义。空间实体相互作用或接近经济活动中心主要是通过交通系统来完成,时间是交通旅行中最基本的阻抗因素,交通成本在很大程度上依赖于通行时间的花费,因此通常用时间单位来衡量空间距离。

(3) 可达性具有社会和经济价值。较高水平的可达性与高质量的生活和满意度、吸引力以及经济发展等相关联。

(4) 起点、终点和交通系统是可达性必备的三个要素。可达性衡量特定的起点和终点之间的关系,并且端点之间以某种交通系统为连接工具。

1.2 可达性的评价

1.2.1 可达性的评价方法

1. 上海交通所法

陈声洪(1998)等假定各区人口、岗位分布是均质的,对某一地区的交通可达性可作如下理解:全规划区所有人口和所有工作岗位都到某区出行一次所需时间的平均值,即为该区的交通可达性。平均出行时间越短,表示各区到该区总的交通便利程度越高,即该区的交通可达性越高。该方法的数学表达式如下:

$$A_j = \frac{\sum_i \left[t_{ij} \left(p_i + e_i \frac{P}{E} \right) \right]}{\sum_i \left(p_i + e_i \frac{P}{E} \right)} \quad (1-1)$$

式中, A_j 表示 j 区的交通可达性; t_{ij} 表示 i 区到 j 区的出行时耗; p_i 表示 i 区的人口数; e_i 表示 i 区的工作岗位数; $P = \sum_i p_i$ 表示规划区人口总数; $E = \sum_i e_i$ 表示规划区工作岗位总数。

2. 距离度量法

距离度量法是所有度量方法中最为基本的一种(Ingram, 1971)。它使用空间距离、时间距离或经济距离来度量可达性。常用来计算所谓的相对可达性,它用两个地点之间的自然间隔来度量它们之间的可达性。在相对可达性的基础上,又定义了总体可达性,即某地到所有其他地点的相对通达性的总和。

距离度量法是一种非常简单的可达性评价方法,兼顾了活动点在空间中的位置及交通系统,但是该法对活动点的属性、时间、个人因素等缺乏考虑,也忽视了实际的出行路径。

3. 拓扑度量法

拓扑度量法用于网络中各个节点或者整个网络的可达性的度量,它将现实中的网络抽象成图,通常只考虑点与点之间的连接性,而不考虑它们之间的实际距离,每一对互相连接的节点之间的距离被认为是等值的。连接两点的具有最少的线段数的路径是这两个节点之间的最短路径,最短路径包含的线段数是这两点之间的拓扑距离,这就是拓扑度量法的相对可达性。定义一个节点的总体可达性为该节点到所有其他节点的相对通达性的总和。一个节点到所有其他节点的相对通达性的平均值被定义为该节点的可达性指数。

4. 累积机会法

累积机会法也叫等值线法、等时线法、邻近距离法。该法中可达性表示为一定时间

或距离内,能到达的活动点数量的多少,这个数量越大,可达性就越高。这一度量方法并不考虑距离衰减效应,随着设定的出行时间或出行距离的增加,计算所得的可达性值是增加的。累积机会法可以分为如下三类。

(1) 固定成本法:给定成本的条件下,求可到达的活动点的数量。

(2) 固定机会法:给定活动点的数量,求所需的平均出行成本。

(3) 固定人口法:主要用于服务设施的可达性计算,设定服务的人口一定,求平均的出行距离或时耗。

5. 重力法

重力法,也叫潜力(引力、潜能、势能)模型法,来源于牛顿的万有引力定律,Hansen (1959)第一次将该法运用到可达性的研究中,该方法的一般计算公式如下:

$$A_i = \sum_j D_j F(d_{ij}) \quad (1-2)$$

式中, A_i 表示 i 区到所有机会点 $(1, 2, 3, \dots, j)$ 的可达性; D_j 表示 j 点的吸引力大小; d_{ij} 表示 i, j 两点之间的距离; $F(d_{ij})$ 表示距离衰减的函数。

城市对城市外的某地点的影响,称为城市在该点的潜能,它是作为引力因子的地理实体与距离衰减效应双重作用的结果,将运输系统与各地的社会经济活动纳入了统一的分析框架。

重力法也许是使用得最为广泛的一种方法,但是也面临一些问题。第一,潜能随距离衰减的速率在不同的情况下不总是一致的,被建议使用的一些距离衰减函数,如指数式,在使用之前还必须得到检验。第二,区域的可达性的计算,采用不同的方案划分亚区,亚区的尺寸和形状不一样,计算所得的可达性值也会不一样。第三,这里度量的是一个亚区的可达性,亚区内交通条件的改善,虽然会增加该地带或更大范围内的可达性,但是在这里得不到反映。

6. 平衡系数法

Wilson 首次运用统计方法的熵最大定律推导出可达性的计算方法,他介绍了四种典型的空作用模型:产生约束模型、吸引约束模型、双约束模型和无约束模型。双约束模型可以应用到可达性的计算中,其公式如下:

$$T_{ij} = a_i b_j O_i D_j F(d_{ij}) \quad (1-3)$$

式中, T_{ij} 表示 i 区和 j 区间的交通流量; a_i, b_j 表示平衡系数; O_i, D_j 表示 i 区和 j 区的规模; $F(d_{ij})$ 表示 i 区和 j 区的交通阻力。

平衡系数 a_i 和 b_j 见式 (1-4)、式 (1-5):

$$a_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n b_j D_j F(d_{ij})} \quad (1-4)$$

$$b_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^m a_i O_i F(d_{ij})} \quad (1-5)$$

1.2.2 可达性评价指标的选择与测算

1. 度量网络发育的指标

网络发育是指交通网络的连接水平以及由此决定的节点间联系的便捷程度, 度量网络发育的指标主要有以下三种(徐旭, 2005; 程连生, 1998; 金凤君等, 2004; 麻清源等, 2006; 周恺, 2007)。

1) 网络连接程度指标

主要有连接率(β)和环路指数(μ):

$$\beta = e/v \quad (1-6)$$

$$\mu = e - v + p \quad (1-7)$$

式中, β 表示网络中线路数 e 与网络中节点数 v 的比值, 反映了每个节点平均连接的线路数, $\beta < 1$ 时, 网络呈树状网络, $\beta > 1$ 时, 网络为回路网络; μ 表示网络的环路数, 等于线路数 e 减去节点数 v 再加上网络子图个数 p , μ 值越大, 网络越发达。

2) 网络伸展程度指标

主要有网络直径(D)、网络伸展指数(η)和“点对”间平均线路数(A):

$$D = \max\{S_{ij}\} \quad (1-8)$$

$$\eta = \sum_i \sum_j S_{ij} \quad (1-9)$$

$$A = \sum_i \sum_j S_{ij} / n(n-1) \quad (1-10)$$

在一个连通的网络中, 首先计算出任意两点之间的最短路径, 然后用矩阵表达最短路径上的节点个数, 这个矩阵中的矩阵元素的最大值就是网络直径 D 的值。网络伸展指数 η 是指网络由一点至最远一点最短路径的线路数, η 指数最小的点, 即为网络的中心。 A 表示交通网络最短路径矩阵元素的总和与节点“点对”数的比值, 反映对偶两节点间线路数的平均值。

3) 网络扩展潜力指标

包括实际成环率(α)和实际结合度(γ), 关于 α 的计算, 有两种不同意见:

$$\alpha_1 = (e - v + p) / (2v - 5p), \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1-11)$$

$$\alpha_2 = (e - v + p) / 2(v - 5), \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1-12)$$

$$\gamma = e / [3 \times (v - 2)], \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (1-13)$$

式中, α 表示环路指数与最大可能环路数的比值, 反映实际成环的水平, $1 - \alpha$ 则表示其成环的潜力; γ 表示线路的实际结合水平, 其值越小, 结合潜力越大。

2. 度量节点可达性的指标

1) 最短距离

节点的通达性就是网络中某节点到其他所有节点的最短距离的总和, 其值越小, 其可达性越好。

$$A_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (1-14)$$