

基于时间可达性的城市吸引范围的划分 ——以长江三角洲为例

张 莉¹, 陆玉麒¹, 赵元正²

(1 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 2 南京邮电大学自动化学院, 南京 210003)

摘要: 基于长江三角洲实际的陆路交通网, 考虑了地表的阻隔水域以及道路的类型和等级, 根据最小种子算法, 采用 MapX 和 Delphi, 开发了区域时间可达性计算与分析模块, 生成了长江三角洲 4 级城市的时间可达性扩散图和基于时间可达性的吸引范围图。结果表明, 上海作为一级城市, 其吸引范围能够覆盖整个长江三角洲, 呈现出以上海为中心, 依照时间可达性由小到大的顺序沿沪宁、沪杭交通线向外辐射的扇形分布模式。二级城市的吸引范围呈现出以上海、南京和杭州为中心, 依照时间可达性由小到大的顺序沿沪宁、沪杭交通线的圈层分布模式。三级城市 1 小时的吸引范围呈现出以 15 个地级及以上级别城市为中心, 沿沪宁、沪杭、杭甬、宁通交通线的“之”字形带状分布模式。四级城市的 1 小时吸引范围几乎覆盖整个区域, 呈现出以 81 个城镇为核心, 以高等级公路和铁路为轴线的网络化分布模式。随着跨江、跨海通道的建成, 各级城市的吸引范围向南、北扩展的速度加快。

关键词: 时间可达性; 城市吸引范围; 长江三角洲; GIS

文章编号: 1000-0585(2009)03-0803-14

1 引言

城市作为人类活动的中心, 同周围的广大区域保持着密切的联系, 具有控制、调整和服务相邻区域的功能。几乎每个城市都是一个地区经济、政治、文化的中心, 它带动和影响了周围地区的发展^[1]。城市的吸引范围就是城市的吸引力和辐射力对周围地区的社会经济联系起主导作用的一个地域^[2]。农业区位论和工业区位论中体现了城市与周边地区的产品交换关系, 包含了吸引范围的基本思想。1932 年, 克里斯塔勒的中心地理论明确提出了中心地吸引范围的概念^[3]。

20 世纪 50 年代, 国外学者开始了关于城市吸引范围的研究, 主要基于不同等级城市辐射范围而展开^[4~7], 国内学者研究的重点主要是城市吸引范围的划分^[8~30]。纵观国内外学者关于城市吸引范围划分的方法主要有实证法、数学模拟法^[8]和基于地理信息系统(GIS)实现的方法。

实证法即实际调查验证法或叫经验法。Green^[5]曾用人流、物流等 6 个指标划分过纽约和波士顿的吸引范围, 顾朝林等^[8]根据我国的实际提出了人流、物流、技术流、信息流、资本流 5 项指标的划分方法并在山东做了实例研究, 周一星^[2]、隆国强^[9]分别在山东

收稿日期: 2008-07-12; 修订日期: 2008-10-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70573053, 40771075)

作者简介: 张莉 (1977-), 女, 河北正定人, 博士, 讲师, 主要从事区域经济与区域规划的研究。

E-mail: zhangli1203@163.com

泰安也有类似的实例研究。

数学模拟法划分城市吸引范围的主要依据是空间相互作用理论。刘科伟^[10]、李传武^[11]采用赖利 (Reilly W J) 的空间引力模式分别对陕西省和六安市的城市吸引范围进行了划分, 陈田^[12]、杜忠潮^[13]、南平^[14]、孔凡娥^[15]、姜世国^[16]、张义文^[17]、张莉等^[18]运用康弗斯 (Converse P D) 的断裂点公式分别划分了中国、陕西省、甘肃省、广州市、杭州市和河北省的城市吸引范围, 吴殿廷等^[19]研究了用断裂点理论进行区域划分的理论问题。周一星^[2]用赫夫 (Huff D L) 的概率模式在山东济宁进行了多城市吸引范围的划分, 王德等^[20, 21]还采用赫夫模型开发了 USAP 软件对驻马店和沪宁杭地区的城市吸引范围进行划分。

地理信息系统技术为城市空间分析提供了强有力的工具, 目前主要采用 Voronoi 图来对城市吸引范围进行划分。Voronoi 图是一种广泛用于空间分割、空间邻域查找的方法^[22], 它的一个重要性质就是, 位于 Voronoi 图网格中的每一个点到该网格中心的距离都小于到其他网格中心点的距离。王新生^[22, 23]、郭庆胜^[24]、闫卫阳^[25, 26]、李圣权^[27]、李新运等^[28]基于康弗斯的断裂点公式, 采用 Voronoi 图、加权 Voronoi 图、曲边 Voronoi 图分别对湖北省、河南省和济南市的吸引范围进行了划分。易芳馨^[29]、王桂圆等^[30]基于 GIS 技术分别对贵州省、长江三角洲地区的城市吸引范围进行了划分。

近年来, 国内外的学者对于城市吸引范围的划分方法逐渐从定性走向定量, 但无论是数学模拟法还是地理信息系统的方法, 都主要考虑城市之间的空间距离。事实上, 在交通工具快速发展的今天, 交通状况的差异对城市之间的空间相互作用以及城市的吸引范围产生了深刻的影响。鉴于此, 本文旨在采用地理信息系统技术, 基于时间可达性对长江三角洲的城市吸引范围进行划分。

2 研究区域概况

长江三角洲地区是我国最大的经济核心区, 也是我国最大的城镇密集区, 包括上海市全部, 江苏省的南京市、苏州市、无锡市、常州市、镇江市、南通市、扬州市、泰州市, 浙江省的杭州市、嘉兴市、湖州市、绍兴市、宁波市、舟山市、台州市以及各市所辖的 74 个县 (市), 区域面积 $10.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。长江三角洲地区现有公路里程约 $2.8 \times 10^4 \text{ km}$, 铁路营运里程约 1200km, 陆路交通极为发达。长江三角洲城市之间通过铁路和公路保持着密切的联系, 空间相互作用强烈。

本文以 2004 年底行政区划为基准, 以中国地图出版社 2004 年版《江苏省地图集》中 1:1900000 的长江三角洲经济区图为基础图件, 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, 将各研究单元行政中心所在地抽象为 81 个空间节点^①, 以长江三角洲地区的高速公路、国道、省道和铁路作为陆路交通网来分析基于时间可达性的长江三角洲城市的吸引范围。公路、铁路交通网以中国地图出版社 2004 年版《江苏省地图集》中 1:1900000 的长江三角洲经济区图, 福建省地图出版社 2007 年版《长三角地区道路新图》中 1:1600000 的江苏、上海、浙江主要道路图为基础图件, 过江通道更新到 2005 年 10 月

^①由于舟山市和崇明县目前还没有陆路交通与其他城市相连, 因此在本文中不考虑舟山市和崇明县。上海市的浦东新区、闵行区、宝山区、青浦区、南汇区、奉贤区、金山区、松江区、嘉定区分别作为单独的空间单元, 其他区则共同包括在上海市区内。

长江三桥通车。

3 研究方法

3.1 基于时间可达性的城市吸引范围的概念

可达性, 简单地说指从一个地方到另一个地方的容易程度^[31]。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的机会大小^[32], 它可以采用空间距离、时间距离或是经济距离来衡量。本文采用时间距离提出了时间可达性以及基于时间可达性的城市吸引范围的概念。假设区域内有若干个城市同时作为目标点, 则区域内任何一点通过交通网络中通行时间最短的路线到达其中一个目标点所花费的时间称为该点的时间可达性。这样, 区域中的任何一点都会选择一个距离其时间最近的城市作为目标点, 把选择该目标城市的所有点的集合即称为该城市的基于时间可达性的吸引范围。

3.2 技术路线

3.2.1 格网的划分 将长江、太湖、千岛湖、长荡湖、滬湖、高邮湖设为阻隔区域, 由于长江三角洲地势平坦, 而且铁路和高等级公路的速度受地形坡度的影响不大, 故本文不考虑可达性与地形坡度的影响。将整个长江三角洲划分成格网, 落在区域外的网格设为无效网格, 落在阻隔区域(如河流、水库、高山等无法通行的区域视为阻隔区域)的网格设为阻隔网格, 其他网格设置为正常网格。网格的大小可以任意定义, 本研究中定义网格的大小为500m×500m, 每一个网格的面积是0.25km², 整个区域共划分了399192个有效网格, 面积为0.25km²的一个网格对于长江三角洲10.9×10⁴km²的区域面积来说, 是非常小的, 在它的内部可达性几乎是没有什么差别的^[33]。

3.2.2 格网速度的确定 按照《中华人民共和国行业标准——公路路线设计规范 JTGD20-2006》, 确定了各级公路的行驶速度, 根据长江三角洲境内铁路和跨江桥梁的设计时速和实际运行情况, 确定了每条铁路和每座跨江大桥的行驶速度, 在路网中只画出了高速公路、国道、省道和铁路, 事实上, 区域中陆地上没有铁路和高等级公路的地区仍然存在其他低等级的公路, 而这些公路的行驶速度并不均一, 本文选用《公路路线设计规范 JTGD20-2006》中四级公路的设计速度20km/h作为没有高等级公路和铁路经过的网格的平均速度^[33](表1)。这样, 铁路和不同等级道路所经过的网格被赋予了对应的道路速度, 如果有多条交通线同时经过一个网格, 那么这个网格中就被赋予了多个速度, 无交通线经过的网格赋予默认速度。

表1 长江三角洲陆路交通网的构成与速度 (km/h)

Tab 1 Constitution and velocity of land traffic network in the YRD (km/h)																
道路等级	高速	国道	省道	沪宁铁路	宁启铁路	新长铁路	宣杭铁路	沪杭铁路	萧甬铁路	浙赣铁路	南京长江大桥	南京长江二桥	南京长江三桥	江阴长江大桥	润扬大桥	默认值
速度	120	100	80	150	100	100	100	150	120	120	50	100	100	100	100	20

3.2.3 时间可达性计算的最小种子算法主要思想 以所有要到达的目标点城市网格作为待处理网格, 取其一作为种子网格, 计算它到上、下、左、右、左上、右上、右下、左下8个方向的相邻正常网格的花费时间, 若计算值比原有值大, 则忽略此相邻网格, 否则更新该相邻网格的花费时间并把该网格按照花费时间由小到大的顺序插入队列中, 然后取队列中的第一个也即花费时间最小的网格作为新的种子网格, 继续处理其8个方向的相邻网格, 重复此过程直至待处理网格队列为空^[33, 34]。

3.2.4 直达网络的判断 并非每个网格的花费时间都是由它的其中某一个相邻网格的花费时间和两网格间的花费时间之和,而有可能由其非相邻网格计算得到。所以,为了提高计算精度,需要判断两个网格是否直达(即判断从其中一网格是否能够沿直线到达另一网格),若两个网格中心点的连线所经过的所有网格的速度相同且均为正常网格,则两网格可直达^[34]。

3.2.5 关于封闭高速公路和铁路的技术处理 高速公路和铁路并不是完全开放的,它们所提供的服务是基于互通口和铁路站点的,并不是有铁路或高速公路通过的网格都能便捷地享受其服务,因此,有必要对上述算法进行修正。

首先,对陆路交通网中的每一条道路指定一个类别和一个类型,多条道路可以具有相同的类别,假设有 k 种类别,依次记作 1, 2, ..., k , 类型分为封闭和开放两种。

然后,对陆路交通网中的所有道路类别定义一个二维数组:

C: array [1.. k , 1.. k] of Boolean;

该二维数组用来存放 k 种道路类别间是否相通的信息,若相通则数组元素值为 True,否则为 False。如 $C[I, J] = \text{True}$ 则表示类别为 I 的道路和类别为 J 的道路相连通。

每个网格可能有多种类别的道路经过,需要为每一种类别保存通行时间。在由节点 i 所在的网格 $P(m, n)$ 计算其相邻网格的通行时间时,不再完全按照上述的计算方法,分以下 4 种情况处理:

(1) 网格 $P(m, n)$ 中无道路经过,其相邻网格中也无道路经过,则按照上述算法以 $P(m, n)$ 的通行时间来计算相邻网格的通行时间。

(2) 网格 $P(m, n)$ 中无道路经过,其相邻网格中有道路经过,则以 $P(m, n)$ 的通行时间来计算相邻网格中所有开放道路的通行时间。

(3) 网格 $P(m, n)$ 中有道路经过,其相邻网格中无道路经过,则以 $P(m, n)$ 中所有开放道路的最小通行时间来计算相邻网格的通行时间。

(4) 网格 $P(m, n)$ 中有道路经过,且其相邻网格中也有道路经过,则以二重循环来遍历网格 $P(m, n)$ 中所有道路类别和其相邻网格中所有道路类别,若网格 $P(m, n)$ 中的道路类别 u 与其相邻网格中的道路类别 v 相通,即 $C[u, v] = \text{True}$,则以 $P(m, n)$ 中的道路类别 u 的通行时间来计算相邻网格中道路类别 v 的通行时间^[33]。

基于上述算法,采用 Mapinfo 公司的控件 MapX 和 Borland 公司的可视化编程工具 Delphi,开发了区域时间可达性计算与分析模块^[33, 34],生成了目标点城市的时间可达性扩散图和基于时间可达性的吸引范围图。

4 结果与分析

4.1 长江三角洲城市等级的划分

克里斯塔勒的中心地理论中曾明确提出城市是有等级差别的^[3],不同等级的城市有不同的职能,不同等级的城市有不同的吸引范围。低等级城市的吸引范围被高等级城市的吸引范围所覆盖,高等级城市的吸引范围被更高等级城市的吸引范围覆盖,组成一种层层嵌套的地域空间系统^[2]。因此在划分城市的吸引范围之前,应首先确定区域中城市的等级。

本文采用行政级别把长江三角洲的城镇划分为 4 个等级,第一个等级是直辖市——上海,第二个等级是省会城市——南京和杭州,第三个等级是地级市——扬州、镇江、南通、泰州、无锡、苏州、常州、嘉兴、湖州、绍兴、宁波、台州,第四个等级是长江三角

洲内的县、县级市和地级及其以上级别城市市区共 81 个单元。

4.2 一级城市吸引范围的划分

上海作为长江三角洲的核心城市，其吸引范围能够覆盖整个长江三角洲，以上海为目标点城市，利用区域时间可达性计算与分析模块分别计算区域内所有点通过交通网络中通行时间最短的路线到达上海的时间可达性，生成了时间可达性的分值扩散图（图 1）和基于时间可达性的城市吸引范围图（图 2），并以长江三角洲内的县、县级市和地级及其以上级别城市市区的 81 个单元统计了其到达上海的时间可达性（表 2）。同时，根据《浙江

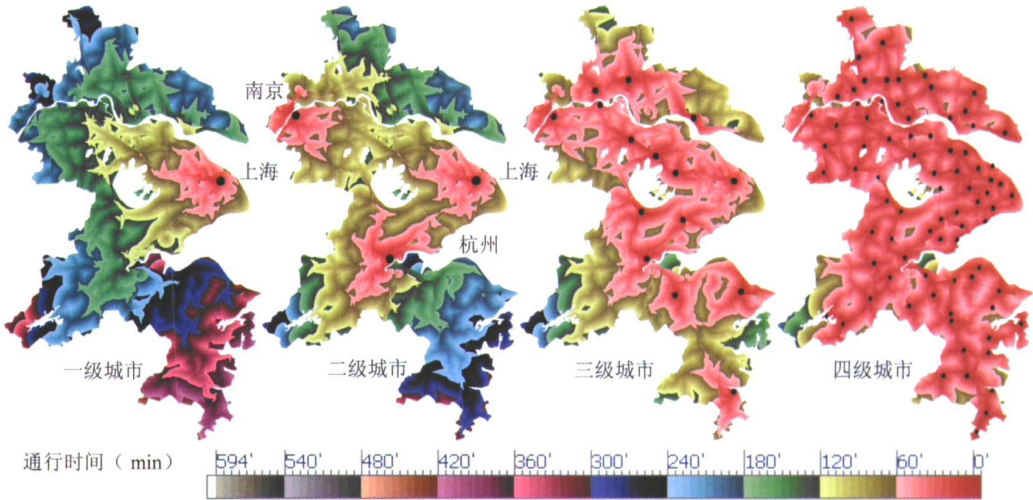


图 1 长江三角洲各级城市的时间可达性扩散图
Fig. 1 Diffusion figures of time accessibility of every grade city in the YRD

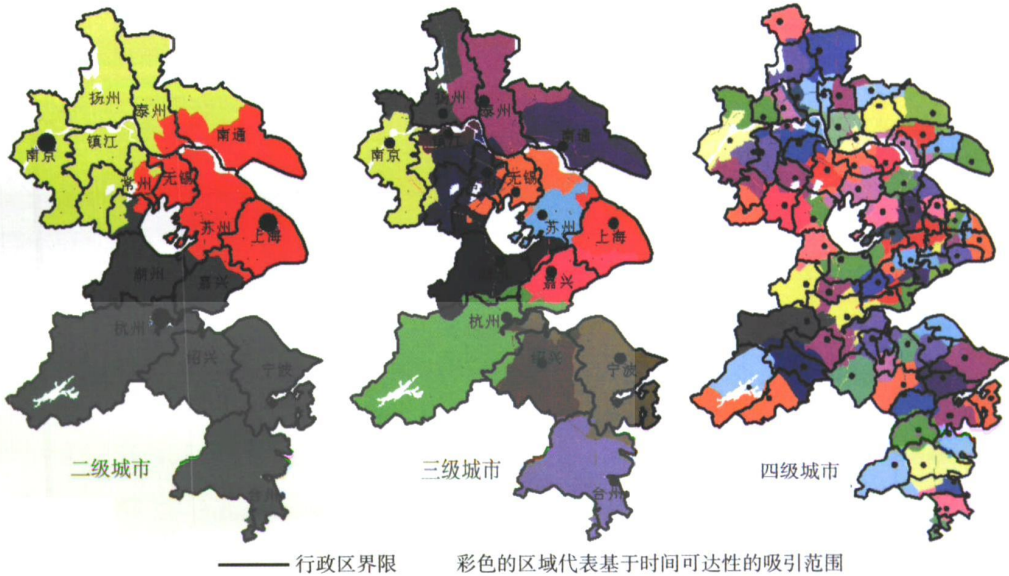


图 2 长江三角洲各级城市基于时间可达性的吸引范围图
Fig. 2 Attracting scope based on time accessibility of every grade city in the YRD

表 2 长江三角洲 81 个空间单元到达不同级别城市的时间可达性 (h:min)

Tab 2 Time accessibility of 81 spatial cells in the YRD reaching different grade cities (h: min)															
名称	一级	二级	三级	四级	名称	一级	二级	三级	四级	名称	一级	二级	三级	四级	
上海市区	00: 24	00: 24	00: 24	00: 20	通州市	02: 57	02: 57	01: 20	00: 28	平湖市	01: 27	01: 22	00: 52	00: 24	
南京市区	03: 26	00: 53	00: 52	00: 41	如皋市	02: 46	02: 44	00: 51	00: 28	桐乡市	01: 48	00: 51	00: 42	00: 23	
扬州市区	02: 59	01: 41	00: 29	00: 26	如东县	03: 20	03: 14	01: 26	00: 27	海盐县	01: 53	01: 15	01: 04	00: 19	
南通市区	02: 07	02: 07	00: 29	00: 23	海安县	02: 57	02: 40	00: 55	00: 31	嘉善县	01: 15	01: 13	00: 41	00: 21	
泰州市区	02: 31	01: 55	00: 22	00: 14	扬中市	02: 21	01: 41	00: 52	00: 12	德清县	02: 30	00: 54	00: 49	00: 37	
镇江市区	02: 22	01: 17	00: 41	00: 24	丹阳市	02: 20	01: 25	00: 38	00: 19	长兴县	02: 21	01: 22	00: 35	00: 22	
苏州市区	01: 22	01: 22	00: 44	00: 41	句容市	02: 33	00: 58	00: 55	00: 24	安吉县	02: 50	01: 26	01: 05	00: 27	
无锡市区	01: 23	01: 23	00: 24	00: 22	金坛市	02: 12	01: 28	00: 48	00: 21	诸暨市	03: 49	02: 02	01: 13	00: 36	
常州市区	01: 48	01: 43	00: 32	00: 26	溧阳市	02: 27	01: 30	01: 14	00: 23	上虞市	04: 30	02: 44	00: 57	00: 31	
杭州市区	03: 05	01: 20	00: 57	00: 44	江阴市	01: 42	01: 42	00: 41	00: 27	嵊州市	04: 44	02: 58	00: 56	00: 29	
嘉兴市区	01: 29	01: 07	00: 33	00: 26	宜兴市	02: 09	01: 48	00: 58	00: 35	绍兴县	03: 47	02: 01	02: 42	00: 29	
湖州市区	02: 04	01: 11	00: 32	00: 30	吴江市	01: 31	01: 26	00: 50	00: 35	新昌县	05: 01	03: 16	01: 16	00: 27	
宁波市区	05: 14	03: 29	00: 34	00: 31	昆山市	00: 52	00: 52	00: 40	00: 17	温岭市	06: 27	04: 42	00: 43	00: 22	
台州市区	06: 28	04: 43	01: 04	00: 45	太仓市	00: 55	00: 55	00: 54	00: 17	临海县	05: 53	04: 08	01: 01	00: 32	
绍兴市区	04: 11	02: 26	00: 22	00: 21	常熟市	01: 12	01: 12	00: 48	00: 18	三门县	06: 01	04: 15	01: 39	00: 35	
溧水县	02: 57	01: 09	01: 09	00: 23	张家港市	01: 39	01: 39	01: 00	00: 22	玉环县	06: 46	05: 01	01: 01	00: 16	
高淳县	03: 27	01: 44	01: 43	00: 22	富阳市	02: 43	00: 57	00: 57	00: 26	仙居县	06: 27	04: 42	01: 43	00: 39	
仪征市	03: 24	01: 29	00: 40	00: 24	建德市	03: 31	01: 45	01: 45	00: 32	天台县	05: 23	03: 38	01: 24	00: 24	
江都市	02: 44	01: 48	00: 34	00: 26	临安市	03: 32	01: 44	01: 44	00: 45	嘉定区	00: 33	00: 33	00: 33	00: 16	
高邮市	03: 29	02: 19	01: 07	00: 29	淳安县	04: 45	02: 59	02: 59	01: 35	宝山区	00: 43	00: 43	00: 43	00: 21	
宝应县	04: 15	02: 59	01: 50	00: 29	桐庐县	03: 07	01: 21	01: 21	00: 32	青浦区	00: 52	00: 52	00: 49	00: 17	
靖江市	02: 26	02: 25	01: 00	00: 25	余姚市	04: 43	02: 58	00: 54	00: 26	松江区	00: 49	00: 49	00: 46	00: 24	
泰兴市	02: 22	02: 15	00: 53	00: 23	慈溪市	04: 48	03: 02	00: 47	00: 21	金山区	01: 01	01: 01	00: 53	00: 21	
姜堰市	02: 32	02: 10	00: 27	00: 20	奉化市	05: 24	03: 39	00: 55	00: 32	南汇区	01: 16	01: 16	01: 16	00: 24	
兴化市	03: 16	02: 48	01: 09	00: 34	宁海县	05: 47	04: 02	02: 01	00: 31	浦东新区	00: 56	00: 56	00: 56	00: 24	
海门市	02: 58	02: 58	01: 29	00: 31	象山县	06: 19	04: 33	02: 38	00: 22	闵行区	00: 46	00: 46	00: 46	00: 24	
启东市	02: 56	02: 56	01: 29	00: 24	海宁市	01: 55	00: 46	00: 45	00: 27	奉贤区	01: 14	01: 14	01: 12	00: 22	

统计年鉴 2006》、《江苏统计年鉴 2006》和《上海统计年鉴 2006》分别给长江三角洲 81 个空间单元赋以 2005 年的面积、人口和地区生产总值，并利用区域时间可达性计算与分析模块把这些值平均分配到 500m × 500m 的网格中，并对不同时间的吸引范围区域进行统计 (表 3)。

上海作为一级城市，其吸引范围呈现出以上海为中心，依照时间可达性由小到大的顺序沿沪宁、沪杭交通线向外辐射的扇形分布。其 1 小时内的吸引范围包括上海市、昆山市和太仓市，这一区域是上海的核心吸引区，以 2. 65% 的面积和 9. 32% 的人口，包含了长江三角洲 38. 41% 的地区生产总值。2 小时内的吸引范围包括了上海、苏州、无锡、嘉兴和常州市区，这一区域是上海的紧密吸引区，以 13. 21% 的面积和 30. 67% 的人口，包含了长江三角洲 65. 47% 的地区生产总值。3 小时内的吸引范围包括了上海、苏州、无锡、常州、镇江、嘉兴、湖州、杭州市区、南京东部、扬州、台州、南通的南部，这一区域是

上海的半紧密吸引区, 以 47. 37% 的面积和 69. 48% 的人口, 包含了长江三角洲 88. 76% 的地区生产总值。

表 3 长江三角洲一级城市吸引范围的数据统计
Tab 3 Data of the first city attracting scope in the YRD

一级城市(上海)吸引范围	地区	面积 (km ²)	比例 (%)	人口 (10 ⁴ 人)	比例 (%)	地区生 产总值 (10 ⁸ 元)	比例 (%)	2010年 面积 (km ²)	2010年 比例 (%)
0~ 1 小时 吸引范围	上海、昆山、太仓	2489. 67	2. 65	800. 11	9. 32	12940. 24	38. 41	6192. 09	6. 58
1~ 2 小时 吸引范围	苏州、嘉兴、无锡、常州市区	9919. 28	10. 56	1833. 34	21. 35	9115. 76	27. 06	18001. 81	19. 22
2~ 3 小时 吸引范围	湖州、常州、镇江、杭州市区、富阳、 临安、南京的东部、扬州、泰州、南 通的南部	32094. 26	34. 16	3332. 30	38. 81	7844. 79	23. 29	38480. 96	40. 95
3~ 4 小时 吸引范围	南京西部、扬州、泰州、南通的北 部、杭州中部	18309. 82	19. 49	551. 77	6. 43	680. 37	2. 02	24703. 37	26. 28
大于 4 小时 吸引范围	绍兴、宁波、台州、杭州西部	31139. 60	33. 14	2069. 31	24. 09	3106. 41	9. 22	6574. 4	6. 97

4 3 二级城市吸引范围的划分

第二等级的城市是省会城市——南京和杭州, 但高等级的城市也有作为低等级城市的职能, 因此在二级城市中还应包括上海。

以南京、杭州、上海同时为目标点城市, 分别计算区域内所有点通过交通网络中通行时间最短的路线到达二级城市的时间可达性, 生成了时间可达性的分值扩散图(图 1)和基于时间可达性的城市吸引范围图(图 2), 并统计了 81 个单元到达二级城市的时间可达性(表 2)。按照前述方法, 对不同时间的吸引范围区域进行统计(表 4)。

长江三角洲二级城市的吸引范围呈现出以上海、南京和杭州为中心, 依照可达性由小到大的顺序沿沪宁、沪杭交通线的多核心圈层分布模式。上海的吸引范围主要包括上海、无锡、苏州、南通和常州市区, 以 13. 69% 的面积和 25. 45% 的人口, 包含了长江三角洲 67. 61% 的地区生产总值。南京的吸引范围主要包括南京、扬州、泰州、镇江、金坛和溧阳, 以 20. 6% 的面积和 35. 43% 的人口, 包含了长江三角洲 14. 19% 的地区生产总值。杭州的吸引范围主要包括杭州、绍兴、嘉兴、湖州、宁波和台州, 以 65. 71% 的面积和 39. 12% 的人口, 包含了长江三角洲 18. 2% 的地区生产总值。

长江三角洲二级城市的吸引范围中, 杭州的吸引范围基本上是浙江在长江三角洲的区域, 上海的吸引范围主要包括了上海和江苏的无锡、苏州、南通和常州市区, 南京的吸引范围主要包括了南京、镇江、扬州、泰州。从中可以看出, 浙江在长江三角洲的部分都是以杭州为核心的, 而江苏的苏南地区和南通却主要受到了上海的吸引和辐射。

4 4 三级城市吸引范围的划分

第三个等级的城市是地级市——扬州、镇江、南通、泰州、无锡、苏州、常州、嘉兴、湖州、绍兴、宁波、台州, 再加上一级城市上海, 二级城市南京和杭州, 一共 15 个城市作为三级城市。以这 15 个城市同时为目标点城市, 分别计算区域内所有点通过交通网络中通行时间最短的路线到达三级城市的时间可达性, 生成了时间可达性的分值扩散图

(图 1) 和基于时间可达性的城市吸引范围图 (图 2), 并以长江三角洲的 81 个单元统计了其到达三级城市的时间可达性 (表 2)。

表 4 长江三角洲二级城市吸引范围的数据统计

Tab 4 Data of the second city attracting scope in the YRD

二级城市	吸引范围	地区	面积 (km ²)	比例 (%)	人口 (10 ⁴ 人)	比例 (%)	地区生产总值 (10 ⁸ 元)	比例 (%)	2010 年 面积 (km ²)	2010 年 比例 (%)
上海	0~ 1 小时吸引范围	上海、昆山、太仓	2282.46	2.43	638.06	7.43	11894.92	35.31	6119.5	5.82
	1~ 2 小时吸引范围	无锡市、常州市区、张家港、吴江、常熟、苏州市区、南通市区	4347.70	4.63	991.62	11.55	7404.47	21.98	16618.44	15.81
	2~ 3 小时吸引范围	靖江、如皋、通州、启东	3042.84	3.24	305.89	3.56	237.77	0.71	3989.98	3.80
	大于 3 小时吸引范围	海门、如东、崇明	3183.57	3.39	250.27	2.91	3237.80	9.61	0	0
南京	0~ 1 小时吸引范围	南京市区、句容市	2771.86	2.95	1288.55	15.01	2485.12	7.38	5606.04	5.33
	1~ 2 小时吸引范围	溧水、高淳、仪征、扬州市区、江都市、镇江市、丹阳、金坛、溧阳、泰州市区	10752.66	11.44	1396.10	16.26	2105.48	6.25	15906.68	15.13
	2~ 3 小时吸引范围	宝应、兴化、高邮、姜堰、海安、泰兴	5830.09	6.21	357.62	4.16	187.41	0.56	6394.27	6.08
杭州	0~ 1 小时吸引范围	杭州市区、富阳、德清、桐乡、海宁、嘉兴市区	7377.49	7.85	726.63	8.46	1741.28	5.17	7740.66	7.36
	1~ 2 小时吸引范围	长兴、安吉、临安、嘉善、平湖、海盐、绍兴、桐庐、建德	24030.08	25.58	884.41	10.30	1346.30	4.00	24523.07	23.33
	2~ 3 小时吸引范围	慈溪、余姚、上虞、绍兴市区、嵊州、	7842.10	8.35	532.30	6.21	1091.72	3.23	10609.61	10.09
	大于 3 小时吸引范围	淳安、台州市、宁波市区、奉化、宁海、象山、新昌	22491.77	23.93	1215.39	14.15	1955.31	5.80	7600.84	7.23

长江三角洲三级城市的 1 小时吸引范围呈现出以 15 个地级及其以上城市为中心, 沿沪宁、沪杭、杭甬、宁通交通线的“之”字形带状分布模式, 并且构成了以南通、南京、上海为顶点的环长江, 以南京、上海、杭州为顶点的环太湖, 以上海、杭州、宁波为顶点的环杭州湾的三个“成长三角形”, 81 个空间单元到达目标点城市的时间几乎都在 2 小时以内。

把长江三角洲 15 个地级市的吸引范围与它们的行政区界限进行叠合, 并对每一个城市吸引范围中的各个城市的面积比例、每一个城市行政区中各个城市的吸引范围的面积比例以及吸引范围与行政区面积的比例进行了统计和计算 (表 5)。根据结果, 将其分为 4 类。泰州、湖州、常州和宁波的吸引范围大于其行政区范围, 表明其交通状况良好, 在现有的时间可达性基础上不仅能够影响本市, 还能辐射到周边的城市。杭州、绍兴、台州、上海的吸引范围与行政区范围基本吻合, 表明其目前的交通状况与区域发展状况基本一

致。嘉兴、南京、无锡、扬州的吸引范围与行政区范围发生错位，表明在目前时间可达性的基础上一方面吸引范围中包含了周边的城市，而同时行政区范围内又受到了其他不同城市的吸引，其中嘉兴、南京、无锡的吸引范围大于其行政区范围，扬州的吸引范围小于其行政区范围。未来嘉兴要加强同杭州、湖州的交通联系，南京要加强同扬州的交通联系，无锡要加强同湖州和常州的交通联系，扬州要加强同泰州交通联系。南通、苏州、镇江的吸引范围小于其行政区范围，表明目前的交通状况滞后于区域的发展，尤其是苏州和镇江，其行政区范围内自身的吸引范围只占到一半左右。未来要加强南通同泰州交通联系，苏州同湖州和无锡的交通联系，镇江同南京和常州的交通联系。

表5 长江三角洲三级城市吸引范围与行政区的叠合分析
Tab 5 Superimposition analysis between administrative area and the third city attracting scope in the YRD

城市	吸引范围中各城市 面积比例 (%)	行政区中各市吸引范围 面积比例 (%)	吸引范围与行政 区面积比 (%)	类型
泰州	泰州 60 南通 17 扬州 23	泰州 97 常州 3	161.67	吸引范围大于 行政区范围
湖州	湖州 70 杭州 4 苏州 12 无锡 14	湖州 93 杭州 7	132.86	
常州	常州 73 无锡 6 镇江 20 南京 1	常州 93 南京 7	127.40	
宁波	宁波 80 台州 4 绍兴 10 杭州 6	宁波 99 绍兴 1	123.75	
杭州	杭州 90 嘉兴 5 湖州 3 绍兴 2	杭州 95 湖州 2 宁波 3	105.56	吸引范围与行政 区范围基本吻合
绍兴	绍兴 94 宁波 2 杭州 4	绍兴 93 宁波 10 杭州 7	98.94	
上海	上海 92 苏州 8	上海 90 嘉兴 8 苏州 2	97.83	
台州	台州 100	台州 95 宁波 5	95.00	
嘉兴	嘉兴 69 上海 28 苏州 3	嘉兴 77 杭州 20 湖州 3	111.59	吸引范围与行政 区范围错位
南京	南京 82 镇江 13 常州 5	南京 86 扬州 14	104.88	
无锡	无锡 64 苏州 36	无锡 67 湖州 25 常州 8	104.69	
扬州	扬州 81 南京 19	扬州 70 泰州 30	86.42	
南通	南通 100	南通 83 泰州 17	83.00	吸引范围小于 行政区范围
苏州	苏州 97 上海 3	苏州 56 湖州 13 嘉兴 1 无锡 24 上海 6	57.73	
镇江	镇江 100	镇江 48 南京 22 常州 30	48.00	

4.5 四级城市吸引范围的划分

第四个等级的城市是长江三角洲内的县、县级市和地级及其以上级别城市市区共 81 个单元，这其中已经包含了一、二、三等级的城市市区。以这 81 个城镇同时为目标点城镇，分别计算区域内所有点通过交通网络中通行时间最短的路线到达四级城市的时间可达性，生成了时间可达性的分值扩散图（图 1）和基于时间可达性的城市吸引范围图（图 2），并统计了长江三角洲 81 个单元到达四级城市的时间可达性（表 2）。

长江三角洲四级城市的 1 小时吸引范围几乎覆盖了整个长江三角洲，呈现出以 81 个城镇为核心的，以高等级公路和铁路为轴线的网络化分布模式。

4.6 城市吸引范围的等级体系

长江三角洲各级城市的吸引范围组成了层层嵌套的地域空间系统（表 6），一级城市上海的吸引范围包括了二级城市南京、上海和杭州的吸引范围。二级城市的吸引范围又包括了 15 个三级城市的吸引范围，其中南京包括了南京、扬州、常州、泰州、镇江和南通的北部。

上海包括了南通的南部、上海、苏州、无锡和嘉兴的北部。杭州的吸引范围包括了嘉兴南部、杭州、绍兴、宁波、台州和湖州。三级城市的吸引范围又包括了 81 个四级空间单元的吸引范围,但是三级城市包含的四级城市的吸引范围与其行政区划并不完全吻合。

表 6 长江三角洲城市吸引范围的等级体系

Tab 6 Grade system of city attracting scope in the YRD

一级城市	二级城市	三级城市	四级城市
上海	南京	南京	南京市区、溧水县、高淳县、句容市(+)
		扬州	扬州市区、仪征市、高邮市、宝应县、江都市(-)
		常州	常州市区、金坛市、溧阳市、丹阳市南部(+)
		泰州	泰州市区、兴化市、姜堰市、泰兴市、靖江市、江都市(+)、海安县(+)
		镇江	镇江市区、丹阳市北部、扬中市、句容市(-)、丹阳市南部(-)
	南通(北部)	南通(南部)	南通市区、通州区、如皋市、如东县、海门市、启东市、海安县(-)
	上海		
	上海	苏州	苏州市区、吴江市、昆山市、常熟市南部、太仓市西部、张家港(-)、太仓市东部(-)、常熟市北部(-)
		无锡	无锡市区、江阴市、宜兴市北部、常熟市北部(+)、张家港市(+)、宜兴市南部(-)
	杭州	嘉兴(北部)	嘉兴(南部)
杭州		杭州市区、建德市、淳安县、桐庐县、富阳市、临安市、德清县南部(+)、桐乡市南部(+)、海盐县南部(+)	
绍兴		绍兴市区、绍兴县、诸暨市、上虞市、嵊州市、新昌县西部、新昌县东部(-)	
宁波		宁波市区、慈溪市、余姚市、奉化市、宁海县、象山县、三门县北部(+)、新昌县东部(+)	
台州		台州市区、玉环县、温岭市、仙居县、临海市、天台县、三门县南部、三门县北部(-)	
湖州		湖州市区、长兴县、德清县北部、安吉县、清浦区南部(+)、宜兴市南部(+)、德清县南部(-)、	

注:“+”表示该市辖区以外的县市的吸引范围也在其吸引范围内;“-”表示该市辖区以内的县市的吸引范围不在其吸引范围内。

5 重大交通工程建设对长江三角洲城市吸引范围产生的影响

5.1 2010 年跨江、跨海通道的建成

长江三角洲各级城市的基于时间可达性的吸引范围之所以呈现出这样的空间格局主要是由当前的交通状况所决定的,随着交通条件的改变,其吸引范围也将发生变化。通过本文的方法,能够反映出随着交通格局的变化而导致的城市吸引范围的变化,可以适时地对城市吸引范围进行动态模拟。

长江三角洲作为我国最大的城镇密集区,长江、杭州湾、黄海等水域都成为影响其陆路可达性的天然障碍。随着长江四桥、长江过江隧道、苏通大桥、崇明越江通道工程、崇启大桥、崇海大桥、杭州湾跨海大桥、舟山大陆连岛工程等跨江、跨海通道于 2010 年的相继建成通车,长江三角洲城市的时间可达性将会大大提高,其城市的吸引范围也将会发

生改变。

根据以上通道的设计时速，给出其行驶速度，为 100km/h。按照上述方法，重新生成了长江三角洲各级城市的时间可达性扩散图（图 3）和城市吸引范围图（图 4）。

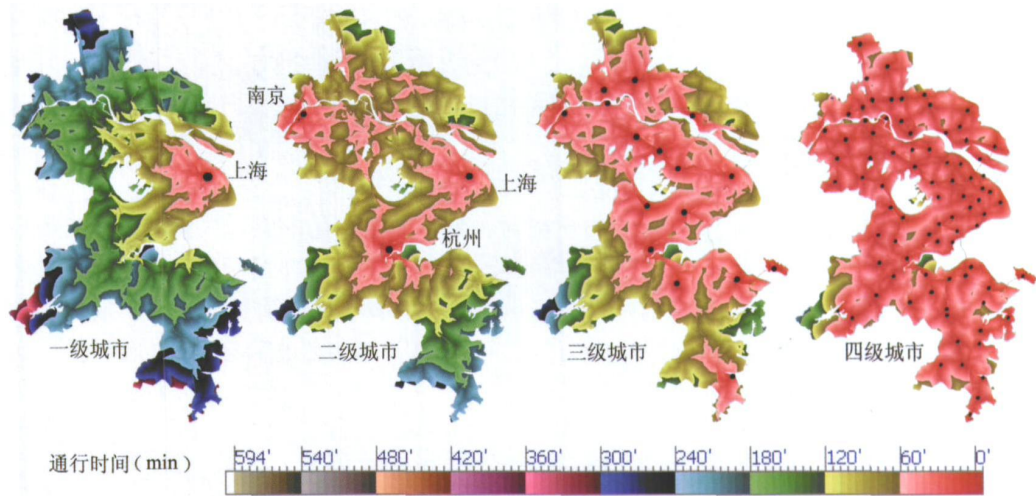


图 3 长江三角洲各级城市 2010 年跨江、跨海通道建成后的时间可达性扩散图
Fig. 3 Diffusion figures of time accessibility of every grade city in the YRD in 2010

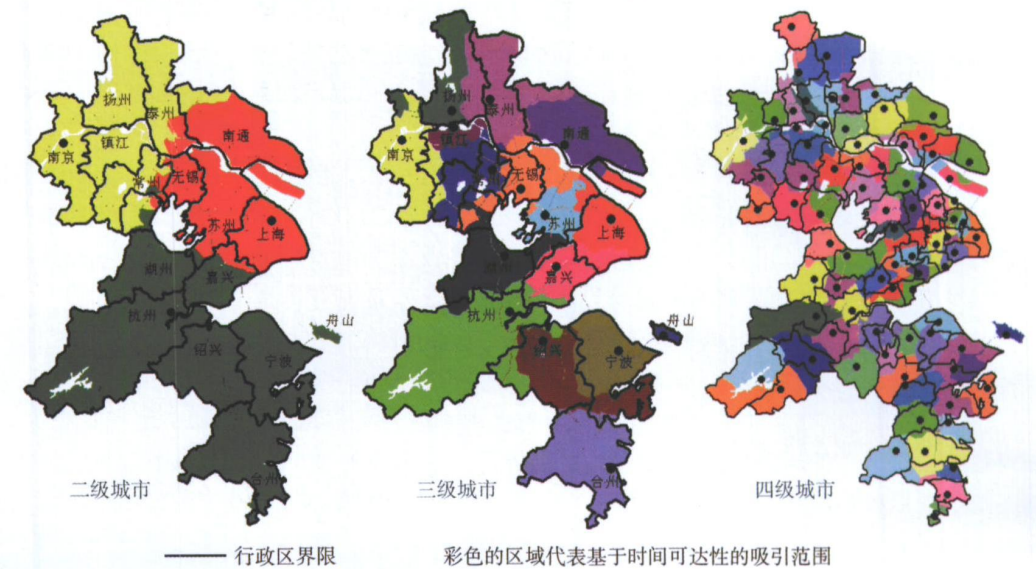


图 4 长江三角洲各级城市 2010 年跨江、跨海通道建成后的基于时间可达性的吸引范围图
Fig. 4 Attracting scope based on time accessibility of every grade city in the YRD in 2010

5 2 跨江、跨海通道的建成对城市吸引范围产生的影响

5 2 1 一级城市上海的 4 小时吸引范围可以覆盖长江三角洲 93% 的区域 随着跨江、跨海通道的相继建成，以上海为中心的一级城市的时间可达性有了显著的提高。其 1 小时的吸引范围能够影响到崇明岛的南部，2 小时的吸引范围面积比例为 25.8%，通过崇明越江通道工程能够影响到崇明岛北部、南通市区和启东市，3 小时的吸引范围面积比例为 66.75%，能够通过杭州湾大桥影响到绍兴、宁波，4 小时的吸引范围覆盖了长江三角洲

93.03%的地区,通过杭州湾大桥能够扩展到台州市(表3)。

5.2.2 二级城市上海、南京和杭州的3小时吸引范围可以覆盖长江三角洲93%的区域。二级城市上海的吸引范围通过崇明跨海通道、苏通大桥向北扩展,1小时可以到达崇明岛南部,2小时可以到达南通南部,3小时几乎可以到达整个南通市,大大加强了上海同南通的联系。南京的吸引范围通过长江四桥、长江过江隧道继续向长江以北扩展,1小时和2小时的吸引范围都有所增加。杭州的吸引范围通过杭州湾跨海大桥向南扩展,3小时可以到达吸引范围内的大部分地区,大大加强了湖州、嘉兴和绍兴、宁波、台州的联系,通过舟山大陆连岛工程还可以将吸引范围扩展到舟山(表4)。

5.2.3 三级、四级城市的时间可达性有所提高,吸引范围变化不大。三级、四级城市的时间可达性有所提高,三级城市2小时的吸引范围,四级城市1小时的吸引范围能够覆盖长江三角洲98%地区。三级城市的吸引范围中,南京的吸引范围向长江以北扩展,上海的吸引范围向崇明岛扩展,杭州的吸引范围向绍兴扩展,绍兴的吸引范围向宁波扩展。四级城市的吸引范围变化很小。

6 结论与讨论

(1) 采用时间距离提出了时间可达性以及基于时间可达性的城市吸引范围的概念。基于长江三角洲实际的陆路交通网,考虑了地表的阻隔水域以及道路的类型和等级,根据最小种子算法,采用MapX和Delphi,开发了区域时间可达性计算与分析模块,分别生成了长江三角洲四级城市的时间可达性扩散图和基于时间可达性的吸引范围图。通过分析模块不仅可以得到城市的吸引范围,还可以直观地看到由城市向外辐射不同时间内的吸引范围,对城市吸引范围的层次划分是一种有益的补充。

(2) 城市的吸引范围不是一成不变的,而是在不断地发生着变化。通过本文的方法,可以反映出随着交通格局的变化而导致的城市吸引范围的变化,可以适时地对城市吸引范围进行动态模拟和未来预测。

(3) 区域是开放的,而不是封闭的,本文把长江三角洲看作是一个封闭的区域,忽略了其与区外的联系,而区域中某一点到达目标点城市的最短路径可能并不是区内的交通线,这将会使结果产生偏差,考虑区外联系^[33,35]将是今后研究的方向。

(4) 城市的综合实力对其吸引范围影响很大,综合实力越强,其吸引范围就越大,而可达性也与城市的经济权重相关^[36]。本文将长江三角洲的城市划分为四个等级,认为同一等级的城市是均一的,而实际上它们的综合实力依然有差别,具体考虑每一个城市的综合实力来划分吸引范围也将是下一步要讨论的问题。

(5) 交通条件是影响城市吸引范围的一个重要因素,但不是唯一因素。城市的吸引范围受到了经济、人口、基础设施、交通和社会条件等诸多因素的影响,综合考虑多种因素将会使城市吸引范围的划分更加准确,对此将另文探讨。

参考文献:

- [1] 张义文,高新法,荣美娜. 河北省主要城市吸引范围. 河北师范大学学报(自然科学版), 2001, 25(4): 533~536
- [2] 周一星. 城市地理学. 北京:商务印书馆, 1999
- [3] 沃尔特·克里斯塔勒. 德国南部中心地原理. 北京:商务印书馆, 1998

- [4] Green F H W. Urban hinterlands in England and Wales: An analysis of bus services. *The Geographical Journal*, 1950, 116(3): 64~ 81.
- [5] Green H L. Hinterland boundaries of New York City and Boston in southern New England. *Economic Geography*, 1955, 31(4): 283~ 300.
- [6] Huff D L, Lust J M. Ireland's urban system. *Economic Geography*, 1979, 56(3): 196~ 211.
- [7] McCann L D. Heartland and Hinterland: A Geography of Canada. Toronto: Prentice-Hall, 1987.
- [8] 顾朝林, 刘志红, 万利国. 济南城市经济影响区的划分. *地理科学*, 1992, 12(1): 15~ 26.
- [9] 隆国强. 确定城市吸引范围方法的进一步探讨. *城市问题*, 1988, (1): 12~ 16.
- [10] 刘科伟. 城市空间影响范围划分与城市经济区问题探讨——以陕西省为例. *西北大学学报(自然科学版)*, 1995, 25(2): 129~ 134.
- [11] 李传武, 黄新南, 杨本俊. 六安市域经济的非均衡发展分析. *安徽农业科学*, 2005, 33(9): 1737~ 1738.
- [12] 陈田. 我国城市经济影响区域系统的初步分析. *地理学报*, 1987, 42(4): 308~ 318.
- [13] 杜忠潮, 苏英. 陕西省城市影响区的空间结构及发展趋势研究. *西北大学学报(自然科学版)*, 2003, 33(5): 586~ 590.
- [14] 南平, 姚永鹏, 张方明. 甘肃省城市经济辐射区及其经济协作区研究. *人文地理*, 2006, 121(2): 89~ 92.
- [15] 孔凡娥, 周春山. 广州城市腹地划分及变化研究. *城市发展研究*, 2006, 13(4): 7~ 12.
- [16] 姜世国. 都市区范围界定方法探讨——以杭州市为例. *地理与地理信息科学*, 2004, 20(1): 67~ 72.
- [17] 张义文, 高新法, 荣美娜, 等. 河北省主要城市吸引范围. *河北师范大学学报(自然科学版)*, 2001, 25(4): 533~ 536.
- [18] 张莉, 陆玉麒. 河北省城市影响范围及空间发展趋势研究. *地理学与国土研究*, 2001, 17(1): 11~ 15.
- [19] 吴殿廷, 朱青. 区域定量划分方法的初步研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 39(3): 412~ 416.
- [20] 王德, 郭洁. 沪宁杭地区城市影响腹地的划分及其动态变化研究. *城市规划汇刊*, 2003, (6): 6~ 11.
- [21] 王德, 项曰丙. 中心城市影响腹地的动态变化研究. *同济大学学报(自然科学版)*, 2006, 34(9): 1175~ 1179.
- [22] 王新生, 郭庆胜, 姜友华. 一种用于界定经济客体空间影响范围的方法——Voronoi图. *地理研究*, 2000, 19(3): 311~ 315.
- [23] 王新生, 李全, 郭庆胜, 等. Voronoi图的扩展、生成及其应用于界定城市空间影响范围. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2002, 36(1): 107~ 111.
- [24] 郭庆胜, 闫卫阳, 李圣权. 中心城市空间影响范围的近似性划分. *武汉大学学报·信息科学版*, 2003, 28(5): 596~ 599.
- [25] 闫卫阳, 秦耀辰, 郭庆胜, 等. 城市断裂点理论的验证、扩展及应用. *人文地理*, 2004, 19(2): 12~ 16.
- [26] 闫卫阳, 郭庆胜, 李圣权. Delaunay三角网与Voronoi图在划分城市影响空间中的应用研究. *测绘信息与工程*, 2004, 29(3): 1~ 2.
- [27] 李圣权, 胡鹏, 闫卫阳. 基于加权Voronoi图的城市影响范围划分. *武汉大学学报(工学版)*, 2004, 37(1): 94~ 97.
- [28] 李新运, 郑新奇. 基于曲边Voronoi图的城市吸引范围挖掘方法. *测绘学院学报*, 2004, 21(1): 38~ 41.
- [29] 易芳馨, 殷会良. 基于GIS技术的贵州省城市影响腹地划分. *贵州工业大学学报(自然科学版)*, 2006, 35(3): 88~ 95.
- [30] 王桂圆, 陈眉舞. 基于GIS的城市势力圈测度研究. *地理与地理信息科学*, 2004, 20(3): 69~ 73.
- [31] Johnston R J. *Dictionary of Human Geography*. 3rd edn. Oxford: Basil Blackwell, 1994.
- [32] Hansen W G. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25: 73~ 76.
- [33] 张莉, 陆玉麒. 基于陆路交通网的区域可达性评价——以长江三角洲为例. *地理学报*, 2006, 61(12): 1235~ 1246.
- [34] 赵元正, 陆玉麒, 张莉. 时间可达性计算的最小种子算法. *计算机工程与设计*, 2006, 27(22): 4171~ 4174.
- [35] 吴威, 曹有挥, 曹卫东. 开放条件下长江三角洲区域的综合交通可达性空间格局. *地理研究*, 2007, 26(2): 391~ 402.
- [36] 张兵, 金凤君, 于良. 近20年来湖南公路网络优化与空间格局演变. *地理研究*, 2007, 26(4): 712~ 722.

Delimitation of central cities attracting scope based on time accessibility: A case study of the Yangtze River Delta

ZHANG Li^{1,2}, LU Yi-qi¹, ZHAO Yuan-zheng³

(1. College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;

2 College of civil engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;

3. College of Automation, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Using MapX component and Delphi, the authors develop a program to calculate and analyze regional time accessibility based on minimal seed algorithm, thus generating a mark diffusing figure and city attracting scope. Based on land traffic network including highway, national way, provincial way and railway, this paper analyzes cities attracting scope. Some conclusions are drawn as follows. Shanghai is the first grade city. Its attracting scope covers the whole Yangtze River Delta (YRD) and presents a fan-like distribution along traffic axis of Shanghai-Nanjing and Shanghai-Hangzhou with Shanghai as its core. The second grade cities attracting scopes present rings along traffic axes of Shanghai-Nanjing and Shanghai-Hangzhou with Shanghai, Nanjing and Hangzhou as their cores. The third grade cities attracting scopes in one hour presents zonal distribution along traffic axes of Shanghai-Nanjing, Shanghai-Hangzhou, Hangzhou-Ningbo and Nanjing-Nantong with 15 main cities as their cores. The relationship between the third grade cities attracting scope and their administrative areas can be divided into four categories. The attracting scopes of Taizhou in Jiangsu province, Huzhou, Changzhou and Ningbo are greater than their administrative areas. The attracting scopes of Hangzhou, Shaoxing, Shanghai and Taizhou in Zhejiang province are tally with their administrative areas. The attracting scopes of Jiaxing, Nanjing, Wuxi and Yangzhou are misplaced with their administrative areas. The attracting scopes of Nantong, Suzhou and Zhenjiang are smaller than their administrative areas. The fourth grade cities attracting scopes in one hour almost cover the whole YRD and present network distribution along the high grade roads and railways with 81 counties as their cores. The attracting scopes of the fourth grade cities in the YRD form a regional spatial system. The attracting scopes of city have changed along with the construction of bridges and tunnels which straddle sea and the Yangtze River.

Key words: time accessibility; city attracting scope; Yangtze River Delta; geographic information system