基于城市公共交通的长春市医院可达性分析

侯松岩，姜洪涛
（南京大学地理与海洋科学学院国土资源与旅游学系, 南京 210046）

摘要：城市公共交通的可达性体现了公共交通系统的发展水平，该研究为制定城市公共交通规划、优化社会服务设施空间布局等城市发展问题提供了有利的科学支撑。借助ArcGis软件，采用网络分析法，生成了长春市公共交通网络图；以最短可达时间和公共交通的服务频次作为评价指标，将非高峰和高峰时段作为时态的划分依据，探讨了长春市各居住小区和医院之间的可达性的时空分布特征。结果表明：长春市居住小区的平均可达时间等级整体水平较高，且非高峰时段优于高峰时段；居住小区的平均可达时间等级在空间上分异显著，呈现出不连续的圈层式分布；可达时间等级越高的居住小区，周边的公共交通服务频次等级越高，但两个等级间并不存在完全的一致性，且高峰时段的公交服务频次明显高于非高峰时段；各医院在非高峰时段的时间可达性较好，而在高峰时段有了较为显著的下降，不同等级医院的平均可达时间各不相同，但其差异并不显著。在上述分析的基础上，进而探讨了长春市公共交通存在的问题及原因，并提出了优化建议。

关键词：GIS；可达性；公共交通；医院；居住小区；长春市
DOI: 10.11821/dlyj201405010

1 引言

城市公共交通是城市经济和民众生活中最为重要的基础性设施，随着我国城市化进程的快速增长，城市公共交通的建设明显滞后于城市发展的需要，成为城市进一步发展的制约因素[1]。《中华人民共和国第十二个五年规划纲要》提出实施公共交通优先发展战略，大力发展城市公共交通系统[2]，首次将公交优先发展战略上升为国家战略。可达性是评价城市公共交通发展水平的重要手段，城市公共交通的可达性研究对于了解城市公共交通现状、合理制定城市公共交通规划、优化社会服务设施空间布局等城市发展问题具有重要的理论和实际意义。

可达性是指利用一种特定的交通系统从某一给定区位到达活动地点的便利程度[3]。国内外关于可达性的研究主要围绕可达性的评价[4-7]、交通网络空间格局的演化及其对区域的影响[8-10]等方面。在可达性评价中，所研究的交通方式主要为铁路交通网络[11-14]、航空交通网络[15,16]、公路交通网络[17-20]等。对于城市公共交通的可达性，国外的学者研究得较多，O’Sullivan等[21]最早对其进行了研究，他们利用等时线分析探讨了公共交通的可达性，并生成了公共交通可达性地图。Burns等[22]基于小汽车、公交汽车和步行三种交通系统，分析了墨尔本的超市和快餐店的可达时间。Yigitcanlar等[23]设计了一种基于GIS的不同土地

收稿日期：2013-04-24；**修订日期**：2013-10-30
基金项目：国家自然科学基金项目(41071325)
作者简介：侯松岩(1986-)，男，硕士研究生，吉林长春人，主要从事交通地理与旅游地理。E-mail: your7777@163.com
通讯作者：姜洪涛(1962-)，女，吉林辽源人，教授，硕士生导师，主要从事环境地学与旅游地理的研究。
E-mail: jianghongtao@nju.edu.cn

利用类型的公共交通可达性指数模型，该模型是利用公共交通和步行网络评价不同土地利用类型的可达性。在国内，季珏等[24]以北京市为例，利用公共交通可达性指标，将城市实体空间结构的指标和公共交通的满意度相结合，构建了城市空间结构评价体系。陈洋等[25]采用GIS空间分析方法，以福州市金山区为例，提出了一种公交可达性指数的计算方法。李立等[26]以苏州市为例，探讨了城市低碳公共交通对旅游景点可达性的影响。

社会服务设施（如医院、学校和公园等）的区位确定是可达性应用和研究的一个重要领域[27]。其中，医院的可达性是医疗服务设施公平性评价的重要方面，一些学者对此进行了探讨。如Eck等[28]以GIS技术为分析手段，利用可达性面探讨了服务于个人的药店的区位选择问题。吴建军等[29]以河南省兰考县为例，分析了农村医疗设施空间可达性。熊娟等[30]以可达性为基础，对湖北省松滋市医疗服务均等化进行了分析。

目前，国内的公共交通可达性研究仍然处于初步阶段，研究采用不同评价方法以及不同的研究视角，没有建立起相对客观、合理的评价方法，使得研究成果普遍适用性较差。此外，已有的研究往往忽略了城市公共交通可达性在时态上的变化，而且缺乏从城市公共交通的角度探讨医院的可达性问题。为此，以长春市为例，利用ArcGis软件中的网络分析功能生成了长春市公共交通网络图，以最短可达时间和公共交通服务频次作为可达性的评价指标，将非高峰和高峰时段作为时态的划分依据，探讨了在不同时态上，三环公路内的居住小区到医院的平均可达时间的总体特征、空间分布特征和公共交通服务频次，并对各医院到居住小区的平均可达时间进行计算和分析，以期为长春市公共交通服务的优化提供有利的科学支撑，也为城市公共交通可达性的评价方法提供一种新的思路。

2 研究区域、数据来源与研究方法

2.1 研究区域

长春市地处东北平原中央，位居北纬43°54′，东经125°18′，是吉林省省会城市，全省的政治、经济、文化、科技和交通中心。城市总面积20604 km^2，其中三环公路以内的面积164.54 km^2，6大主城区、4大开发区总人口为487.6万，其中三环公路以内的户籍人口368万（2007年）。本文选取长春市三环公路以内的区域作为研究区域，这也是长春市的老城区，研究区内包括宽城、绿园、朝阳、南关及二道区5个区。截至2012年11月，研究区内共有231条公共交通线路（其中包括：228条公交汽车线路、2条轻轨线路和1条有轨电车线路）、112家医院和1021个居住小区（图1）。

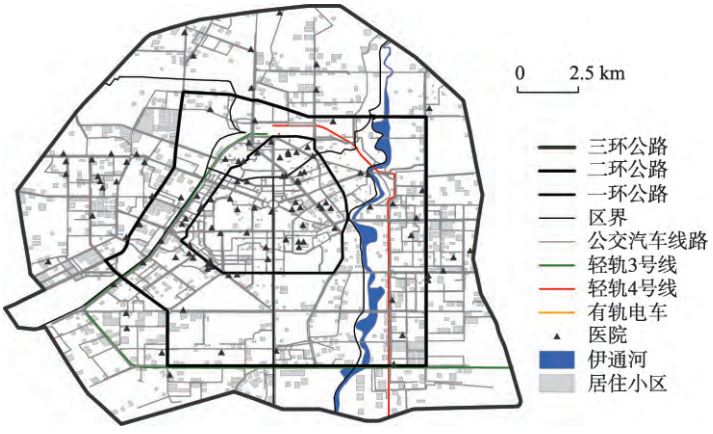


图1 研究区域图

Fig. 1 Location of the study area in Changchun

2.2 数据来源

2.2.1 空间数据的来源 本文所采用的空间数据为长春市公共交通网络图，它是将长春市区矢量图配准到google earth（影像图时间为2012年11月）上，通过数字化得到的；数字

化的内容包括居住小区、医院、公共交通线路等内容（图2）。这里需要说明的是，由于ArcGis软件中的网络分析方法是针对点对点的可达性分析，而居住小区和医院在图论中表现为平面，因此本文用居住小区面和医院面的中心点来代表居住小区和医院。公共交通网络的组成要素如表1所示。

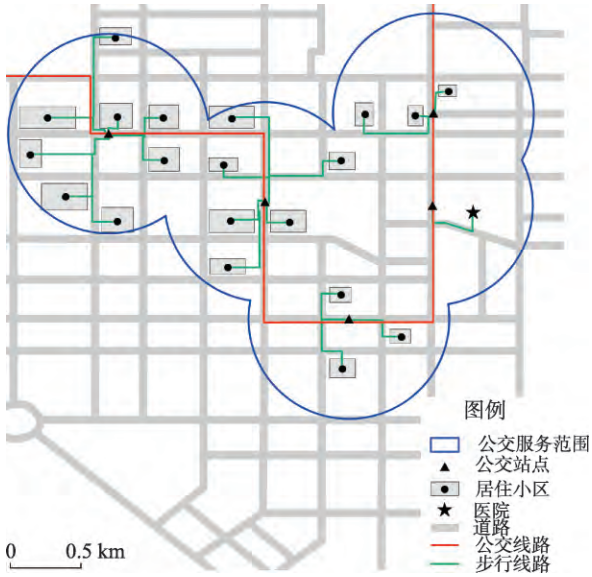


图2　长春市公共交通网络示意图

Fig.2　The map of public transit network in Changchun

2.2.2　速度的确定　对于城市内部的公路交通而言，高峰时段和非高峰时段的车速差异是非常显著的。由于中国大部分人在白天工作，因此，高峰时段为人们上、下班时段，即早晨（7:00-9:00）、晚上（16:30-19:00），其余时间为非高峰时段。据长春市相关部门统计，长春市早晨（7:00-9:00）的平均车速为32 km/h，晚上（16:30-19:00）的平均车速为30 km/h，而全天的平均车速为41 km/h[31]。本文选取的公交汽车车速为其运营速度，显然慢于上述平均车速。根据以上数据，结合长春市的实际情况，确定公交汽车在非高峰和高峰时段的平均车速分别为26 km/h和15 km/h。

表1　公共交通网络组成要素

Tab. 1　Public transit network elements

名称	类型	数量
居住小区	面	1021
居住小区中心点	点	1021
医院	点	112
公交汽车站点	点	2011
轻轨站点	点	37
有轨电车站点	点	16
公交汽车线路	线	231
轻轨线路	线	2
有轨电车	线	1
步行线路	线	6640

为了确定轻轨和有轨电车的运营车速，笔者于2013年1月23日和1月24日通过实地调查，得到轻轨和有轨电车的运营时间，并结合轻轨线路的里程数据，求得了轻轨3、4号线的运营车速。本文的步行速度设定为5 km/h。本研究确定的平均速度如表2所示。

2.2.3　服务半径的确定　服务半径是指居民到达居住区级公共服务设施的最大步行距离[32]。本文需确定公共交通站点的服务半径。目前国外的相关研究中，主要采用300 m[33]、400 m[34]、500 m[35]和800 m[36]作为公共交通站点的服务半径。为了更加符合国内的实际情况，根据《城市规划资料集第十分册（城市交通与城市道路）》[37]中的相关规定，选用500 m作为公交汽车站点和有轨电车的服务半径，1000 m作为轻轨站点的服务半径。

2.2.4　公共交通服务频次的来源　本文所采用的高峰和非高峰时段公共交通的发车间隔数据，来自长春市公交公司和长春市轻轨公司。

表2　公共交通和步行平均速度表

Tab. 2　The average speed of public transit and walking

交通方式	公交汽车		轻轨		有轨电车	步行速度
	非高峰时段	高峰时段	3号线	4号线		
平均车速(km/h)	26	15	28	29	17	5

2.3 评价指标

2.3.1 平均可达时间的评价指标 各居住小区到所有医院的平均可达时间评价指标为：

$$A_i = \frac{1}{n}\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{n}(WS_{ij} + P_{ij} + WH_{ij}) \tag{1}$$

式中：A_i为居住小区i到全部医院的平均可达时间；WS_{ij}为居住小区i步行至公交站点的最短时间；P_{ij}为从居住小区i到医院j的过程中，所需乘坐公共交通的最短时间；WH_{ij}为居住小区i到医院j的过程中，公交站点步行至医院的最短时间；n为研究区内医院的数量。

2.3.2 公共交通服务频次的评价指标 公共交通的服务频次在高峰时段和非高峰时段会发生显著的变化，它是评价公共交通可达性优劣的重要因素[38-40]。本研究将每小时内居住小区可乘坐的公交车数量作为公共交通服务频次的评价指标，其公式如下：

$$F = \sum_{i=1}^{m} C_i / m \tag{2}$$

式中：F为某居住小区周边的公共交通服务频次；C_i为i线路公交车每小时的发车数量；m为该居住小区可乘坐的公交线路的总数。F值越大，表明公共交通的服务频次越高。

2.4 评价方法

2.4.1 平均可达时间的计算 根据生成的长春市公共交通网络图，采用ArcGis软件中的网络分析方法，通过O-D成本矩阵分析，得到了非高峰时段和高峰时段各居住小区步行至公交站点、乘坐公共交通以及公交站点步行至医院的最短时间总和，并根据公式(1)，求得各居住小区到所有医院的平均可达时间。

2.4.2 公共交通服务频次的计算 根据生成的公共交通网络图，对各居住小区可乘坐的公共交通线路的数量、类型（公交汽车、轻轨、有轨电车）进行统计，并利用非高峰和高峰时段的公共交通发车间隔数据，根据公式(2)，计算得到每小时内各居住小区周边的公共交通服务频次。

3 研究结果与分析

3.1 居住小区的可达时间总体特征分析

为了更直观、有效地分析各居住小区到医院的平均可达时间的整体特征和内部差异，本文以10分钟为分段点，将计算得到的平均可达时间划分为5个等级，即“高”：10-20min，“较高”：20-30min，“中等”： 30-40min，“较低”：40-50min之间，“低”：50-60min。并按此等级分别计算各时间段的居住小区数量在高峰和非高峰时段的分布频率和累积频率，结果如图3、表3所示。

从图3、表3中可以看出，就非高峰和高峰时段的总体水平而言，各居住小区到医院的平均可达时间等级水平较高，分别有98.73%和53.68%的居住小区平均可达时间处在中等及以上水平。通过对非高峰和高峰时段的比较，可以发现非高峰时段居住小区的平均可达时间等级明显优于高峰时段。与非高峰时段相比，高峰时段内较高和高等级的居住小区的累积频率下降了60.18%，中等和较低等级的居住小区所占比例分别增加了15.13%和37.13%，而低等级居住小区所占的比例增加了7.92%。

从非高峰和高峰时段内部来看，各平均可达时间等级间的居住小区数量存在明显的差

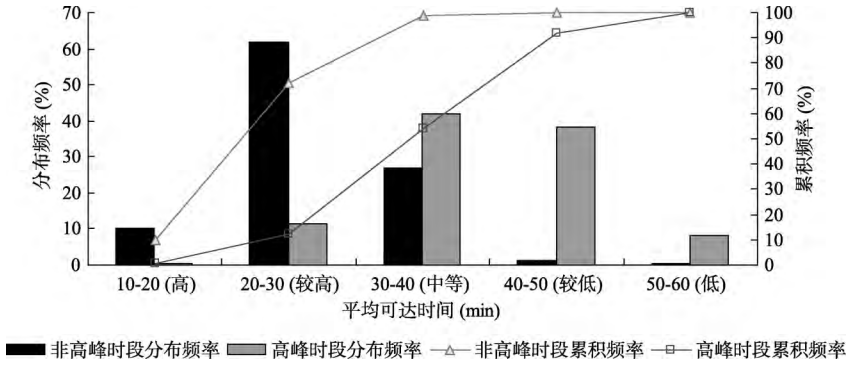


图3　居住小区在非高峰时段和高峰时段平均可达时间等级分析图

Fig.3　Time analyses of average accessible time grade of residential districts in peak hours and off-peak hours

表3　居住小区在非高峰时段和高峰时段的平均可达时间等级分布频率和累积频率表

Tab. 3　Distribution frequency and cumulate frequency of average accessible time grade in peak hours and off-peak hours

平均可达时间等级		高	较高	中等	较低	低
分布(%)	非高峰	9.99	61.90	26.84	1.07	0.20
	高峰	0.15	11.56	41.97	38.20	8.12
累积(%)	非高峰	9.99	71.89	98.73	99.80	100.00
	高峰	0.15	11.71	53.68	91.88	100.00

异。在非高峰时段，较高水平的居住小区所占比例最高，达到了61.90%；其次为中等等级的居住小区，所占比例为26.84%；高等级的居住小区所占比例为9.99%。而可达时间等级水平较低的居住小区数量极少，较低和低等级的居住小区累积频率仅为1.27%。在高峰时段，中等水平的居住小区数量最多，所占比例达到了41.97%，较低等级的居住小区位居其次，所占比例为38.20%；较高和低等级的居住小区所占比例共为19.68%，而高等级的居住小区所占比例最低，仅为0.15%。

3.2　居住小区的可达时间空间分布特征分析

为了分析可达性的空间分布特征及其差异，按照上述所划分的平均可达时间等级，利用ArcGis 9.3软件对长春市各居住小区的可达性进行空间插值分析。由于所分析的居住小区数量较多，因此选择克里金插值法进行分析，分析结果如图4所示。

由图4可以清晰地看出：在非高峰时段，各居住小区的平均可达时间等级总体上呈圈层式分布，但每一个等级的分布并不连续。如在一环公路内，高等级居住小区周边分布着一些较高等级的居住小区，这主要是由于文化广场、朝阳公园等城市公共空间布局带来的影响。高等级平均可达时间的居住小区主要分布在人民广场、火车站、建设街及工农大路等市中心地区，以高等级的居住小区为中心；较高、中等以及较低可达时间等级的居住小区依次分布在其外围地区。

在高峰时段，各居住小区的平均可达时间等级总体上亦呈不连续的圈层式分布，但各等级的分布范围发生了较为明显的变化，高以及较高等级的居住小区分布范围明显缩小。如高等级的居住小区仅分布在人民广场周边地区，而对于中等及以下的居住小区，分布范围分别有所增加。

从各城区来看，在非高峰和高峰时段，南关区的居住小区平均可达时间整体水平最高，城区内的居住小区的可达时间平均值分别为24.60min和37.41min，二道区内的居住小

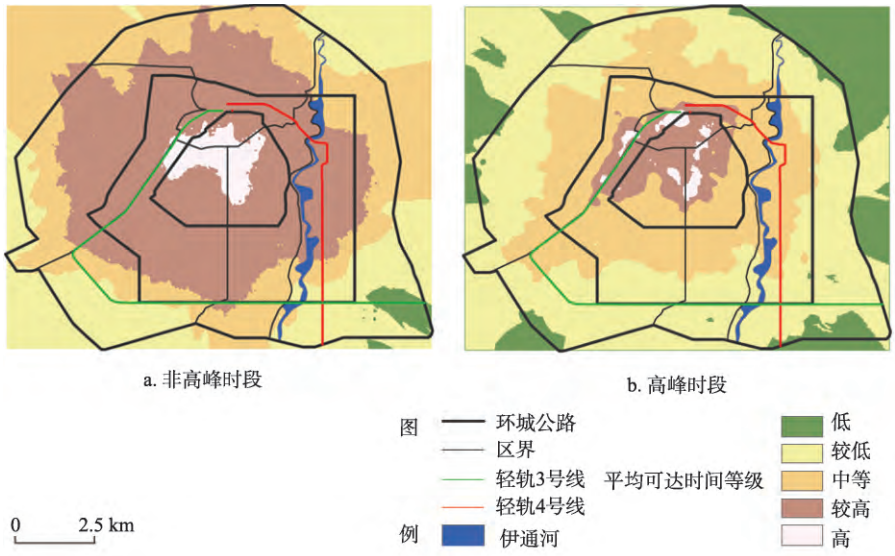


图4 非高峰和高峰时段居住小区平均可达时间等级空间分布图

Fig. 4 The spatial distribution of average accessible time grade of residential districts in peak hours and off-peak hours

区平均可达时间整体水平最低，区内的可达时间平均值分别为30.49min和43.80min，可见伊通河对于平均可达时间具有较大的影响。此外，在高峰时段，轻轨3和4号线并没有提升周边居住小区的平均可达时间水平，这主要是长春市轻轨的车速较慢、选线较偏所致。

3.3 居住小区周边的公共交通服务频次分析

根据计算结果，将各居住小区的公共交通服务频次按上述平均可达时间等级进行分组、求和、取平均值，结果如图5。由图5可知，居住小区的平均可达时间的等级和公交车服务频次成正相关关系；高峰时段公交车的服务频次较非高峰时段有较为显著的提高。为了更为详细地分析各居住小区周边的公共交通服务频次，将公共交通的服务频次按小于10次/小时、10-20次/小时、20-30次/小时、30-40次/小时以及大于40次/小时以上分成低频次、较低频次、中等频次、较高频次以及高频次5个等级，并计算各可达时间等级内的居住小区在各服务频次等级的数量占居住小区总数量的比例，结果如表4。

由表4可知，从公共交通服务频次来看，非高峰和高峰时段的公交服务频次整体水平较高，分别有51.94%和50.86%的居住小区周边的公交服务频次为较高及以上等级。在不同时态，各频次等级内的居住小区所占比例大体相当，如在高等频次等级内，居住小区在

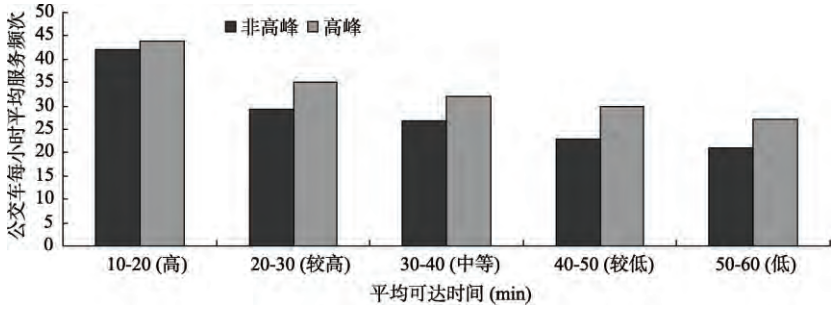


图5 公共交通服务频次分析图

Fig.5 The analyses of public transit frequency

表4 居住小区在平均可达时间等级和公共交通服务频次等级内的分布比例

Tab. 4 Percentage of the residential districts in the average accessible time grade and public transit frequency grade

平均可达时间等级	各服务频次等级内居住小区的比例(%)									
	<10(低频次)		10-20(较低频次)		20-30(中等频次)		30-40(较高频次)		>40(高频次)	
	非高峰	高峰	非高峰	高峰	非高峰	高峰	非高峰	高峰	非高峰	高峰
高	0.20	0.00	1.63	0.00	0.81	0.00	2.34	0.00	5.01	0.15
较高	4.78	0.31	14.65	4.78	10.07	0.81	19.43	3.36	12.97	2.30
中等	2.54	3.76	6.92	7.83	5.60	10.64	7.22	12.92	4.56	6.82
较低	0.20	2.94	0.46	9.66	0.10	4.94	0.10	10.28	0.20	10.38
低	0.10	1.22	0.00	1.42	0.00	0.81	0.10	2.24	0.00	2.42
合计	7.83	8.23	23.65	23.70	16.58	17.21	29.20	28.79	22.74	22.07

非高峰和高峰时段所占的比例分别为22.74%和22.07%，这主要是由于各可达时间等级内的居住小区数量在不同时态发生了较大的变化。

结合可达时间等级和公共交通服务频次等级来看，两个等级间并不存在完全的一致性。经计算，在非高峰和高峰时段，分别有98.73%和53.68%的居住小区平均可达时间为中等及以上等级，但其中只有68.01%和37.00%的居住小区公交服务频次为相同等级；30.72%和16.68%的居住小区的公交服务频次处于较低或低等级，平均可达时间为较低和低等级的居住小区比例分别为1.27%和46.32%，而其中只有0.76%和15.24%的居住小区的公交服务频次为同等级别，其余居住小区的公交服务频次为中等或以上级别。

3.4 医院的平均可达时间分析

根据交通通行的可逆性可知，居住小区到某医院的可达时间就是该医院到此居住小区的可达时间。经过计算，112家医院在非高峰时段的可达时间的平均值为26.49min，而高峰时段则增加到39.14 min。在非高峰时段和高峰时段，可达性最好的皆为长春市骨伤医院，平均可达时间分别为21.51min和31.87min；而最差的为长春市精神病医院，平均可达时间分别为42.31min和53.15min。本文以10min作为划分间隔，将112家医院非高峰和高峰时段的平均可达时间划分成4个组，各组内的医院分布情况如表5。

从表5可以看出，在非高峰时段，医院平均可达时间的整体水平较好，80.36%的医院平均可达时间在30min以内，有16.07%的医院平均可达时间在30-40min内，平均可达时间在40-50min的医院只有4家，没有医院分布在50-60min时段内。在高峰时段，各医院的平均可达时间水平显著下降，30-40min时间段的医院数量最多，所占比例达到了62.50%，40-50min内的医院所占比例为28.57%，而20-30min和50-60min两个时间段内医院所占的比例分别为2.68%和6.25%。

一般而言，医院的等级不同，其周边的交通条件不同。因此，不同等级的医院的可达性也不尽相同。据统计，长春市的医院现有三级甲等医院17家、三级乙等医院6家、二级

表5 医院平均可达时间分布表

Tab. 5 Distribution of average accessible time to hospitals

平均可达时间(min)		20-30	30-40	40-50	50-60	合计
数量	非高峰	90	18	4	0	112
	高峰	3	70	32	7	112
百分比(%)	非高峰	80.36	16.07	3.57	0.00	100.00
	高峰	2.68	62.50	28.57	6.25	100.00

表6 不同等级医院的平均可达时间统计

Tab. 6 Statistics of average accessible time to different grades of hospitals

医院等级		三级甲等	三级乙等	二级甲等	二级乙等	一级甲等	民营(暂未评级)
平均可达时间	非高峰	25.22	26.01	26.59	26.87	27.79	25.49
(min)	高峰	37.41	39.10	39.22	39.33	41.08	37.79

甲等医院27家、二级乙等医院19家、一级甲等医院25家、暂未评级的民营医院18家。将长春市各等级医院的可达时间取平均值，计算结果如表6。从表6可以看出，在非高峰和高峰时段，不同等级的医院的平均可达时间各不相同，但其差异并不显著，其中三级甲等医院的可达性最好，其平均可达时间分别为25.22min和37.41min。暂未评级的民营医院的可达性位居其次，其平均可达时间分别为25.49min和37.79min，其重要原因是暂未评级的民营医院主要分布在长春市的二环公路以内，其周边的公共交通线路密集、交通便利。其余4个等级的医院的平均可达时间随等级的降低而增加。

4 结论与讨论

4.1 结论

（1）本文选取最短可达时间和公共交通服务频次作为城市公共交通可达性的评价指标，分析了非高峰和高峰时段的居住小区和医院之间的可达性，为城市公共交通可达性的评价方法提供了一种新的思路。

（2）将各居住小区到医院的平均可达时间划分成5个等级，研究发现在非高峰和高峰时段，居住小区的平均可达时间等级的整体水平较高，分别有98.73%和53.68%的居住小区可达时间在中等及以上等级；但其内部差异也比较明显，在非高峰时段，较高等级的居住小区数量最多，而在非高峰时段，中等可达时间等级的居住小区数量最多；非高峰时段的居住小区可达时间等级明显优于高峰时段，如在高峰时段，较高和高等级的居住小区所占比例下降了60.18%，而较低和低等级的居住小区所占比例上升了45.05%。

（3）各居住小区的可达时间等级在空间上的分异显著，总体上呈不连续的圈层式分布。高可达时间等级的居住小区主要分布在人民广场等城市中心地区，而其它可达时间等级的居住小区则依次分布在外围地区；在不同时态，各可达时间等级的空间分布范围发生了明显的变化，在高峰时段，中等及其以下等级的居住小区分布范围比非高峰时段有所增加，而较高和高可达时间等级的居住小区分布范围有明显的减小。

（4）通过对公共交通服务频次的分析，发现高峰时段的公交服务频次高于非高峰时段；居住小区的可达时间等级和公共交通服务频次呈正相关关系；平均可达时间和公交服务频次两个等级间并不存在完全的一致性，如在非高峰和高峰时段，分别有98.73%和53.68%的居住小区的平均可达时间为中等或以上等级，而其周边的公交服务频次则为较低或低等级。

（5）通过对医院到居住小区的平均可达时间计算，发现非高峰时段医院的平均可达时间整体水平较高，有96.43%的医院平均可达时间在40min以内。在高峰时段，各医院的平均可达时间水平有显著的下降，平均可达时间在40min内的医院比例下降到了65.18%。同时，对各等级医院的平均可达时间进行了计算，三级甲等医院和暂未评级的民营医院的可达性相对较好，其余等级医院的可达性随等级的降低而下降。

4.2 讨论

（1）分析表明，虽然长春市的居住小区和医院的可达性整体水平较高，但是也存在着一些问题，如位于城市中心地带的居住小区和医院的时间可达性明显优于外围地区，在高峰时段，居住小区和医院的时间可达性有显著的下降，一些平均可达时间等级较高的居住小区，周边的公共交通服务频次水平却较低等。造成这些问题的原因主要可以归结为以下三个方面：① 公交线路的布局不合理，虽然研究区域内的公交线路多达231条，但很多公交线路的重叠现象较为严重，城市中心区域的公交线路十分密集，而二环公路以外区域的公交线路相对较少；② 长春市公共交通结构不合理，目前长春市的公共交通还是以公交汽车为主，而现有的轻轨3号线和4号线由于存在车速较慢、运量较小及线路走向较偏等问题，并未能有效缓解高峰时段的通勤压力；③ 缺乏对公交车发车间隔的监控调度，一些公交线路的发车间隔较长，不能视具体情况调整，致使一些地方的公交服务频次很低，影响城市居民的出行。

有鉴于此，本文提出几点优化建议：① 合理调整长春市的公共交通网络，避免公交线路重复布局，适当增加外围城区的公交线路；② 大力发展城市轨道交通，随着《长春市城市快速轨道交通建设规划（2010-2016年）》的逐步落实，地铁1号线和2号线的相继通车，长春市公共交通的可达性水平将得到极大的改进和优化；③ 建立长春市公共交通调度中心，针对不同时段的客流情况，合理调整各公交线路的发车间隔。

（2）本文仅从理论上探讨了基于公共交通网络的可达性问题，与客观实际的可达性存在一定的差距，忽略了影响公共交通可达性的一些因素，比如：不同公交汽车线路的换乘时间、居民的乘车习惯等问题。另外，因数据限制，未考虑不同道路等级的车速差异。这些问题应是今后进一步研究的方向。

参考文献(References)

[1] 徐黔予. 优先发展城市公共交通的意义与策略. 决策与咨询, 2011, (2): 71-73. [Xu Qianyu. The strategy and the significance of priority development of public transport. Decision Making & Consultancy, 2011, (2): 71-73.]

[2] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[EB/OL]. http://www.china. com.cn/, 2011-03-16/2013-02-08. [Xinhuanet. The twelfth five-year plan for national economic and social development of the People's Republic of China, 2011-3-16/2013-2-8. http://www.china.com.cn/.]

[3] Morris J M, P L Dumble, M R Wigan. Accessibility indicators for transport planning. Transportation Research A, 1978, 13(2): 91-109.

[4] Sakkas Nikos, Pérez Juan. Elaborating metrics for the accessibility of buildings. Computers, Environment and Urban Systems, 2006, 30(5): 661-685.

[5] 张莉, 陆玉麟. 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(6): 1235-1246. [Zhang Li, Lu Yuqi. Assessment on regional accessibility based on land transportation network: A case study of the Yangtze River Delta. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(6): 1235-1246.]

[6] 曹小曙, 薛德升, 闫小培. 中国干线公路网联结的城市通达性. 地理学报, 2005, 60(6): 903-910. [Cao Xiaoshu, Xue Desheng, Yan Xiaopei. A study on the urban accessibility of national trunk highway system in China. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(6): 903-910.]

[7] Lee K, Lee H Y. A new algorithm for graph-theoretic nodal accessibility measurement. Geographical Analysis, 1998, 30(1): 1-14.

[8] Chia-Lin Chen, Peter Hall. The impacts of high-speed trains on British economic geography: A study of the UK's InterCity 125/225 and its effects. Journal of Transport Geography, 2011, 19(4): 689-704.

[9] 魏立华, 丛艳国. 城际快速列车对大都市区通达性空间格局的影响机制分析: 以京津唐大都市区为例. 经济地理, 2004, 24(6): 834-837. [Wei Lihua, Cong Yanguo. The influence of inter-cities express passenger train on spatial structure of metropolitan area: A case of Beijing-Tianjin-Tangshan region. Economic Geography, 2004, 24(6): 834-837.]

[10] 曹小曙, 闫小培. 经济发达地区交通网络演化对通达性空间格局的影响: 以广东省东莞市为例. 地理研究, 2003, 22(3): 305-312. [Cao Xiaoshu, Yan Xiaopei. The impact of the evolution of land network on spatial structure of accessibility in the developed areas: The case of Dongguan City in Guangdong Province. Geographical Research, 2003, 22(3): 305-312.]

[11] David M L. Accessibility impacts of high-speed rail. Journal of Transport Geography, 2012, 22(5): 288-291.

[12] Bradley W L. On the utility and challenges of high-speed rail in the United States. Journal of Transport Geography, 2012, 22(5): 282-284.

[13] 罗鹏飞, 徐逸伦, 张楠楠. 高速铁路对区域可达性的影响研究: 以沪宁地区为例. 经济地理, 2004, 24(3): 407-411. [Luo Pengfei, Xu Yilun, Zhang Nannan. Study on the impacts of regional accessibility of high speed rail: A case study of Nanjing to Shanghai region. Economic Geography, 2004, 24(3): 407-411.]

[14] 蒋海兵, 徐建刚, 祁毅. 京沪高铁对区域中心城市陆路可达性影响. 地理学报, 2010, 65(10): 1287-1298. [Jiang Haibing, Xu Jiangang, Qi Yi. The influence of Beijing-Shanghai high-speed railways on land accessibility of regional center cities. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(10): 1287-1298.]

[15] Bruinsma F, Rietveld P. The accessibility of European cities: Theoretical framework and comparison of approaches. Environment and Planning, 1998, 30(3): 499-521.

[16] Bowen J. Airline hubs in Southeast Asia national economic development and nodal accessibility. Journal of Transport Geography, 2000, 8(1): 25-41.

[17] Alan T M, Rex D, Robert J S, et al. Public transportation access. Transportation Research, 1998, 3(5): 319-328.

[18] Kwan Mei-po, Alan T M, O'Kelly E M, et al. Recent advances in accessibility research: Representation, methodology and applications. Geographical Systems, 2003, 5(1): 129-138.

[19] Benenson Itzhak, Martens Karel, Rofé Yodan, et al. Public transport versus private cat GIS-based estimation of accessibility applied to the Tel Aviv metropolitan area. The Annals of Regional Science, 2011, 47(2): 499-515.

[20] 靳诚, 陆玉麟, 张莉, 等. 基于路网结构的旅游景点可达性分析: 以南京市区为例. 地理研究, 2009, 28(1): 246-258. [Jin Cheng, Lu Yuqi, Zhang Li, et al. An analysis of accessibility of scenic spots based on land traffic network: A case study of Nanjing. Geographical Research, 2009, 28(1): 246-258.]

[21] O' Sullivan D, Morrison A, Shearer J. Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: An isochrone approach. International Journal of Geographical Information Science, 2000, 14(1): 85-104.

[22] Burns C M, Inglis A D. Measuring food access in Melbourne: Access to healthy and fast foods by car, bus and foot in an urban municipality in Melbourne. Health Place, 2007, 13(4): 877-885.

[23] Yigitcanlar T, Sipe N, Evans R, et al. A GIS-based land use and public transport accessibility indexing mode. Aust Planner, 2008, 44(3): 30-37.

[24] 邓羽, 蔡建明, 杨振山, 等. 北京城区交通时间可达性测度及其空间特征分析. 地理学报, 2012, 67(2): 169-178. [Deng Yu, Cai Jianming, Yang Zhenshan, et al. Measuring time accessibility with its spatial characteristics in urban areas of Beijing. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(2): 169-178.]

[25] 陈洋, 李燕燕. 基于GIS的公交可达性指数算法. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(2): 177-179. [Chen Yang, Li Yanyan. Index of public transport accessibility based on GIS. Geomatics & Spatial Information Technology, 2011, 34(2): 177-179.]

[26] 李立, 汪德根. 城市低碳公共交通对旅游景点通达性影响研究: 以苏州市为例. 经济地理, 32(3): 166-172. [Li Li, Wang Degen. The impact of urban low-carbon public transport to attractions' accessibility: Suzhou City area as the example. Economic Geography, 32(3): 166-172.]

[27] 李平华, 陆玉麟. 可达性研究的回顾与展望. 地理科学进展, 2005, 24(3): 69-78. [Li Pinghua, Lu Yuqi. Review and prospectation of accessibility research. Progress in Geography, 2005, 24(3): 69-78.]

[28] Van Eck J R, De Jong T. Accessibility analysis and spatial competition effects in the context of GIS-supported service location planning. Computers, Environment and Urban System, 1999, 23(2): 75-89.

[29] 吴建军, 孔云峰, 李斌. 基于GIS的农村医疗设施空间可达性分析: 以河南省兰考县为例. 人文地理, 2008, 23(5): 37-42. [Wu Jianjun, Kong Yunfeng, Li Bin. The spatial accessibility analysis of rural medical facilities based on GIS: A case study of Lankao County, Henan Province. Human Geography, 2008, 23(5): 37-42.]

[30] 熊娟, 罗静, 彭菁, 等. 基于可达性的县域医疗服务均等化分析: 以湖北省松慈市为例. 人文地理, 2012, 27(5): 25-29. [Xiong Juan, Luo Jing, Peng Jing, et al. Equalization analysis of medical service of county level based on accessibility: A case study of Songzi, Hubei Province. Human Geography, 2012, 27(5): 25-29.]

[31] 冯冲. 80年代以来长春市主要交叉口交通量时空变化特征研究[D]. 长春: 东北师范大学硕士学位论文, 2009. [Feng Chong. The temporal and spatial variation characteristics in the main traffic intersection of Changchun City since the 80's [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2009.]

[32] http://baike. baidu. com/view/1636005. htm.

[33] Mondou V. Daily mobility and adequacy of the urban transportation network a GIS application [EB/OL]. Cybergeo

Eur J Geog, 1999/2013.
[34] El-Geneidy A M, Tétreault P R, Suprenant Legault. Pedestrian access to transit: identifying redundancies and gaps using a variable service area analysis. Transportation Research Board 89th Annual Meeting, Washington D C, USA, 2009.
[35] Chapleau R, Morency C. Dynamic spatial analysis of urban travel survey data using GIS. ESRI International User Conference Proceedings, San Diego, USA, 2005.
[36] Hess D B. Access to public transit and its influence on ridership for older adults in two US cities. Transport Land Use, 2009, 2(1): 3-27.
[37] 建设部城市交通工程技术中心. 城市规划资料集第十分册 (城市交通与城市道路). 北京: 中国建筑工业出版社, 2007: 92. [Urban Traffic Engineering Technology Center. Urban Planning Dataset Tenth Branch (Urban Transportation and Urban Roads). Beijing: China Architecture & Building Press, 2007: 92.]
[38] Curtis C, Scheurer J. Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. Prog. Plann, 2010, 74(2): 53-106.
[39] Jones A P, Haynes R, Sauerzapf V, et al. Travel times to health care and survival from cancers in Northern England. Eur J Cancer, 2008, 44(2): 269-274.
[40] Lovett A, Haynes R, Sunnenberg G, et al. Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: A study using patient registers and GIS. Social Science Method, 2002, 55(1): 97-111.

An analysis on accessibility of hospitals in Changchun based on urban public transportation

HOU Songyan, JIANG Hongtao
(Department for Land Resources and Tourism Sciences, School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

Abstract: The accessibility of urban public transportation reflects the level of development of the public transportation system and provides a favorable scientific support for formulating urban transport planning, optimizing spatial distribution of social service facilities and so on. Applying ArcGis9.3, this article created a public transportation network of Changchun. The shortest accessible time and public transportation service frequency were selected as the indexes of accessibility assessment and we took the off-peak and peak hours as the dividing basis of time. We analyzed the accessibility of residential districts to the hospitals during the peak and off-peak hours. Moreover, this article analyzed the average accessible time of hospital to residential districts during the peak and off-peak hours. The results found that: The overall level of residential districts' average accessible time was higher and the accessibility of off-peak hours was better than that of peak hours. The spatial heterogeneities are conspicuous. The distribution pattern of residential districts' average accessible time shows a discontinuous concentric trend. The shorter the residential districts' average accessible time, the higher the transportation service frequency, but it does not necessarily mean that these two indexes are always consistent. During peak hours, the public transportation service frequency has been significantly improved. The level of hospitals' average accessible time is better during off-peak hours, while in the peak hours there is a remarkable descent. The average accessible time of hospitals at different levels is not identical, but the differences are not significant. On the basis of the above analysis, we examined the problems and reasons of public transportation in Changchun and proposed relevant suggestions.

Key words: GIS; accessibility; public transport; hospital; residential district; Changchun City