

洗尽铅华 返本还原

——手机大数据在城市规划、交通分析与城市管理中的应用

邹亚华

【摘要】人工抽样调查加上数学模型，是传统交通规划对于了解城市现状的科学手段。面对日新月异的城市发展，尤其是大城市、特大城市、城市群等等，这些传统的“科学手段”——小样本模型遇到了严峻的挑战。随着城市本身的问题越来越复杂，规划学科必须采用新手段，借助定量分析，把握城市人口和客流交通的发展实质。本文主要论述手机移动网络大数据在城市规划、交通分析、城市运营管理中的应用。

【关键词】城市规划；大数据；定量分析；城市管理；交通分析

在我国，2013年被称为大数据元年，2014年3月“大数据”首次写入《政府工作报告》。此后，李克强总理在多个场合提及这一“热词”，他说“大数据等新一代互联网技术深刻改变了世界，也让各国站在科技革命的同一起跑线上。”“中国曾屡次与世界科技革命失之交臂，今天要把握这一历史机遇，抢占先机，赢得未来。”李总理并反复强调，要开发应用好大数据这一基础性战略资源。

交通与城市规划的主要研究对象是城市和交通，无论城市还是交通，其复杂程度和不确定性正是产生城市问题的根本，也是该领域的研究方向、广大从业者为之锲而不舍不断求解的工作职责。随着大数据的深入研究和应用，似乎逐渐打开了交通与城市规划领域所面临的上述困境。

1 传统数学模型遇到新挑战

1.1 城市发展的新阶段

前几年，因为统计口径不一，学界尚对我国城市化率是否超过50%存有异议，而今年（2016年）大家一致地认为我国城市化率超过了50%。根据城市化发展的“S”曲线规律，我国的城市建设已经步入新的历史阶段，

其城市化发展具有显著特征：一是大城市越来越多，二是城市群关系越来越密切，三是单个城市本身的功能和布局越来越复杂。

1.2 难以了解的客观现状

这些变化，将导致交通和城市规划工作者越来越难以了解城市发展的准确现状，更难以从不准确现状中抽取出城市个体的不同基本特征，也就会影响对城市未来发展的判断和科学规划。譬如，对城市实际人口规模的了解和把握，传统规划是通过查阅地方《国民经济统计年鉴》或者发展计划；城市交通客流量的统计、居民出行的OD等等规划的现状基础数据，又是通过极小样本的人工调查所获得的，先不说小样本事件的精确性，但是比较前者获得的人口数据与后者小样本调查数据，两者之间可能存在着口径上、定义上以及模型算法上的众多差异。这些差错会在后续的规划中被无意识地放大，以至于很多规划的出台，无论是交通流量还是城市规模，很快就被城市发展的现实所突破、超越，以至于造成疲于应付、捉襟见肘的城市管理模式。这些对现状基础数据把握不准确的情况，在我国的一线城市、省会城市等许多大城市发展中屡见不鲜。

1.3 数学模型的输入端

大数据概念的火爆，在众多技术领域激起层层波澜。同济大学交通专家杨东援教授指出“对于城市交通来说，大数据首先带来一种机遇，使得我们能够通过大样本、多方位、多层次连续观察研究对象”。笔者很赞同他这样的观点，一些用数学模型进行计算客流交通现状，存在着“精确的错误”；而通过大数据实际观察得到的客流交通现状恰恰是一种“模糊的准确”。所以，数学模型也好、仿真系统也好，其输入端数据还沿用小样本调查数据，将会成为城市交通规划的诟病。大数据应用并不是给交通数学模型带来一种

挑战，而是一种技术推动，可以让数学模型插上“一对翅膀”，去完善对城市交通未来的“决策能力”、“提升”行动效果”。使得交通规划真正走向可预测之路。

2 规划学科发展走向量化的契机

2.1 设计工具的发展历史

直到上世纪 70 年代，设计行业使用的制图工具都是“鸭嘴笔”；80 年代“针管笔”进入到设计们手中，比鸭嘴笔好用多了；90 年代随着个人电脑慢慢普及，设计室里的鸭嘴笔针管笔都不见了，取而代之的是电脑；进入本世纪，互联网飞速发展，每个设计人员的电脑都成为设计室网络中的一员……科技的进步带来我们设计工具的更新，如今一些规划设计师们开始使用大数据这门工具，尽管还不是很顺手，但是大数据在规划设计领域中的应用脚步恐怕会越来越快。

2.2 定量规划的发展趋势

城市规划从定性规划走向定量规划，也是规划学科的科学发展趋势。大数据已经不是什么新鲜事儿，早在 2012 年 3 月，奥巴马就宣布了美国的《大数据研发与发展计划》。我国的各行各业也在大数据应用方面跃跃欲试，不久前，马云受邀给全国的政法系统干部开设大数据讲座，这样的讲座至少是一种普及吧。从普及到实际的运用当然会有一段路要走，大数据的出现应该为交通和城市规划的量化研究带来了一个前所未有的大好时机。问题是，我们如何突破固化的思想，将定量分析引进到交通和城市规划中来，譬如城际之间的联系强度，这个强度如何来衡量；再譬如同城化趋势，这个同城化具有哪些空间交互指标……等等，这些定量关系明确了，规划的标准体系也就建立起来，如图 1、图 2 所示。

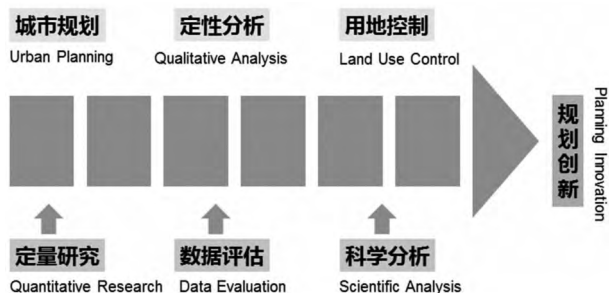


图 1 定量规划的发展趋势

2.3 城市规划的现状分析

基于上述城市化与科学技术发展趋势，传统的城市规划手段急需更新、升级。以往，许多定量分析的难点在于——很多需要了解的数据难以取得，而使得规划分析仅仅停留在了定性分析方面。基于传统手段的调查与分析来说，关于人口在空间的分布和移动等方面的定量是无法获取到，这样的例子比比皆是，例如：（1）城市中的居住人口与就业岗位的空间分布情况；（2）城市昼夜人口密度的分布情况以及时变情况；（3）某特定城区内的职住比分析与职住空间匹配情况；（4）流动人口占总人口的比例及其出行特征……等等这些关乎城市规划的基础数据，在传统人工调查中均难以获得。

3 手机大数据的特性掠影

城市是人口集中的地方，也是手机用户集中的地方，与其他大数据优点相比较，它与城市规划领域的贴合度更加体现在全样本、实时性、动态化、无群体性差别等等。

手机信令是手机用户与发射基站或者微站之间的通信数据，只要手机一开机，并且手机屏幕上显示出运营商（中国移动、中国联通、中国电信）字样，信令数据就开始产生了，如图 3 所示。而数据字段中始终带有时间和位置等信息，这些信息是海量的，无法用人工进行识别和分析。过去，对于运营商来说，这些历史大数据除了保存和销毁，没有其他作用。

我国 2014 年的手机用户已经达到 15.6 亿，由于手机用户十分广泛、开机频率高，使得信令数据具有以下特征：客观性、连续性、精确性。对于海量数据的分析提炼一直是一个难题，随着大数据专家对手机信令数据的研究和突破，手机大数据的显著优

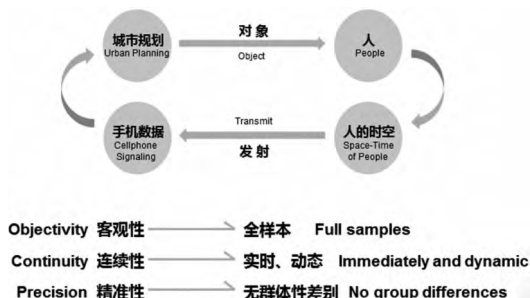


图 2 手机大数据的特性与城市规划关注对象



图3 手机数据交换流程的概念图

点呈现在我们面前。就拿上海市手机数据为例，中国移动在上海市的用户量接近1900万。其中有效用户约在1860个，并且，这个数量在工作日和周末的变化非常小，说明了数据采集的稳定性与可靠性。

在清洗后的手机信令数据和城市规划需要收集的基础数据之间，存在微妙的对应关系。凡是涉及到居民在时空上的移动和分布，使用大数据都可以分析出来，而且随着时间长度、空间纬度的加大，其分析结果愈加准确。这正好用于我们规划、交通以及城市管理等各个方面的定量分析。

4 手机大数据在城市规划中如何应用

大数据在城市规划中的应用，本文概括成三个典型内容来叙述：城市人口的时空分布、地区人群的动向分布、动向分布的特征分析等。

4.1 城市人口的时空分布

城市人口在不同时间、不同空间的分布是完全不同的，分布的强弱都可以反映出城市人群的某种活跃特征，规划师可以依据这种可视化图像和数据，清楚地了解城市人群的分布现状。例如用手机大数据可分析得到全上海市流动人口在白天和夜间的分布情况，如图4所示。

城市人口在每个交通小区（面积在0.5~1平方公里大小）的详细分布，以前，在我们传统的城市规划中没有见到过。这样的分布分析给我们带来许多意料不到的信息，对比各个小区的分布密度，可以掌握城市人口的密集区以及清晰知晓数量和强度级别

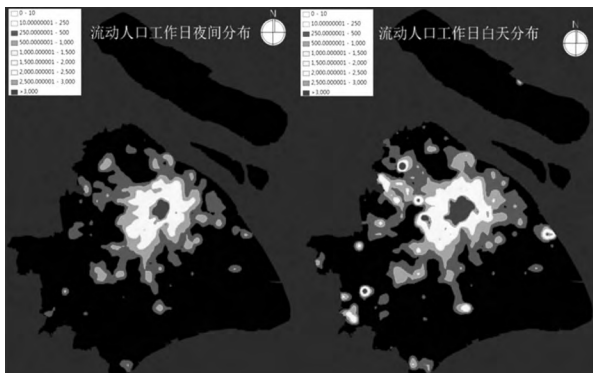


图4 上海市流动人口的昼夜分布情况分析

（在这样的数据帮助下，我们可以轻而易举地建立人口分布强度级别）；可以帮助我们了解到白天与黑夜不同时刻城市人口分布密度的差异，方便我们有的放矢地布局全市的社会停车场；也方便我们有的放矢地做好全市防灾避难场所规划，方便我们评估城市公共空间的吸引和辐射范围以及强弱等。

此外，通过分析不同时段手机大数据，还可以精确地分析全市全天人口空间分布的动态变化、节假日和工作日人口密度和分布变化等等；也可根据需要对特定区域进行细致研究分析，包括流动人口特征与密度分布等，为城市规划提供定量分析的准确结果。如果有人说还可以用它来辅助规划选址，是的，大数据的应用就是凭借规划师如何去挖掘的。

4.2 地区人群的动向分布

就拿城市人口的“工作地和居住地”举例来说，知道了这些“工作地和居住地”的时空分布数据，这在城市用地和布局中十分重要，传统规划对城市居民的工作地与居住地的现状（包括数量、密度、分布等等），只能作大概判断，无从对定量分析入手，这使得规划成果编制的科学性大打折扣。例如通过手机数据分析得出——居住在深圳市南山高新科技园区的人群在全市工作地点的分布情况，如图5。

再如通过手机数据分析可得出，深圳市南山高新科技园区的工作人员在全市居住地点的分布情况，如图6。

需要指出的是，图6不是描述居民活动空间分布的数学模型，而是大数据对居民活动的真实“写照”，这不需要通过数学模型加以模拟，只是大数据的可视化表现。

该地区人群的动向分布分析实际上就是来龙去脉的分析，一是在本地居住的人群去哪

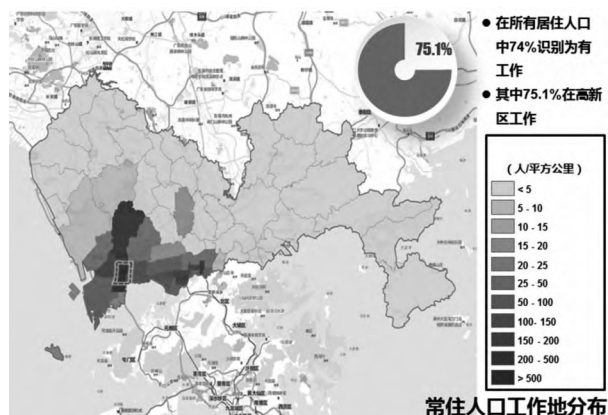


图5 深圳市高新区居民的工作地点分布
(手机大数据统计)

里上班了(人到哪里去)?二是在本地上班的人群原本居住在哪里(人从哪里来)?这样明晰的分析,可以清楚地判别怎样筹划用地调整才是与该地区城市客运交通最合适的,这种调整包括用地强度和用地性质及其它事项。

4.3 动向分布的特征分析

在上述基础上进一步挖掘大数据的更多应用,比如该地区人口动向分布的特征,包括“距离与方向”、“流量与方向”的分布特征,也就是上述这些人群的通勤流量、通勤距离在方向上的定量分析。

图7左边描述的是通勤人员出行的数量多少占全部数量的比例,分别在不同方向上的统计分析,这样的特征描述有助于我们判别该地区主要的客流方向是哪边、占比多少。图7右边描述的是通勤人员出行的加权平均距离,分别在不同方向上的统计分析,这样的特征描述有助于我们判别该地区较长的平

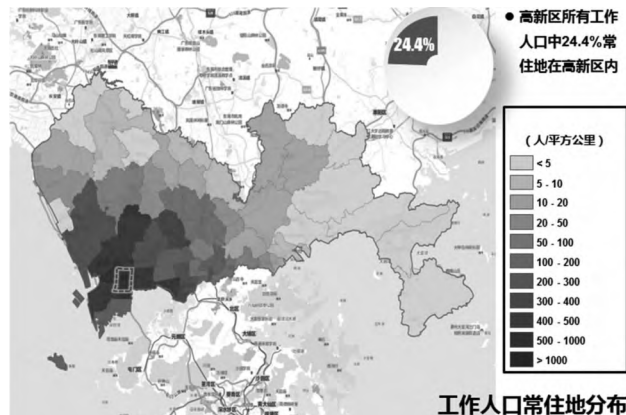


图6 深圳市高新区工作人员的居住地点分布
(手机信令统计)

均出行距离是哪边、距离多少。将“通勤流量玫瑰图”与“通勤距离玫瑰图”两张图叠加分析,我们就可以了解到每个方向上的所有通勤特征,如某个方向通勤人员的平均出行距离、同时这部分通勤数量占总体通勤人员的比例是多少。

从以上大数据分析中,城市规划师可以准确地判断——该地区的职住情况是否理想、通勤人员的出行时间是否合理、通勤人员的主要方向有哪几个……等等城市现实问题,从而可以有针对性地制定规划改善方案。如果没有上述定量分析,那么规划的改善方案只能停留在定性分析的基础上。

5 手机大数据在交通规划中的如何应用

大数据在交通规划中的应用,本文用三个典型事例来说明:深化客流OD分析、细

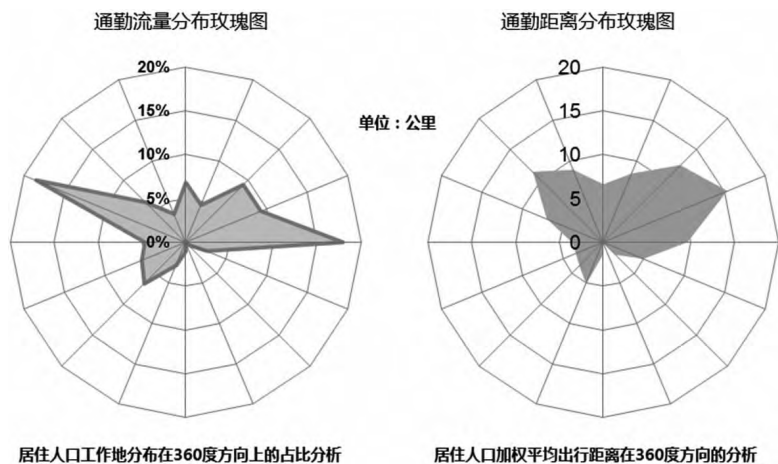


图7 深圳市高新区居民的通勤流量、距离在方向上分布的玫瑰图

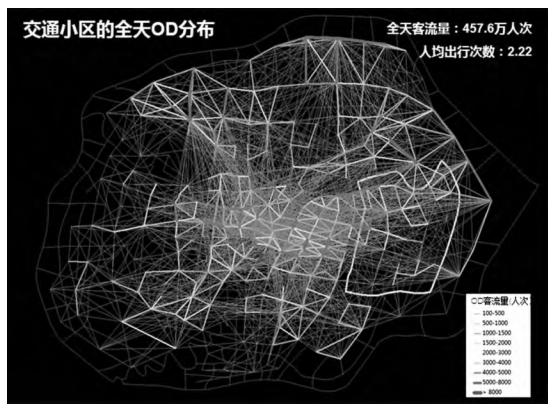


图8 宁波市绕城范围全市客流OD分析图

化客流路径分析、强化客流断面分析等。

5.1 深化客流OD分析

全市客流OD分析是交通规划最基础的数据，手机大数据发挥了大样本、客观性、连续性的优点，同时可以将交通小区细分到0.5~1平方公里的面积、分别获得工作日、周末等不同日期不同时间段不同人群的全市客流OD分析，为现代城市交通规划提供了更为详尽的OD数据分析。图8就是基于手机大数据分析得到的宁波绕城范围的全天客流OD分布分析，全天客流量457.6万人次，人均出行次数2.22次/日。

由于手机基站在城市中有足够的覆盖密度，规划中可以将交通小区划分到更小的小区，从而得到更细致的OD分析。

5.2 细化客流路径分析

我们用“出行路径”来举例说明，这在

交通规划中是个非常重要的基础数据，而传统的OD调查，包括现在用的数学模型进行OD反推，都无法获得出行人员的真实路径。图9是通过手机大数据分析的上海市临港新城客流流向及路径生成图，左图是以临港新城作为出发地面向全市的客流以及客流路径，右图是以临港新城作为到达地来自全市的客流以及客流路径。临港新城呈现区内向外围蜘蛛状扩散的客流出行需求，OD客流量3.6万人次，而向中心城辐射强度较弱。

这样的可视化不是通过小样本事件用数学模型推导出来的，而是手机大数据的真实、客观反映。根据细化后的客流路径分析数据，交通规划师可以直接判别现状的交通状况与城市路网是否匹配、进一步的交通完善方案应该采取哪些有效措施，从而达到缓解或者根本解决城市现状交通问题。

5.3 强化客流断面分析

“客流断面”是个新词，也有人把这叫做“核查线”、“境界线”，但是对大数据优点来说，这些词都不够形象。客流断面是指，在二维城市总平面上中任意划出一根剖切线，然后统计剖切线两边的客流量，并计算每小时客流量的变化情况等等。

图10就是将黄浦江作为剖切线，把整个上海市划分成两半。这是一个典型工作日跨越浦江两岸的所有客流量分析统计情况，包括乘坐各种交通工具的、走地下跨江隧道的、走水面乘坐轮渡的、走空中跨江大桥的所有客流，得到工作日黄浦江过江客流总量559万，其中东向西282万（地下轨道客流

临港新城为出发地的客流走向
Passenger Flow Direction as Origin



临港新城为到达地的客流走向
Passenger Flow Direction as Destination



图9 上海市临港新城到达与出发客流流向及路径分析

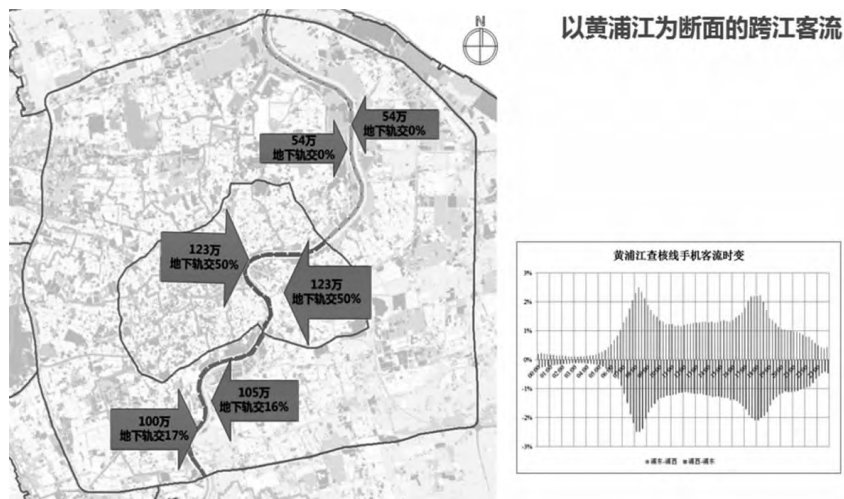


图 10 基于手机数据的上海市过江(黄浦江)客流分析

占比 28.2%)、西向东 277 万 (地下轨道客流占比 28.7%)。

图 10 右图是跨江客流量全天的时变分析, 这张时变图已经细化到每小时有多达四跟柱状线, 也就是 15 分钟就有一次计量。绿色表示西向东的客流变化、红色表示东向西的客流变化。我们可以看到早晚高峰时间表现出高度一致。这样的城市断面客流分析, 无疑对交通规划师想要了解城市交通状况帮助非常大、真实有用。

除此以外, 通过手机大数据可以对城市某个地区的客流量流向、城市与城市之间客流量流向、不同日期不同时间的客流量及流向、公交(轨道)出行分担率、某些居民出行特征分析……等等进行科学细致的分析。因此, 大数据的价值在于为我们提供一个更为深入、更为全面了解城市交通环境的一个崭新分析手段。

6 手机大数据在城市管理中的如何应用

大数据在城市管理方面的应用十分广泛, 本文通过三个典型例子来说明: 地下轨道站点客流的吸引与辐射分析、地下轨道客流的换乘分析、高速公路的车速及拥堵分析等。

6.1 地下轨道站点客流的吸引与辐射分析

城市公共轨道交通以其运量大、准时准的优点, 越来越为现代大城市所青睐。地铁的建设同时也推动了客运量的上升、甚至推进了城市结构的延伸, 为此交通专家很想知道地铁

站点是如何对客流产生吸引与辐射的, 其范围多大、强度如何? 这用传统的抽样调查方法很难获知。地铁闸机数据可以记录进出客流总数, 但是无法知晓客流的来源与去向。

图 11 是对上海市地铁 8 号线全线对乘坐地铁客流的吸引与辐射进行分析, 轨道 8 号线的服务范围呈现从线路中心向外围蔓延形态, 客流量较大的站点是人民广场站、江浦路站(新华医院)等。图 11 左图描述乘坐地铁客流的来源, 就是这些旅客是从哪里出发去坐地铁的。右图描述乘坐地铁客流的去向, 就是这些旅客乘坐地铁离开后到哪里去了。如果将全市所有的地铁线分析一遍, 并将这些分析叠加起来, 就是描述全市地铁网络服务强度的实际表现图。这样可以非常有效、客观、真实地对现有地铁网络的服务状况进行评估, 甚至指导进行交通网络的改善规划。

6.2 地下轨道客流的换乘分析

图 12 是上海市地铁换乘识别实例, 从轨道一号线上海南站出发, 到浦东世纪大道站(虚线箭头), 途径三个换乘站, 有三条路径可以选择。影响客流路径选择的因素很多, 如耗时长短、站点多少、换乘次数、舒适程度、步行距离等等。真实情况就如图所示, 1#+2# 路径(顶部线路)占比 30.2%, 1#+9# 路径(中部天蓝色线路)占比 15.6%, 1#+4# 路径(底部紫色线路)占比 54.2%。这要比“数学模型+人工调查+参数调整”精准得多了(1#表示地铁一号线, 2#表示地铁二号线)。

掌握上述客流换乘路径, 就可以轻而易举地进行“轨道客流清分”工作。在轨道运营

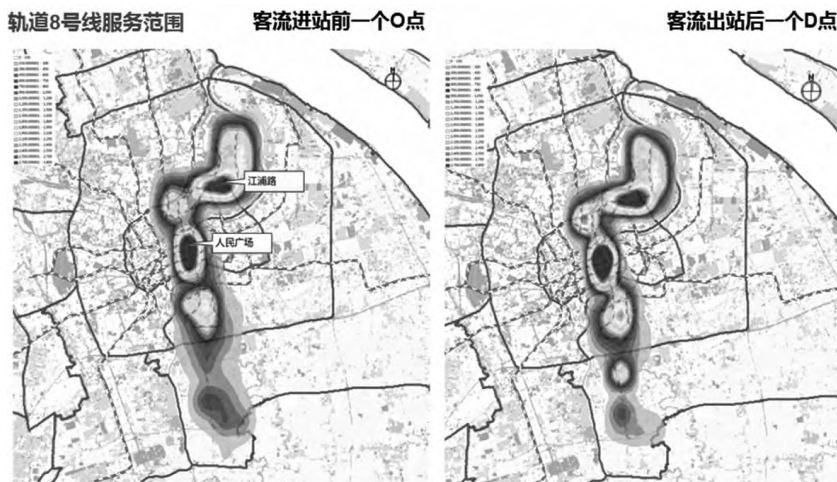


图 11 基于手机数据的地铁客流吸引与辐射分析



图 12 上海市轨道交通(部分)换乘识别实例

管理中掌握了这一类数据,还有助于制定发车频率与间隔、进行流量统计、财务清分等必须的工作。而目前为了完成这些工作所采用的数人头、小抽样、数模推拟等手段,费工、费时、费力,最关键的是还不准确。

北京目前有 19 条轨道线,300 多个车站,不同的站点与站点之间的 OD 出行,可以有数万对 OD,而客流实际路径更是以数十万种来计算,数学模型都难以完成这项任务。大数据的优势就凸显出来,利用手机大数据分析,可以准确完成这项复杂任务,为轨道交通运营管理提供科学依据。

6.3 高速公路的车速及拥堵分析

随着手机大数据应用的研发,用于城市运营管理方面与城市规划、交通规划方面最

大的不同,在于运营管理更多需要的是实时的数据。高速公路运营管理就是需要各个路段的实时车速和路面拥堵情况。手机信令再一次发挥了大数据的优势,图 13 就是手机 APP 实况显示浙江省高速路网上的道路通畅与拥堵路况。实况大数据分析在技术、协同等各方面有更高要求,比如后台链接要求移动电话运营商实时无缝衔接,经过高速处理、立即传输到数据平台、推送到手机 APP,整个过程在短短两分钟内完成,以达到实时推送的效果。

大数据用于城市运营管理是一种崭新的技术手段,还可以用于城市重要地段的客流预警、安全防护等等方面。能够广而用之这样的新工具,对提高现代城市的精细化管理水平大有裨益。

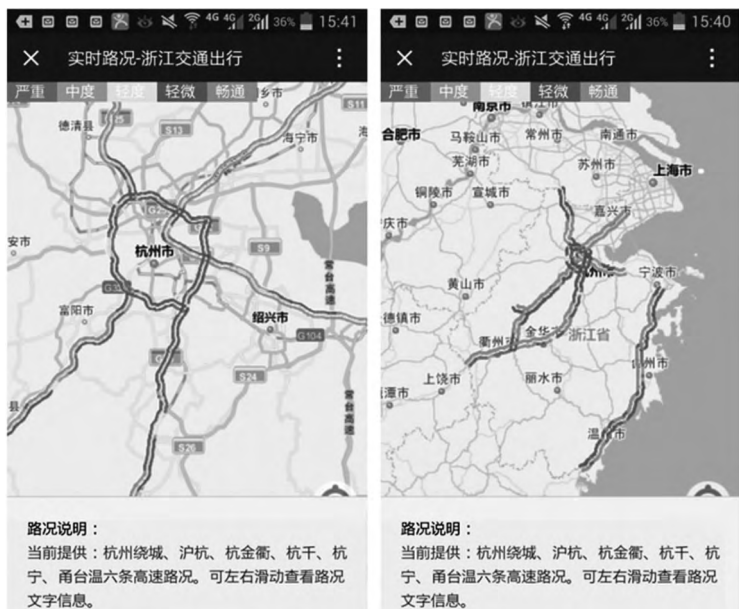


图 13 浙江省高速公路实时路况查询手机 APP 截图

7 与新工具有关的事情

7.1 关于来源

无可置否,手机信令储存在手机总站和基站等,只有移动电话运营商那里才有。目前我国有三大运营商,中国移动、中国联通和中国电信,三者的市场占有率依次。但是无论是哪一家运营商,其手机用户数量都占总人口比例的 20% 以上。这一比例作为实际应用来讲,就完全是大样本了。

7.2 关于隐私

应用领域在获取手机大数据时候,应当且必须遵守国家有关规定和保护个人隐私,从技术上应当作脱敏处理,隐蔽与个人隐私相关的字段,比如号码、姓名等属性信息,这在技术上已经不成问题。但是性别、年龄等等属性,更有利于分类统计、更细致地分析城市特征人群对公共设施的不同需求。

7.3 关于获取

先进国家比我们更早开发研究大数据,有些国家已经将大数据资源开放。我国也在制定大数据发展战略,并提升到国家层面。上海市政府已经决定将 39T 的大数据,作为公共资源向社会开放。我们认为实时的手机信令数据,可以采用有偿使用原则,发挥使用大数据的积极性,尽快推动大数据时代的发展步伐。

7.4 关于推广

应用大数据的难点不是技术,而是政府利用技术变革管理的决心。在大数据时代,政府是大数据的重要消费者,大数据可以帮助政府更聪明地进行管理。随着大数据时代的到来,城市规划、交通规划、城市管理等等必然会迎来重大变化,智慧城市建设也会更上一层楼,大数据产业发展也将迎来新的机遇。

8 小结

城市规划编制与实施,一直以来都是走在以定性分析为主的道路上,其主要原因是因为难以获得并解析复杂、众多而客观真实的大样本数据;交通规划也是通过极小样本事件进行判断。但是城市规模越来越大,而用于城市群规划的抽样率更是显得渺小,采用数学模型来扩大小样本事件常常失真于客观现实。大数据时代来临,大样本的智能分析可以帮助我们广大规划和管理工作者,对复杂的城市现实真相进行洗尽铅华、返本还原,用科学先进的技术手段推进现代城市规划、交通规划和城市管理走向精明增长的道路。

【作者简介】

邹亚华,北京惟邦亚太规划设计有限公司副总规划师;上海云砥信息科技有限公司总规划师;深圳奥意建筑设计有限公司顾问规划师;广州市城市规划设计研究院顾问规划师