

# 基于长时序信令大数据的全国人口时空流 分析与应用

## 一、申请人和申请单位介绍：

**申请单位：**北京大学城市规划与设计学院，在湾区城市、城市群生态健康、智慧城市与交通、规划治理与应用技术等领域形成特色优势。中国联通智慧足迹数据科技有限公司拥有全球最强大的手机信令处理平台，是国内就业、规划、统计大数据第一服务商。北京大学和中国联通智慧足迹联合成立“人类活动与区域治理大数据实验室”，该实验室针对区域治理过程中的人类活动及可持续发展问题开展大数据科学研究，并服务规划与管理实践决策。

**申请人：**赵鹏军，荷兰格罗宁根大学博士，北京大学城市规划与设计学院院长，博雅教授，国家杰出青年基金获得者，国际地理联合会 IGU 交通地理委员会副主席，国际 SSCI 期刊 Cities 主编。海晓东，智慧足迹数据科技有限公司董事会秘书，人类活动与区域治理大数据实验室执行主任，电信运营商和多源融合大数据创新实践专家。

## 二、项目意义和主要工作内容：

**项目意义：**人口时空流指的是地理空间单元之间不同属

性的人或人群在不同时间序列下的流动的状态与过程。人口时空流是区域经济增长、社会发展、资源环境可持续发展的重要基础，是城镇化规划、国土空间规划、交通与公共服务配给等决策的关键内容。

然而，当前采用手机信令对人口时空流的研究存在诸多不足：1) 缺乏全国尺度的高时空颗粒度的长时序分析（区县单元的每小时持续1年以上的变化分析）；2) 缺乏对人口社会属性的识别（农民工身份等）；3) 重现状分析、而缺少未来预测技术；4) 缺乏对全国尺度人口分布-规模-属性-流动格局等进行系统化研究。

**主要工作内容：**针对以上不足，研发了长时序人口时空流分布及属性挖掘技术、全国人口时空流的模拟预测技术，构建了人口时空流的多场景应用模型。

### 三、主要创新点：

#### **创新 1：人口规模测定的总量外推技术**

针对单一运营商覆盖不全、各运营商区县市占比不同且动态变化的难题，提出基于贝叶斯图上的谱聚类的技术，实现了超大人群众隐含关联结构与几何位置之间的非监督发现；动态测算占比率，有效克服了数据的有偏性，达到了通过联通用户量对总量的精准外推，实现了对人口规模及空间分布的全国尺度高精度测定。

(佐证材料：专利 5 项，软件著作权 8 项，论文 15 篇)

### **创新 2: 人口属性识别的行为集成 AI 技术**

研发了对农民工、大学生等人群特殊社会属性识别的新技术，实现了对人口社会属性的识别。首先，基于不同特征用户的个体行为时空特征，通过张量集合，自动化的采用机器学习分类器产出当前行为张量结合的分类边界与行为标签；然后，对单一用户的含有时序的行为张量采用隐马尔科夫链模型产生合理的单日时间线行为，再通过更长时间窗口的行为时间线，进一步推测出更丰富的用户属性。

(佐证材料：软件著作权 3 项，论文 10 篇)

### **创新 3: 人口流动的大尺度 OD 预测技术**

研发了人口跨区域流动 OD 预测模型，解决了信令大数据在量化模拟大尺度人口流动中的技术难题，形成了对全国人口流动在日、周、月不同时间段和社区、乡镇、县市不同地理尺度进行预测的先进技术，实现了 2020 年新冠疫情后全国返城返岗和 2021 年全国春节期间人口流动的高精度预测。

(佐证材料：专利 1 项，软件著作权 1 项，技术报告 1 份，论文 1 篇)

### **创新 4: 人口时空流的多场景应用模型**

针对运营商信令数据以及 spark 分布式计算平台的特点，独创了处理运营商信令数据的双层计算框架，填补了分布式机器学习方法处理运营商信令数据的空白，实现了大规模高

效治理运营商大数据的愿景；

研发了传统传染病扩散 SEIR 模型与现代大数据技术相结合的宏观监测仿真模型，提升了大数据在疫情监控方面的应用性能。

基于以上技术构建了就业、交通、疫情、春运四大场景模型，并开发了响应决策平台，实现了对我国人口就业、流动及疫情影响的全域实时监测。

（佐证材料：专利 1 项，软件著作权 31 项）

#### 四、应用效果

##### **应用 1：服务全国综合交通规划**

根据全国人口流动格局与趋势，提出适应人口发展的现代化综合交通运输体系“钻石战略”，对国家综合交通体系规划起到参考价值，得到了国家发改委的认可，并在《国家综合立体交通网规划纲要》中得到采纳。

##### **应用 2：支撑制定就业政策**

分析了全国 30 个重点城市、2500+重点园区、6000 万+农民工返城复工形势，为人社部、农业部实施全国复工复产、农民工就业决策提供了实时量化的数据支撑，得到了北京市委书记（蔡奇，中共中央政治局委员）和国务院电子政务办的批示和认可。

##### **应用 3：服务防疫工作**

为疾控中心、卫健委、工信部、各省市地方政府，疫情

期间全国人口流动、密切人群判断等疫情防控工作提供数据平台报告等系列支撑。获得总书记、总理、副总理、国务院副秘书长批示肯定，以及 24 个国家部委和全国 31 省市各级政府的肯定。

#### ***应用 4：服务春运交通调度管理***

预测了 2021 年春运 40 天，全国 355 个地级城市单元间的人口流动规模，为各省发改委、交通运输部、人社部提供了春运返乡返城人口的规模、各时段密集程度等高精度预测结果，获得批示肯定；并得到了《光明日报》《央广网》等国家媒体的广泛报道。