

引用格式:唐炉亮,段倩,阚子涵,等.出租车交接班行为识别与时空分布研究[J].地球信息科学学报,2017,19(2):167-175. [Tang L L, Duan Q, Kan Z H, et al. 2017. Study on identification and space-time distribution analysis of taxi shift behavior. Journal of Geo-information Science, 19(2):167-175.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2017.00167

出租车交接班行为识别与时空分布研究

唐炉亮,段倩*,阚子涵,李清泉

武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉 430079

Study on Identification and Space-time Distribution Analysis of Taxi Shift Behavior

TANG Luliang, DUAN Qian*, KAN Zihan and LI Qingquan

State Key Laboratory of Information and Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,
Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: In the period of taxis taking shift, many city dwellers find it hard to get a taxi or even get turned away in front of vacant ones. Analyzing the spatial and temporal distribution of taxi shift change behavior can improve taxis efficiency, relieve the contradictions of supply and demand of taxi, and facilitate public travelling. This study establishes space-time sequence of taxi shift behavior and puts forward a method to mine and identify taxi shift sequence from GPS trajectory. Furthermore, we adopt taxis' GPS trajectory data in Wuhan to perform our method. Based on the identified shift events, we analyze the space-time distribution of taxis' shift behavior and evaluate parking resource allocation for taxis' shift change by using intensity and density as indicators. The results show that: taxis' shift behavior in Wuhan peaks in period of 1:00 to 4:00 and 16:00 to 17:00 and the latter peak in the afternoon partially overlaps with evening rush hours, which can introduce the difficulty in taking a taxi; the parking location for taxis taking shift is relatively uniformly distributed throughout the downtown of the city except Qingshan District, which is less prosperous than the others; Wuchang District has the strongest shift intensity and Jiangnan District, whose area is the smallest among all the administrative districts, has the greatest shift density. In addition, considering the regulation issued by Wuhan traffic administration in 2012, which prohibits taxi drivers from taking shift in the evening rush hours, it is revealed that about 6.5% of the drivers have serious illegal shift behavior.

Key words: shift; GPS space-time trajectory; space-time sequential pattern; space-time distribution

*Corresponding author: DUAN Qian, E-mail: d.q@whu.edu.cn

摘要: 在出租车交接班时间段内经常发生打车难,甚至空车拒载的现象,研究出租车交接班行为的时空分布特征不仅能提高出租车运行效率,同时能缓解出租车供需矛盾,方便公众出行。本文采用武汉市出租车GPS轨迹数据,建立了出租车交接班时空序列模式,提出了交接班时空序列模式挖掘与识别方法,分析了交接班事件的时空分布特征,并以车辆区域覆盖强度、区域覆盖密度为指标对交接班停靠点城市资源配置进行了评估。研究结果表明:武汉市出租车交接班集中发生在凌晨1:00-4:00与下午16:00-17:00,下午交接班高峰与晚交通高峰时段有部分重叠,交接班地点比较均匀地遍布中心城区(青山区除外,此区域开发程度较低),武昌区交接班强度最大,江汉区交接班密度最大。此外,结合武汉市2012年出台禁止出租车司机在晚高峰交通时段交接班的规定,探测发现6.5%左右的司机仍存在严重违规交接班行为。

收稿日期 2016-06-16;修回日期:2016-08-05.

基金项目 国家自然科学基金项目(41571430,41271442,40801155)。

作者简介 唐炉亮(1973-),男,博士生导师,珞珈特聘教授,研究方向为GIS-T、时空数据获取与分析等。E-mail: tll@whu.edu.cn

*通讯作者 段倩(1993-),女,硕士生,研究方向为交通地理信息系统、时空轨迹数据分析等。E-mail: d.q@whu.edu.cn

关键词 交接班;GPS时空轨迹;时空序列模式;时空分布

1 引言

随着城市建设的发展,出租车供需矛盾、运营服务水平低下的问题日益突出,研究如何提高城市出租车运行效率,提高优质高效的运输服务,对构建绿色和谐的公共交通体系有重要意义。交接班作为出租车正常运行的重要组成部分,研究其时空分布特征不仅能提高出租车运行效率,还在很大程度上缓解出租车供需矛盾,促进政府对交接班停靠点城市公共基础设施的优化配置。

出租车交接班行为是指前一班司机停止运营到后一班司机开始运营的过程,现有研究主要从城市规划角度出发,以提高出租车运营能力和提高司机盈利为目标,建立模型优化交接班的时间、地点^[1-3],这类研究忽略了真实的交接班时空分布规律;孙蕊结合出租车GPS数据与出租车司机IC卡数据提出了交接班空间分析算法^[4]并分析了北京市的交接班时空分布特征^[5],但大部分城市出租车没有配备记载司机信息的设备,需要研究从出租车GPS轨迹中识别交接班行为的方法。

随着通信技术、GPS定位技术的发展,产生了大量移动对象的时空轨迹,详细记录了每一时刻该对象的位置^[6],但如何从大量轨迹中挖掘其空间行为模式,是全球交通研究者面临的挑战^[7-10]。出租车是智慧交通中重要的移动传感器^[11],基于出租车GPS轨迹的行为研究主要包括2类:①以优化出租车运营为目的,如高收入的出租车运营模式^[12]以及优质客源分布分析^[13];②为宏观城市规划与管理提供技术分析,如城市瑕疵规划探测^[14]、油耗与排放探测^[15]以及市民出行模式分析^[16]。

本文采用武汉市出租车GPS轨迹数据,提出了出租车交接班频繁时空序列模式的挖掘与识别方法,分析了交接班事件的时空分布特征,并以车辆区域覆盖强度、密度为指标对交接班停靠点城市资源配置进行了评估,旨在为城市规划部门和交通管理部门提供技术支持。

2 基于频繁时空序列的出租车交接班行为建模

本文以武汉市2万辆出租车作为研究区域,出

租车施行两班制,由2个司机搭档运营,出租车公司不强制规定交接班时间及地点,交接班由司机自行协商决定,2个司机一般居住地点相近,便于交接班,每一班司机的收入与该时间段内的出行强度(呈现早、晚高峰形态^[17])成正比,为了保证公平,通常以包含一个出行高峰期为原则确定交接班时间。

2.1 出租车交接班行为分析

经调查发现,武汉市出租车司机每班工作时间为10h左右,在市民出行强度低的时间段司机收入较低,一般会选择休息。根据出租车司机交班选择的休息时间段,出租车司机主要有2种工作模式,如图1所示。

出租车24h完成2班运营作为一个工作周期,如图1(a)所示。第1班司机于早上5:00左右接车,运营到下午15:00左右交车;第2班司机接车后一直运营到次日凌晨1:00-4:00左右交车。图1(b)中,第一班司机于凌晨1:00-2:00接车运营至中午12:00左右,出租车停车若干小时后,第2班司机于下午14:00左右接车运营至当天结束或次日早晨。

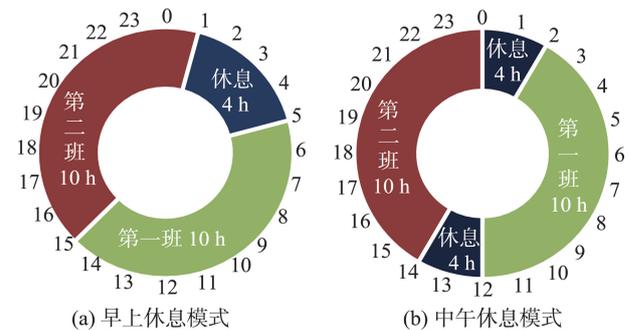


图1 出租车的工作和休息模式

Fig. 1 Taxi working and rest mode

出租车交接班产生的GPS轨迹如图2所示。不断电情况下(图2(a)),按正常的采样间隔(40-60s)记录数据,在同一位置留下多个GPS点;在断电情况下(图2(b)),只留下出租车停止运营前记录的最后一个GPS点和开始运营后记录的第一个GPS点,相邻2个GPS点间隔时间较大,距离间隔较小。受GPS定位误差以及采样间隔的影响,交接班行为发生的实际地点与时间存在一定程度的偏差,地点相差最高可达百米,通过聚类可削弱这种影响,时间偏差最高可达80s,可忽略不计。

交接班行为是一个工作周期内的出租车所有

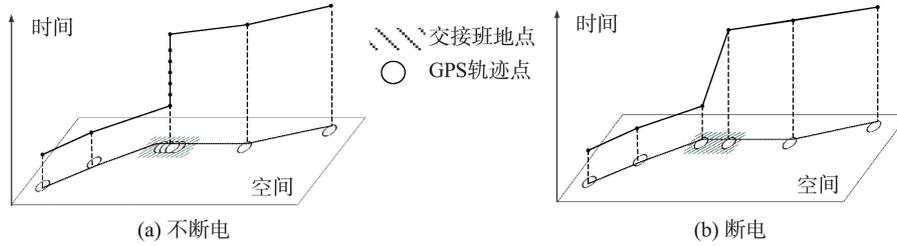


图2 交接班事件的GPS时空轨迹

Fig. 2 GPS space-time trajectories of taxi shift event

交接班行为的时序列,如图3所示,每个菱形代表一个交接班行为,交接班行为发生的时间、地点在菱形范围内,每条复合线代表一个交接班行为序列。交接班地点固定,分为固定1个地点和2个地点,交接班时间不一定固定,与当天交通情况与运营状态有关,时间上下浮动可达几小时,如图3(b)所示。

2.2 出租车交接班行为建模

出租车日常运营活动中会产生许多如待客、就餐、休息、加气、交接班、上下客等停车行为,本文称为停车事件,记作PE(Parking Event),各类停车行为表现出不同的轨迹特征。一个工作周期内的交接班行为看作一个时空序列,时空序列的长度对应交接班行为的个数(如两班制对应长度为2的交接班时空序列)。交接班行为序列的一个重要特征是周期重复性,是每天都发生的行为,表现为频繁的时空序列模式。本文基于时间注记的时空序列^[10]对交接班行为进行建模,并对交接班行为序列的特征加以分析。

2.2.1 出租车停车事件时空序列

针对出租车交接班行为的时空序列特征,本文基于 Fosca^[10]将出租车交接班行为时空注记的时空

序列为TAS(Temporally Annotated Sequence),给定空间地点集合P(预设的地点集),车辆运营轨迹Tra是停车事件PE发生地点、时间的二元组序列,表示为 $Tra = \{(l_i, t_i) = (l_1, t_1), (l_2, t_2), \dots, (l_n, t_n)\}$, $\forall_{1 \leq p < q \leq n}, t_p < t_q$ 。按工作周期分割Tra,得到该车辆每个工作周期内的停车事件序列 T_k ,各 T_k 的集合为J。

(1)时空序列:1个工作周期内2个停车事件PE组成的时序列,记作T-TAS,序列长度为2,表示为 $T = (\bar{l}, \bar{a}) = l_0 \xrightarrow{a_1} l_1$,其中 $l_0, l_1 \in P$, a_1 是2个停车事件的时间间隔。

(2)时间 τ 包含:对于2个时空序列 T_1, T_2 ,如果满足 $\forall_{0 \leq k \leq 1}, l_{1,k} = l_{2,k}$,且 $|a_1 - a_2| \leq \tau$,称 T_1 包含于 T_2 ,记作 $T_1 <_{\tau} T_2$,其中 $l_{1,k}, l_{2,k}$ 分别对应 T_1, T_2 元组中的地点。

(3)时空序列模式:停车事件地点序列及转移时间范围的时空序列的概括,表示为 $Patt = (\bar{l}, \overline{TI}) = l_0 \xrightarrow{TI} l_1$,其中 $TI = [a_{left}, a_{right}]$ 为时间区间。给定时空序 $T = (\bar{l}, \bar{a})$,当满足 $\forall_{0 \leq k \leq 1}, l_{1,k} = l_{2,k}$ 且 $a \in TI$ 时,称序列与此模式匹配,记作 $T \sim Patt$ 。交接班时空序列模式记作 $Patt_{shift}$,一辆车所有时空序列模式

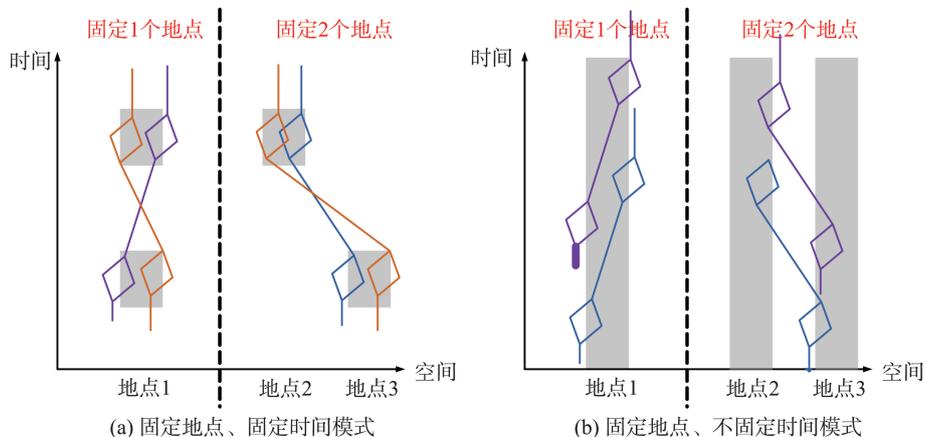


图3 出租车交接班行为的时空序列模式

Fig. 3 Space-time sequential pattern of taxi shift

的集合记作 Pt 。

(4)时空模式 τ 支持,频繁性度量:给定出租车运营天数 d ,时空序列集 J , T^* 为集合 J 中与时空序列模式 $Patt_i(Patt_i \in Pt)$ 匹配的时空序列,则模式 $Patt_i$ 的支持度计算如式(1)所示。

$$supp(Patt_i) = \frac{|\{T^* \in J | T^* \sim Patt_i\}|}{|d|} \quad (1)$$

如果 $supp(Patt_i) > \tau$, 则时空序列模式 $Patt_i$ 是频繁时空模式。

2.2.2 出租车交接班时空序列特征

与吃饭、加气、待客等其他时空序列模式相比,

交接班时空序列模式在理论上表现为支持度最高,并且支持度等于1。实际上,当两班司机都休息另请人代班时,交接班地点、时间会发生较大变动,与常规的交接班序列不属于互相包含关系,导致交接班时空序列模式的支持度不为1,支持度也不一定最高。在停车事件时空序列的基础上,定义4个交接班时空序列特征:间隔距离、间隔时间、事件时长、空载距离,其对应特征的分布如图4所示。

(1)间隔距离。交接班时空序列的间隔距离是对应交接班地点的间距。一般来说,交接班地点相距较近,如图4(a)所示,交接班间隔距离均在5 km 范围内,80%以上在1 km 范围内。

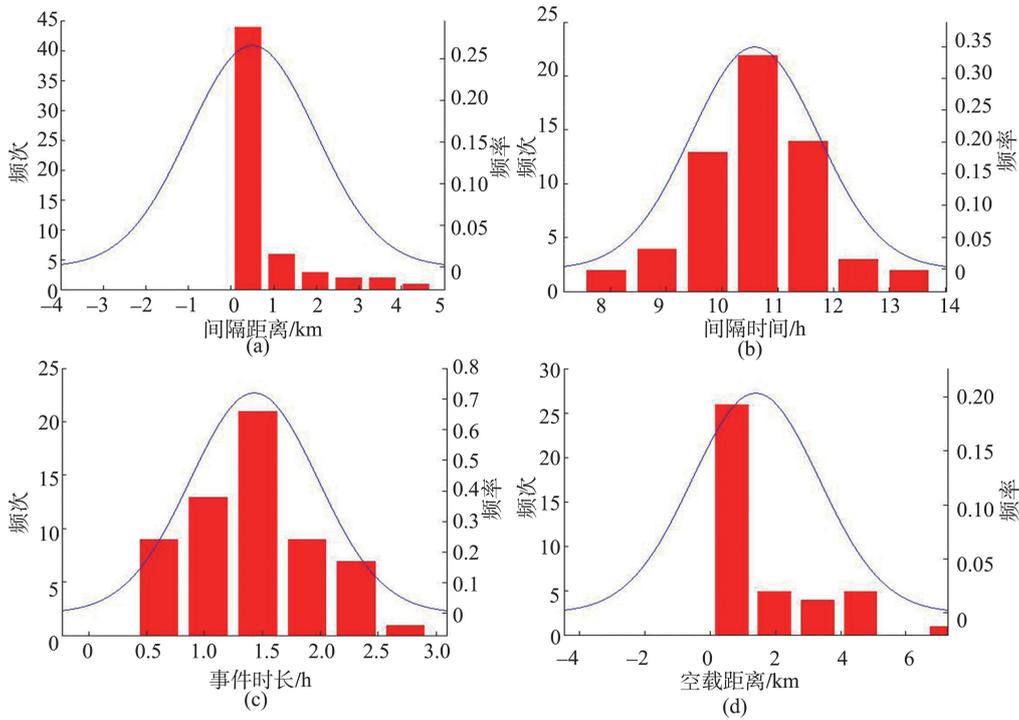


图4 交接班事件序列特征直方图与高斯拟合分布

Fig. 4 Histogram and fitted Gaussian distribution of the characteristics of taxi shift events

(2)间隔时间。交接班时空序列间隔时间为其中一班司机的运营时间,如图4(b)所示,交接班间隔时间在8-12 h 范围内,近似呈现以10.5 h 为均值的正态分布。

(3)事件时长。一个交接班事件的时长是从前一班司机交车到后一班司机接车过程中的停车时长(图2),取2个交接班事件时长的均值作为交接班时空序列的事件时长,如图4(c)所示,90%以上的交接班时空序列事件时长在0.8 h 以上。

(4)平均空载距离。空载距离是交接班事件起点到前一个载客状态的距离,如图5所示。平均空

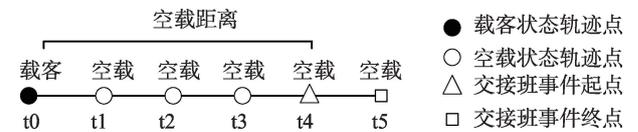


图5 空载距离示意图

Fig. 5 The explanation of unoccupied distance

载距离是两交接班事件空载距离的均值,如图4(d)所示,交接班事件平均空载距离集中在1 km 以下。交接班前,许多出租车司机会将计价表打到满载状态,因此由GPS 轨迹算出空载距离为0。

交接班时空序列特征近似符合高斯分布,其函

数模型为：

$$P(x_k|\theta) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n|C|}} \exp[-\frac{1}{2}(x-\mu)^T C^{-1}(x-\mu)] \quad (2)$$

式中： x 为交接班事件序列 T_{shift} 的4个特征，即间隔距离、间隔时长、事件时长、平均空载距离； μ 为各特征均值； C 为特征间方程协方差矩阵。

时空序列模式 $Patt_i(i=1,2,\dots,n)$ 为交接班模式 $Patt_{\text{shift}}$ 的概率按式(3)计算。

$$P(Patt_i = Patt_{\text{shift}} | Patt_i \in Pt) = \sum_{T_k \sim Patt_i} P(x_k|\theta) \quad (3)$$

交接班模式为一辆车的时空序列模式集合 Pt 中交接班概率最大的时空序列模式，即：当且仅 $p(Patt_i) = \text{Max}(Patt_i | Patt_i \in Pt)$ 时， $Patt_{\text{shift}} = Patt_i$ 。

3 出租车交接班行为的识别与时空分布

本文选取武汉市2013年7月31日至2013年8月30日共31天1585辆车的GPS轨迹数据，包含经纬度坐标、时间戳、载客信息等属性。首先采用人工标定60辆车2013年8月1日至2013年8月7日的交接班时空序列共840个，作为训练样本，得到交接班事件时空序列的间隔距离、间隔时间、事件时长、空载距离等特征的高斯分布，即式(2)所示函数。然后对于待识别的1585辆车，分别获取停车事件序列，挖掘停车事件时空序列模式，并按式(3)计算各时空序列模式属于交接班模式的概率，识别交接班时空序列模式。其中，与交接班模式匹配的停车事件时空序列即为交接班行为序列。

基于识别的2013年8月1日至2013年8月7日的交接班事件数据，从时间、空间角度研究交接班行为的分布规律。

3.1 交接班行为识别

从待识别车辆的GPS轨迹中自动识别交接班事件的流程，包括数据预处理、时空序列模式挖掘、基于高斯模型的交接班事件识别3个步骤，如图6所示。

(1)数据预处理，从GPS轨迹得到事件时空序列集 J

停车事件可分不断电停车、断电停车两种情况，分别如图2(a)、(b)所示(忽略交接班地点限制)。根据出租车停车行为的时间特征和空间特征从出租车GPS轨迹中提取停车事件。对于时间特

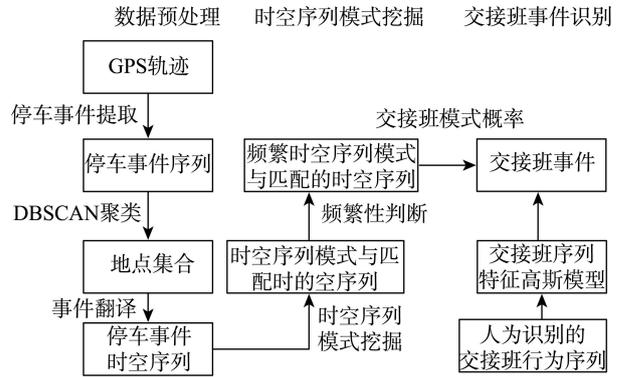


图6 出租车交接班事件识别流程

Fig. 6 The identification procedures of taxi shift event

征，本文通过实地调查发现出租车停车行为中，加气事件的平均时长最低，且最低不小于2 min，因此，本文定义停车事件的起止点时间间隔在120 s以上。对于距离特征，出租车停车行为的极限情况是出租车在回传信息之后正常行驶40 s后开始停车，并在停车完成之后正常行驶40 s才回传一条记录。在这种情况下，一个停车事件中出租车正常行驶了80 s。假设出租车以50 km/h的速度行驶，80 s内最大行驶距离不超过1200 m，因此将出租车停车行为的起止点间距离限制为1200 m。

根据上述分析，首先从GPS轨迹中提取停车事件，保留事件停车时长、起止点坐标、空载距离等信息。其次，采用DBSCAN^[18]算法生成地点集 P ，其中领域半径 Eps 取100 m，最少聚类点数 Pts 取3。最后，进行事件翻译，将停车事件序列与地点集 P 对照，滤除非聚类停车事件(其对应的地点聚类编号为0)，得到停车事件时空序列 Tra ，按工作周期分割事件序列 Tra ，一个工作周期取当日22:01到次日21:59，得到子事件序列 T_k 的集合 J 。集合 J 所含元素个数表示出租车运营天数 d 。

(2)时空序列模式挖掘，从停车事件中挖掘时空序列模式，得到模式集合 Pt

给定地点序列 $l_{seq}=(l_0, l_1)$ ， $l_0, l_1 \in P$ ，给定时间 τ 包含阈值 $\tau_{\text{time_con}}$ (60 min)， τ -支持阈值 τ_{supp} (0.5)，时空序列模式的时间区间长度阈值 $|TI|$ (150 min)。基于Fosca^[10]提出的算法，挖掘长度为2的时空序列模式，按式(1)计算各时空序列模式的支持度，保留支持度大于 τ_{supp} 的时空序列模式，得到的频繁时空序列模式集为 Pt 。

(3)基于高斯模型识别交接班行为模式

将人为识别60辆车2013年8月1日至2013年8月7日的交接班时空序列共840个，作为训练样

本,得到交接班事件时空序列的4个特征的4维高斯分布,即 $x=[\text{间隔时间}(\text{h}), \text{间隔距离}(\text{km}), \text{事件时长}(\text{h}), \text{空载距离}, \text{空载距离}(\text{km})]$,算得高斯模型拟合参数为:平均数 $\mu=[10.5877, 0.8243, 1.4302, 0.9551]$ 。

方差协方差为:

$$C = \begin{bmatrix} 1.2834 & -0.0659 & -0.2104 & 0.0807 \\ -0.0659 & 2.1570 & 0.0089 & -0.0461 \\ -0.2104 & 0.0089 & 0.3014 & -0.0428 \\ 0.0807 & -0.0461 & -0.0428 & 2.9839 \end{bmatrix} \quad (4)$$

计算与时空序列模式 $Patt_i$ 匹配的时空序列 T^* ($T^* \in J$ 且 $T^* \sim Patt_i$) 的间隔距离、间隔时间、事件时长、空载距离等特征值,按式(2)计算模式 $Patt_i$ 为交接班模式的概率,概率最大的模式则为交接班模式 $Patt_{shift}$ 。

实验得到1433辆车共69 094个交接班事件,识别车辆比例为90.4%,总有效运营天数为37 348天,平均每辆车识别的交接班事件为1.85个。将已识别交接班事件的未参与训练的30辆车7天共420个交接班事件用于精度评价,识别准确率为94.5%,召回率为90.00%。一周内,搭档运营的出租车司机都会休息另请人代班(俗称花班),这时交接班时间、地点会发生较大变动,导致识别的召回率较低。

3.2 交接班事件时空分布

基于2013年8月1日至2013年8月7日的1433辆出租车15 580个交接班事件数据,分析交接班随时间分布规律,并通过交接班地点空间分布评估城市交接班停靠点是否合理配置。此外,武汉市为了化解“6点钟打车难”的困境于2012年颁布了禁止出租车在晚交通高峰时间段(17:00-19:00)交接班的政策,基于本文数据分析该政策的执行力度。

3.2.1 时间分布分析

分时统计交接班车辆数,分析交接班时间规律,从图7可知:

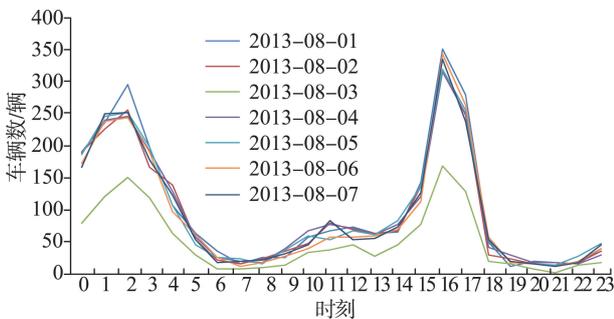


图7 交接班车辆数的时间分布

Fig. 7 Temporal distribution of the taxi shift numbers

(1)交接班集中发生在上午1:00-4:00、下午16:00-17:00,中午11:00-13:00也出现了交接班车辆数增多的现象,说明图1(a)所示的工作模式是武汉市出租车主要的工作模式,也有少量的出租车按照图1(b)所示的工作模式运营。

(2)结合出租车OD随时间变化规律^[17],在上午1:00-4:00时段,出租车载客数较低,而交接班强度高,这个时段交接班不会引起出租车供需矛盾;在下午16:00-17:00时段,出租车OD数逐渐增高,交接班强度也越来越大,这个时间段容易引发打车难的问题;其他时间段,出租车交接班强度低,出租车服务水平基本不受影响。

(3)在2013年8月3号的交接班车辆数比其它日期少,但变化趋势一致,这是因为出租车司机通常选择周六休息,运营的出租车较少。

3.2.2 空间分布分析

交接班地点密度分布与路网、加气站图层的叠加,分析交接班地点空间分布特征,并按武汉市行政区划统计各区域内交接班强度(交接班车辆数)与交接班密度(单位面积的交接班车辆数),制成图表分析各行政区交接班停靠点的资源配置情况。如图8所示,从绿色到红色,交接班车辆密度逐渐增加。

(1)中心城区(青山区除外)交接班地点比较均匀地分布,雄楚大道、解放大道、后湖大道、汉阳大道处交接班分布较为集中。

(2)交接班地点与加气站的分布呈现比较强的相关性,原因是出租车司机一般在会交接班前加满气以便结算。

武汉市有13个行政功能区(新洲区的出租车未配备GPS设备),中心城区包括:江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、洪山区、青山区。分别统计13个行政区的交接班强度、交接班密度,结果如图9所示。

(1)武昌区的交接班强度最高,武昌区拥有中南商圈、徐东商圈、街道口商圈、楚河汉街等商业中心,区域内市民出行强度高,选择在此区域内交接班,对司机的运营收益影响最小。

(2)交接班地点在非中心城区分布较少,一个原因是这些区域居民出行强度低,本区域的居民较少选择出租车司机作为谋生职业。另一个原因是,这些区域的出租车司机一般到中心城区揽客,运营结束后乘坐公共交通回居住地以节省油费,而不在

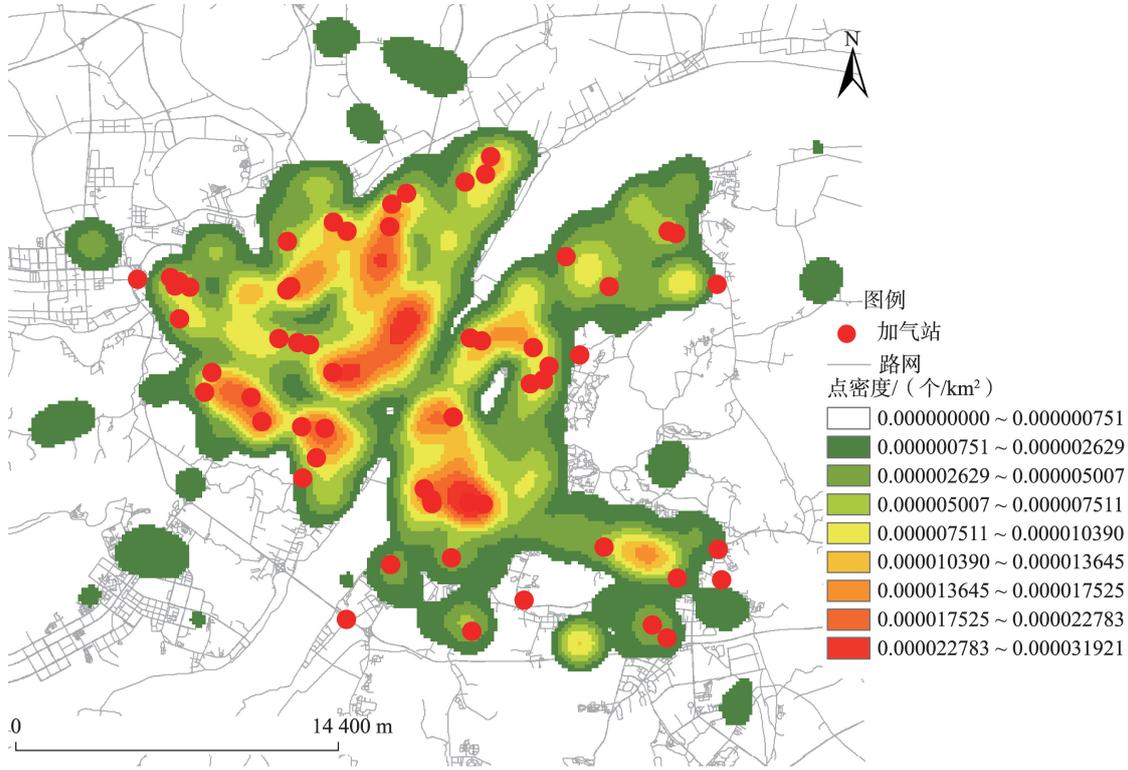


图8 交接班地点空间分布

Fig. 8 Spatial distribution of parking location for taxi shift change

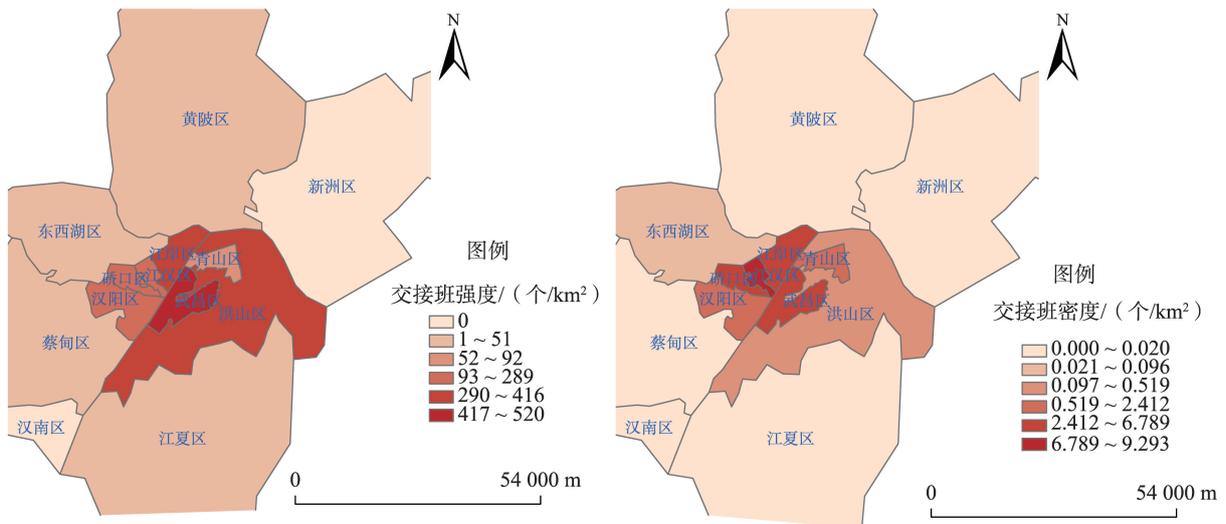


图9 基于行政区的交接班地点空间分布

Fig. 9 Spatial distribution of parking location for taxi shift based on administrative districts

居住地附近交接班。

(3)江汉区是武汉市的商业中心,交接班强度不高,但面积小,导致交接班密度最大,城市规划者应关注此区域内停车场配置或对交接班车辆加以疏导,不至影响本区域的交通状况以及出租车服务水平。

3.2.3 违规交接班现象分析

武汉市为了解决“晚高峰打车难”的困境,于2012年颁布了禁止出租车在晚交通高峰时间段(17:00-19:00)交接班的规定,对于违规的出租车司机处以500元以上1000元以下罚款,并按拒载处罚,停运15 d。实际执行时由武汉市客管处每日派

遣10个稽查组,以每日不低于300台的检查幅度上路检查。本文提出的算法可从出租车GPS轨迹数据中自动识别交接班发生的时间地点,为交通部门提供技术支持。

以10 min为时间区间,统计17:00-19:00时段交接班车辆数,如图10所示。

平均每天有283辆车违规交接班,占样本总数的19.74%。交接班车辆数17:00-19:00呈急速下降趋势,在17:00-17:30交接班的车辆有189辆,占违规总数的66.9%,属于轻度违规,可以酌情处理。超过此范围,视为严重违规,严重违规车辆数约占样本总数的6.5%。

图11是严重违规的车辆交接班地点分布,车辆

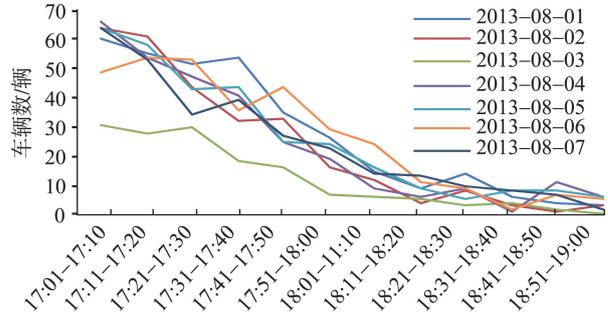


图10 17:00-19:00内出租车交接班数量变化

Fig. 10 The dynamic of taxi taking shift in 17:00-19:00

交接班地点分布比较均匀,稽查组采用实地路面排查的手段很难打击所有的违规行为,而且无法发现在远离主干道的地方(如小区巷道)交接班的行为。

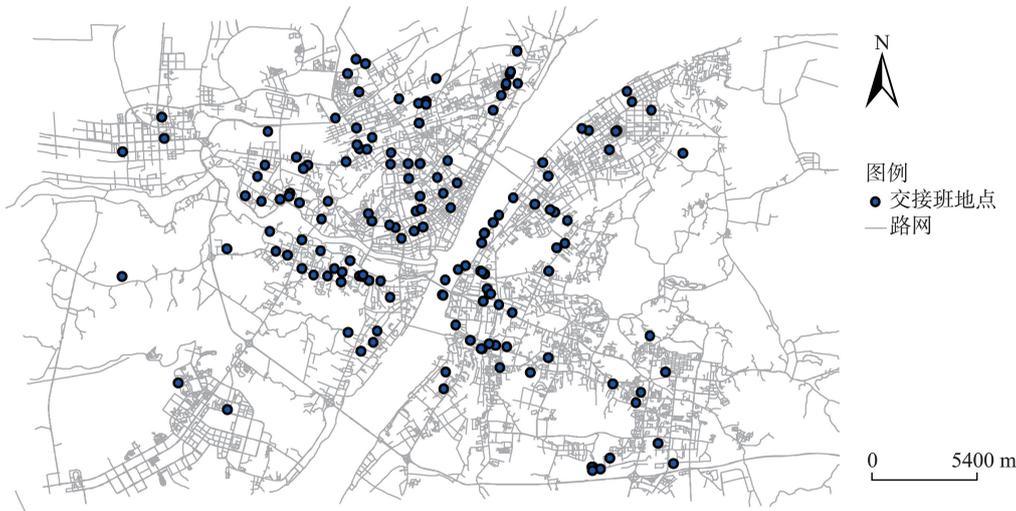


图11 严重违规车辆交接班地点分布

Fig. 11 Spatial distribution of serious irregular taxi shift change

4 结论

本文采用武汉市出租车GPS轨迹数据,提出了出租车交接班频繁时空序列模式的挖掘与识别方法,分析了交接班事件的时空分布特征,并以车辆区域覆盖强度、密度为指标对交接班停靠点城市资源配置进行了评估,发现了实际出租车运营过程中的违规现象,旨在为城市规划部门和交通管理部门提供技术支持。实验结果显示:武汉市出租车交接班集中发生在与下午16:00-17:00,交接班地点比较均匀地遍布中心城区,武昌区交接班强度最大,江汉区交接班密度最大。此外,尽管武汉市出台了禁止出租车司机在晚交通高峰时间段交接班的规定,6.5%左右的司机仍存在严重违规行为。

参考文献(References):

[1] 孟品超,汤新昌,杨琼,等.出租车交接班问题的数学模型[J]. 数学的实践与认识,2010,40(24):247-252. [Meng P C, Tang X C, Yang Q, et al. The mathematical model of taxi shift change[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2010,40(24):247-252.]

[2] 王晶妍,李雨梦.确定出租车交接班时间[J]. 科技资讯, 2012(21):242-242. [Wang J Y, Li Y M. Determining the time for taxi shift change[J]. Science & Technology Information, 2012,21:242-242.]

[3] 李雨梦,王晶妍.聚类分析法确定城市出租车交接班最优地点[J]. 科协论坛,2012(10):94-96. [Li Y M, Wang J Y. Determining the optimized location for taxishift change using a clustering methodology[J]. Science & Technology Association Forum, 2012,10:94-96.]

- [4] 孙蕊,于海涛,杜勇.出租车交接班空间分析算法研究[C]//中国智能交通年会,2012. [Sun R, Yu H T, Du Y. Spatial analysis algorithm for taxi shift[C]//The Annual Conference of ITS China, 2012.]
- [5] 孙蕊,于海涛,杜勇.北京出租汽车交接班时空分布特性研究[J].交通运输系统工程与信息,2014,14(1):221-228. [Sun R, Yu H T, Du Y. Time space distribution characteristics of taxi shift in Beijing[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2014, 14(1):221-228.]
- [6] 王海涛,郑年波.中国导航与位置服务产业的机遇与挑战[J].星应用,2012(2):17-20. [Wang H T, Zheng N B. Satellite application, opportunities and challenges of China's navigation and location services industry[J]. Satellite Application, 2012,2:17-20.]
- [7] Jeung H, Man L Y, Jensen C S. Trajectory Pattern Mining [C]//ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. ACM, 2007:330-339.
- [8] Gong L, Liu X, Wu L, et al. Inferring trip purposes and uncovering travel patterns from taxi trajectory data[J]. Cartography & Geographic Information Science, 2015,43(2):1-12.
- [9] 刘瑜,康朝贵,王法辉.大数据驱动的人类移动模式和模型研究[J].武汉大学学报·信息科学版,2014,39(6):660-666. [Liu Y, Kang C G, Wang F H. Towards big data-driven human mobility patterns and models[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(6):660-666.]
- [10] Fosca Giannotti, Mirco Nanni, Dino Pedreschi. Efficient Mining of Temporally Annotated Sequences[C]//Siam International Conference on Data Mining, April 20-22, 2006, Bethesda, Md, Usa. 2006:346-357.
- [11] Weifeng L V, Bowen D U, Dianfu M A, et al. Applied research of data sensing and service to ubiquitous intelligent transportation system[J]. Frontiers of Computer Science in China, 2010,4(3):417-426.
- [12] Ding L, Fan H, Meng L. Understanding Taxi Driving Behaviors from Movement Data[C]//Agile, 2015:219-234.
- [13] 孙飞,张霞,唐炉亮,等.基于GPS轨迹大数据的优质客源时空分布研究[J].地球信息科学学报,2015,7(3):329-335. [Sun F, Zhang X, Tang L L, et al. Temporal and spatial distribution of high efficiency passengers based on GPS trajectory big data[J]. Journal of Geo-Information Science, 2015,17(3):329-335.]
- [14] Zheng Y, Liu Y, Yuan J, et al. Urban computing with taxis[C]//UBICOMP 2011: Ubiquitous Computing, International Conference, UBICOMP 2011, Beijing, China, September 17-21, 2011, Proceedings, 2011:89-98.
- [15] Shang J, Zheng Y, Tong W, et al. Inferring gas consumption and pollution emission of vehicles throughout a city [C]//Acm Sigkdd International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. ACM, 2014:1027-1036.
- [16] Liu Y, Kang C, Gao S, et al. Understanding intra-urban trip patterns from taxi trajectory data[J]. Journal of Geographical Systems, 2012,14(4):463-483.
- [17] 唐炉亮,郑文斌,王志强,等.城市出租车上下客的GPS轨迹时空分布探测方法[J].地球信息科学学报,2015,17(10):1179-1186. [Tang L L, Zheng W B, Wang Z Q, et al. Space time analysis on the pick-up and drop-off of taxi passengers based on GPS big data[J]. Geo-Information Science, 2015,17(10):1179-1186.]
- [18] 新延,李德仁.DBSCAN空间聚类算法及其在城市规划中的应用[J].测绘科学,2005,30(3):51-53. [Xin Y, Li D R. DBSCAN spatial clustering algorithm and its application in urban planning[J]. Science of Surveying and Mapping, 2005,30(3):51-53.]