

# 交通事故时空模式可视分析方法

饶永明 张延孔 谢文军 刘 璐 刘新月 罗月童

(合肥工业大学计算机与信息学院 合肥 230000)

**摘要** 随着城市化进程的推进,城市人口和车辆迅速增长,城市交通事故日益频发,成为社会关注的热点。以合肥市近十年的交通事故记录数据为研究对象,运用可视分析方法分析交通事故记录数据中事故发生的时间和地点信息,探究交通事故的时空模式,构建交通事故可视分析系统,以辅助相关部门改善交通事故频发问题。文中首次提出了道路事故危险度的概念,并以其为判定依据,结合多尺度时间统计折线图和周期性时间统计环形图等可视化方法,构建了一种新的事故多发路段的识别方法。与传统事故多发路段识别方法相比,本方法无需对道路进行分段处理,从而避免了分段优劣对识别结果的影响。在此基础上,将交通事故数据与城市路网数据相结合,运用可视分析技术构建交通事故可视分析系统。本系统可以帮助相关部门了解总体城市交通事故和单条道路的时间模式及事故多发路段,并探究连续时间限定或周期时间限定下的事故多发路段。除时间条件外,本系统还能识别不同天气等其他限定条件下的事故多发路段,从而使得交警部门能根据不同情况下的道路事故危险度来进行决策管理,并合理部署救援警力,降低事故危害。所提系统对缓解和遏制交通事故增长势头、减少和预防道路交通事故具有重要的现实意义,并且也有利于道路交通的科学有效管理。

**关键词** 交通事故,可视分析,道路事故危险度,事故多发路段,道路分段

**中图分类号** TP391.9 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2019.04.003

## Visual Analysis Method of Traffic Accident Spatial-Temporal Pattern

RAO Yong-ming ZHANG Yan-kong XIE Wen-jun LIU Lu LIU Xin-yue LUO Yue-tong

(School of Computer Science and Information Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230000, China)

**Abstract** With the advancement of urbanization and the rapid growth of urban population and vehicles, urban traffic accidents are increasingly frequent, which becomes a hot social concern. This paper took the traffic accident record data of Hefei City in the past ten years as the research object, used the visual analysis method to analyze the accident time and the place information in the traffic accident record data, explored the time and space pattern of the traffic accident, and constructed the traffic accident analysis system, so as to assist relevant departments to improve frequent traffic accidents. In this paper, the concept of road accident risk degree was put forward for the first time, and a new identification method of accident-prone road section was constructed based on multi-scale time statistical zigzag chart and periodic time statistical circle map. Compared with the traditional method, this method does not need to deal with the road segmentation, thus avoiding the impact of the quality of the segmentation on the recognition results. On this basis, this paper combined traffic accident data with urban road network data, and used visual analysis technology to build a visual analysis system of traffic accidents. This system can help relevant departments to understand the time pattern of the overall urban traffic accidents and single road and the accident-prone sections, and explore the accident-prone sections under the continuous time limit or cycle time limit. In addition to time conditions, the system can also identify accident-prone sections under different weather and other limited conditions, so that traffic police departments can make decision management through road accident risk under different circumstances, deploy rescue police forces reasonably and reduce accident hazards. The proposed system has important practical significance for mitigating and curbing the growth of

到稿日期:2018-10-31 返修日期:2019-01-08 本文受国家重点研发项目(2017YFB1402200),安徽省科技强警计划项目(1604d0802009),浙江大学CAD&CG国家重点实验室开放课题(A1814),中央高校基本科研业务费专项资金(JZ2017HGBH0915),安徽省高等学校省级质量工程项目(2017jyxm0045)资助。

饶永明(1993-),男,硕士生,主要研究方向为可视分析、图像处理;张延孔(1990-),男,讲师,主要研究方向为信息可视化;谢文军(1984-),男,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为计算机图形学;刘璐(1996-),女,硕士生,主要研究方向为可视分析、信息可视化;刘新月(1995-),男,硕士生,主要研究方向为可视分析、信息可视化;罗月童(1978-),男,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为可视分析、科学可视化、信息可视化, E-mail: ytluo@hfut.edu.cn(通信作者)。

traffic accidents, reducing and preventing road traffic accidents. It is also conducive to the scientific and effective management of road traffic.

**Keywords** Traffic accident, Visual analysis, Road accident risk degree, Black spot, Road segmentation

## 1 引言

随着城市化进程的不断推进,我国人口和资源正迅速向城市聚集。城市化虽然提高了人们的生活水平,但也带来了环境污染、能耗增加、交通事故频发等问题。交通事故是造成城市交通堵塞、人员伤亡以及财产损失的重要原因。据统计,2016年全国共发生交通事故16.5245万起,致5.1834万人死亡和16.828万人受伤,直接财产损失高达千万元。如果能够知道在什么时间、什么地点容易发生交通事故,即交通事故的时空模式,这对道路交通事故的预防和成因分析都有重大意义。

交警部门的交通事故记录数据详细地记录了事故的发生地、发生时间、人员伤亡情况等众多信息,且随着我国信息化工作的推进,这些数据得到了较好的保存。虽然单个事故的数据没有太大的参考价值,但长期积累的数据可能会蕴含一定的模式,因此对海量交通事故数据进行综合分析有可能揭示交通事故的时空模式,从而为道路交通安全的治理提供科学依据。

可视分析通过可视交互界面将人类智能和机器智能相结合<sup>[1]</sup>,在分析模糊、复杂问题方面有突出优势,在社交媒体、金融、交通等领域都有着优异表现。本文以探索和发现交通事故时空模式为目标,设计出一种面向海量交通事故记录数据、多视图联动的可视分析系统。该系统通过多尺度时间统计折线图探究交通事故随时间的变化趋势,通过周期性嵌套环形图探究交通事故的周期性特征,以此来识别交通事故的时间模式。事故多发路段是交通事故最重要的空间模式。本文提出了一种新的基于道路事故危险度的交通事故多发路段的识别方法,并将其在交通事故分析系统中加以实现。通过此方法,用户可以识别任意时间条件限定下的事故多发路段,从而使得交警部门可以根据不同情况合理部署救援警力,降低事故危害。

## 2 相关工作

### 2.1 时空数据的可视化

时空数据是指具有位置信息属性和时间信息属性的数据。随着信息传播与信息记录技术的快速发展,具有海量、高维、动态等特性的时空数据被有效记录,对时空数据进行科学合理的探索分析成为数据分析领域的研究热点。可视分析技术综合了人脑感知、假设、推理的优势和计算机对数据高速、准确计算的能力,能帮助分析者更加直观地了解数据,现已成为大数据分析领域中的研究热点<sup>[2-3]</sup>。

为了反映信息对象随时间进展与空间位置所发生的行为变化,可视化技术对时间与空间维度以及与之相关的信息属性建立可视化表征,展示时间和空间密切相关的模式及规律。Zhang等<sup>[4]</sup>面向城市公共服务数据世界开发了支持用户探索式发现公共设施问题并反馈的时空特征的可视分析系统。Cao等<sup>[5]</sup>开发了面向具有显著时空特征的社交网络数据的交

互式可视化系统,系统以“向日葵”为原型,将信息扩散行为抽象成向日葵传播种子的过程,以外围不同地区节点的连接提示空间特征,满足了使用者实时追踪社交媒体中信息传播过程的需求。周志光等<sup>[6]</sup>面向空气质量监测数据的时空多维属性,开发可视分析系统,帮助用户交互式探索大气污染的时空特征及潜在规律。综上可知,可视分析技术正蓬勃发展,已经成为了研究时空数据的有效手段之一。

### 2.2 交通数据的可视分析

交通数据来源于日常生活,是一种典型的时空数据,随着岁月的累积,数据量不断庞大。交通数据主要分为3类:基于事件的数据、基于位置的数据和基于移动的数据<sup>[7]</sup>。基于事件的交通数据通常是由工作人员手动记录的日志数据,每条事件数据具有位置信息、时间信息和一组其他属性。基于位置的交通数据通常由道路边安装的探测器收集,如感应回路、监视摄像等,这些数据主要用于预定位置的交通监测。对于每个定点,探测器记录一些统计数据,例如流量、占用率或车辆速度。基于移动的交通数据可以直接从GPS设备收集,也可以通过图像或视频进行重建。一般数据记录了一组车辆的移动轨迹。

在交通数据可视分析方面,北京大学袁晓如教授所带领的可视化研究团队从2011年就开始着手进行研究,现在已在国内处于领先地位<sup>[8-11]</sup>。张金秋等<sup>[12]</sup>利用可视化技术设计了一种基于点和热度的交通时空数据可视化平台,该平台可准确反映道路的交通状况,为城市道路的交通规划管理提供科学、可靠的数据支撑。在国外,Pack等<sup>[13]</sup>提出了一种基于GPS轨迹城市的交通拥堵指数可视分析系统;Piringer等<sup>[14]</sup>对来自传感器的事故数据进行可视化研究,设计了一个融合多源数据的交互视图界面。综上可知,数据可视分析在智能交通方面的使用越来越广,数据可视化已经在轨迹数据、交通流量数据、出租车数据等交通数据的应用方面取得了一定的成果。然而,在交通事故可视化方面,目前的研究成果还较少。

### 2.3 事故多发路段的识别方法

随着汽车保有量的持续增加,道路交通安全形势显得尤为严峻,识别交通事故多发路段对于交警部门根据不同路段合理分配警力及部署救援设备,从而提高交通管制能力有着重要意义。事故多发路段的判别就是基于路段安全性确定高速公路中的危险路段,目前国内外交通事故多发路段的识别方法主要有以下几类:1)运用交通冲突分析技术(TCT),通过预测车辆运行轨迹判断可能存在的交通冲突点,将交通冲突较为严重的位置判断为事故多发路段。该方法对交通事故历史数据的依赖程度较小,但是由于交通冲突分析方法的工作量较大,因此只适用于对小范围城市道路的交通事故进行鉴别。2)建立在历史交通事故数据上的识别方法,即首先对所研究道路人工进行分段,然后直接运用事故数法和事故率法鉴别事故多发路段,或者通过构建泊松回归、负二项回归以及经验贝叶斯方法等模型回归分析事故数据,根据对事故发展

趋势的预测判断事故多发路段。这一类方法由于在识别前需要人工对道路进行分段,分段的结果将直接影响对交通事故多发路段的预测。另一方面,时间和天气情况对于交通安全有重大的影响,但以上交通事故多发路段的识别方法并未考虑时间和天气情况,大大降低了识别结果的准确性。针对事故多发路段的可视化,Fan等<sup>[15]</sup>面向道路网络、车辆和驾驶员以及天气等交通数据,提出了基于上下文感知的大数据分析和时空可视化方法。Shafabakhsh等<sup>[16]</sup>应用地理信息技术和空间统计分析相结合的方法,揭示了空间因素对致命、受伤、仅财产损失等交通事故形成的影响,其中采用最近邻分析和K-function研究城市交通事故的分布,并使用核密度估计识别城市网络中的危险区域。Chen等<sup>[17]</sup>基于大量人类活动数据和交通事故数据并结合实时的GPS数据,建立了一个大范围实时模拟交通事故风险的通用预测模型。

表1 本文所用交通事故数据

Table 1 Traffic accident data used in this paper

属性名称	属性描述	数据格式	示例	备注
sgfssj	事故发生时间	datetime	2015-11-18 15:20:00	事故时间精确到分,故秒全部为00
lh	路号	int	78011	道路的编号信息
lm	路名	string	休宁路	道路名称的文字描述
gls	千米数	int	2	事故发生地点距道路起始点距离的千米数
ms	米数	int	915	事故发生时间距道路起点的距离去掉千米数的剩余米数
jdwx	绝对位置	int	2915	事故发生时间距道路起点的米数,少部分为空,可由gls和ms计算得到
sgdd	事故地点	string	休宁路与翡翠路交叉口100米	事故发生地点的详细描述

由表1可知,交通事故数据中没有直接记录准确的位置信息,而是通过路号、千米数、米数、绝对位置和事故地点(文字描述)间接描述。进一步分析发现,这些位置记录并不准确,有较大偏差,对交通事故的时空模式分析有严重影响,因此我们着重研究根据交通事故位置的间接描述获取准确经纬度位置信息的方法,完成数据清理,为后续分析奠定基础。

本文引入合肥市的路网数据,路网数据中含有合肥市道路的起始点及其他关键点的经纬度信息,可以据此计算出各个道路关键点与道路起始点的距离。利用这一距离和交通事故数据中的绝对位置信息,通过插值算法可以求得每个交通事故 $ta_i$ 所发生位置的经纬度 $L_i'=(x_i',y_i')$ 。为了提高数据的正确性,本文利用交通事故数据的事故地点属性的文字描述,通过百度地图API获得事故发生地点的经纬度 $L_i''=(x_i'',y_i'')$ 。如果 $|L_i'-L_i''|\leq\epsilon$ ,则保留当前交通事故记录;否则意味着两种方法计算的位置不一致,表明位置信息不可靠,丢弃当前记录。

### 3.2 基于道路事故危险度的事故多发路段识别方法

传统的事故多发路段鉴定方法均将交通事故的发生点作为研究对象,即将事故发生地点作为一个计数点,再对点本身或点与点之间的关联进行道路交通安全性能评判,以此来确定事故多发路段。这种将交通事故作为“点”对象的研究方法虽然简单明了、容易理解、便于操作,但在实际应用中不符合交通事故本质特性,也忽略了道路环境对交通事故的影响,容易漏选和错选事故多发路段。本文将交通事故作为“线”对象研究<sup>[18]</sup>,基于交通事故数据进行了道路危险度估计,并以此为基础进行了事故多发路段的识别。

现实生活经验表明,交通事故发生点容易再次发生事故,其周边地区也容易发生事故,且距离交通事故发生地越近的

## 3 数据与方法

### 3.1 数据类型

本文所使用的交通事故记录数据由安徽省交通厅提供,包含了从2006—2016年共11年的一般交通事故记录24440条和从2014—2016年共3年的简易交通事故记录454436条。一般交通事故是指出现人员伤亡的交通事故,没有出现人员伤亡的交通事故被称为简易交通事故。一般交通事故记录含有较多的属性信息,包含时间属性和地点属性,共有117种属性信息;简易交通事故含有的属性信息相对较少,包含时间属性和地点属性,共有59种属性信息。本文主要分析交通事故的时空模式,因此对这两类数据不加区分,且通过与领域专家商讨后,提取如表1所列的数据用于后续分析,其中主要包括位置、时间等与时空模式密切相关的属性。

地区发生交通事故的可能性越大,因此我们用高斯函数来刻画一个交通事故的影响。

假设以道路 $L$ 的起点为原点, $x_0$ 位置处发生交通事故,则此时道路危险度函数 $f(x|x_0)$ 为:

$$f(x|x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

其中, $x$ 表示当前位置距离道路起始点的距离, $x$ 为正值且小于道路的总长度。

相应的事故危险度曲线如图1所示。

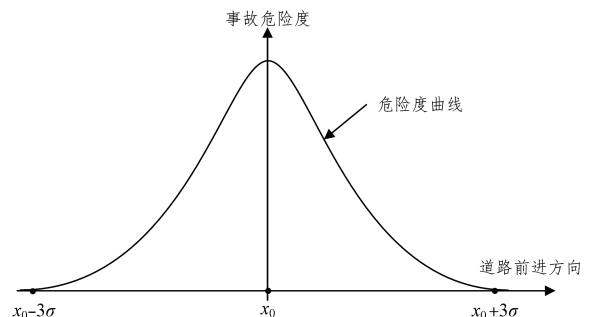


图1 事故危险度曲线

Fig. 1 Accident risk curve

因为高斯函数的定义域是 $(-\infty, +\infty)$ ,所以理论上任何一个交通事故对整条道路都会有影响,那么计算道路上任何一点的危险度就需要考虑所有交通事故,这会导致计算量非常大。但由图1可知,实际上距离事故发生地超过 $3\sigma$ 之后,影响就已经非常小,所以本文只考虑一个交通事故在 $[x_0-3\sigma, x_0+3\sigma]$ 范围内的影响。因此,参数 $\sigma$ 确定了单次交通事故的影响范围。在正态密度分布函数中,为了保证密度函数

的总积分为 1,该分布函数会包含无限不循环小数  $\pi$  和开方运算,从而大大增加了运算时间。而在危险度曲线中,不需要保证总积分为 1,故可以舍去。为了描述事故的严重程度,引入权值  $k$ ,则式(1)可转化为:

$$f(x|x_0) = \begin{cases} \frac{k}{\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}, & x_0 - 3\sigma < x < x_0 + 3\sigma \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

在实际情况下, $\sigma$ 由交通事故发生地点所在的道路确定,一般情况下为当前道路最高限速的 2 倍,用户可根据具体情况设定; $k$ 由交通事故的危险程度确定,本文中为了简化处理,对一般事故定义  $k=2$ ,对简易事故定义  $k=1$ 。

式(2)定义的是单次交通事故的道路危险度曲线,在当前道路发生多次交通事故时,道路的危险度将是两次事故的危险度之和,则当道路  $L$  上有  $n$  起交通事故发生时,当前道路  $L$  的危险度曲线为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n f(x|x_i) \quad (3)$$

其中, $x_i$ 表示第  $i$  起交通事故。通过式(3)可以很明显地发现:时间范围选择不同,道路的危险度估计值就不同。为了使不同时间范围内有相同的标度,本文以天作为基本时间单位来计算道路危险度曲线。假设我们统计  $t$  天内道路  $L$  发生的交通事故数据,则可以得到:

$$f(x) = \frac{1}{t} \sum_{i \in S} f(x|i) \quad (4)$$

其中, $S$ 表示道路  $L$  在  $t$  天内发生交通事故的集合。通过式(4)可以得出任意时间、任意道路的道路危险度估计,通过危险度估计值就可以确定道路的事故多发路段。

## 4 可视分析系统任务分析与实现

### 4.1 分析任务

本文以合肥市交通事故记录数据为研究对象,识别交通

事故的时空模式,为相关部门提供合理的建议,从而缓解和遏制交通事故的增长势头,减少和预防道路交通事故的发生,并实现道路的科学、有效管理。交通事故记录数据可视分析系统应满足以下分析任务。

1)探索交通事故时间模式。交通事故是人类活动的一种表现,而人类活动由于受到社会发展和季节及气候等原因的影响,往往蕴含着随时间缓慢变化或周期性的特征。因此,在探寻交通事故的时间模式的过程中,应重点关注交通事故随时间变化的趋势和交通事故是否具有周期性的特征。

2)探索交通事故多发路段。事故多发路段是交通事故最重要的一种空间模式,体现了交通事故在空间上的聚集特征。在现实生活中,事故多发路段的识别也具有积极的意义,有利于交警部门发现道路中的危险点,从而采取合理的解决方案来减少交通事故的发生。

3)探索不同时间限定下的事故多发路段。交通事故的多发路段与交通事故的时间模式都是交通事故在时间和空间维度的一种外在体现,而交通事故多发路段与交通事故发生时间在内部往往也有着千丝万缕的联系。因此,系统应将事故多发路段与交通事故时间模式相结合,以探索在不同时间限定下的事故多发路段。

### 4.2 系统实现

本文针对交通事故记录数据,设计了一套多视图联动的可视分析系统,系统的整体模块如图 2 所示。该系统提供多种视图以全方位地展示交通事故数据的时间、空间及天气属性。用户在不断交互的过程中分析交通事故发生时间和地点的关系,从而更好地理解交通事故的时空分布情况,挖掘其内在的时空模式。该系统主要采用 6 种方式来展示事故的时空分布情况,分别为:多尺度时间统计折线图、周期性时间统计环形图、道路事故统计直方图、天气属性相关性饼图、道路危险度估计折线图(见图 6(a))和地图。

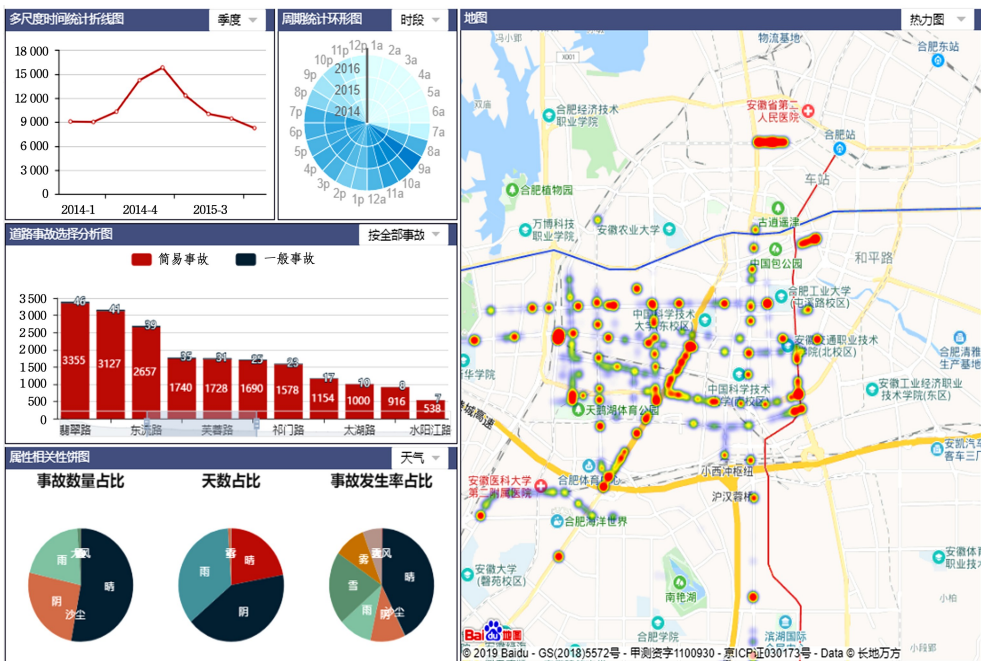


图 2 可视化系统实现模块图(电子版为彩色)

Fig. 2 Visualization system implementation module( RGB is online)

### 1) 多尺度时间统计折线图

多尺度时间统计折线图的横轴显示观察的连续时间信息,纵轴显示该时间段内交通事故发生的事故次数。观察图中的折线走向,即可分析交通事故随时间变化的趋势。多尺度时间统计折线图提供4个尺度,从大到小依次为年份、季度、月份和日期,展示了交通事故随时间的变化趋势。用户可以通过点击单选按钮选择不同的时间尺度,来观察交通事故的变化曲线。在多尺度时间统计折线图上,用户可以选择自己感兴趣的连续时间段,此时,其他视图会随之刷新,仅显示已选择连续时间段内的交通事故信息。

### 2) 周期性时间统计环形图

周期性时间统计环形图是一个嵌套的环形图。每一个圆环代表一个时间段,由内向外,各个时间段连续。因为是探索交通事故不同的周期性特征,每个圆环被均分成了若干份。每一份的颜色深浅代表交通事故发生的次数,颜色越深则交通事故发生的次数越多。通过观察深颜色的区块是否堆积在一起,即可判断交通事故是否有周期性。

本文重点探寻交通事故的季度、月份、星期和时段的周期性特征,因此圆环主要为四等分、十二等分、七等分和二十四等分。用户可以通过点击单选按钮来选择需要观察的周期性时间统计环形图,分析交通事故的周期性特征。

在周期性时间统计折线图上,用户可以选择自己感兴趣的周期时间段,例如,可以选择特定的月份(三月)、特定的工作日(星期一)、特定的时段(15—17点)等。此时,其他视图会随之刷新,仅显示该周期性时间段内的事统计信息。

### 3) 道路事故统计直方图

道路事故统计直方图的横轴是需要观察的多条道路名称,纵轴是道路在选定时间段和时间周期内的交通事故数目。每个直方图分红蓝两部分,红色为简易交通事故数据,蓝色为一般交通事故数据。道路事故统计直方图默认展示所有道路在不限定时间段的交通事故分析情况。通过道路事故统计直方图,能够分析交通事故在所有道路中的分布情况。

用户可以在道路事故统计直方图中选择感兴趣的道路。选择道路后,其他视图将随之刷新,仅显示该道路内的交通事故信息。

### 4) 天气属性相关性饼图

天气属性相关性展示了交通事故发生时的天气分布情况。图2以3个饼图展示天气的分布信息:不同天气情况下交通事故占比的分布图、不同天气的分布图、不同天气事故发生率的分布图。用户可以通过点击饼图上的天气信息,选择自己感兴趣的天气,分析当前天气下的事故分布情况,此时,其他视图随之刷新,仅显示该天气情况下的交通事故信息。

### 5) 道路危险度估计折线图

道路危险度估计折线图的横轴为道路上的各代表点,纵轴为该点在限定时间下的道路危险度估计值。在实际应用中,横轴有过多的点进行展示,为简化运算,每10m为一段,选择一个代表点代指该段事故的危险度。

用户可以通过观察道路危险度折线图,在图中选择合适

的阈值来识别出事故多发路段。当用户确定阈值后,地图视图会在相应的道路上显示事故多发路段。

### 6) 地图

本系统引入了地图视图,为交通事故在地理位置分布上提供了一个全局视角。用户可以直观地在地图上观察事故分布的规律,并结合道路分析视图选择合适的道路来识别事故多发路段。

用户在交通事故的全局展示时,可以圈定感兴趣区域,此时,其他视图随之刷新,仅展示限定区域内发生的交通事故信息。

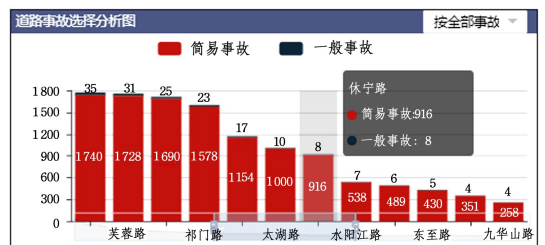
## 5 案例分析

本文收集并处理了合肥市路网数据、2014—2016年交通事故记录数据,通过可视分析的方法来分析交通事故的时空模式。为了更明确、简单地展示交通事故可视分析系统的使用,以及事故多发路段及事故多发路段与时间的关系,本文重点选取了休宁路作为分析对象。

休宁路为东西走向,全长4800m,道路限速60km/h,位于合肥市中部、合肥市人民政府附近,如图3(a)所示,蓝色线条即为休宁路。如图3(b)所示,2014—2016年休宁路发生道路交通事故924起,在合肥市市内道路中处于中间水平。



(a) 休宁路的地理位置信息



(b) 休宁路在道路事故统计直方图中的位置

图3 休宁路的基本信息图(电子版为彩色)

Fig. 3 Basic information map of Xiuning Road (RGB is online)

### 5.1 交通事故的时间模式

本文从两个方面来识别交通事故的时间模式:交通事故随时间的变化趋势和交通事故的周期性。

#### 5.1.1 交通事故随时间的变化趋势

本文采用多尺度时间统一折线图来识别交通事故随时间的变化趋势。以休宁路为研究对象,该路在不同时间尺度下的折线图如图4所示。

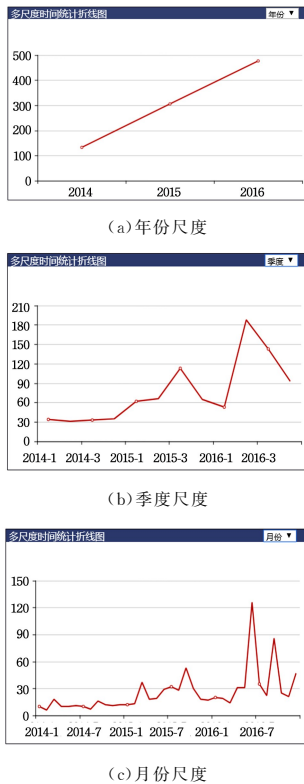


图 4 休宁路多尺度时间统计折线图

Fig. 4 Multiscale time statistical breakdown map of Xiuning Road

图 4 展示了休宁路在年份、季度和月份尺度下的时间统计折线图。由图 4(a)可知,休宁路在 2014—2016 年间,交通事故数呈直线上升状态。为进一步分析,将尺度缩小到季度尺度,由图 4(b)可以得出休宁路在 2014 年度交通事故折线较为平缓,且处于一个较低的位置;从 2015 年开始,交通事故数开始上升,中间伴有大幅震荡。再次将尺度缩小尺度到月份,由图 4(c)可知,2014 年度交通事故折线仍然处于相对较低的平缓状态;2015 年、2016 年交通事故数持续波动上升,但是 2016 年度交通事故折线图的波动比 2015 年剧烈。

综上可知,从 2015 年初开始,休宁路的交通压力变大,超出道路的总负荷,导致交通事故发生次数迅速上涨,且在之后的时间里,相关部门并没有针对休宁路提出任何治理方案,导致交通事故呈现波动式上涨趋势。

### 5.1.2 交通事故的周期性规律

本文采用周期性时间统计环形图来探索交通事故的周期性。以休宁路为研究对象,该路在不同周期性检测的环形图如图 5 所示。

图 5 为休宁路周期性时间统计环形图。由图 5(a)、图 5(b)可知,休宁路在季度和月份上没有周期性倾向。观察图 5(c)可知,休宁路在周二和周五发生交通事故的次数较多;在周日发生交通事故的次数最少,其次是周六。由此可知,休宁路的交通事故主要发生在工作日,周末较少发生交通事故。由图 5(d)可知,休宁路夜间 11 点到第二天 7 点基本没有交通事故发生,交通事故集中在早上 8 点到晚上 7 点左右,且在下午 4 点到 5 点之间形成高峰。综合可得,休宁路上通行者大多为上班族,因此周末放假(尤其是周日)的时候较少发生

交通事故;并且在下班高峰即 4 点到 5 点左右形成交通高峰期,事故发生的次数增多。

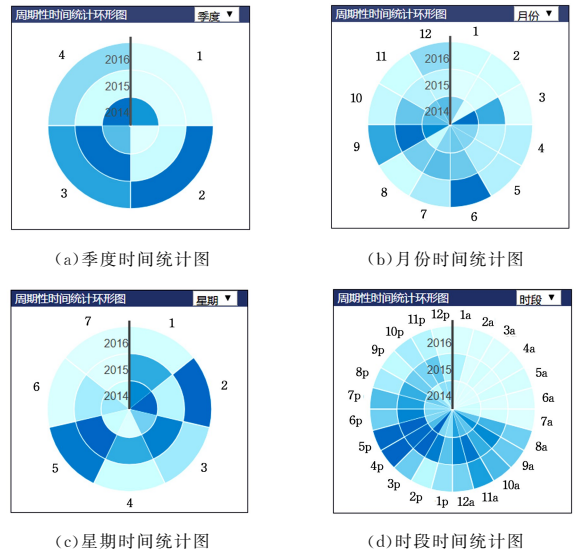
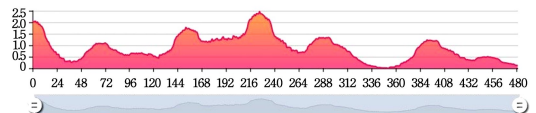


图 5 休宁路周期性属性环形图

Fig. 5 Cyclic attribute ring diagram of Xiuning Road

### 5.2 事故多发路段的识别

本文在没有任何时间限定的情况下,对休宁路进行了事故多发路段的识别。休宁路道路限速 60 km/h,因此令  $\sigma = 120$ ,此时休宁路的道路危险度折线图及事故多发路段如图 6 所示。



(a) 休宁路道路危险度折线图



(b) 休宁路事故多发路段

图 6 休宁路道路交通事故的分布情况

Fig. 6 Distribution of road traffic accidents of Xiuning Road

由图 6(a)可知,休宁路道路危险度估计折线图共有 6 个波峰,道路危险度最高值为 2.5,出现在距离道路起点 2.2 km 附近。为了识别出事故多发路段,本文选定休宁路道路危险度阈值为 1.5,此时休宁路事故多发路段如图 6(b)所示。由图 6(b)可知,此时休宁路共有 3 段事故多发路段,且 3 段事故多发路段基本位于道路交叉路口,因此休宁路的治理方案应该专注于交叉口的治理,从而提高休宁路的交通安全水平。

### 5.3 条件限定下的事故多发路段

#### 5.3.1 连续时间限定下的事故多发路段

交通事故在不同时间段内的分布情况是不同的,因此识别各个时间段内的事故多发路段是非常有意义的。由 5.1.1 节可知,休宁路在 2014—2016 年间的交通事故数呈直线上升状态。为了进一步探究间交通事故的变化趋势,本文采用与

5.1节相同的参数识别了2014—2016年的事故多发路段,结果如图7所示。



图7 不同年份事故多发路段的统计图

Fig. 7 Statistics of accident-prone sections in different years

如图7所示,2014年休宁路的事故强度峰值没有达到1.2,2015年休宁路的事故强度峰值达到3.4左右,而在2016年休宁路的事故强度达到了4左右。与4.1节一致,本文将事故多发路段阈值设为1.5,则可得2014—2016年事故多发路段的统计图。由图7可知,2014年道路危险度没有超过1.5,因此没有事故多发路段;2015年出现了4段交通事故多发路段;2016年同样为4段事故多发路段,但事故多发路段的长度变长了。由此可知,随着时间的变化,休宁路上越来越多的路段不能负担沉重的交通压力,变成了事故多发路段。

### 5.3.2 间断时间限定下的事故多发路段

由5.1.2节可知,休宁路在工作日发生交通事故的次数较多,在周末较少发生交通事故。本文分别识别了工作日和周末两种情况下的事故多发路段,并进行对比,结果如图8所示。



图8 工作日和周末事故多发路段的统计图

Fig. 8 Statistics of accident-prone sections on workday and weekends

由图8可知,工作日事故多发路段的峰值为2.8左右,而周末事故多发路段的峰值仅为1.7左右。工作日时间,休宁路有5小段事故多发路段,而在周末仅为2条,并且周末的多发路段是工作日多发路段的一部分。因此,可以认定周末的事故多发路段是亟需治理的路段。

**结束语** 本文针对城市交通事故记录数据、城市路网数据,设计了一种交通事故时空模式的可视分析系统。该系统利用多尺度时间统计折线图和周期性时间统计环形图来识别交通事故的时间模式,利用道路事故危险度的概念来识别交通事故的空间模式——事故多发路段。基于道路事故危险度的事故多发路段识别方法,省去了人工分段的步骤,避免了分段结果的优劣对最终识别结果的影响,且该方法可以识别不同时间条件下的事故多发路段,从而使得交警部门可以根据不同情况合理部署救援警力,降低事故危害。

本文对交通事故数据进行了极大的简化,数据中仅含有时间和空间信息,因此并不能对交通事故的成因进行相关的分析。未来将把交通事故数据中的更多属性,如道路环境、事故损失等,添加到系统中,并改进可视化系统,从而构建出一个多角度、多视图的面向时空多维数据的交通事故可视分析系统。

### 参考文献

[1] COOK K A, THOMAS J J. Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics[M]. National Visualization and Analytics Ctr, 2005.  
 [2] ZHU Q, FU X. An overview of multimodal spatial and temporal

- visual analysis methods [J]. *Journal of Surveying and Mapping*, 2017, 46(10):1672-1677. (in Chinese)
- 朱庆,付萧. 多模态时空大数据可视分析方法综述[J]. *测绘学报*, 2017, 46(10):1672-1677.
- [3] REN L, DU Y, MA S, et al. Overview of visual analysis of big data [J]. *Journal of Software*, 2014, 25(9):1909-1936. (in Chinese)
- 任磊,杜一,马帅,等. 大数据可视分析综述[J]. *软件学报*, 2014, 25(9):1909-1936.
- [4] ZHANG J, YANLI E, MA J, et al. Visual Analysis of Public Utility Service Problems in a Metropolis[J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 2014, 20(12):1843-1852.
- [5] CAO N, LIN Y R, SUN X, et al. Whisper: Tracing the Spatio-temporal Process of Information Diffusion in Real Time[J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 2012, 18(12):2649-2658.
- [6] ZHOU Z G, HU D X, LIU Y N, et al. Visual analysis of spatial and temporal multidimensional properties of air quality monitoring data [J]. *Journal of computer-aided design and graphics*, 2017, 29(8):1477-1487. (in Chinese)
- 周志光,胡迪欣,刘亚楠,等. 面向空气质量监测数据时空多维属性的可视分析方法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2017, 29(8):1477-1487.
- [7] WANG Z, YE T, LU M, et al. Visual Exploration of Sparse Traffic Trajectory Data[J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 2014, 20(12):1813-1822.
- [8] GUO H, WANG Z, YU B, et al. TripVista: Triple Perspective Visual Trajectory Analytics and its application on microscopic traffic data at a road intersection[C]// *IEEE Pacific Visualization Symposium*. IEEE Computer Society, 2011:163-170.
- [9] WANG Z, LU M, YUAN X, et al. Visual Traffic Jam Analysis Based on Trajectory Data[J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 2013, 19(12):2159.
- [10] LU M, WANG Z, LIANG J, et al. OD-Wheel: Visual design to explore OD patterns of a central region[C]// *Visualization Symposium*. IEEE, 2015:87-91.
- [11] LU M, WANG Z, YUAN X. TrajRank: Exploring travel behaviour on a route by trajectory ranking[C]// *Proceedings of IEEE Pacific Visualization Symposium (Pacific Vis'15)*. IEEE, 2015:311-318.
- [12] ZHANG J Q, ZHAO S X, QU R T. Spatial and temporal data visualization based on point and heat [J]. *Journal of Lanzhou Jiaotong University*, 2017, 36(3):63-69. (in Chinese)
- 张金秋,赵庶旭,屈睿涛. 基于点与热度的交通时空数据可视化[J]. *兰州交通大学学报*, 2017, 36(3):63-69.
- [13] PACK M L, WONGSUPHASAWAT K, VANDANIKER M, et al. ICE--visual analytics for transportation incident datasets[C]// *IEEE International Conference on Information Reuse & Integration*. IEEE, 2009:200-205.
- [14] PIRINGER H, BUCHETICS M, BENEDIK R. AlVis: Situation awareness in the surveillance of road tunnels[C]// *Visual Analytics Science and Technology*. IEEE, 2013:153-162.
- [15] FAN X, HE B, PATRICK B. Context-Aware Big Data Analytics and Visualization for City-Wide Traffic Accidents[C]// *International & Interdisciplinary Conference on Modeling & Using Context*. Cham: Springer, 2017.
- [16] SHAFABAKHSH G A, FAMILI A, BAHADORI M S. GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 2017(3):82-91.
- [17] CHEN Q, SONG X, YAMADA H, et al. Learning deep representation from big and heterogeneous data for traffic accident inference[C]// *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2016:338-344.
- [18] LU H S, MAO Z J, ZHONG T Y, et al. Study on the linear intelligent screening system based on GIS-T [C]// *International Urban Transportation Academic Conference*. 2011. (in Chinese)
- 卢辉恕,毛志坚,钟天宇,等. 基于 GIS-T 的事故多发点段线性智能排查系统研究[C]// *多国城市交通学术会议*. 2011.