

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)04-0173-05

# 基于GIS技术的城市道路交通安全自动预警方法

何增镇

(广西交投集团有限公司 数智工程事业部,广西 南宁 530007)

**摘要:**为提升城市道路交通安全管理效率,减少交通事故发生率,设计一种基于地理信息系统(Geographic Information System, GIS)和遗传算法优化神经网络的城市道路交通安全自动预警方法。首先利用GIS软件MapInfo遍历目标道路网络中的每一道路元素,实施事故多发点自动搜索,筛选并标注出事故频发点,作为自动预警点位;采集其交通流量数据、道路状况数据、天气条件数据、交通管控措施数据、社会经济数据、时间因素数据,进行缺失值处理与规划处理;结合遗传算法优化的神经网络实施道路交通事故预警。测试该方法的预警效果及误报次数,对比基于贝叶斯网络预警方法(方法A)、基于机器视觉与信息共享的预警方法(方法B),实验测试结果表明,该方法的误报次数明显少于方法A和方法B,预警效果显著,能够有效地预警潜在的交通事故,减少误报率,提高了预警系统的效率和准确性,为城市交通安全管理提供了新的思路。

**关键词:**城市交通管理;交通安全自动预警;GIS技术;MapInfo;遗传算法;神经网络

**中图分类号:** TP391.9;U491 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-7241(2026)04-0173-05

## Automatic warning method for urban road traffic safety based on GIS technology

HE Zengzhen

( Digital Intelligence Engineering Division, Guangxi Transportation Science And Technology Group Co., Ltd.,  
Nanning 530007, Guangxi, China )

**Abstract:** To enhance the efficiency of urban road traffic safety management and reduce traffic accident rates, this study designs an automatic early warning method based on geographic information system (GIS) and a neural network optimized by a genetic algorithm. First, GIS software MapInfo is used to traverse each road element within the target road network, automatically identify accident-prone spots, screen and mark frequent accident points, and designate them as automatic warning points. Data including traffic flow, road conditions, weather conditions, traffic control measures, socio-economic factors, and time-related factors are collected, followed by missing value processing and planning processing. Road traffic accident warnings are then implemented using a neural network optimized by a genetic algorithm. The early warning effectiveness and false alarm rate of the proposed method are tested and compared against a Bayesian network-based warning method (Method A) and a machine vision and information sharing-based warning method (Method B). Experimental results demonstrate that the number of false alarms of the proposed method is significantly lower than that of Method A and Method B. The proposed method shows remarkable warning performance, can effectively warn of potential traffic accidents, reduces the false alarm rate, improves the efficiency and accuracy of the early warning system, and provides a new approach for urban traffic safety management.

**Keywords:** urban traffic control; automatic traffic safety warning; GIS technology; MapInfo; genetic algorithm; neural network

随着城市化进程的加速和交通需求的日益增长,道路交通安全问题日益凸显,交通事故频发、交通拥堵加剧以及交通违法行为增多,给人们的生命财产安全带来了严重威胁<sup>[1]</sup>。传统的交通管理方式已难以有效应对这些挑战,迫切需要借助现代科技手段提升交通管理的智能化水平。因此,研究城市道路交通安全自动预警方法,旨在以科技赋能交通管理,提高道路交通安全水平,保障人民群众的生命财产安全。这一研究体现了社会对交通安全管理的迫切需求,以及对科技创新在交通领域应用的广泛期待。

当前城市道路交通安全预警研究正朝着智能化、综合

化方向发展,不断提升预警系统的准确性和实用性。考虑信号灯约束的行车风险场模型,设计三级碰撞预警方法,即通过构建城市交叉路口功能场景,考虑信号灯的约束以碰撞时间(time to collision, TTC)为指标划分三级冲突区域,并通过计算主车行驶过程的场强值,评估主车碰撞风险<sup>[2]</sup>。在深度学习检测算法基础上,加入误检模块,并改进损失函数,提高检测准确率,这样改进后的算法在雨天和夜晚有效地减少了误检情况的发生<sup>[3]</sup>。利用Hive数据库和Pychart来可视化数据,对历史数据进行模型研究和图表分析;同时采用机器学习算法,通过数据清洗、PCA进行降维等处理,选择特征变量;通过随机森林算法和Xgboost算法分析影响

收稿日期:2024-08-30;录用日期:2024-09-18

基金项目:广西壮族自治区重点研发计划项目(桂科AB23026155);交通运输部交通运输行业重点科技项目清单(2022-ZD4-052)

作者简介:何增镇(1974—),男,博士,高级工程师,研究方向:道路智能交通系统研究及智能系统应用。

引用本文:何增镇. 基于GIS技术的城市道路交通安全自动预警方法[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(4): 173-176, 185. (HE Zengzhen. Automatic warning method for urban road traffic safety based on GIS technology[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(4): 173-176, 185.)

事故严重程度的特征变量的重要性<sup>[4]</sup>。构建机器学习模型,通过收集交通数据预测潜在的风险区域和时间段,识别潜在的危险模式和趋势;仿真实验验证了模型的有效性,能自适应交通变化,提升交通安全管理水平<sup>[5]</sup>。

尽管上述研究在多个方面取得了重要进展,但仍存在一些不足之处。目前的研究成果多聚焦于特定的场景,而所开发的模型往往结构复杂、运算量大,不仅对计算资源有着较高的要求,而且在实际应用中可能遇到数据隐私和安全的挑战。此外,这些模型的可解释性不强,难以直接理解其决策过程,这给制定有效的交通管理策略带来了困难。同时,现有方法存在误报次数较多的问题,因此提出基于GIS技术的城市道路交通安全自动预警方法。

## 1 交通安全自动预警方法设计

### 1.1 事故多发点自动搜索

利用GIS软件MapInfo遍历目标道路网络中的每一道路元素,实施事故多发点自动搜索。对于每一个路口(定义为以两路交汇处为中心,半径50m的圆形区域)以及每隔100m的路段(界定为两相邻路口间等分段落),自动搜集并分析其上的事故记录<sup>[6]</sup>。此过程依据预设的事故多发点参数,将事故数据与用户设定标准比对,用对比分析法来判定。自动筛选并标注出事故频发点,作为城市道路交通安全自动预警点位,并借助MapInfo内置的空间可视化功能,在地图上直观展现。

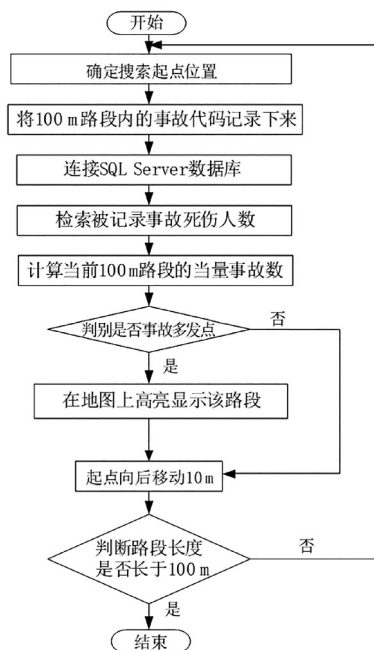


图1 路段事故多发点搜索过程

Fig. 1 Search process for accident prone areas on road sections

在搜索过程中,首要步骤是明确待分析对象的类型,即路口或路段。针对路口,程序会执行地理位置匹配操作,即将每个事故报告的地点与路口定义范围实施比对,若事故地点位于此范围内,则记录下相应的事故标识符,并进一步通过访问SQL Server数据库,获取并记录事故涉及的伤亡人数,进而计算出该路口的等效事故总量<sup>[7]</sup>。而对于路段

的分析,则遵循如图1所示的搜索流程。

在操作中,PB负责提供控制和操作界面,在PB中嵌入MapInfo地籍图形资料,使其作为ActiveOle自动化服务器向PB提供服务,以处理、操纵地籍图形资料。嵌入MapInfo地籍图形资料后,可以实现空间图形的操作、查询、浏览功能以及面积、距离功能,通过地块编码能够实现属性数据与空间数据的关联<sup>[8]</sup>。通过PB对MapInfo实施二次开发的核心技术在于在PB环境下发送MapBasic的命令串至MapInfo以操作MapInfo,并通过MapBasic语言构建基于地图的自动搜索模块,实现MapBasic与MapInfo的集成。

启动MapInfo时,PB首先将其视为一个对象链接与嵌入(object linking and embedding,OLE)对象实施实例化,并嵌入到应用程序的界面中。通过控制这个对象的属性和方法,PB能够驱动MapInfo执行各种操作<sup>[9]</sup>。这一过程中,全局定义的OLE目标MapInfo是核心,它作为中介,使得PB能够利用MapBasic语句集全面操控MapInfo的所有功能。

MapBasic脚本的引入,极大地扩展了MapInfo的自动化能力,提供了诸如图形自动化编辑、结构化查询语言(structured query language,SQL)查询优化等高级功能。鉴于PB在图形处理上的局限性,MapBasic成为了不可或缺的补充,它通过编译成\*.mbx格式的可执行文件,供PB在需要时通过“Run Application”命令调用,有效解决了复杂MapBasic语句的传输问题。此外,利用PB的Application对象方法,可直接从PB环境执行MapBasic脚本和函数,或通过OLE自动化的Do、Eval方法,发送字符串形式的命令到MapInfo执行<sup>[10]</sup>。

在事故多发点的自动分析中,数据的管理同样重要。采用SQL Server作为后端数据库,存储交通事故信息,虽然跨平台的数据访问增加了复杂度,但SQL Server的稳健性和高效性为数据的存储与检索提供了可靠保障。MapInfo通过内置的开放式数据库连接(open database connectivity,ODBC)功能实现与SQL Server的数据交换<sup>[12]</sup>,具体流程如下。

- 1) 构建 ODBC 联接句柄与环境句柄;
- 2) 利用 ODBC 连接句柄与目标数据源建立连接;
- 3) 生成一个 ODBC 语句句柄,此句柄将作为执行 SQL 语句的载体,随后通过它执行 SQL 查询或命令;
- 4) 在完成 SQL 语句的执行后,及时释放 ODBC 语句句柄,以避免不必要的资源占用;
- 5) 与数据源断开连接;
- 6) 释放之前创建的 ODBC 联接句柄与环境句柄。

### 1.2 输入数据预处理

对于各点位,采集其交通流量数据、道路状况数据、天气条件数据、交通管控措施数据、社会经济数据、时间因素数据,对以上数据实施一系列预处理,以便获得更准确的预测结果。具体预处理步骤如下。

- 1) 缺失值处理

使用均值差值法处理缺失值,具体公式为

$$\alpha_{\text{imputed}} = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq \text{missing}} \alpha_i \quad (1)$$

式中,  $\alpha_{\text{imputed}}$  是指计算得到的填充值;  $n$  是指观测值的总数;  $\text{missing}$  是指缺失的观测值;  $\alpha_i$  是指数据集中所有非缺失的观测值<sup>[13]</sup>。

2) 数据归一化

具体公式为

$$\alpha_{\text{norm}} = \frac{\alpha - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

式中,  $\alpha$  是指原始数据集中的某一个数据点;  $\sigma$  是指原始数据集的标准差;  $\mu$  是指原始数据集的均值。

将预处理后的数据作为神经网络的输入。

1.3 道路交通事故预警

对于所有点位,利用遗传算法优化的神经网络实施道路交通事故预警。基于遗传算法优化神经网络的连接权值,克服传统权值变化规则弊端。具体优化方案如下。

1) 模型编码方案优化

应用遗传算法实施 BP 神经网络训练,通过编码长度的增加来提升模型精度。在模型编码过程中,假设全部权值均处于特定的范围内,用  $\tilde{\omega}_{ij} \in (\tilde{\omega}_{\min}, \tilde{\omega}_{\max})$  来表示。使用  $k$  位二进制数表示  $\tilde{\omega}_{ij}$ , 则二进制字符串表示的值与实际权值间存在以下关系。

$$\tilde{\omega}_{ij} = \tilde{\omega}_{\min} + \frac{\tau(t)}{2^k} (\tilde{\omega}_{\max} - \tilde{\omega}_{\min} + 1) \quad (3)$$

式中,  $\tau(t)$  是指二进制字符串表示的值。

接着串联全部权值对应的 0/1 代码,作为网络权值即新的模型编码方案,增加编码长度。

2) 初始种群产生

随机产生一个初始种群,用公式表示为

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_m) \quad (4)$$

式中,  $A_m$  是指第  $m$  个个体,其表达式为

$$A_m = (a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (5)$$

式中,用  $A_m$  表示一个神经网络的初始权值分布,则  $a_m$  是指一个代表神经网络初始权值的基因值,即第  $m$  个初始权值。此时个体的长度是网络权值个数之和,具体为

$$m = z \times f_1 + f_1 \times f_2 + f_1 + f_2 \quad (6)$$

式中,  $f_1$  是指隐层数;  $z$  是指输入层数;  $f_2$  是指输出层数。

3) 确定适应度函数

对全部个体实施解码,获得 BP 神经网络的初始权值,接着计算得到最小的网络误差值。接着构造适应度函数,依据适应度函数评价种群个体。

构造的适应度函数为

$$h(x) = \frac{1}{\xi + 1} \quad (7)$$

式中,  $\xi$  是指神经网络的输出误差,其计算公式为

$$\xi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (8)$$

式中,  $y_i$  是指网络的期望输出;  $\hat{y}_i$  是指网络的实际输出。

计算各个体的适应值,按照递减排列的方式实施个体适应值的排序,个体适应值小表明该个体适应能力差,是

劣质个体;反之表明该个体适应能力强,是优秀个体<sup>[14]</sup>。

4) 复制

应用适应度比例法,将较为优秀的个体遗传至下一代,具体公式为

$$q_i = \frac{y_i}{\sum_i^m y_i} \quad (9)$$

式中,  $q_i$  是指  $y_i$  倍选中的概率。

5) 交叉

在下一代的群体中,依据设定的交叉比率随机抽取两个权重向量作为亲本,随后在它们各自的编码序列中随机标定一个交汇点。在该点之后,两个亲本的部分编码段相互交换,从而创造出两个与原始亲本均不相同的新后代。

6) 变异

按照特定概率随机挑选一部分个体作为候选,针对每个被选中的个体,随机且不确定地选定突变位点,对这些位点的基因实施突变操作,例如将二进制表示中的 1 翻转为 0,或将 0 翻转为 1,以此实现基因层面的变异<sup>[15]</sup>。

7) 迭代优化

持续重复执行步骤(3)~(6)构成的循环流程,旨在不断进化和修正初始权值。在此过程中,选择最优秀个体作为 BP 神经网络的初始权值。随后,利用该初始权值训练 BP 神经网络,求得全局最优解,进而提升网络的性能表现。

利用权值优化后的 BP 神经网络实施道路交通事故预警,当预警结果为会发生道路交通事故,则在点位上发起预警(亮白点);若预警结果为不会发生道路交通事故,则点位不预警(灰色)。

2 预警性能测试

2.1 实验过程

利用设计方法实施某城市区域的道路交通安全自动预警,测试其自动预警性能。本次实验选择位于某城市中心与郊区交界处的复杂交通区域,该区域包含多种道路类型(城市主干道、次干道、支路及快速路)和多个交通节点(大型交叉口、立交桥等)。该区域日常交通流量大,且存在较高的交通事故风险,适合作为测试交通安全自动预警性能的场地。

首先基于 GIS 技术实施事故多发点自动搜索,将搜索结果作为城市道路交通安全自动预警点位,具体如图 2 所示。

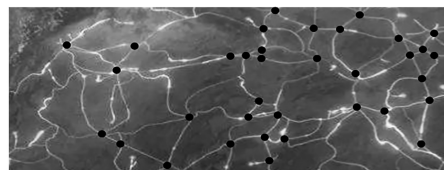


图 2 城市道路交通安全自动预警点位

Fig. 2 Automatic warning points for urban road traffic safety

对于各点位,采集其交通流量数据、道路状况数据、天气条件数据、交通管控措施数据、社会经济数据、时间因素数据,对以上数据实施缺失值处理与数据归一化处理,将

预处理后的数据作为神经网络的输入。

归一化处理后某交叉口的交通流量数据如表 1 所示。

表 1 归一化处理后某交叉口的交通流量数据

Tab. 1 Normalized traffic flow data of a certain intersection

时间点	交叉口 A 流量
7:00	0.65
7:30	0.85
8:00	0.90
8:30	0.70
9:00	0.82
9:30	0.68
10:00	0.60
10:30	0.55

对于所有点位,利用遗传算法优化的神经网络实施道路交通事故预警。基于遗传算法优化神经网络的连接权重,克服传统权重变化规则的弊端。在该步骤中,实验参数设置情况具体如下。

迭代次数:500;

种群大小:100;

交叉率:0.7;

变异率:0.01;

BP 神经网络参数;

输入层节点数:6;

隐藏层节点数:10;

隐藏层层数:5;

输出层节点数:1;

初始学习率:0.01。

测试设计方法的预警效果以及在运行不同时间后的误报次数,在误报次数的测试中,将基于贝叶斯网络、基于机器视觉与信息共享的预警方法作为对比方法,用方法 A、方法 B 来表示。

## 2.2 测试效果分析

设计方法的预警效果如图 3 所示。

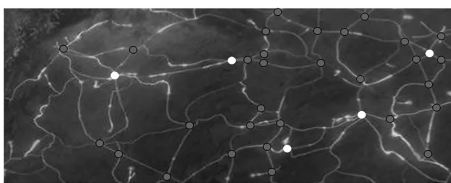


图 3 设计方法的预警效果

Fig. 3 Warning effect of design method

预警效果表明,设计方法通过对道路网络中每一个路口和路段的细致分析,结合丰富的事故数据和预设的参数标准,能够识别出事故多发点,即那些历史上事故频发、潜在风险较高的区域。无论是城市主干道、次干道还是支路,甚至是复杂路口和特殊路段,该方法都能实现全覆盖,确保每一个潜在的交通安全隐患都能被及时发现和预警。随着交通环境的不断变化(如道路改扩建、交通流量增减、交通管控措施调整等),该方法能够实时更新预警信息,确保预警结果的时效性和准确性。借助 GIS 技术的空间可视化功能,该方法能够将预警结果直观地展示在地

图上。事故多发点以特定的符号或颜色进行标注,使管理人员一目了然地了解整个城市道路网络的交通安全状况。还可以将预警信息与其他地图图层(如道路网络、交通流量、交通设施等)进行叠加显示,提供更加丰富的上下文信息,有助于更全面地分析和解决问题。可视化的预警结果有助于交通管理部门快速作出决策。管理人员可以根据地图上的预警信息,迅速定位到具体的路段或路口,制定相应的交通安全管理措施,如增设交通标志、优化交通信号控制、加强执法力度等。除了内部使用外,该方法还可以将预警结果通过公众平台(如交通信息发布网站、手机 APP 等)向公众展示。这有助于提高公众的交通安全意识,引导他们合理规划出行路线、遵守交通规则、注意交通安全。可视化的预警平台还可以作为交通管理部门与其他相关部门(如城市规划、应急管理)之间的信息共享平台。通过共享预警信息和相关数据,各部门可以协同工作,共同提升城市道路交通安全的整体水平。综上所述,基于 GIS 技术的城市道路交通安全自动预警方法不仅在预警效果上表现出色,其可视化优势更是为交通安全管理带来了前所未有的便利和效率。

接着测试设计方法、方法 A、方法 B 在运行不同时间后的误报次数,测试结果如表 2 所示。

表 2 测试结果

Tab. 2 Test results

时间段	误报次数		
	设计方法	方法 A	方法 B
1 月份	0	1	5
3 月份	2	12	8
6 月份	5	18	12
9 月份	7	26	17
8 月份	8	28	22

从表 2 中可以看出,无论是设计方法、方法 A 还是方法 B,随着运行时间的增加,误报次数均呈现上升趋势。这可能是由于交通环境的复杂性增加或数据积累导致的模型适应性下降等因素所致。设计方法在各个时间段内的误报次数均低于方法 A 和方法 B。这表明设计方法在减少误报方面表现更优,可能得益于其基于 GIS 技术的事故多发点自动搜索的准确性,以及遗传算法优化神经网络带来的预测精度提升。方法 A 在各个时间段的误报次数均高于方法 B,说明方法 B 在减少误报方面相对于方法 A 有一定的优势。

## 3 结论

基于 GIS 技术的城市道路交通安全自动预警方法提升了预警的准确性和可视性,为城市交通管理者提供了强大的决策支持工具,提升城市道路交通安全管理效率,减少交通事故的发生。展望未来,随着 GIS 技术的持续演进与智能交通系统的深度融合,有理由期待,城市道路交通安全自动预警系统将更加智能、高效,为构建安全、畅通的城市交通环境贡献更大的力量。

(下转第 185 页)