

# 第十届中国智能交通年会 优秀论文集

第十届中国智能交通年会学术委员会 编



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

# 第十届中国智能交通年会 优秀论文集

第十届中国智能交通年会学术委员会 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

第十届中国智能交通年会优秀论文集汇集了国内外城市道路、公路、铁路、航空、水运等不同智能交通领域的优秀论文 73 篇, 主要包含智能交通的发展与政策、智能交通技术、智能交通应用、智能交通的成果及转化, 以及智能交通领域最近的热点研究, 对智能交通相关领域的技术人员、学者等有重要的参考价值。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

第十届中国智能交通年会优秀论文集/第十届中国智能交通年会学术委员会编. —北京: 电子工业出版社, 2015.10  
ISBN 978-7-121-27429-9

I. ①第… II. ①第… III. ①公路运输—交通运输管理—智能控制—中国—学术会议—文集 IV. ①U495-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 249422 号

责任编辑: 李 敏

文字编辑: 赵 娜

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1230 1/16 印张: 35.75 字数: 1057 千字

版 次: 2015 年 10 月第 1 版

印 次: 2015 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 398.00 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

## 编委会名单

主 编

吴忠泽

副主编

武 平 金茂菁 关积珍

编 委

杨 颖 贺 松 贾 研 李 伟 梁 良

## 学术委员会名单

主任委员

黄 卫

副主任委员

张 军 王笑京 王长君 严新平 贾利民 李克强

评审委员（按姓氏字母排序）

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 常振臣 | 戴 斌 | 付长青 | 顾怀中 | 关积珍 | 关 伟 | 郭继孚 |
| 龚进峰 | 胡家兴 | 胡江碧 | 姜廷顺 | 李正熙 | 梁玉庆 | 林维望 |
| 刘春煌 | 刘怀汉 | 陆化普 | 罗俊仪 | 马 林 | 冉 斌 | 施朝健 |
| 史其信 | 史天运 | 孙立军 | 王殿海 | 王 刚 | 王家捷 | 王军利 |
| 王 庆 | 王 炜 | 王 勇 | 王云鹏 | 谢 飞 | 谢振东 | 徐建闽 |
| 徐亚国 | 杨东援 | 杨 琪 | 杨晓光 | 余 志 | 张淑芳 | 张遂征 |
| 张 毅 | 赵新勇 | 朱 中 |     |     |     |     |

# 目 录

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 基于耗散结构理论的空中交通管制风险演化机理研究 .....          | 1   |
| 湖州市路内停车问题研究及系统设计 .....                 | 9   |
| 移动视觉平台下基于特征融合和 SOMPN 的车辆检测算法 .....     | 10  |
| 基于卡口主动判别长途客车凌晨 2 时至 5 时违规行驶的技术研究 ..... | 18  |
| 基于车牌识别的交通小区递归划分的 OD 调查方法与实例分析 .....    | 24  |
| 公共自行车智能管理系统及车辆调配方案研究 .....             | 37  |
| 大型客车驾驶人职业化教育改革研究 .....                 | 47  |
| 层次分析法在铁路旅客购票渠道选择中的应用 .....             | 53  |
| 城市复杂商贸中心交通组织提升与仿真 .....                | 58  |
| 畸形交叉口交通时空整合优化设计研究与实践 .....             | 65  |
| 和谐型内燃机车智能操纵技术的应用与实践 .....              | 73  |
| VANET 中基于 AP 聚类的双重门限控制聚簇方法 .....       | 82  |
| 北京市省际客运实名制联网售票系统的设计研究 .....            | 92  |
| 基于振动数据的城市公交车行驶平顺性评价研究 .....            | 98  |
| 城市轨道交通网络新线开通客流预测与评估 .....              | 108 |
| 城市交通检测器布点规划策略研究 .....                  | 121 |
| 公交专用道网络信号优先方法及适应性研究 .....              | 130 |
| 公路客运站信息化主要问题研究 .....                   | 141 |
| 轨道交通路网常态高峰时段多车站协调限流方法研究 .....          | 147 |
| 杭州市路内停车运行状况研究分析 .....                  | 153 |
| 基于车辆大数据的交通信号协调优化控制系统 .....             | 162 |
| 基于多目标遗传算法的重载列车辅助驾驶规划曲线优化研究 .....       | 173 |
| 基于干道协调的公交优先方法研究 .....                  | 180 |
| 基于警务实战的卡口过车信息探析 .....                  | 187 |
| 基于可逆车道动态控制的菱形立交优化方法 .....              | 196 |
| 基于模式识别的路段交通状态动态观测方法研究 .....            | 206 |
| 基于智能移动终端的交通安全内容分享应用系统研究 .....          | 214 |
| 计算交通系统框架及应用研究 .....                    | 223 |
| 交叉口交通流的全景视频分析算法 .....                  | 234 |
| 交通信号控制对出行者线路预测的影响研究 .....              | 241 |
| 离散选择高阶 Logit 模型的建模与预测 .....            | 247 |
| 面向大融合的标准化数字视频监控系统建设 .....              | 259 |
| 面向情报导向警务的交通秩序评价方法研究 .....              | 267 |
| 铁路运输数据集集中的重车推算方法分析 .....               | 274 |
| 灯控交叉口直行待行区交通组织研究 .....                 | 280 |
| “互联网+交管微服务”平台的应用 .....                 | 285 |
| 基于 MPC 的无人船运动控制可视化仿真系统实现 .....         | 290 |
| 海事业务数据挖掘和共享关键技术研究 .....                | 302 |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| HXD2 型电力机车 JZ-8 型智能微机网络制动系统的应用 .....                                                                                      | 308 |
| 超声相控阵检测在 FSW 薄板焊缝中的应用 .....                                                                                               | 320 |
| 出口苏丹 CKD <sub>85</sub> 型内燃机车柴油机进气系统防风沙设计 .....                                                                            | 330 |
| 大连地铁车辆制动系统自检功能与显示方案 .....                                                                                                 | 338 |
| 基于汽车电子标识的机动车视频精准抽取系统设计 .....                                                                                              | 347 |
| HKS 智能焊接监测系统在 CRH380 高速动车组转向架上的应用方法 .....                                                                                 | 353 |
| 中国标准化动车组轴温检测系统 .....                                                                                                      | 359 |
| 现代有轨电车平交路口信号优先与协同控制的实践 .....                                                                                              | 364 |
| 基于交通大数据的宏观碳排放计算与决策支持应用研究 .....                                                                                            | 371 |
| 济南局车辆热轴综合预报辅助系统设计 .....                                                                                                   | 381 |
| 面向交通大数据语义实战应用的本体建模研究 .....                                                                                                | 386 |
| 天津地铁 2 号线机场延长线增购车电气原理浅析 .....                                                                                             | 396 |
| 移动互联网背景下交通事件自动检测技术的新发展趋势 .....                                                                                            | 411 |
| 助推无线定位技术应用于 122 智能交通报警平台 .....                                                                                            | 416 |
| 浅谈 CRH380 型动车组局部放电试验原理及干扰源分析 .....                                                                                        | 422 |
| RFID 技术在动车组检修作业中的应用 .....                                                                                                 | 426 |
| 基于太阳能电池的无线传感器网络最优路由设计 .....                                                                                               | 432 |
| 车地通信大尺度衰落模型的建立及其应用 .....                                                                                                  | 443 |
| 动车组高级修检修管理系统的研究与实现 .....                                                                                                  | 450 |
| 动车组故障预测与健康管理系统研究 .....                                                                                                    | 457 |
| 动车组滚动轴承故障轨边声学诊断设备联网数据接口技术研究 .....                                                                                         | 463 |
| 动车组调车计划智能辅助编制平台的研究 .....                                                                                                  | 471 |
| 高铁站客服设备资产全寿命周期管理的研究 .....                                                                                                 | 479 |
| 基于 KECA 和 SVM 的激光超声缺陷识别技术研究 .....                                                                                         | 485 |
| 基于 SOA 架构的动车组技术改造系统的研究与实现 .....                                                                                           | 489 |
| 基于 STM32 微控制器的智能短信报警系统的研究与应用 .....                                                                                        | 495 |
| 基于 SVM 和 SOM 的雷达目标识别 .....                                                                                                | 505 |
| 列车运行环境监控系统的设计与应用分析 .....                                                                                                  | 510 |
| 基于按线控制的旅服系统集成管理平台路局集中模式的研究与设计 .....                                                                                       | 517 |
| 组合预测模型在旅客发送量预测中的应用研究 .....                                                                                                | 524 |
| 射频技术在停车管理系统的应用 .....                                                                                                      | 530 |
| 农村地区道路交通安全评价研究 .....                                                                                                      | 536 |
| Modeling the Safety Effect of Access and Signal Density on Suburban Arterials:<br>Using Macro Level Analysis Method ..... | 543 |
| Using Floating Car Data to Investigate Relationships between Speed and Safety on Urban Arterials .....                    | 550 |
| Traffic Impact Analysis of Earthquakes Based on Vissim .....                                                              | 557 |

# 基于耗散结构理论的空中交通管制风险演化机理研究

张兆宁 金伟伟

(中国民航大学 国家空管运行安全技术重点实验室, 天津 300300)

**摘 要:** 针对空中交通管制系统运行中潜在的风险因素会威胁系统安全运行的问题, 提出应用耗散结构理论来研究空中交通管制风险演化机理。首先, 在分析空中交通管制系统运行中风险的基础上, 将风险因素进行分类。其次, 基于耗散结构和熵值理论, 对空中交通管制系统进行耗散结构分析, 给出空中交通管制系统的熵流模型及其灰色关联熵值的计算方法。最后, 通过分析空中交通管制中心不安全事件统计数据, 计算出安全影响因素的灰色关联熵值, 将其作为揭示空中交通管制风险演化机理的重要参数。实例研究表明, 积极引导系统流入负熵流和控制正熵流, 能够保持系统稳定有序, 有效防止不安全事件的发生。

**关键词:** 空中交通管制; 风险演化机理; 耗散结构; 灰色关联熵

## Study on Evolution Mechanism of Air Traffic Control Risk Based on Dissipative Structure Theory

Zhang Zhaoning Jin Weiwei

(State Key Laboratory of ATC Operation Safety Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

**Abstract:** The dissipative structure and entropy theory were introduced to study the risk of air traffic control system. Firstly, the paper analyzed air traffic control system risk. Secondly, on the basis of dissipative structure and entropy theory, the research analyzed the dissipative structure of air traffic control system, establishing the entropy flow model and calculation method of gray relational entropy. Finally, through analyzing unsafe events, the paper concluded that the gray relation entropy as an important parameter can reveal the air traffic control system risk evolution rule. Research shows that the influxion of negative entropy and control of positive entropy can keep the system stable and prevent unsafe events.

**Keywords:** Air Traffic Control, Evolution Mechanism of Risk, Dissipative Structure Theory, Gray Relational Entropy

空中交通管制 (Air Traffic Control, ATC) 是指由在地面的空中交通管制员协调和指导空域或机场内不同航空器的航行路线和飞行模式, 以防止航空器在地面或者空中发生意外并确保他们均可以运作畅顺, 确保了空中交通的秩序井然。我国空中交通管制的空间狭窄、飞行情况复杂, 随着空中交通流量的不断增大, 空管不安全事件频繁发生, 空中交通的安全受到了极大的威胁<sup>[1]</sup>。如何探索风险在空中



交通管制系统运行中的演化机理,完成有效的风险管理是亟待解决的安全管理课题。

在空中交通的风险研究中,国外的学者 Alberto Pasquini 和 Simone Pozzi 以计算机应用为基础,应用安全性评估方法建立了综合考虑空管运营环境的安全评估应用程序<sup>[2]</sup>。Peter Stastny 引入了系统的、结构化的方法来评估空管安全风险<sup>[3]</sup>。国内学者张兆宁、冯守乐对安全和风险进行了定义,详细阐述安全管理和风险管理的关系<sup>[4]</sup>。丁松滨认为空中交通系统是一个动态的复杂系统,运用系统动力学的基本原理和方法对空中交通系统安全管理进行了分析<sup>[5]</sup>。国内外的学者针对空中交通系统的特点提出的风险管理的理论模型和方法等都有一定的参考和实践意义。

空中交通管制系统是一个动态的复杂系统,适合运用耗散结构理论对其进行分析;系统运行中潜在的风险因素对系统安全运行的影响具有不确定性和随机性,适合通过熵来描述这种不确定性和随机性。

本文以耗散结构理论为指导,在对空中交通管制系统运行过程中风险因素的分析 and 分类的基础上,建立熵流模型,计算出灰色关联熵值,利用系统熵变来揭示空中交通管制系统风险演化机理,为保障空中交通管制系统安全运行提供理论支持。

## 1 空中交通管制的风险

空中交通管制系统是一个复杂开放的系统,其包含人、机、环、管四个子系统,在提供空中交通服务和管制过程中每个子系统都存在着很多对空中交通安全造成威胁的风险因素。

### 1.1 空中交通管制风险构成要素

空中交通管制风险主要是与风险因素、风险不安全事件和损失紧密相关,这三者构成了空中交通管制风险的基本要件<sup>[6]</sup>。风险因素是导致风险事件和风险损失发生的基础和前提。

### 1.2 空中交通管制风险因素的分类

按空中交通管制过程中风险的起源,根据系统工程理论,可分为人为因素风险、设备因素风险、环境因素风险和管理因素风险。

人为因素风险是指空中交通管制单位的管制员由于其自身的能力和素质所引起的风险<sup>[7]</sup>,包括指挥中出现错忘漏、精力分配不当、复诵监听不足、违规操作、忽视雷达告警、飞行动态掌握不足、特情处置不力、监控不力、进程单使用不规范、管制员间配合不力、管制员与机组配合失效。

设备因素风险是指空中交通管制单位在提供空中交通服务和管制过程中的各种设备配置、使用等所引起的风险,包括监视、通信和导航设备缺陷及故障、设备维护不力等。

环境因素风险是指空中交通管制过程中,管制工作室和管制区内的环境对管制员的影响所引起的风险,包括管制室工作环境不好、管制区内高山等障碍物干扰、空中交通流量过大、恶劣天气、不明飞行器或者飞行动物干扰等,即空域情况不佳、通信环境不佳、气象条件差、工作环境不佳等风险。

管理因素风险是指由于组织结构、规章制度建设、技能培训和安全文化建设不足所引发的管制员技能、心理、思想甚至是身体方面出现问题,包括流量管理不合理、工作程序不合理、调配预案存在不足、现场管理不当、排班不合理等。

## 2 空中交通管制风险演化机理研究

本文对空中交通管制系统风险性的研究,是以耗散结构理论和熵理论为指导,对空中交通管制系统进行耗散结构分析,在此基础上,引入熵流模型并给出灰色关联熵值的计算模型。



## 2.1 空中交通管制系统的耗散结构分析

空中交通管制系统由人、机、环、管四个子系统构成,各个子系统相互联系、相互作用,构成了一个复杂的系统。耗散结构理论指出一个复杂的开放系统,在远离平衡状态时,不断地同外界进行物质、能量和信息交换,从中引入负熵流以减少系统的总熵。复杂系统的各个组成部分之间存在着非线性作用,并在涨落作用下通过自组织和突变形成新的有序的耗散结构<sup>[8~10]</sup>。首先,空中交通管制系统是一个开放的系统。空中交通管制系统运行过程中,管制员利用通信导航监视设备获得终端区的飞行、气象等信息,这些信息又作用于整个管制系统,管制系统提供相应的信息,实现了信息的交换;在能量和物质交换方面,不同情况的飞行信息会对管制系统产生不同的影响,此过程中风险不可避免,如果控制风险避免差错,提供优质的管制服务会产生好的管制服务影响力,这个过程完成了能量和物质的输入和输出。其次,管制系统运行中风险不可避免,风险随着时间的积累和转化,它会远离平衡态,使得管制系统处于不安全运行状态。复杂的管制系统内部各要素和子系统之间相互影响,相互制约存在着非线性的关系。另外,空中交通管制系统还不断受到外界的影响而产生无数个“小涨落”,受到涨落影响,风险达到一定的阈值时,系统就会产生“巨涨落”,使得系统运行安全状态发生突变。因此,空中交通管制系统是个典型的耗散结构,可以利用耗散结构的熵与系统有序性的关系来研究空中交通管制系统风险的演化机理。

## 2.2 熵流模型

熵是关于概率分布的函数,可以用来描述系统由风险的存在而导致的无序程度,从而反映系统风险性变化的过程<sup>[9]</sup>。系统的熵值越大有序程度越低风险性越高,熵值越小有序程度越高风险性越低。空中交通管制系统运行中,四个子系统的风险因素随着时间的积累产生正熵,而系统通过与外界交换信息、物质和能量的过程中,由管制部门的风险管理和安全培训形成自组织、自适应,产生负熵。正熵和负熵共同影响着系统的风险性。在已识别的风险因素集的基础上建立空中交通管制系统熵流模型。通过该模型表明管制系统中的正熵和负熵共同作用,推动着风险性的变化而对系统安全运行造成影响,如图1所示。

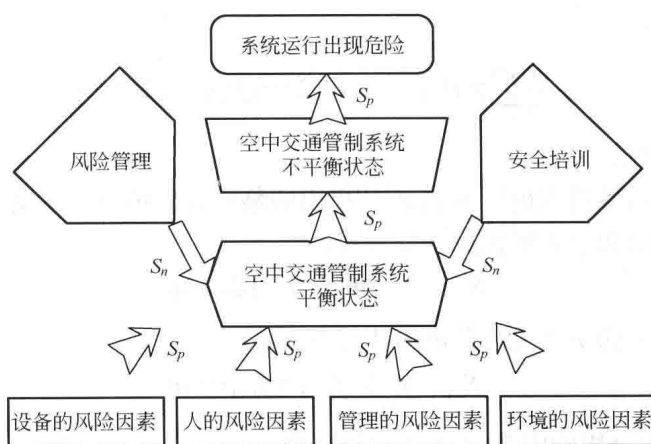


图1 空中交通管制系统运行中的熵流模型

在耗散结构理论中,把影响系统整体演化的过程参量称为序参量,它的大小决定了系统有序程度的高低,所以系统的有序程度可以用序参量来表达。“协同论”研究表明,协同导致有序,不协同导致无序,而序参量决定着系统的演化方向<sup>[10~11]</sup>。基于上述分析,空中交通管制系统能否安全有序的运行取决于系统的序参量能否协同,对空中交通管制系统而言就是取决于系统中潜在的风险。

### 2.3 灰色关联熵的计算模型

风险因素对系统结构影响的不确定和发生的不确定性以及很多关系难以确切的定义,使得系统具有灰色特性。管制系统运行过程中导致不安全事件发生的风险因素构成一个随机事件的集合,不同的风险因素与不安全事件的发生具有不同程度的因果联系,这种因果联系可用关联度来衡量,基于此本文引入灰色关联熵来定量描述空中交通管制系统的风险状态。系统的序参量就是灰色关联熵<sup>[12]</sup>,其计算过程如下。设系统特征行为序列为:

$$\begin{aligned} X_0 &= \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\} \\ X_1 &= \{X_1(1), X_1(2), \dots, X_1(n)\} \\ X_2 &= \{X_2(1), X_2(2), \dots, X_2(n)\} \\ &\dots\dots \\ X_j &= \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\} \end{aligned}$$

其中,  $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\}$  为空中交通管制系统不安全事件发生的时间序列。 $X_j$  为第  $j$  个安全影响因素的时间序列。

(1) 计算初值像和差序列。

初值像为  $X'_i = \frac{X_i}{X_i(1)} = \{X'_i(1), X'_i(2), \dots, X'_i(n)\}$ , 其中  $i = 1, 2, \dots, j$ ; 根据公式  $\Delta_i(k) = |X'_0(k) - X'_i(k)|$ ,

计算出差序列  $\Delta_i(1), \Delta_i(2), \dots, \Delta_i(n)$ , 其中  $i = 1, 2, \dots, j$ 。

(2) 计算关联度。

可得关联系数计算公式:

$$x_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \beta \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \beta \max_i \max_k \Delta_i(k)} \quad (i = 1, 2, \dots, j; k = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其中  $\beta$  为分辨系数,  $\beta \in (0, 1)$ , 一般取 0.5。

可得关联度计算公式:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_i(k) \quad (i = 1, 2, \dots, j; k = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

(3) 灰色关联正熵计算。

通过上述研究内容,借鉴肖雪梅<sup>[13]</sup>和闫钰<sup>[14]</sup>提出的熵值计算模型,本文给出了空中交通管制系统运行中各种风险因素产生的灰色关联正熵计算公式:

$$S_{pi} = -f_i \cdot \ln f_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

系统保障安全因素产生的灰色关联负熵的计算公式:

$$S_{n,i} = f_i \cdot \ln f_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

式中  $f_i = \gamma_i / \sum_{i=1}^m \gamma_i$ ,  $S_i$  为安全影响因素  $X_i$  产生的熵流值。

### 2.4 风险演化机理

空中交通管制系统运行过程中正熵和负熵不断地流入,如果设空中交通管制系统总熵为  $S$ , 有

$$S = S_p + S_n \quad (5)$$

式中,  $S_p$  为空中交通管制系统运行过程中源自管制员的风险因素、设备的风险因素、环境的风险因素

和管理上的风险因素所带来的正熵； $S_n$  为空中交通管制系统运行过程中由系统的风险管理和安全培训所带来的负熵。

耗散结构具有分叉现象<sup>[15]</sup>。空中交通管制系统是个耗散结构，因此，也具有这种现象，如图 2 所示。起初，系统内外的环境对风险的影响较小，通过系统风险管理的自组织性，可以自发地控制这些风险因素，空中交通管制系统处于稳定的安全状态（a 段）。但随着风险的积累和系统的涨落，此时系统会出现 3 种可能。

（1）当系统总熵  $S>0$  时，系统向着不平衡状态演化（b 段），当管制系统安全影响因素共同发展的不平衡跃过系统稳定的临界阈值  $\lambda_0$  时，空中交通管制系统的风险发生的可能性大大增加。

（2）当系统总熵  $S<0$  时， $S_n<0$  且  $|S_n|>S_p$ 。系统安全管理产生的负熵抑制了风险因素产生正熵的影响，使系统的总熵减小为负值，系统的总趋势走向有序和稳定（c 段）。

（3）当系统总熵  $S=0$  时，系统风险演化的有序趋势和无序趋势处于均衡状态，系统整体上暂时处于一种的稳定平衡临界状态，但随着二者的相互影响以及系统安全影响因素的改变和外界环境的变化，这种临界状态终究会消失，系统要么转向稳定，要么转向失稳。

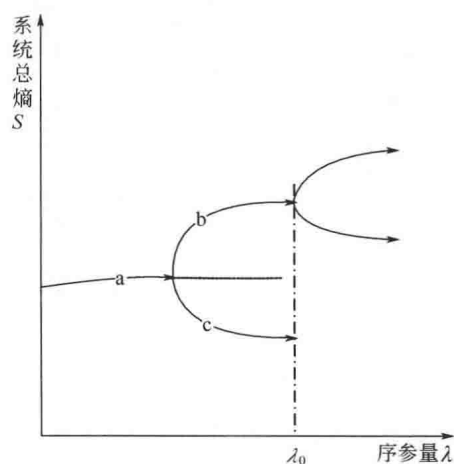


图 2 风险演化的分叉图

### 3 应用实例

根据空中交通管制中心近五年的不安全事件风险因素统计数据和空管专家对该管制中心的风险管理和安全培训的评价，本文对该空中交通管制系统安全影响因素进行统计，如表 1 所示。

表 1 安全影响因素统计

| 安全影响因素            | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 正熵参考序列（次数）        | 9      | 10     | 13     | 12     | 10     |
| 人为因素              |        |        |        |        |        |
| $x_1$ 注意力不集中      | 6      | 5      | 9      | 7      | 4      |
| $x_2$ 特情处置经验欠缺    | 7      | 3      | 7      | 4      | 4      |
| $x_3$ 强压下短时长记忆力不足 | 5      | 7      | 9      | 6      | 3      |
| $x_4$ 雷达监控不足      | 8      | 6      | 9      | 10     | 4      |
| $x_5$ 管制指令不规范或者错误 | 5      | 6      | 6      | 10     | 4      |

续表

| 安全影响因素                 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $x_6$ 飞机速度、高度及航向调配不当   | 5      | 7      | 9      | 6      | 3      |
| $x_7$ 没有监听机组复诵并纠正错误    | 4      | 3      | 2      | 8      | 4      |
| $x_8$ 未按程序操作           | 4      | 6      | 7      | 5      | 3      |
| $x_9$ 遗忘相关限制           | 5      | 7      | 9      | 6      | 3      |
| $x_{10}$ 管制预案不合理       | 7      | 3      | 7      | 4      | 4      |
| $x_{11}$ 精力分配不当        | 6      | 5      | 9      | 7      | 4      |
| $x_{12}$ 遗忘飞行动态        | 5      | 5      | 8      | 5      | 3      |
| $x_{13}$ 特情处置心理素质不足    | 7      | 3      | 7      | 4      | 4      |
| $x_{14}$ 业务知识欠缺        | 5      | 5      | 3      | 5      | 4      |
| $x_{15}$ 管制技能不成熟       | 6      | 4      | 7      | 4      | 4      |
| 设备因素                   |        |        |        |        |        |
| $x_{16}$ 自动化系统的维护保障不足  | 1      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| $x_{17}$ 关键部件的备用保障不足   | 1      | 2      | 2      | 0      | 0      |
| $x_{18}$ 监控导航通讯系统技术不达标 | 2      | 2      | 1      | 2      | 0      |
| 环境因素                   |        |        |        |        |        |
| $x_{19}$ 气象条件差         | 6      | 8      | 7      | 8      | 3      |
| $x_{20}$ 空中交通流量密集程度大   | 1      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| $x_{21}$ 空域的限制过多       | 2      | 2      | 1      | 1      | 0      |
| 管理因素                   |        |        |        |        |        |
| $x_{22}$ 扇区之间的协作不力     | 7      | 8      | 4      | 4      | 3      |
| $x_{23}$ 班组成员之间的协作不力   | 6      | 8      | 7      | 8      | 3      |
| $x_{24}$ 不同管制单位之间的协作不力 | 5      | 3      | 3      | 3      | 2      |
| $x_{25}$ 临时空域的协调不力     | 4      | 4      | 3      | 4      | 1      |
| 负熵参考序列 (分)             | 7      | 8      | 6      | 7      | 7      |
| $x_{26}$ 风险管理          | 7      | 8      | 7      | 6      | 8      |
| $x_{27}$ 安全培训          | 7      | 7      | 7      | 5      | 7      |

根据表 1 各项安全影响因素的数据,按灰色关联熵的计算模型进行计算,得到安全影响因素分析结果,如表 2 所示。

表 2 安全影响因素分析

| 安全影响因素 | 灰色关联度 $r_i$ | 影响因素熵值 $S_i$ |
|--------|-------------|--------------|
| 人为因素   | $x_1$       | 0.81647      |
|        | $x_2$       | 0.63843      |
|        | $x_3$       | 0.76283      |
|        | $x_4$       | 0.75964      |
|        | $x_5$       | 0.77129      |

续表

| 安全影响因素 |          | 灰色关联度 $r_i$ | 影响因素熵值 $S_i$ |
|--------|----------|-------------|--------------|
| 人为因素   | $x_6$    | 0.76283     | 0.1354       |
|        | $x_7$    | 0.69733     | 0.1274       |
|        | $x_8$    | 0.78318     | 0.1379       |
|        | $x_9$    | 0.76283     | 0.1354       |
|        | $x_{10}$ | 0.63843     | 0.1198       |
|        | $x_{11}$ | 0.81647     | 0.1418       |
|        | $x_{12}$ | 0.79185     | 0.1389       |
|        | $x_{13}$ | 0.63843     | 0.1198       |
|        | $x_{14}$ | 0.74216     | 0.1329       |
|        | $x_{15}$ | 0.69606     | 0.1272       |
| 设备因素   | $x_{16}$ | 0.59635     | 0.1142       |
|        | $x_{17}$ | 0.55176     | 0.1081       |
|        | $x_{18}$ | 0.67563     | 0.1246       |
| 环境因素   | $x_{19}$ | 0.80572     | 0.1406       |
|        | $x_{20}$ | 0.57195     | 0.1109       |
|        | $x_{21}$ | 0.63165     | 0.1189       |
| 管理因素   | $x_{22}$ | 0.68228     | 0.1254       |
|        | $x_{23}$ | 0.80572     | 0.1406       |
|        | $x_{24}$ | 0.60933     | 0.1159       |
|        | $x_{25}$ | 0.70336     | 0.1281       |
| 负熵参考序列 | $x_{26}$ | 0.70000     | -0.1277      |
|        | $x_{27}$ | 0.66667     | -0.1234      |

根据公式 (1) ~ (4) 计算  $x_1 \sim x_{15}$  人为风险因素熵  $S_{\text{人}} = \sum_{i=1}^{15} S_i = 1.9851$ ,  $x_{16} \sim x_{18}$  设备的风险因素熵  $S_{\text{设备}} = \sum_{i=16}^{18} S_i = 0.3469$ ,  $x_{19} \sim x_{21}$  环境的风险因素熵  $S_{\text{环}} = \sum_{i=19}^{21} S_i = 0.3704$ ,  $x_{22} \sim x_{25}$  管理的风险因素熵  $S_{\text{管}} = \sum_{i=22}^{25} S_i = 0.5100$ ,  $x_{26}$  风险管理下产生的负熵  $S_{\text{风险管理}} = -0.1277$  和  $x_{27}$  安全培训产生的负熵  $S_{\text{安全培训}} = -0.1234$ 。

从而得到安全影响因素共同作用下的系统总熵:

$$S = S_{\text{人}} + S_{\text{设备}} + S_{\text{环}} + S_{\text{管}} + S_{\text{风险管理}} - S_{\text{安全培训}} = 2.9613$$

由以上计算出来的系统熵值结果, 得到系统总熵值是大于零的, 可知空中交通管制系统的总体安全状态是处于不平衡、不稳定的状态。

由人一机一环一管这四个子系统潜在风险因素所产生的熵值都是大于零的, 表明潜在风险因素是导致空中交通管制系统运行处于不平衡状态的重要原因。其中, 人为风险因素所产生的正熵值最大, 是系统安全稳定运行的主要威胁因素, 需要安全管理者重点监督。这也验证了每年空管部门都会发生不安全事件, 并且多数不安全事件的发生是由于人的因素, 如管制员的“错忘漏”所导致的。同时, 管理部门持续的风险管理和安全培训会在管制系统运行中产生负熵值, 使得系统运行趋向安全稳定的

平衡状态,因此管制中心应该加强风险管理,定期完成对管制员的安全培训。

## 4 结论

(1) 本文在对空中交通管制系统的风险进行了分析和分类的基础上,以耗散结构理论为指导,对空中交通管制这个复杂系统进行了耗散分析,建立了空中交通管制的熵流模型,阐明了风险在空空中交通管制系统中的演化过程。

(2) 针对风险因素的灰色特性,本文引入灰色关联熵,给出了灰色关联熵值的计算方法。根据某空中交通管制中心一段时期内不安全事件的统计数据,计算出风险演化所产生的熵流值。根据计算结果,得出人的因素对该空中交通管制系统的安全状态影响最大。持续的风险管理和安全培训使得系统运行趋向安全稳定的平衡状态,管制中心应该加强这两方面的管理。

## 参考文献

- [1] 空中交通管制中的人为因素[M]. 中国民航总局空中交通管理局, 2002.10.
- [2] Pasquini A, Pozzi S. Evaluation of air traffic management procedures-safety assessment in an experimental environment[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2005, 89 (1) : 105-117.
- [3] PETER S. Risk assessment & mitigation in ATM[J]. Safety Science, 2006, 44 (7) : 629-655.
- [4] 张兆宁, 冯守乐, 王莉莉. 民航安全管理与风险管理的关系[J]. 中国民用航空, 2011 (4) : 61-63.
- [5] 丁松滨, 石荣, 施和平. 基于系统动力学的空中交通系统安全管理研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2007, 4 (4) : 1-6.
- [6] 刘堂卿. 空中交通管制安全风险耦合机理研究[D]. 武汉: 武汉理工大学图书馆, 2011.
- [7] Reason J. Human error: models and management[J]. Bmj, 2000, 320(7237): 768-770.
- [8] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. University of Illinois Press, 1959.
- [9] Jaynes E T. Information theory and statistical mechanics[J]. Physical review, 1957, 106 (4) : 620.
- [10] 王光辉, 刘怡君, 王红兵. 基于耗散结构理论的城市风险形成及演化机理研究[J]. 城市发展研究, 2014 (11) : 17.
- [11] 张我华, 王军, 孙林柱. 灾害系统与灾变动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [12] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [13] 肖雪梅, 王艳辉, 张思帅, 等. 基于耗散结构和熵的高速铁路事故演化机理研究[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22 (5) : 99.
- [14] 闫钰. 基于耗散结构理论的资产评估系统研究[D]. 石家庄: 河北农业大学硕士论文, 2006.
- [15] 张我华, 王军, 孙林柱, 等. 灾害系统与灾变动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

# 湖州市路内停车问题研究及系统设计

晏 松 王军利 朱 茵

(中国人民公安大学交通管理工程系, 北京 102623)

**摘 要:** 本文以城市路内停车问题为研究对象, 梳理了城市路内停车管理原则, 并分析国内外相关技术研究及应用情况。在浙江省湖州市开展实地调研的基础上, 对湖州市目前以“咪表”为主的路内停车管理现状问题进行总结分析, 以解决城市路内停车问题为目标, 从政策法规调整、管理模式改善、技术应用创新三个角度提出解决方案, 为实现路内停车智能化管控, 进一步提出了系统整体设计, 以期从管理政策和技术实现两个方面提供借鉴。

**关键词:** 智能交通; 静态交通; 城市路内停车; 系统设计

## Huzhou City Road Parking Study and System Design

Yan Song Wang Junli Zhu Yin

(People's Public Security University of China, Traffic Management Engineering, Beijing 102623)

**Abstract:** In this paper, urban road parking problem for the study, carding road parking set within the principles and analysis and application of relevant technology at home and abroad. Base in Huzhou City in Zhejiang Province to carry out field research on parking management within the current status of the "meter" the main problem in Huzhou City Road were analyzed. Way to solve the parking problem in the city as the goal, propose solutions from the adjustment of policies and regulations, management improvement, technological innovation means three angles. To achieve inner road parking intelligent management and control, further proposed overall system design, in order to provide a reference from a management policy and technology aspects.

**Keywords:** Intelligent Transportation, Static Traffic, Urban Road Parking, System Design



# 移动视觉平台下基于特征融合和 SOMPNN 的车辆检测算法

王海<sup>1</sup> 蔡英凤<sup>2,\*</sup> 陈小波<sup>2</sup> 陈龙<sup>2</sup> 江浩斌<sup>1</sup>

(1. 江苏大学 汽车与交通工程学院, 江苏省镇江市 212013;

2. 江苏大学 汽车工程研究院, 江苏省镇江市 212013)

**摘要:** 为提升视觉车辆检测能力, 本文提出了一种应用于单目视觉平台的基于特征融合和自组织映射概率神经网络 (Self Organized Mapping Probability Neural Network, SOMPNN) 的车辆检测算法。首先用类Haar特征和HoG特征相融合构成样本特征向量。然后将其导入自组织映射网络, 竞争并形成低维原型向量, 并用概率神经网络对该原型向量进行训练形成车辆检测器。最后, 采用基于复杂度和空间信息的时序分析方法对少数漏检误检进行修正, 进一步提高车辆检测的鲁棒性。多组视频图像中的测试结果表明, 所提算法具有94.6%的检测率及0.47每帧的误检率。和多种已有主流算法的比较表明, 本方法的检测能力优于已有算法。  
**关键词:** 机器视觉; 车辆检测; 特征融合; 道路车辆; SOMPNN

## Feature Fusion and SOMPNN Based Vehicle Detection Algorithm with a Mobile Vision Platform

Wang Hai<sup>1</sup> Cai Yingfeng<sup>2,\*</sup> Chen Xiaobo<sup>2</sup> Chen Long<sup>2</sup> Jiang Haobin<sup>1</sup>

(1. School of Automotive and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013;

2. Automotive Engineering Research Institute, Jiangsu University, Zhenjiang 212013)

**Abstract:** To enhance the vehicle detection capability in vision, a feature fusion and SOMPNN (Self Organized Mapping Probability Neural Network) based vehicle detection algorithm for mobile vision platform is proposed in this paper. Haar-like and HoG fusion feature is used to form feature vectors firstly. Those feature vectors are put into SOM and generate low demension model vector by competition. Then vehicle detector is built with PNN (Probability Neural Networks). At last, the detection results of the detector are refined with temporal analysis using complexity and spatial information in order to improve reliability by correcting minority miss deteciton and false detection. Multiple video images test results show that the proposed algorithm has a detection rate of 94.6% and false detection rate of 0.47 per frame. Meanwhile the detection capability of this method is superior to existing algorithms.

**Keywords:** Machine Vision, Vehicle Detection, Feature Fusion, Road Vehicle, SOMPNN

基金项目: 国家自然科学基金 (61403172、51305167、61203244)、交通运输部信息化项目 (2013364836900)、中国博士后基金 (2014M561592)、江苏省六大人才高峰项目 (2014-DZXX-040)、江苏省自然科学基金 (BK20140555)、江苏省博士后基金 (1402097C)、江苏大学高级专业人才科研启动基金 (12JDG010、14JDG028)

## 1 前言

车辆检测是计算机视觉领域的一个重要应用,尤其是在 ADAS 中,因为车载视觉平台始终处于运动状态,致使图像背景始终处于不断变化的状态,这就使得如背景差、帧间差法等传统基于背景更新和运动矢量的方法无法适用<sup>[1,2]</sup>。

目前,包括 SVM<sup>[3]</sup>、Adaboost<sup>[4,5]</sup>和人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)<sup>[6,7]</sup>等多种算法已经被用在车辆检测中。概率神经网络(PNN)由于训练时间短、收敛速度快等优点,近年来在基于移动视觉平台的车辆检测算法中得到了应用<sup>[8]</sup>。在传统的 PNN 车辆检测算法中,由于 PNN 的模式层由所有训练样本的特征向量构成,带来了存储空间大、决策时间长的诸多不足。为降低 PNN 的计算复杂度,许多学者进行了相应的研究。其多采用 K 均值聚类(K-Means)的方法将训练样本进行聚类,并以聚类中心的特征向量代替该类的所有训练样本。K 均值聚类的方法在某些应用中能够在保证 PNN 的分类效果并大大降低耗时。但是,其聚类个数 K 值的选取需要由人工经验确定,容易造成过分类或者欠分类。Yu 等<sup>[9]</sup>提出了一种自组织映射概率神经网络(SOMPNN)的算法,充分利用通过自组织映射(SOM)竞争选择最具代表性的样本作为原型向量。然后仅仅以原型向量带入 PNN 中进行分类及预测。该方法在蛋白质跨膜螺旋预测问题上得到了成功应用,且大大减少了算法耗时。

本文将该方法引入到车辆检测中,以 Haar&HoG 融合特征构建样本特征向量,采用 SOMPNN 为分类器训练车辆检测器。最后,针对连续帧图像中出现的少数车辆漏检和误检,采用基于复杂度和空间信息的时序分析方法加以修正,进一步提升车辆检测算法性能。

## 2 车辆检测器设计

基于 Haar&HoG 特征融合和 SOMPNN 的车辆检测器的结构如图 1 所示。在该检测器中,正负样本首先转换为 Haar&HoG 融合特征向量。随后所有正负样本的特征向量会依次输入 SOM 网络中,通过竞争分别形成正负样本的原型向量。最后以样本原型向量构建 PNN 分类器。

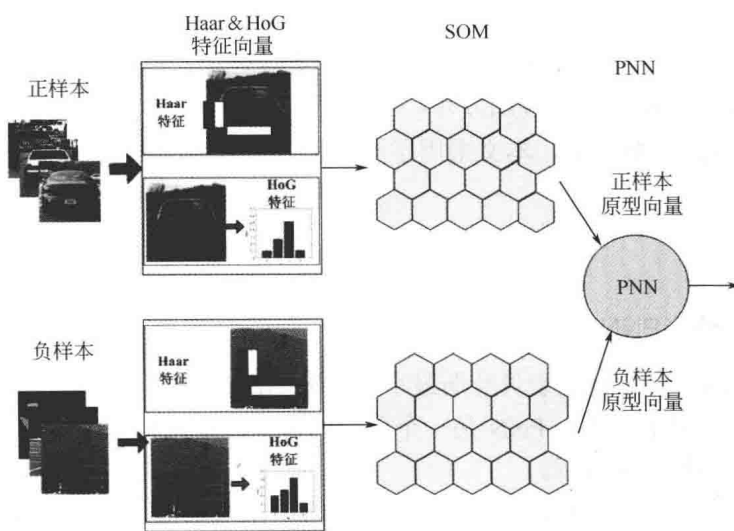


图 1 基于 Haar&HoG 特征融合和 SOMPNN 的车辆检测器结构

### 2.1 Haar&HoG 特征融合

Viola 和 Jones 在文章中<sup>[10]</sup>首次提出用基于积分图的类 Haar (Haar-Like) 特征及级联 Adaboost 算