

基于信息融合的车辆运行异常程度检测^①

张 坡¹, 郝敬彬¹, 王 焕¹, 彭淑彦²

¹(浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310023)

²(博格华纳汽车零部件(宁波)有限公司, 宁波 315000)

摘 要: 研究使用 GA-FNN 算法实时提取车辆监控中运行异常的问题. 利用遗传算法对全局信息的搜索特性, 筛选出有效的传感器信息作为模糊神经网络的输入, 通过模糊神经网络训练出模糊矩阵, 实时检测车辆运行的异常程度. 仿真结果显示 GA-FNN 算法在车辆实时监控系统中, 可以快速的检测出车辆的异常程度.

关键词: 信息融合; 遗传算法; 特征降维; 模糊神经网络; 车辆监控

Detection Abnormal Degree in Real-Time Vehicle Based on Information Fusion

ZHANG Po¹, HAO Jing-Bin¹, WANG Huan¹, PENG Shu-Yan²

¹(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

²(BorgWarner Automotive Components Co. LTD, Ningbo 315000, China)

Abstract: This paper utilizes the GA-FNN algorithms to extract the unusual problems in real-time vehicle monitoring. GA algorithm has the features of searching the global information, thus in this way a new approach is given to select the effective sensor information, and use it as the input of fuzzy neural network. The fuzzy matrix trained by fuzzy neural network can detect the degree of abnormal through real-time operation of the vehicle. The simulation examples demonstrate the validity of the application of the GA-FNN, the abnormal degree can be detected quickly.

Key words: information fusion; genetic algorithm; feature dimension reduction; fuzzy neural network; vehicle-mounted monitoring

随着高速公路的建设与发展, 公路运输安全问题越来越受到关注^[1]. 视频作为重要的信息载体, 在车辆监控系统中越来越重要^[2]. 由于车辆的移动性, 对车辆内部的视频监控多采用本地存储, 事后查看的方式. 远程实时的视频监控一直是车辆监控的发展方向. 然而, 目前无线网络是由流量计费, 面对海量视频监控数据, 通信费用将是很大一笔开销, 同时在监控中心监控视频的存储也使监控成本骤增. 因此智能化传输已成为远程实时视频监控的发展方向, 即根据车辆当前运行的异常程度改变视频监控信息的传输量, 这不仅能提高视频的传输效率, 降低视频传输所需的通信费用, 同时也能提高视频的存储效率, 减轻视频监控中心的存储压力. 为了适应这种智能化, 提取当前车辆的运行的异常程度已成为亟待解决的问题.

本文鉴于嵌入式车载终端的运算能力有限, 提出了 GA-FNN 算法, 其主要思想是: 基于遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 具有的并行性和对全局信息的有效搜索能力^[4], 使用 GA 对车辆运行信息进行特征优化, 筛选出最佳信息种群; 这些信息种群作为模糊神经网络 (Fuzzy Neural Network, FNN) 的输入信息, 通过离线训练好的模糊神经网络实时监测车辆运行的异常程度.

1 混合GA-FNN算法

信息融合技术也称为数据融合技术^[3], 是对不同来源信息之间存在的冗余信息、互补信息以及协同信息进行综合分析处理, 提高系统的可靠性和使用范围. GA-FNN 算法的工作流程如图 1 所示.

① 收稿时间:2014-09-28;收到修改稿时间:2014-10-24

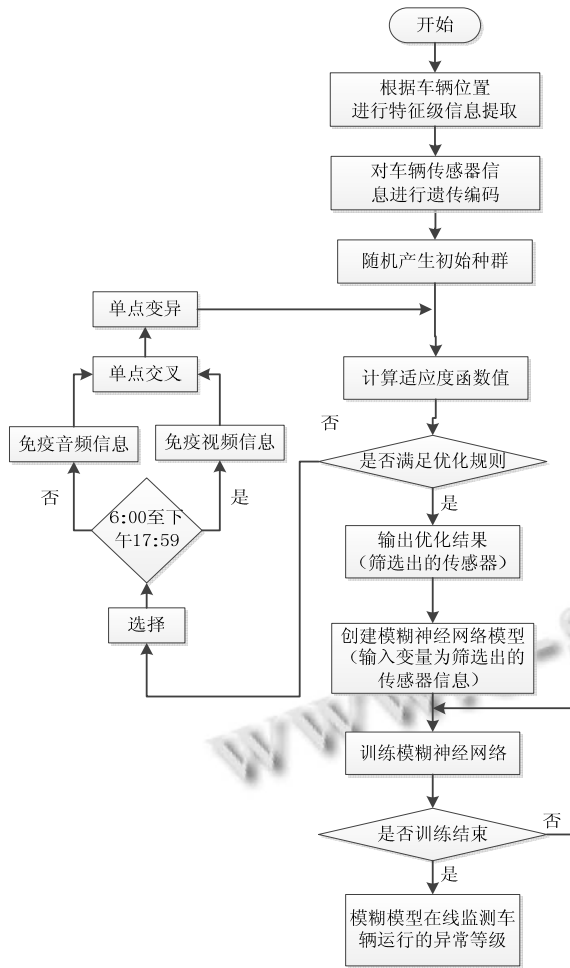


图 1 GA-FNN 算法结构流程图

1.1 遗传算法特征优化

目前自变量特征优化主要有主成分分析法(PCA)、局部保持映射法(LPP)(LPP)、局部线性嵌入法(LLE)等。这些算法,有的容易陷入局部最优解,有的可能破坏数据的拓扑结构^[5]。近年来由于遗传算法有足够的模式采样容量和遗传操作保持了种群的多样性,在特征优化方面也越来越受到关注^[6]。因此本文采用遗传算法对车辆运行异常监控中的输入信息进行种群优化,从而减轻后期实时监控计算的强度。

基于遗传算法特征优化的主要思想是,先对待输入的传感器进行编码,按照车辆行驶的时间、道路信息初始化待优化(车辆行驶中多传感器信息)种群,种群中的每个传感器信息对应问题的一个解。然后通过适应度函数计算每个传感器信息的适应度值并以此决定遗传操作,再按照一定的交叉、变异概率对传感器信息种群进行交叉和编译操作,直到满足终止条件。

1) 基因编码

这里遗传算法编码采用二进制编码,染色体的每一位对应一个输入传感器信息,每一位的基因取值只能是“1”和“0”两种情况。如果染色体某一位为“1”则表示该对应的输入传感器信息参与最终的建模;反之,则表示“0”对应的输入传感器信息不参与最终的建模。

2) 适应度函数

适应度函数是衡量群体中各个个体在优化计算中可能达到、接近或者找到最优解的优良程度。一般使用神经网络目标输出和实际输出的均方误差作为适应度。本文根据车辆运行的时间与位置的不同对其进行选择。

1.2 模糊神经网络

将模糊逻辑和神经网络相结合就构成了模糊神经网络。目前将模糊逻辑与神经网络相结合主要有以下 4 种方式^[7]。

1)将模糊逻辑用于神经网络,它利用模糊系统的先验知识,将神经网络的初值配置于全局极值点附近,从而克服其陷入局部极值点的问题;

2)将神经网络用于模糊系统,它的主要特点是利用神经网络调整模糊逻辑推理系统的隶属度函数和调整推理规则、利用模糊推理规则的形式构造成前馈传播结构,从而发挥各自的特点或者应用现有的神经网络,结合模糊系统的经验获取,设计模糊神经网络,它可以将网络参数赋予明确的物理意义,既可以表达定性的知识,也具有自学习和处理定量数据的能力;

3)模糊系统和神经网络全面结合,它将模糊系统与神经网络有机的结合起来,通过神经网络的网络结构来实现模糊推理,并通过神经网络的自学习能力,改善知识的获取和修改,它同时具有神经网络的低层次学习,计算能力和模糊系统的高层次的推理决策能力,从而形成具有真正意义的自组织,自适应的模糊神经网络系统,由于其网络的算法在数学上并未形成成熟的理论,所以现有的水平仅限于研究领域;

4)将模糊神经网络和其他理论相结合。从而改善系统的控制性能。

本文的 FNN 算法是将神经网络用于模糊系统,其算法流程如图 2 所示。

通过模糊规则对当前传感器信息 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 进行模糊推理描述如下:

IF : x_1 is A_1^i, x_2 is A_2^i, \dots, x_k is A_k^i

THEN: $y_i = p_0^i + p_1^i x_1 + \dots + p_k^i x_k$

其中 $A_j^i (j=1,2,\dots,k)$ 为传感器所属异常等级信息、 $p_j^i (j=1,2,\dots,k)$ 为模糊系统参数, 即传感器信息 x_j 属于 A_j^i 的权重、 y 根据模糊规则得到的结果输出。

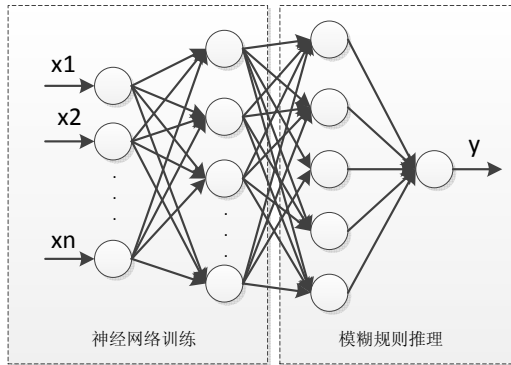


图 2 模糊神经网络架构图

2 GA-FNN算法在车辆运行异常程度检测中的应用

2.1 车况表示与建模

先从某被监控车辆的监控信息中提取出 500 组信息作为构建模型的样本, 其中每组样本信息都包括 10 类对应传感器的信息, 分别为速度、加速度、转向强度、视频变化、音频变化、油温、油压、车厢内温度、位置信息、时间信息。

对这些信息进行归一化处理, 分别进行特征提取, 然后在决策层通过模糊神经网络对其进行信息融合, 提取车辆的运行状态。对于视频和音频, 由于其信息量丰富, 所以在对其进行特征提取时不会像其他信息那样单一, 提取音频的音量与频率, 视频的画面变化率与目标物体位置变化率, 参与特征优化。对于不同的时间和位置, 对车辆各种信息的判断标准各不相同, 因此本文把时间和位置信息作为指导信息参与建模指导。

2.2 GA 特征优化

采用节 1.1 基因编码规则对所有需要输入的特征信息进行二进制编码, 本文的编码长度选择为 10 位, 依次分别是速度、加速度、转向强度、油压、油温、画面变化率、移动目标位置变化率、音频分贝、音频频率、车厢温度。如:1100011101 表示速度、加速度、画面变化率、目标位置变化率、音频分贝、车厢温度参与最终建模, 而转向强度、油压、油温、音频频率

不参与建模。

对于最重要的适应度函数, 本文选取测试集实际输出与模糊神经输出的均方误差的倒数作为遗传算法的适应度函数, 适应度越强, 均方误差越小, 适应度函数值也就越大, 这样经过不断迭代进化, 当平均适应度值和最佳适应度值相重合时即可筛选出最具代表性的输入自变量参与建模。

$$f(X) = \frac{1}{SE} = \frac{1}{sse(\hat{T} - T)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (\hat{t}_i - t_i)^2} \quad (1)$$

式中, $\hat{T} = \{\hat{t}_1, \hat{t}_2, \dots, \hat{t}_n\}$ 为通过模糊神经网络计算出的测试样本中车辆运行的异常等级; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 为提前根据经验计算出测试样本中车辆运行的异常等级值, n 为种群规模。

在特征优化过程中, 时间和位置作为指导信息, 对遗传算法进行免疫指导。时间信息对车辆监控中的画面影响比较大, 虽然现在的很多红外传感器已可以完成夜间监控, 但是模糊的画面对视频信息的特征提取影响巨大。通过调研可将时间信息划分为两类: 一、6:00 至下午 17:59, 这段时间光线强度比较好, 可以很清楚的获取到车辆监控画面, 对其进行特征提取, 这时候在特征优化的时候可以对视频信息进行免疫处理; 二、(傍晚)18:00 至(凌晨)5:59, 由于光线强度不足, 很难提取到可靠的视频特征信息, 此时的音频信息则显得尤为重要, 这时候在特征优化的时候可以对音频信息进行免疫处理。而车辆位置信息则是对车辆的行驶速度等方面有所限制, 据有关交通管理资料显示车辆在市区速度最大不能超过 40km/h, 而在高速公路行驶时速度应该控制在 60km/h 到 120km/h 之间, 这使得对车辆速度信息进行特征提取时所依据的参考标准不同。

2.3 FNN 异常特征提取

车辆行驶异常等级为各自隶属度, 如将其划分为 5 个等级: 极度异常、较异常、异常、轻微异常、正常^[8,9]。即 $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5\} = \{\text{极度异常, 较异常, 异常, 轻微异常, 正常}\}$, 异常程度主观量值如表 1 所示。

表 1 异常程度主观量值

异常等级	异常程度描述	量值
1	正常	0~0.2
2	轻微异常	0.2~0.4
3	异常	0.4~0.6
4	较异常	0.6~0.8
5	极度异常	0.8~1.0

3 实验仿真

对某被监控车辆某天 8:00 至 16:00 行驶在某市区的一段监控数据随机抽取 15 分钟中不连续的 500 组数据, 利用遗传算法进行特征优化. 初始种群通过随机方式生成, 设定种群规模为 20, 染色体长度为 10, 交叉率 P_c 为 0.9, 变异率 P_m 为 0.01, 学习速率取值 0.01, 网络层为 3, 最大迭代次数为 100.

遗传算法种群适应度函数进化曲线如图 3 所示. 通过遗传算法优化计算后, 筛选出来的染色体个体为 1110010101, 也就是说, 筛选出来的 6 个输入自变量分别为速度、加速度、转向强度、视频画面变化率、音频分贝、车厢温度.

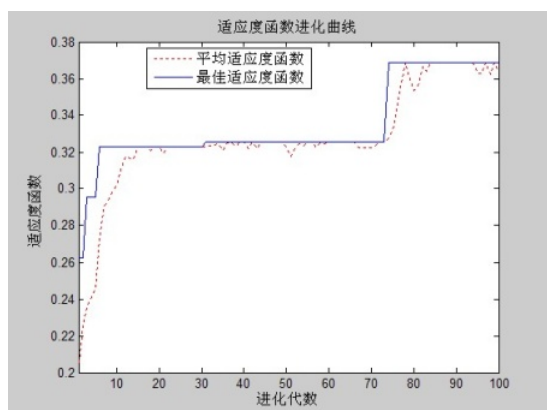


图 3 遗传降维适应度曲线

模糊神经网络构建根据训练样本位数确定模糊神经网络输入/输出节点数、模糊隶属度函数个数, 由于遗传算法特征优化后输入数据维数为 6 维, 输出数据为 1 维, 所以模糊神经网络结构为 6-12-1.

从 500 组样本中随机抽取训练样本 100, 200 和 400 组, 对应测试样本分别为 50、100、和 150 组, 分别直接使用 FNN 算法和 GA-FNN 算法进行车辆运行异常程度检测, 它们各自花费的时间和车辆异常运行程度检测正确率如表 2 所示.

表 2 遗传算法降维前后模糊神经网络建模时间

训练样本		100	200	400
测试样本		50	100	150
G A 前	异常判断	21	37	57
	建模时间(S)	5.34	12.95	12.03
	预测正确率(%)	95.45	92.5	93.44
G A 后	异常判断	22	38	59
	建模时间(S)	1.29	2.06	1.58
	预测正确率(%)	100	95	96.72

由此可知, 经遗传算法优化筛选后, 参与建模的输入自变量个数约为全部输入自变量个数的一半, 降低了建模时间, 同时也大大提高了 FNN 算法预测的正确率.

用训练好的模糊模型, 对被监控车辆的运行信息进行融合处理, 提取出其当前的运行状态, 并与通过实际人工判断结果进行运行状态进行比对, 其误差如图 4 所示, 其误差在允许范围之内. 通过 matlab2009a 仿真测试出利用训练好的模糊神经网络对车辆进行实时监测, 其处理完一条数据的平均时间在 1.23s, 这个时间虽然看起来很长, 但是这对区分车辆监控中异常行为而言完全足够, 因此说明本文提出的 GA-FNN 算法有效、可行.

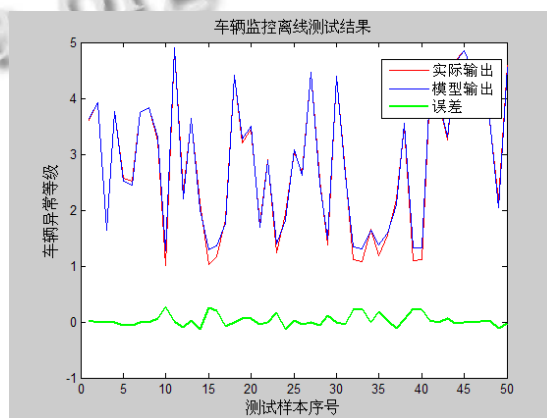


图 4 车辆监控测试

4 结语

本文在研究车辆异常程度检测的问题上, 针对单一特征检测以及基于同类特征信息的融合方法的不足, 提出了融合多源传感器特征信息来检测车辆异常程度, 强化了所参与融合的特征信息的互补, 可以提高车辆异常检测的可靠性以及不同环境的适应性, 对相关领域的研究具有一定的参考意义.

参考文献

- 姜敏.“两客一危”3G无线视频监控车载系统. 电信工程技术与标准化, 2013, 4: 43-47.
- 王孝坤, 陈维强, 李月高, 牟三刚, 杨金东. 基于 3G 的公交车载视频监控系统研究. 第六届中国智能交通年会暨第七届国际节能与新能源汽车创新发展论坛优秀论文集(上册)—智能交通. 中国智能交通协会, 2011: 6.
- Pau LF. Sensor data fusion. Journal of Intelligent and Robotic

- Systems, 1988, 1: 103–116.
- 4 沈永增,陈瑞,黄海港.基于遗传神经网络的车辆导航路径规划.计算机系统应用,2013, 22(8):210–213,189.
- 5 姚旭,王晓丹,张玉玺,权文.特征选择方法综述.控制与决策,2012,27(2):161–166,192.
- 6 陈娜.基于免疫遗传算法的聚类与特征降维研究[学位论文].南昌:江西师范大学,2011.
- 7 Fukuda T, Shimojima K, Arai F and Matsuura H. Multi-sensor integration system based on fuzzy inference and neural network. Information and Science, 1992, 71(1,2): 27–41.
- 8 沈永增,胡立芳,冯继妙.多源信息融合在驾驶疲劳检测中的应用.计算机应用与软件,2012,(2):272–274,297.
- 9 周润景,张丽娜.基于 MATLAB 与 fuzzyTECH 的模糊与神经网络设计.北京:电子工业出版社,2010.

www.c-s-a.org.cn

www.c-s-a.org.cn