

Research on Fuzzy Control for Vehicle Automatic Collision Avoidance Based on Machine Vision

Liu Dong¹, Zhou Bing¹

(State key laboratory of advanced design and manufacture for vehicle body, Institute of Space Technology, Hunan University, Changsha city, China, 410082)

Abstract: Unmanned vehicle must be able to avoid the collision accurately and quickly on own initiative. The fuzzy control needs neither exact information of environment, nor huge amount of calculation. It has great prospect to be used in automatic collision avoidance. In this paper, a fuzzy control method has been studied. It can be used in automatic collision avoidance based on machine vision. The results of the emulation show that this control method can ensure vehicle avoid collision accurately, quickly and robustly.

Key words: Unmanned vehicle, machine vision, automatic collision avoidance, fuzzy control

基于机器视觉的汽车主动避撞模糊控制研究

刘冬¹, 周兵¹

(1 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 航天技术研究所, 长沙, 邮编: 410082)

摘要: 无人驾驶汽车在遇到危险工况时应能准确、快速的主动避撞。而模糊控制方法不依赖于精确的环境信息, 运算量小, 应用于主动避撞的控制很有前途。对此本文提出了基于机器视觉的车辆主动避撞模糊控制方法。通过此方法对无人驾驶汽车主动避撞进行仿真。仿真结果表明本文的模糊控制方法能准确、快速的控制车辆主动避撞, 具有很好的鲁棒性。

关键词: 无人驾驶汽车; 机器视觉; 主动避撞; 模糊控制

1 引言

车辆无人驾驶是智能交通系统的一个重要部分, 旨在帮助乃至取代驾驶员实现车辆自动控制和自动驾驶, 减少交通事故的发生, 提高交通系统效率。关于主动避撞方面国内外已经做了大量的研究工作^[1]。目前面临的组要问题是在主动避撞时, 控制和规划缺少智能性和鲁棒性。且由于传感技术和算法的制约, 影响了控制的实时性。为了提高智能性, 可以采用模糊控制方案。模糊控制的核心是控制规则的建立, 这些规则的归纳和隶属函数的确立一般都依赖于专家和经验知识。

有经验的驾驶员是根据自车与前方障碍物的相对位置和距离以及自车的前进速度来进行避撞驾驶决策的。因此, 模拟驾驶员的这种经验来建立控制规则将是行之有效的。本文采用模糊控制方法, 通过对模糊控制规则量化划分实现了无人驾驶车在遇到障碍时, 能够采用类似有经验驾驶员的驾驶动作实现避撞。仿真结果证实了本文提出方法的可行性、有效性。

2 车辆系统动力学模型

本文采用如图1所示的车辆系统动力学模型^[2]作为主动避撞控制的被控对象。图中 xoy 是地面固定的直角坐标系, $v_c o_c v_\eta$ 为车辆的相对坐标系, v_η 为车辆的纵向速度, v_c 为车辆的横向速度。 θ 为车辆与轴的夹角, 到 y 轴逆时针为负, 顺时针为正。对地面固定的坐标系 xoy , 车辆的运动模型为:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \cos\theta \cdot v_c + \sin\theta \cdot v_\eta \\ \dot{y} &= -\sin\theta \cdot v_c + \cos\theta \cdot v_\eta\end{aligned}$$

此模型的输入量 δ 、 P 分别为车辆的前轮转角和驱动力, 经换算可转化为前轮转角 δ 与驱动加速度 a 。输出量为车辆在地面固定的 xoy 直角坐标系中的横坐标、纵坐标和车辆前进方向与 y 轴的夹角 θ 。输入量 δ 的取值范围:

$-0.2rad \leq \delta \leq 0.2rad$ 。由于本文是进行避撞研究, 所以驱动加速度为负值, 输入量 a 的取值范围设定为: $-6m/s^2 \leq a \leq 0m/s^2$

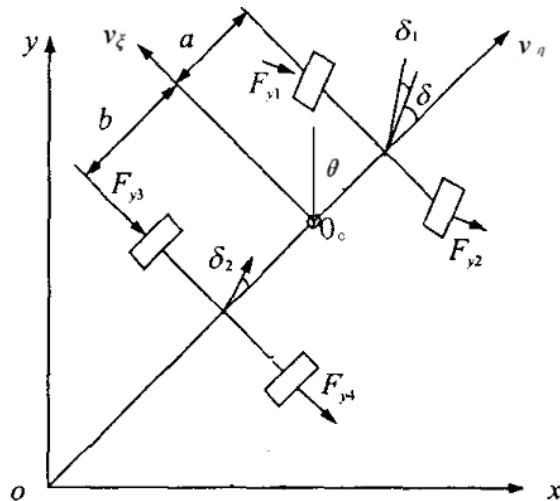


图1 车辆动力学模型

3 主动避撞模糊控制系统设计

3.1 模糊控制原理

车辆在行驶过程中进行避撞是较频繁且较复杂的操作。依据驾驶经验，在发现目标体后，驾驶员会根据估计距离和车速先进行制动操作，车速下降至较低时结合转向操作避开目标体防止碰撞。在紧急情况时，驾驶员会制动同时结合转向控制车辆。

由上述可建立本文的控制策略：考虑到在避撞过程中必须避免自车在高速转向和剧烈转向时发生失稳^[3]，将最大转向角度设定为0.2rad. 转向速度上限设定为15m/s。在良好的路面状况下行驶，左右轮与地面的附着系数的差别可以忽略不计，为方便起见，假设在控制的全过程轮胎与地面的附着系数保持不变。车载摄像机实时采集信息^[4-5]（距离、方位）。进入控制触发范围之后先依据车速的高低由模糊控制器1对制动减速度的大小实施控制。当车速降至低于转向速度上限后可由模糊控制器2实施转向控制操作，依据此时机器视觉系统采集所得实时距离来控制转向的角度。另外考虑到较紧急情况（目标距离<20m，车速大），应该同时施加制动和转向控制。此时模糊控制器1、2同时启动。

具体控制流程如图2所示。机器视觉系统实时采集路面信息，由模糊控制器1对制动进行控制。速度下降至转向速度上限值以下（即 $v < 15\text{m/s}$ ），或相对距离小于20m，加入模糊控制器2，对转向进行控制。

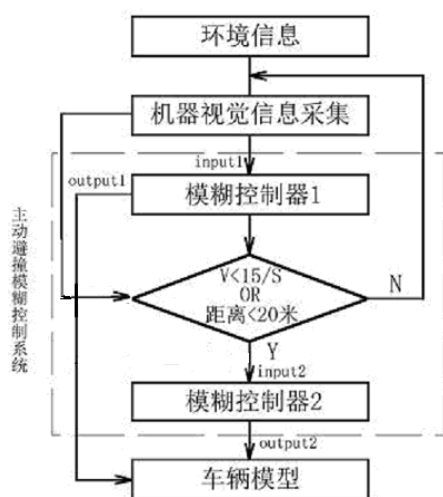


图2 主动避撞模糊控制流程

3.2 模糊控制器的结构

由前述要求可知，模糊控制器1的输入量为：speed 目标体与车辆的相对速度（目标静止则相对速度为车辆的行驶速度）、

distance1 目标体与车辆的距离。输出量为: braking deceleration 制动减速度。模糊控制器2的输入量为: distance2 目标体与车辆的距离、position 目标体方位。输出量为: steering 前轮转角。

将相对速度量化为(高、中、低)三个等级;将距离量化为(远、中、近)三个等级;将制动减速度量化为(大、中、小)三个等级;将前轮转角量化为(左大、左小、零、右小、右大)五个等级。根据相关的驾驶员模型和驾驶员特性^[6-8]得到如图3、4所示输入输出量的隶属函数。控制器1中,速度、距离选用gauss型隶属函数,制动减速度选用trimf型隶属函数。控制器2中,距离、方位选用gauss型隶属函数,转向选用trimf型隶属函数。

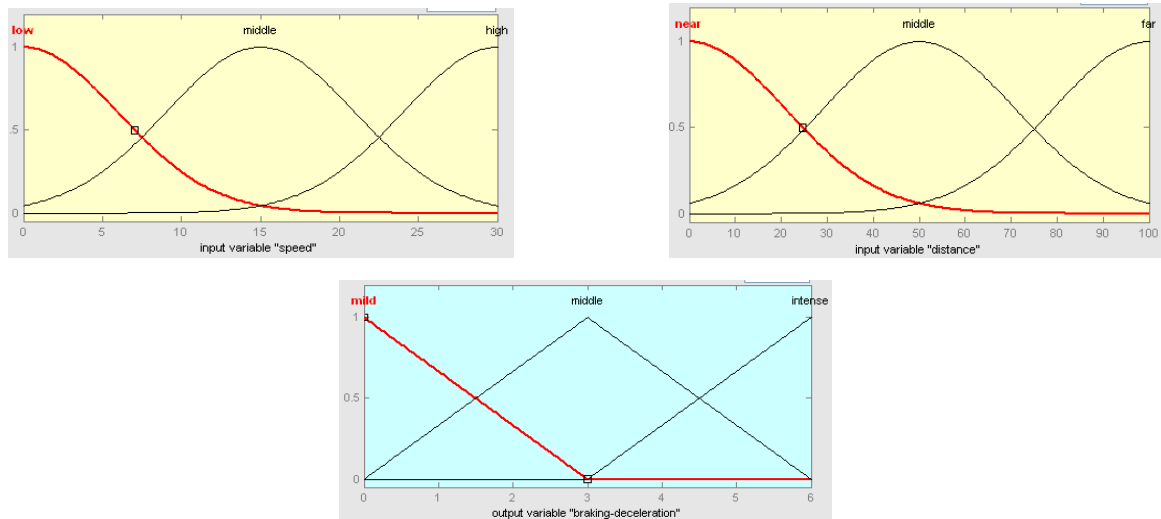


图3 模糊控制器1输入输出量隶属函数

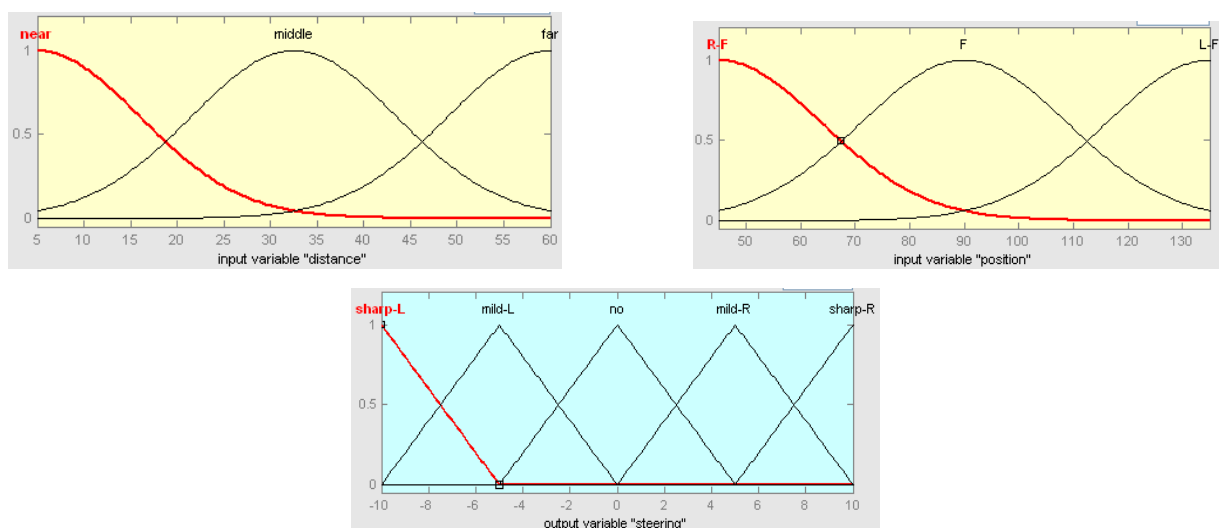


图4 模糊控制器2输入输出量隶属函数

3.3 模糊控制规则

模糊控制规则是模糊控制器的核心,按照相关文献^[9-10]建立模糊控制规则如表1、表2。本文模糊推理和去模糊化所采用的算法为Mamdani型的模糊控制算法。

表1. 模糊控制规则1

input		output
speed	distance-1	braking - deceleration
low	far	mild
low	middle	mild
low	near	middle
middle	far	mild
middle	middle	middle
middle	near	intense
high	far	middle
high	middle	intense
high	near	intense

表2. 模糊控制规则2

input		output
position	distance-1	steering
R-F	far	no
R-F	middle	mild-L
R-F	near	sharp-L
F	far	mild-L
F	middle	mild-L
F	near	sharp-L
L-F	far	no
L-F	middle	mild-R
L-F	near	sharp-R

由控制规则1可得到速度和距离对制动减速度的控制曲面如图5。由控制规则2可得到方位和距离对转向的控制曲面如图6。

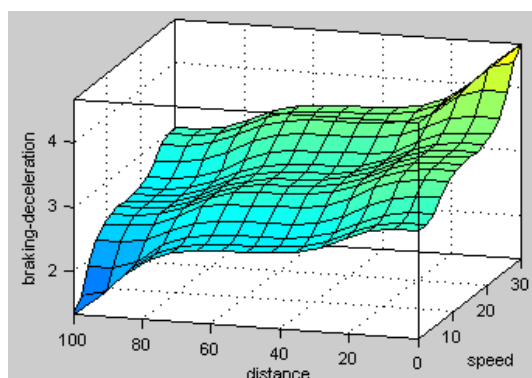


图5 制动减速度的控制曲面

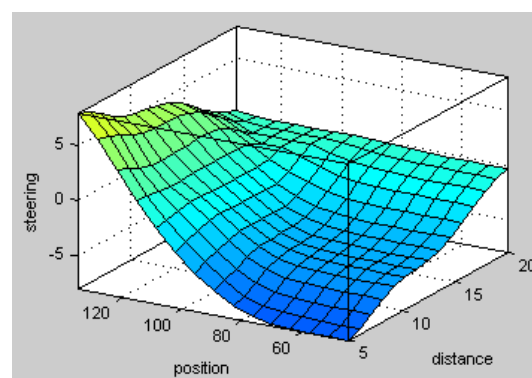


图6 转向的控制曲面

4 仿真及结果分析

4.1 仿真结果

目标物体的宽度为2m, 通过机器视觉系统确定目标物体的中心位置。考虑到避让要求, 在自车纵向行驶位移到达目标体所在位置之前, 自车的横向位移如果大于1m, 则避让成功; 若小于1m则避让失败。

选取两种目标物体的典型位置: 左前(135)、正前(90)。选取两种自车的典型速度 (中速、高速): 15m/s、25m/s。目标体距离分别设定为: 60m、30m。共仿真上述的8种典型状况, 得到如图7所示的主动避让车辆位移图。

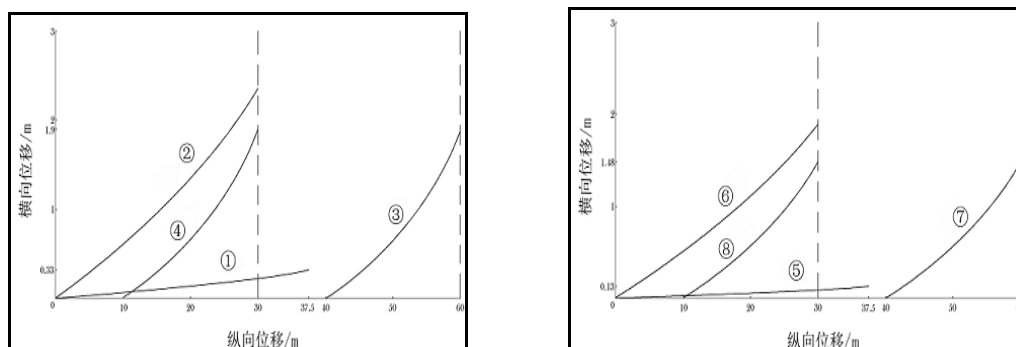


图7 车辆位移图

4.2 结果分析

图中曲线①说明：车辆初速度为15m/s、目标物体距离为60m、位于左前方，纵向位移达到37.5m时车辆已停止，此时横向位移为0.33m。虽然横向位移没有达到1m，但是车辆已在距离目标体22.5m处停车，避撞目的实现。

曲线②说明：车辆初速度为15m/s、目标物体距离为30m、位于左前方，纵向位移达到30m时横向位移已经超过1.5m，满足避撞要求，避撞目的实现。

曲线③说明：车辆初速度为25m/s、目标物体距离为60m、位于左前方，纵向位移达到60m时横向位移已经超过1.8m，满足避撞要求，避撞目的实现。

曲线④说明：车辆初速度为25m/s、目标物体距离为30m、位于左前方，纵向位移达到30m时横向位移已超过1m，也满足避撞要求，避撞目的实现。分析图7中的⑤-⑧曲线可得出与上述相似结果。

仿真结果说明本文提出的模糊控制方法能够较好的在多种状况下实现主动避撞。

5 结语

本文利用模糊控制的方法，通过借鉴优秀司机的驾驶经验对控制规则的量化细分，较好地解决了智能车辆主动避撞问题。仿真结果是在良好路面状况的条件下得到的，有待进一步研究非良好路面状况下的主动避撞控制。另外，本文还可作为在车辆跟驰状态下的主动避撞以及连续主动避撞的前期工作。

参考文献

- [1] 王京元,王炜,程琳.汽车主动避撞系统关键技术研究 [J]. 交通与计算机,2004 4 :33 - 36.
- [2] MichaelCNechyba, YangshengXu. Stochastic Similarity for ValidatingHuman Control StrategyModels[J]. IEEE Transactionson Robotics Automation, 1998,14 3 :437-451.
- [3] 徐延海. 基于主动转向技术的汽车防侧翻控制的研究 [J]. 汽车工程 , 2005, 27 5 : 518 - 521.
- [4] XU You-chun. Study on integrative navigation method of intelligent vehicle based on machine vision and GPS[PhD Dissertation] [D].ilin: JilinUniversity, 2001. [徐友春. 智能车辆视觉与 GPS 综合导航方法的研究 [博士学位论文] [D]. 吉林: 吉林大学, 2001.]
- [5] YU Hong2chuan, WU Fu-chao, YUAN Bo, et al. Camera self -calibration technique based on active vision [J]. ROBOT, 1999, 21 1 : 1~7. [于洪川, 吴福朝, 袁波, 等. 基于主动视觉的摄像机自标定方法 [J]. 机器人, 1999, 21 1 : 1~7.]
- [6] 李世雄 , 余群. 基于模糊控制的人 -车闭环系统的操纵稳定性 [J]. 中国农业大学报 , 1998, 3 :108 -112.
- [7] 马凤军. 驾驶员模型参数和车辆结构参数的辨识及其对闭环系统性能影响的研究 [D]. 吉林: 吉林大学 , 2002.
- [8] HISAOKA YJ, MASAKIY, AKIO O. Closed2loop AnalysisofVehicle Behavior During Braking in A Turn[J]. JSAEReview, 1999, 20:537 - 542.
- [9] 章卫国 ,杨向思.模糊控制理论与应用 [M]. 西安:西北工业大学出版社 ,1999.
- [10] 郑亚林 ,黄德隆 ,郭健. Fuzzy 推理的 Mamdani 算法 [J].宝鸡文理学院学报:自然科学版 ,2001,21 3: 1682173.