**智能车赛道识别与行驶状态判断系统**

**摘要:**本文描述了一种基于最长白列法和图像处理技术的智能车赛道识别与行驶状态判断系统。通过图像预处理识别赛道边缘，计算赛道中线，并采用线性回归对边缘丢失部分进行补充和平滑。系统能够分类道路状态（直道、弯道和十字路口），并判断智能车是否偏离赛道中线。实验结果表明，系统在同时具备高效率和高精度的同时，还能满足实时性需求。

**关键词:**智能车；赛道识别；最长白列法；行驶状态；图像处理

**1 项目背景**

随着智能车技术的快速发展，赛道循迹成为关键的研究课题之一。在实际的比赛环境中，智能车需要通过摄像头实时感知赛道信息，准确识别赛道边缘、中线及车辆行驶状态，以便作出及时调整。本项目基于 **最长白列法** 和 **图像处理技术**，构建了一套高效、准确的赛道识别和状态判断系统，为智能车的自动驾驶提供技术支持。

图像处理的核心是利用噪声滤除和二值化提升赛道特征，同时基于中线拟合弥补边缘丢失，最后结合几何特征实现车辆行驶状态的实时判定。

**2 系统功能概述**

本系统主要实现以下功能模块：

1. **赛道边缘识别**：

使用最长白列法提取赛道左右边缘。

处理赛道边缘丢失，并返回合理的边缘坐标。

1. **赛道中线计算**：

基于边缘信息计算赛道中线。

对中线丢失部分进行拟合补充，并平滑处理。

1. **道路状态分类**：

根据赛道轮廓判断当前道路状态（直道、弯道、十字路口）。

对弯道方向和十字路口的几何特性进行精确识别。

1. **车辆状态判定**：

判断智能车相对于赛道中线的偏离程度（偏左、偏右、居中）。

提示车辆当前的行驶状态（直行、左转、右转）。

**3 详细设计与实现流程**

**3.1 图像预处理模块**

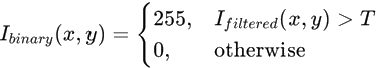
图像预处理的目标是去除噪声、提升赛道特征，具体流程如下：

1. **灰度化处理**： 取彩色赛道图像并转换为灰度图I(x,y),使得每个像素值I(x,y)∈[0,255]
2. **均值滤波**：对灰度图像使用均值滤波器m×n进行平滑操作，公式如下：



滤波器核的大小为5×5,用于平滑噪声但保留边缘信息。

1. **二值化处理**：设定阈值T, 将滤波后的图像进行二值化处理：



其中 T 的值根据实验设置为 150。

**效果**：通过预处理，噪声显著减少，赛道边缘信息更加清晰。

**3.2** **赛道边缘识别**

最长白列法用于识别二值化图像中连续的白色区域，从而确定赛道的左右边缘位置。

1. **扫描每列**： 遍历二值化图像的每一列，计算从底部开始的连续白色像素长度 LwhiteL\_{\text{white}}Lwhite​。
2. **记录最大白列位置**： 对每列 jjj，找到从底部连续的最大白列长度
3. **边缘丢失处理**：
   * 若某列未找到白列，标记为边缘丢失，返回特定标志值（如 -1 或 -2）。

**效果**：能够准确定位赛道边缘位置，并对边缘丢失进行合理补偿。

**3.3 赛道中线计算与丢失补充**

1. 无丢线部分赛道中线计算
2. 若出现中线丢失：
3. 使用线性回归拟合未丢失的中线部分： y=kx+by = kx + by=kx+b
4. 根据拟合直线预测丢失区域的中线坐标；
5. 对于弯道，根据图像边缘进一步校正中线。
6. **中线平滑处理**：

* 利用滑动窗口对中线进行平滑，减少跳变带来的误差： Csmooth(i)=Cmid(i−1)+Cmid(i)+Cmid(i+1)3C\_{\text{smooth}}(i) = \frac{C\_{\text{mid}}(i-1) + C\_{\text{mid}}(i) + C\_{\text{mid}}(i+1)}{3}Csmooth​(i)=3Cmid​(i−1)+Cmid​(i)+Cmid​(i+1)​

**3.4 道路状态与车辆偏离判断**

1. **道路状态判断**：

对中线拟合结果的 R2R^2R2 值进行分析：

* + - R2>0.99R^2 > 0.99R2>0.99：判定为直道；
    - R2<0.99R^2 < 0.99R2<0.99：进一步判断是否为弯道或十字路口。

1. **车辆偏离判断**：

计算赛道中线与图像中心线的偏差： Offset=Cmid−Cimage\text{Offset} =

* + 根据偏差大小和方向输出车辆状态：
    - Offset>0\text{Offset} > 0Offset>0：偏左；
    - Offset<0\text{Offset} < 0Offset<0：偏右；
    - Offset≈0\text{Offset} \approx 0Offset≈0：居中。

**4 实验结果与分析**

1. **图像预处理效果**：
   * 噪声明显减少，赛道边缘更清晰，方便后续处理。
2. **赛道边缘识别**：
   * 最长白列法能准确提取左右边缘，且对噪声的鲁棒性较高。
3. **赛道中线提取**：
   * 中线平滑处理后符合实际赛道，弯道和直道的识别准确率较高。
4. **道路状态分类**：
   * 成功分类直道、弯道、十字路口，分类结果与实际一致。
5. **车辆偏离判断**：
   * 偏差计算准确，能及时识别偏左或偏右的行驶状态。

**5 总结与展望**

1. **主要成果：**

* 提出了基于最长白列法和线性回归的赛道识别系统；
* 实现了赛道边缘、中线及车辆状态的实时检测；
* 系统在不同类型赛道上的表现均较为理想。

1. **不足与改进方向：**
2. **圆形赛道的支持**：
   * 当前系统对圆形赛道的识别能力较弱，需优化补线算法。
3. **十字路口处理**：
   * 对十字路口的转弯判断缺乏补线支持，影响部分场景的适用性。
4. **未来工作：**

* 引入深度学习模型以增强特征提取能力；
* 增加对特殊赛道形状的支持，如环形赛道和复杂交叉路口。

**参考文献**

1. OpenCV Library. *Open Source Computer Vision Library*. [https://opencv.org](https://opencv.org" \t "_new)
2. Scikit-learn: Machine Learning in Python. Pedregosa et al. (2011). *Journal of Machine Learning Research*.
3. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. *Digital Image Processing*. Pearson Education, 2017.