

文章编号: 2095-2163(2020)12-0021-03

中图分类号: TP391

文献标志码: A

# 水下输油管漏油点检测设计与实现

王银山, 温源, 吴昊, 夏阳, 杨础源

(北京信息科技大学 计算机学院, 北京 100101)

**摘要:** 随着中国经济的发展,对能源的需求日益增强,因此对海洋中能源的探索力度加大,石油是其中一项重要的能源。但是,由于海洋环境的复杂多变,时常导致水下输油管道泄露,使得能源损失和海洋环境污染,有必要定期的对水下输油管道进行检测。使用一条带有摄像头的水下机器鱼在无人操作的情况下,对水下输油管道进行巡管检测。本文给出了水下机器鱼可实施的硬件组装和巡管、检测算法。根据实验数据可以得出结论,根据本文提出的硬件组装和巡管、检测算法,水下机器鱼可以较好地完成水下输油管漏油点检测。

**关键词:** 水下机器鱼; 石油; 巡管检测; 输油管道

## Underwater pipeline oil leak detection design and implementation

WANG Yinshan, WEN Yuan, WU Hao, XIA Yang, YANG Chuyuan

(School of Computer, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100101, China)

**[Abstract]** With the development of China's economy, the demand for energy is increasing, so the exploration of energy sources in the ocean has increased, of which oil is one of the important sources. However, due to the complex and ever-changing marine environment, underwater oil pipelines often leak, causing energy loss and marine environment pollution, and it is necessary to regularly inspect underwater oil pipelines. An underwater robot fish with a camera is used to inspect the pipeline unattended. This paper gives the hardware assembly and the algorithms for pipeline inspection and detection that can be implemented by the underwater robot fish. Based on the experimental data, it can be concluded that according to the hardware assembly and inspection and detection algorithm proposed in this paper, the underwater robot fish can better complete the completion of underwater pipeline oil leak detection.

**[Key words]** Underwater Machine Fish; Oil; Pipe inspection; Oil pipeline

## 0 引言

近年来,中国海洋油气事业发展迅速,海底输油管道在能源开发中担负重要任务。但是,海底输油管道所处的海洋环境异常复杂,存在着诸多不稳定因素。根据公开报道不完全统计,中国2015~2020年之间发生了不少于20起海底输油管道事故(事件)。中国海域海底输油管道的是否安全关乎中国海洋油气开发和安全生产,人们应对此高度重视。因此有必要对海底输油管道的运行状况进行定期检查,了解掌握海底输油管道安全状态,这是海上油气生产的重要保障措施。不仅保障了国家资源开发,而且保护海底输油管道运营商资产的完整性。针对目前如何实现对海底输油管道自主巡管检测、检测漏油点等问题。基于水下机器人创新平台,设计一条水下机器鱼从规定的管道起点出发沿着管道上方

游动,自主完成直行、拐弯等操作,并且对水下输油管道上的漏油点进行检测识别。水下机器鱼全程都是自主巡管前进,自主检测漏油点。

## 1 硬件实现

水下机器鱼需要沿着管道上方前进,检测漏油点。故在水下机器鱼头部安装一个有一定倾斜角度摄像头,来进行图像采集并且将图像发送到鱼身的控制主板。对采集的图像进行图像处理,根据处理后的数据结果来控制机器鱼的尾部的动力系统,从而实现水下机器鱼自主巡管和检测漏油点。水下机器鱼的基本构造如图1所示。

## 2 水下机器人算法实现

### 2.1 巡管功能算法

水下机器鱼巡管功能是利用机器鱼头部的摄像头拍摄采集图像,将图像中所拍摄管道部分进行图

**基金项目:** 北京信息科技大学计算机学院大学生创新创业训练项目(5102010805);北京信息科技大学校基金(1825021)。

**作者简介:** 王银山(1998-),男,本科生,主要研究方向:流程检测和图像识别;温源(1984-),男,博士,讲师,主要研究方向:推荐技术研究、文本信息挖掘等;吴昊(1998-),男,本科生,主要研究方向:流程检测和图像识别;夏阳(2001-),男,本科生,主要研究方向:大数据分析;杨础源(2001-),男,本科生,主要研究方向:大数据分析。

**通讯作者:** 王银山 Email:2268985229@qq.com

**收稿日期:** 2020-09-20

像分割,二值化处理,将得到数据保存在一个二维数组中。从上到下,从左到右同时遍历,可计算得出管道上下端的中心点,对两个中间点连线,将该线放入笛卡尔坐标系中,以Y轴为基准,根据两个中心点的坐标计算得出斜率,该斜率就是所需的斜率<sup>[1]</sup>,如图2所示。水下机器鱼的方向和速度会根据这条斜率实时地调整校准,巡线功能算法流程图如图3所示。



图1 水下机器鱼构造图

Fig. 1 Underwater robot fish construction diagram

## 2.2 检测功能算法

针对水下机器鱼所处的环境因素,对水下机器



图2 斜率示意图

Fig. 2 Slope diagram

(2) 梯度求取:对经过 Gamma 标准化后的图像,求取其像素点 $(x, y)$  梯度及梯度方向,分别在水平和垂直方向进行计算,水平分量和垂直分量为 $G_x(x, y)$  和 $G_y(x, y)$ ,这两个量可以按照式(2)和式(3)所示的方式获取,其中 $H(x, y)$  表示像素点 $(x, y)$  的像素值<sup>[3]</sup>。像素点的梯度包括了梯度大小和方向两个分量,可以按照式(4)和式(5)的方式分别提取。式(4)和式(5)去求得每个像素的梯度大小和方向<sup>[4]</sup>。

$$G_x(x, y) = H(x + 1, y) - H(x - 1, y), \quad (2)$$

$$G_y(x, y) = H(x, y + 1) - H(x, y - 1), \quad (3)$$

$$G(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2}, \quad (4)$$

$$\theta(x, y) = \arctan\left[\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)}\right]. \quad (5)$$

鱼摄像头采集的图像进行预处理:图像灰度化, Gamma 校正,从而处理所处环境光线的影响;对处理后的图像进行梯度计算,提取梯度方向直方图(HOG)特征,采用支持向量机(SVM)来进行判断,而来检测漏油点;对之前的漏油样本进行梯度计算并统计获取特征向量,以此作所对应的 SVM 分类器的特征描述子,检测功能算法流程图如图4所示。因此直接调用 SVM 即可得到判别结果,该算法提高了管道漏油检测的可靠性和鲁棒性<sup>[2]</sup>。

提取 hog 图像特征的关键步骤:

(1) Gamma 标准化:降低检测窗口局部的阴影和光照变化所带来的影响,从而增强算法的对与光照的可靠性和鲁棒性。Gamma 标准化可以利用公式(1):

$$P(x, y) = Z(x, y)^r. \quad (1)$$

其中, $Z(x, y)$  是标准化之前的位于像素点 $(x, y)$  的灰度值; $P(x, y)$  是标准化之后的位于像素点 $(x, y)$  的灰度值; $r$  取值为 0.5。



图3 巡线功能算法流程图

Fig. 3 Patrol Function Algorithm Flow Chart



图4 检测功能算法流程图

Fig. 4 Algorithm flow diagram of Detection function

(3) 直方图构建:首先把图像划分若干个 $6 \times 6$  的小单元,称作细胞单元(cells),把这个 $6 \times 6$  的小单元用长度为9的数组来表示,这个数组就是梯度直方图。接下来计算 cell 中像素的梯度直方图,将 $0^\circ \sim 180^\circ$  这个范围分成9份,既9个bins,每 $20^\circ$  为一个单元。cell 中每个像素根据其梯度方向角度分别落入某一个bin中,并且根据像素的梯度大小对落入的bin权重进行累加,从而得到一个cell的梯度方向直方图<sup>[5]</sup>。图像的梯度对整体光照非常敏感,比如通过将所有像素值除以2来使图像变暗,那么梯度幅值将减小一半,因此直方图中的值也将减小一半。理想情况下,特征描述符不会受到光照变化的影响,那么就需要将直方图“归一化”。本文提出的措施是通过滑动窗口的方式将多个cells组合成

得到一个块 (block), 将每一个 cells 特征向量串联, 就可以得到该 block 的 hog 特征; 再将所有 block 的特征向量进行合并, 就得到了整个图像的特征描述符。hog 特征提取如图 5 所示。

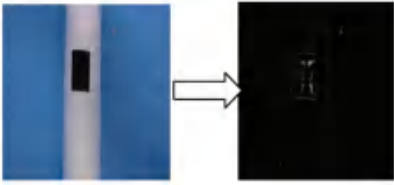


图 5 hog 特征提取图

Fig. 5 hog feature extraction map

### 3 结束语

为了实现机器鱼巡线和检测漏油点功能, 笔者给出具体方法, 结果表明该方法行之有效。但是, 笔者在模拟检测中发现该算法仍然有一些不足。例如,

摄像头拍摄图像, 水下如果有阴影或者其他杂物, 会影响图像处理效果, 可能会导致而出现些许误报的情况。综上所述, 水下机器鱼检测输油管道尽管存在一些问题, 但相比人工检测输油管道有优势与好处, 有很大发展和提升空间, 后期需要不断创新和改进。

### 参考文献

[1] 王超, 霍艳艳, 杨学斌, 等. 基于水中机器人协同竞技的设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(6): 152-153.

[2] 赵妍, 朱泽民, 董蓉, 等. 基于改进 HOG 特征的瓶口缺陷检测算法[J]. 现代制造工程 2019(1): 126-132.

[3] 付智军. 基于 hog 图像特征的人脸识别系统设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(1): 117-120.

[4] 李勇泽, 陈磊. 训练样本数量对 HOG-SVM 目标检测算法的影响[J]. 现代计算机, 2018(19): 24-27.

[5] 郭明玮, 赵宇宙, 项俊平, 等. 基于支持向量机的目标检测算法综述[J]. 控制与决策, 2014(2): 193-200.

(上接第 20 页)

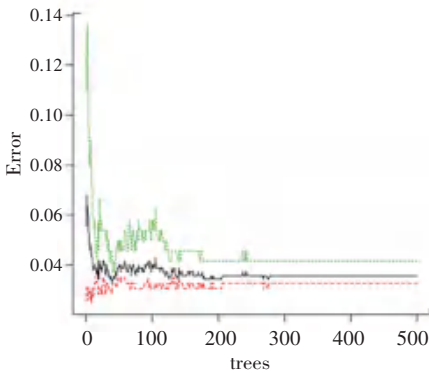


图 11 随机森林树数目决定图

Fig. 11 Decision diagram of random forest tree number

从 R 运行结果来看, 可以发现在树的量到达 400 的时候误差已经稳定, 所以根据选取原则 ntree 选取数值为 400。

#### 2.3.3 建模求取随机森林误判率

由 2.3.1 和 2.3.2 中得到的 mtry 和 ntree, 可以建立模型, 然后对乳腺癌数据进行分析, R 运行得到的随机森林混淆矩阵和误判率结果如图 12 所示。

从运行结果中可以看到 OOB estimate of error rate: 3.15%, 这表示的是随机森林模型对于此次所用数据的分析误差, 精确率为 96.85%。

### 3 结束语

通过上述算法在乳腺癌数据中的建模分析, 不断地对参数进行优化而得到最优模型, 从以上各个算法的运行结果可以看出 K-近邻算法的分类准确率最高为 99.86%, 其次是随机森林算法的 96.85%, 然后是决策树算法的 96.57%。本文所研究的几种算法的分类正确率都达到了 96% 以上, 这相比于传统的分类方法是具有很大优势的, 将对未来的医疗数据分析提供很大的帮助。

### 参考文献

[1] 肖毅, 江一舟, 邵志敏. 乳腺癌的精准医学研究[J]. 复旦学报(医学版), 2017, 44(6): 765-772.

[2] 王丽. 乳腺癌数字化评价系统的建立及乳腺癌组织免疫细胞分布特征的研究[D]. 西安: 第四军医大学, 2017.

[3] 陈敏, 刘宁. 医疗健康大数据发展现状研究[J]. 中国医院管理, 2017, 37(2): 46-48

[4] 祁琳. 基于数据挖掘技术的客户细分模型研究分析[D]. 北京: 华北电力大学(北京), 2018.

[5] 束建华. 基于 WEKA 平台的分类预测模型分析[J]. 蚌埠学院学报, 2013, 2(2): 26-28.

[6] 李婉华, 陈宏, 郭昆, 等. 基于随机森林算法的用电负荷预测研究[J]. 计算机工程与应用. 2016. 52(23): 236-243

[7] 骈聪. 基于机器学习算法的非编码 RNA 识别[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.

[8] 吴元庆. 基于数据挖掘的体育教学信息系统的研究与设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(3): 77-78, 81.

[9] 鲜于建川, 雋志才. 基于知识的神经网络在出行方式选择中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2008(9): 2651-2654.

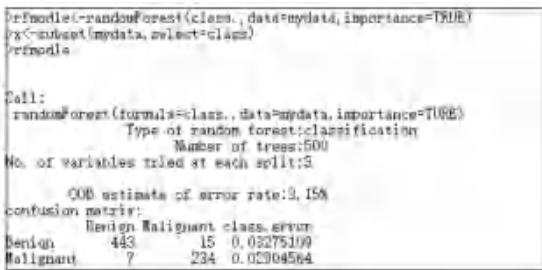


图 12 随机森林混淆矩阵和误判率图

Fig. 12 Random forest confusion matrix and misjudgment rate diagram