

基于决策树的路面破损图像快速识别仿真

王嘉宁 苏 翀

(江苏科技大学电气与信息工程学院, 江苏 苏州 215600)

摘要: 路面破损图像的快速识别方法在提高图像使用率方面具有重要意义。对路面破损图像进行快速识别时,需对破损图像的密度指标进行计算,确定破损图像的结构。传统方法主要根据破损图像的权重进行研究,忽略了图像灰度值的影响,导致破损图像识别率低、实时性差的问题。提出基于决策树的路面破损图像快速识别方法。根据路面破损图像的像素值和图像大小,对路面破损图像的水平垂直投影进行计算,获得破损图像的特征值,提取图像的边缘值,并计算路面破损图像的边界矩阵、中心边界矩阵和规格化边界矩阵,得到图像的子块总量,计算路面破损裂缝的夹角值,利用破损图像的样本数据和图像的向量转置来确定破损图像的超平面的分类,并对其分类进行优化和求解,判断路面破损图像的分类,计算路面破损图像分类的中心距离,实现对路面破损图像的快速识别。仿真结果表明,提出方法不仅提高了图像的识别率,还具有实时性。

关键词: 决策树; 路面破损; 图像快速识别

中图分类号: TP183 **文献标识码:** B

Rapid Recognition of Pavement Damage Based on Decision Tree

WANG Jia - ning SU Chong

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University of Science and Technology,
Suzhou Jiangsu 215600, China)

ABSTRACT: Traditionally, the method mainly ignores the influence of grayscale value of image, resulting in low recognition rate and poor real-time performance. In this paper, we focus on a method to quickly recognize damaged pavement surface image based on decision tree. Based on the pixel value and image size of damaged pavement surface image, we calculated the horizontal projection and vertical projection of damaged pavement surface image and obtained the feature value of damaged image. After that, we extracted the edge value of image and calculated the boundary matrix, the center boundary matrix and the standardizing boundary matrix of damaged pavement surface image, and then we obtained the total number of sub-blocks. Moreover, we calculated the intersection angle value of damaged pavement cracks and used the sample data of damaged image and the vector transposition of image to determine the classification of hyperplane. Meanwhile, we optimized and solved the classification, so as to judge the category of damaged pavement surface image. Finally, we calculated the center distance of classification for damaged pavement surface image. Thus, we achieved the rapid recognition of damaged pavement surface image. Simulation results verify that the proposed method improves the recognition rate of image. Meanwhile, this method has the real-time performance.

KEYWORDS: Decision tree; Pavement surface damage; Rapid recognition of image

1 引言

随着公路交通的快速发展,在扩建公路时,人们对道路

的保护工作越来越重视,公路的检测方法有半自动检测和人工检测两种方法,但不能快速识别到路面破损的损坏程度,需要利用决策树的图像识别方法来研究路面破损程度,其中包括自动识别路面横纵方向产生的裂缝,路面破损不仅是路面出现裂缝,还包括其它方面,例如坑槽、啃边等破损条件,对这些破损条件进行图像快速识别,检测出路面的破损程度,国内外的学者也对此进行深入研究,决策树算法对破损

图像的快速识别成为当下的热门话题^[1]。

路面破损图像快速识别方法能够在计算识别率和时间等方面起到重要作用,并且得到了广泛应用。文献[2]提出一种基于图像梯度算法的路面破损图像快速识别方法,将破损图像进行处理,获得破损图像各个方向的梯度值,建立破损图像的神经网络层,分析路面破损图像的梯度特征,计算破损图像的权值,将图像各个方向的特征进行融合,实现路面破损图像的快速识别,但该方法存在图像识别率低的问题。文献[3]提出一种基于权重计算方法的路面破损图像快速识别方法,对图像的粗糙程度进行判定,计算路面凹凸度指标,获得破损图像的权重,对图像进行分割,提高了破损图像的抗噪力,实现路面破损图像的快速识别,但该方法不能够准确的识别出路面破损图像,存在图像识别率低的缺点。文献[4]提出基于双重优化算法的路面破损图像快速识别方法,对破损图像的特征进行提取并建立双重优化的图像模型,计算破损图像的灰度值,分析图像识别的收敛速度和识别率,完成对路面破损图像的快速识别,发现该方法的图像识别率较高,但该方法对破损图像进行识别时耗时较长,不具有实时性。

针对上述三种方法的研究结果中存在的问题,提出基于决策树的路面破损图像快速识别方法。

2 路面破损图像快速识别原理

为了实现决策树的路面破损图像快速识别方法,利用破损图像的数据输入向量和数据隐层单元的基函数计算图像的神经元,并利用高斯函数来计算路面破损图像,通过已知的图像数据点对破损图像的密度指标进行计算和修正,获得神经网络的路面破损图像结构,完成路面破损图像的快速识别。

假设路面破损图像数据输出 $j(j=1, 2, \dots, J)$ 个神经元,其计算公式如下

$$y_j = w_{0j} + \sum_{i=1}^I w_{ij} h(\|X - ci\|) \quad (1)$$

其中 $X \in R^M$ 表示破损图像数据的输入向量, w_{ij} 表示破损图像的输出层和隐层连接的权重值, $h(\|X - ci\|)$ 表示路面破损图像的第 $i(i=1, 2, \dots, J)$ 个数据隐单元的基函数, ci 表示函数的中心点,基函数有很多种形式^[5],破损图像的高斯函数可以表示为

$$h = \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_i \|X - ci\|^2\right] \quad (2)$$

式中 X 代表路面破损图像的输入样本, σ 代表破损图像神经网络基函数的宽度。在 n 维空间中有 m 个图像的数据点 (x_1, x_2, \dots, x_m) ,假设图像数据被归一化到一个单位中,则路面破损图像 x_i 点的密度指标表达式为

$$D_i = \sum_{j=1}^m \exp\left[-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{(V_a/2)^2}\right] \quad (3)$$

其中 V_a 表示定义图像的邻域,计算路面破损图像的密度指

标之后,选取最高点 $xc1$ 的密度指标 $Dc1$,则对密度指标的表达式进行修正得到

$$Di = Di - Dc1 \exp\left[-\frac{\|x_i - xc1\|^2}{(V_b/2)^2}\right] \quad (4)$$

式中 V_b 代表使密度指标减小的邻域,大于 V_a ,对路面破损图像数据最高点的密度指标进行修正之后,可以再次修正其它数据点的指标^[6],重复此过程,直到下式成立为止

$$D_{\max}/Dc1 < X \quad (5)$$

根据式(5)结束图像密度指标的计算,得到神经网络的路面破损图像结构,表达式为

$$D' = (D_{\max} - Di) * x_i \quad (6)$$

结合路面破损图像数据点的密度指标和神经网络结构,完成基于决策树的路面破损图像快速识别,表达式如下

$$G = (D'/w_{ij}) + V_a V_b \quad (7)$$

通过计算路面破损图像数据的密度指标,实现路面破损图像的快速识别方法。

3 路面破损图像快速识别方法研究

3.1 路面破损图像的预处理

根据路面破损图像的像素值和图像大小,计算路面破损图像的水平投影和垂直投影,得到破损图像的特征值,对图像的边缘值进行提取,计算路面破损图像的边界矩阵、中心边界矩阵和规格化边界矩阵,获得图像的基本参数来统计图像的子块总量,对路面破损裂缝的夹角进行计算,完成路面破损图像的预处理。

假设路面破损图像为 A ,像素值为 $a(i', j')$,图像大小为 $m' \times n$,则得到路面破损图像水平和垂直的投影,计算公式如下

$$X'_{j'} = \sum_{i'=1}^{m'} a(i', j') \quad j' = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$Y'_{i'} = \sum_{j'=1}^n a(i', j') \quad i' = 1, 2, \dots, m' \quad (9)$$

根据式(8)和式(9)得到路面破损图像的投影之后,将水平和垂直投影的差值当作路面破损图像的特征值^[7],用 $(q^{(\lambda)}, q^{(\tau)})$ 表示,计算公式为

$$q^{(\lambda)} = \max(\lambda_{j'}) - \min(\lambda_{j'}) \quad (10)$$

$$q^{(\tau)} = \max(\tau_{i'}) - \min(\tau_{i'}) \quad (11)$$

将图像的边缘进行提取,得到破损图像矩阵 C ,边缘图像像素的灰度值为1,非边缘图像的灰度值为0,路面破损图像的边界矩阵表达式为

$$\varphi_{pq'} = \sum_{(\varepsilon, \sigma) \in C} \varepsilon^p \sigma^{q'} \quad (12)$$

其中 ε, σ 代表破损图像矩阵 C 的坐标, p, q' 分别代表图像边缘和非边缘的值,破损图像的中心边界矩阵的表达式如下

$$\mu_{pq'} = \sum_{(\varepsilon, \sigma) \in C} (\varepsilon - \bar{\varepsilon})^p (\sigma - \bar{\sigma})^{q'} \quad (13)$$

式中 $\bar{\varepsilon} = \frac{\varphi 01}{\varphi 00}$, $\bar{\sigma} = \frac{\varphi 01}{\varphi 00}$,得到路面破损图像的规格化边界矩

阵为

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{p + q + 1} \quad (14)$$

通过计算路面破损图像边界矩阵,可以得到路面破损图像的基本参数,将图像的子块总量记作 $N_{\theta\delta}$,路面破损图像的基本参数如下

$$\begin{cases} P'_{\theta} = \sum (y'df) \\ P'_{\delta} = \sum (x'df) \\ I'_{\theta} = \sum (y^2df) \\ I'_{\delta} = \sum (x^2df) \\ P'_{\theta\delta} = \sum (x'y'df) \end{cases} \quad (15)$$

其中 P'_{θ} 和 P'_{δ} 分别表示图像纵横坐标的静矩, I'_{θ} 和 I'_{δ} 分别表示图像纵横坐标的惯性矩, $P'_{\theta\delta}$ 表示图像的惯性积, d 和 f 分别表示图像的灰度值和重力线,得到路面破损图像的灰度重心坐标,表达式为

$$X''_{gc} = \frac{P'_{\delta}}{N_{\theta\delta}}, \quad Y''_{gc} = \frac{P'_{\theta}}{N_{\theta\delta}} \quad (16)$$

分析图像的灰度重心坐标,每一个路面的破损子块都由裂缝连接形成图像矢量,形成的图像矢量代表路面破损图像的损坏^[8],破损子块代表路面裂缝的方向,为确定路面裂缝的位置,将路边裂缝部分和其它裂缝部分进行比较,有两种对比情况,分别为两个裂缝部分的夹角值相等和裂缝部分夹角值不相等,对路面破损裂缝的夹角进行计算,计算公式为

$$\tan \beta = \frac{-k_{\theta\delta}}{k_{\theta} - k_{\delta}} \quad (17)$$

其中 β 代表路面裂缝的夹角, k 代表惯性主轴,结合上述计算,实现对路面破损图像的预处理,表达式如下

$$Q = (\varphi_{pq} + \mu_{pq}) / \tan \beta \quad (18)$$

利用式(18),完成了路面破损图像的预处理。

3.2 基于决策树的路面破损图像快速识别方法

以路面破损图像的预处理为基础,利用破损图像的样本数据和图像的向量转置,确定破损图像的超平面的分类,并对其分类项进行优化,采用路面破损图像分类的优化准则得出推导公式,对图像的分类的对偶进行求解,利用求得的解判断图像的类别,获得路面破损图像最优分类的决策函数,对路面破损图像分类的中心距离进行计算,完成决策树的路面破损图像快速识别。

假定有两类 n -维 l 个路面破损图像的样本数据集 $T = \{(x'_{\alpha}, y'_{\alpha})\}$,其中 $x'_{\alpha} \in E^n$, $\alpha = 1, 2, \dots, l$,对于路面破损图像的分类问题,可以将类别标签分别用 $l_1 \times n$ 和 $l_2 \times n$ 的矩阵 A 和矩阵 B 来表示, l_1 和 l_2 表示破损图像的样本数,路面破损图像支持向量机的目标是在 n -维空间确定破损图像的超平面^[9],确定公式为

$$x'\omega^T + b_1 = 0, \quad x'\omega^T + b_2 = 0 \quad (19)$$

其中 x' 代表破损图像的样本数据, ω^T 代表图像的向量转置,

b_1 和 b_2 代表路面破损图像的两个超平面,得到破损图像两个超平面分类的优化准则:

第一类优化准则的表达式为

$$\begin{aligned} \min_{\omega^T, b_2, \xi} \frac{1}{2} \|A'\omega^T + e'_1 b_1\|^2 &= C'_1 e'_2 \xi \\ -B\omega^T + e'_2 b_1 + \xi &\geq e'_2, \xi \geq 0 \end{aligned} \quad (20)$$

第二类优化准则的表达式为

$$\begin{aligned} \min_{\omega^T, b_2, \xi} \frac{1}{2} \|B\omega^T + e'_2 b_2\|^2 &= C'_2 e'_1 \xi \\ -A'\omega^T + e'_1 b_2 + \xi &\geq e'_1, \xi \geq 0 \end{aligned} \quad (21)$$

式(20)和式(21)中 C'_1 和 C'_2 表示路面破损图像的惩罚因子, ξ 表示破损图像的松弛变量, e'_1 和 e'_2 表示单位向量,式(20)中的第一个公式表示路面破损图像的超平面分类在一个数据点中,第二个公式表示路面破损图像的约束条件,式(21)与式(20)的性质相同。在对路面破损图像超平面的分类进行优化时,得到推导公式如下

$$\begin{aligned} L(\omega^T, b_1, \xi, \alpha', \beta') &= \frac{1}{2} \|A'\omega^T + e'_1 b_1\|^2 + \\ C'_1 e'_2 \xi - \alpha'(-B\omega^T + e'_2 b_1 + \xi - e'_2) - \beta' \xi \end{aligned} \quad (22)$$

其中 α' 和 β' 代表决策树的乘子,利用下式可以分析出路路面破损图像的分类的对偶问题,表达式为

$$\max_{\alpha'} e'_2 \alpha' = \frac{1}{2} \alpha' G'H^T \quad (23)$$

式中 $H = [A' e'_1]$, $G' = [B' e'_2]$,通过式(23)的求解,可以得到 ω^T , b_1 和 b_2 的解,对于路面破损图像的新样本点,计算出哪个点更接近超平面,就能判断图像类别,路面破损图像最优分类的决策函数表达式如下

$$f'(x') = \arg \min \frac{|x'\omega^T + b|}{\|\omega^T\|} \quad (24)$$

对路面破损图像的快速识别需要建立决策树,决策树中的节点影响破损图像的分类,接近节点会出现分类错误的现象,则误差越大^[10],需要将决策树中的节点与图像分类进行分离,选取能将图像分离的点当作根节点,求出破损图像分类中心的距离,计算公式为

$$U = (C'_1 + C'_2) \cdot \alpha' \beta' \quad (25)$$

结合上述计算,获得决策树的路面破损图像快速识别表达式

$$F = U + f'(x') / \omega^T \quad (26)$$

根据对路面破损图像超平面分类进行优化和计算破损图像分类的中心距离,得到决策树的路面破损图像快速识别结果。

4 仿真设计与结果分析

实验的硬件是 PC 主机, CPU 主频是 2.3GHz,实验的运行环境是内存为 2GB 的 WindowsXP 系统,平台为 Matlab7.1 软件。对路面破损图像进行测试,仿真测试图像如图 1 所示。实验选取 10 幅与图 1 相似破损图像,利用基于决策树的路面破损图像快速识别方法对路面破损图像的识别率进

行实验,实验如表1所示。



图1 路面破损图

表1 路面破损图像的识别率

g	O(%)		
	K	Z	P
1	95	90	80
2	96	89	78
3	95	90	72
4	95	85	78
5	98	82	72
6	98	82	72
7	97	85	75
8	96	88	75
9	95	88	79
10	96	89	75

表中,O代表破损图像的识别率,g代表破损图像,K代表提出方法,Z代表文献[2]方法,P代表文献[3]方法,分析表1可知,提出方法中第1、3、4、5、9幅路面破损图像的识别率为95%,第2、8、10幅破损图像的识别率为96%,第7幅破损图像的识别率97%,第5幅和第6幅破损图像的识别率最高达到98%,提出方法图像的识别率均在95%以上,文献[2]方法中路面破损图像的识别率在82%~90%之间,第5幅和第6幅的识别率最低为82%,第1幅和第3幅的识别率最高为90%,文献[3]方法中路面破损图像的识别率在72%~80%之间,第1幅图像的识别率最高为80%,第3、5、6幅图像的识别率最低为72%,对比结果得到,提出方法的识别率最高,说明提出方法能够更准确的识别出路面破损图像。

在测试路面破损图像识别率的基础,进一步利用图像识别次数和识别时间对路面破损图像识别的实时性进行实验,实验如图2和图3所示。

分析图2、图3可知,提出方法中,图像识别次数为一次时,对应的图像识别时间为20s,当图像识别次数为两次时,识别用时为30s,提出方法图像的识别次数对应的时间在20s

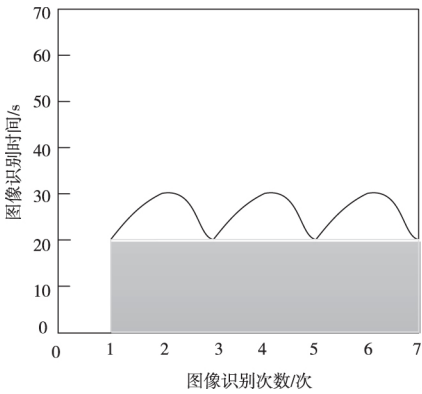


图2 提出方法路面破损图像识别的实时性

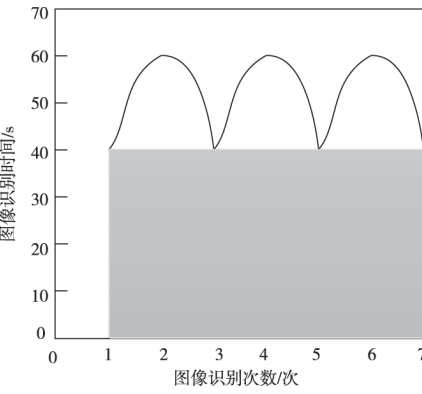


图3 文献[4]方法路面破损图像识别的实时性

和30s之间,文献[4]方法中图像识别次数为一次时对应的识别时间为40s,当图像识别次数为两次时,识别用时为60s,两次图像识别的时间相差很多,从图中可以看出,识别时间在40s和60s之间,两种方法对比可知,提出方法的用时较短,时间差较小,说明提出方法在对路面破损图像识别时具有实时性。

5 结论

通过分析决策树的路面破损图像快速识别方法,对路面破损图像的识别率进行测试,在此基础上利用路面破损图像的识别次数和识别时间,对路面破损图像识别的实时性进行实验,结果验证了提出方法具有较高的识别率,并且在对破损图像识别时具有实时性,提出方法能够为以后图像的研究和发展奠定基础。

参考文献:

[1] 王斌,等.基于产生式分数空间的图像识别方法[J].电视技术,2017,41(4-5):24-27.
[2] 易超人,邓燕妮.多通道卷积神经网络图像识别方法[J].河南科技大学学报(自然科学版),2017,38(3):41-44.

(下转第438页)

环境属性的访问控制方法的通信开销为 0.97 元,所提方法通信开销明显低于其它两种方法,由此可见,所提方法在通信开销方面具有较大优势。

将所提方法与基于云计算的访问控制方法以及基于环境属性的访问控制方法实验室更新信息资源访问权限控制时间(min)进行对比,对比结果如表 2 所示。表 2 中 S 代表属性个数(个),单位用 G 表示,Time 代表时间(min)。

表 2 不同方法访问权限控制时间对比

S/G	Time/min		
	C1	C2	C3
100	0.15	0.20	0.25
200	0.17	0.28	0.32
300	0.19	0.36	0.40
400	0.21	0.45	0.47
500	0.22	0.58	0.62
1000	0.35	0.85	0.92

由表 2 可知,随着属性个数的增加,不同方法的时间也在增加。当属性个数达到 1000 个数,所提方法的访问权限控制时间为 0.35min,基于云计算的访问控制方法的访问权限控制时间为 0.85min,基于环境属性的访问控制方法的访问权限控制时间为 0.92min,基于环境属性的访问控制方法以及基于环境属性的访问控制方法的时间在大幅度增加,明显高于所提方法,所提方法在属性个数不断增加的情况下,仍保持相对稳定的状态,由此可以看出,所提方法时间为最少,可以提高系统的控制性能。

5 结束语

针对传统方法存在系统吞吐量较低、通信开销成本较大等问题,提出基于模糊层次分析的实验室更新信息资源访问

权限控制方法。仿真证明,所提方法有效降低了通信开销,系统吞吐量增加,增强了所提方法的安全性。

参考文献:

- [1] 顾贤能. 基于数字化多媒体的艺术设计实验室智能平台设计[J]. 现代电子技术, 2018, 41(11): 110-114.
- [2] 房梁, 等. 基于属性的访问控制关键技术研究综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(7): 1680-1698.
- [3] 赵斌, 等. 访问控制中基于粗糙集的授权规则知识发现[J]. 北京邮电大学学报, 2016, 39(2): 48-52.
- [4] 林曦, 韩益亮. 基于属性加密的共享文件分级访问控制方案[J]. 燕山大学学报, 2017, 41(5): 450-456.
- [5] 王于丁, 杨家海. 一种基于角色和属性的云计算数据访问控制模型[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2017, 47(11): 1150-1158.
- [6] 王于丁, 杨家海. DACPCC: 一种包含访问权限的云计算数据访问控制方案[J]. 电子学报, 2018, 46(1): 236-244.
- [7] 刘晓威, 周雷, 王国军. 基于环境属性的访问控制系统设计与实现[J]. 计算机工程, 2018, 44(2): 171-176.
- [8] 李谢华, 刘婷, 周茂仁. 云存储中基于多授权机构可撤销的 ABE 访问控制方法[J]. 计算机应用研究, 2017, 34(3): 897-902.
- [9] 韩文超, 等. 管道完整性管理系统的权限控制设计[J]. 油气储运, 2016, 35(9): 928-931.
- [10] 涂俊英, 张学敏. 云计算中数据信息加密安全存储仿真研究[J]. 计算机仿真, 2017, 34(12): 431-434.

【作者简介】



谢金涛(1972-),男(汉族),福建永安人,硕士,实验师,主要研究方向:计算机应用,实验室管理,自动控制。

(上接第 430 页)

- [3] 刘畅. 一种机器人室内场景图像识别方法[J]. 量子电子学报, 2017, 34(3): 293-304.
- [4] 刘万军, 梁雪剑, 曲海成. 基于双重优化的卷积神经网络图像识别算法[J]. 模式识别与人工智能, 2016, 29(9): 856-864.
- [5] 张烨, 等. 输电线路绝缘子覆冰厚度图像识别算法[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(21): 195-202.
- [6] 徐岩, 韦镇余. 一种改进的交通标志图像识别算法[J]. 激光与光电子学进展, 2017, 44(2): 118-125.
- [7] 李晋, 钱旭. 基于双重鉴别相关性分析的图像识别算法[J]. 计算机应用, 2016, 36(3): 713-717.
- [8] 霍亮, 张小跃, 张春熹. 一种视觉导航用路标及快速识别方法研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(11): 132-136.

- [9] 张晓娟, 樊东燕. 倾斜车牌图像边缘模糊特征识别方法研究[J]. 计算机仿真, 2017, 34(1): 372-375.
- [10] 原珩, 等. 一种改进的 Hu 不变矩算法在存储介质图像识别中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(5): 1042-1048.

【作者简介】



王嘉宁(1996-),男(汉族),江苏连云港人,本科,主要研究领域为软件工程、机器学习。
苏 翀(1977-),男(汉族),江苏南京人,研究员,博士,主要研究领域为人工智能、机器学习。