

基于卷积神经网络的运动视频可靠性评估算法

李晓峰¹, 邢金明²

(1. 黑龙江外国语学院 信息工程系, 黑龙江 哈尔滨 150025;
2. 东北师范大学, 吉林 长春 130024)

摘要:为了提高对人体运动视频的自动识别和检测能力,提高可靠性能,提出一种基于卷积神经网络的人体运动视频传输可靠性评估算法。由卷积神经网络算法识别人体运动视频传输的自适应分类,提取人体运动视频的空间边缘像素点分布标,结合边缘模块特征匹配技术构建人体运动视频的分块检测模型,实现对人体运动视频的特征辨识和图像采样。采用Harris角点检测方法定位人体运动视频的分块区域,在人体运动视频的分块区域内检测人体运动视频的形体轮廓区域,构建可靠性评估均衡博弈模型完成视频干扰抑制。采用视频特征提取和自动降噪方法分离人体运动视频传输过程中的多径特征,在神经网络的隐含层引入人体运动视频的几何特征,得到人体运动视频传输的可靠性评估的学习系数,完成可靠性评估。实验结果表明,采用该方法进行人体运动视频传输的可靠性较好,对视频图像的特征分辨能力较强且视频图像传输耗时较短,降低了视频传输的误码率。

关键词:卷积神经网络;人体运动;视频传输;可靠性评估;误码率

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)09-0071-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.09.013

Reliability Evaluation Algorithm of Motion Video Based on Convolution Neural Network

LI Xiao-feng¹, XING Jin-ming²

(1. Department of Information Engineering, Heilongjiang International University, Harbin 150025, China;
2. Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: In order to improve the ability of automatic recognition and detection of human motion video, as well as the reliability, we propose a reliability evaluation algorithm of human motion video transmission based on convolution neural network. The adaptive classification of human motion video transmission is recognized by convolution neural network algorithm, and the spatial edge pixel distribution mark of human motion video is extracted. Combined with the edge module feature matching technology, the block detection model of human motion video is constructed, and the feature identification and image sampling of human motion video are realized. The Harris corner detection method is used to locate the segmented area of human motion video, and the shape outline area of human motion video is detected in the segmented area of human motion video. The reliability evaluation equilibrium game model is constructed to complete the video interference suppression. The multi-path features in the process of human motion video transmission are separated by video feature extraction and automatic noise reduction. The geometric features of human motion video are introduced into the hidden layer of neural network, and the learning coefficient of reliability evaluation of human motion video transmission is obtained, and the reliability evaluation is completed. The experiment shows that the proposed method is reliable, the feature resolution of video image is strong and the transmission time of video image is short, which reduces the bit error rate of video transmission.

Key words: convolution neural network; human motion; video transmission; reliability evaluation; bit error rate

0 引言

人体运动属于复杂且普遍的现象,日常生活中的

跑步、走路以及机体呼吸,都属于人体运动的一部分。

人体运动视频的巨大数据量成为其存储与传输的瓶

收稿日期:2019-10-21

修回日期:2020-02-24

基金项目:教育部科技发展中心产学研创新基金(2018A01002);教育部人文社科基金项目(15YJC890004);中国博士后基金项目(2017M610852);吉林省社科基金重点项目(2016A5)

作者简介:李晓峰(1978-),男,博士研究生,教授,CCF高级会员(16287S),研究方向为数据挖掘、人工智能、智能交通、社会计算、智慧医疗、体育工程学。

颈,需提高人体运动视频传输的可靠性,从而改善人体运动视频的传输质量。采用图像处理技术进行人体运动视频的优化传输控制,将在人体运动学特征分析和视频特征的优化传输和通信识别中应用广泛,适用于实际的人体运动视频传输,因此众多学者对于优化传输方法关注度极高,进行了大量实验研究^[1]。

对人体运动视频传输的可靠性控制建立在对人体运动视频的自适应特征提取和识别基础上,采用特征自动分类技术抑制人体运动视频传输过程中的干扰。传统方法中,对人体运动视频传输的优化方法通常采用 Harris 检测的可靠性传输估计方法、SIFT 不变矩特征匹配以及波特间隔均衡控制方法等^[2-3],通过构建人体运动过程中的视频图像传输的特征分布检测模型,利用自适应的方法对模型进行传输控制,但传输视频的均衡性较差,自适应能力不强。

文献[4]提出一种关键帧序列优化方法,并在此基础上进行行为识别。首先考虑三维人体骨架的特点,提取人体运动视频中的关键帧节点,而后进行关键帧节点所处位置优化,提取出最优数据信息。最后,利用卷积神经网络(CNN)分类器识别最优关键帧节点对行为视频的核心信息。解决了关键帧序列冗余等问题。但该方法的计算复杂度较高,对人体运动视频传输的自动均衡性不好。

文献[5]提出一种基于人体姿态的时空特征的行为识别方法。首先在获取视频中各帧图像的人体关节位置的基础上,提取关节信息描述姿态变化,利用 Fisher 向量模型对不同类型的特征描述子分别进行编码,得到固定维度的 Fisher 向量,最后对不同类型的 Fisher 向量加权融合后进行分类。该方法能够有效地识别视频中的人体复杂动作行为,提高行为识别率。但该方法的自动均衡配置能力不足,在视频传输过程中的抗打击干扰性能明显低下,效果较差。

文献[6]为了解决场景识别方法在室内环境的限制下准确率较低的问题,提出了基于显著性检测的稀疏识别方法,通过显著性区域计算方法计算场景中的图像与人眼感兴趣的作用区域的匹配度,用稀疏程度表示场景相关系数,提高了识别计算的准确率,但是此算法的图像匹配度计算过程复杂且匹配度不稳定。

文献[7]分析了人体步态识别中所存在的算法单一、效率低的问题,并提出了一种以多尺度熵和动态时间规整为基础的人体步态身份识别方法。首先利用软件采集人体的步行相关数据,例如加速度,步长等采用 DTW 算法匹配尺度特征,结果表明其错误率低,算法相对准确,有一定的创新之处但相关数据获取困难,所采用软件也没有具体说明。

文献[8]针对传播信号干扰源增多,降低信号识

别准确率的问题,提出了基于 PCA 和小波变换法的分析传播信号特征提取技术并构建了对应模型。首先对不同的信号样本进行构建贴近度的验证,并根据得到的评价指标划分不同样本的不同贴近度区域,利用区域所得差值识别无线信号,具有较高的准确性和实用性,但是利用这种算法无法优化图像画质,且没有给出信号样本获取途径。

根据上述存在的一系列问题,提出一种基于卷积神经网络的人体运动视频传输可靠性评估算法。采用图像采样技术采集人体运动视频的图像,结合边缘模块特征匹配技术构建人体运动视频的块匹配结构模型,构建人体运动视频的信道传输模型,采用视频特征提取和自动降噪方法分离人体运动视频传输过程中的干扰抑制和多径特征,实现人体运动视频传输可靠性估计和特征识别,采用卷积神经网络算法进行人体运动视频传输的自适应分类识别。最后进行实验分析。

1 视频图像特征和干扰抑制分析

1.1 人体运动视频的图像特征采样

采用图像采样技术采集人体运动视频的图像,结合边缘模块特征匹配技术构建人体运动视频的分块检测模型,由三维空间视频旋转尺度获取视频离散度,实现对人体运动视频的特征辨识和图像采样。

利用 SURF 算法对人体运动视频的曲线特点沿变化趋势进行 W 倍扩展,若前 I 个人体运动视频特征在人体运动视频的边缘分布区域 D 内,均衡调度人体运动视频传输动态负载,得到人体运动视频传输的分形结构方程为:

$$F_E = \frac{\ln I}{\ln D} \quad (1)$$

计算人体运动视频传输过程中的 Haar 角点,采用分块像素特征匹配方法,均衡设计人体运动视频传输过程中的空间^[9],采用统计分析方法重构人体运动视频传输过程中的区域,建立人体运动视频传输的信道自动均衡配置模型,得到视频特征分布的模糊集表示为:

$$\Phi(\omega) = E[e^{j\omega X}] = \begin{cases} \exp\{j\mu\omega - |\sigma\omega|^\alpha [1 - j\beta \operatorname{sgn}(\omega) \tan(\frac{\pi\alpha}{2})]\}, \alpha \neq 1 \\ \exp\{j\mu\omega - |\sigma\omega|^\alpha [1 + j\beta \operatorname{sgn}(\omega) \frac{2}{\pi} \ln|\omega|]\}, \alpha = 1 \end{cases} \quad (2)$$

假设 $\Phi(\omega)$ 为人体运动视频传输的子信道模型,采用卷积神经网络算法进行人体运动视频传输的自适应分类识别,提取人体运动视频的空间边缘像素点分布标为 $X' = (x'_{i0}, x'_{i1}, \dots, x'_{i(n-1)}, y'_{i0}, y'_{i1}, \dots, y'_{i(n-1)})^T$,在

仿射不变区域中,得到人体运动视频的几何特征值为:

$$x(n) + \sum_{k=1}^p a_k x(n-k) = \sum_{r=0}^m b_r u(n-r) \quad (3)$$

其中, r 为几何特征值的实际数值, p 、 m 分别为求和特征的阈值。

以离线处理的方式在高相似度的参考序列帧内提取具有显著性信息的关键区域,得到人体运动视频传输的二值化特征信息分布为:

$$g(t) = \sqrt{s} f(s[t - \tau]) X \quad (4)$$

其中, $f(\cdot)$ 为人体运动视频的高频部分, $s = (c - v)/(c + v)$, 优化人体运动视频的均衡配置信道,用 \sqrt{s} 表示归一化因子。采用分块检测方法,得到视频图像的分块检测模型为:

$$W_{\psi} y(a, b) = \langle y, \psi_{a,b} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (5)$$

其中, ψ 为集合离散度值。

在上述人体运动视频传输的二值化特征信息分布和视频图像的分块检测模型的基础上,利用人体运动视频在三维空间的变化趋势,得到人体运动视频的集合离散度求值公式,如下所示:

$$\psi_{a,b}(t) = [U(a, b) \psi(t)] = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (6)$$

其中, $U(a, b)$ 是样本区域重构模型,设 $a = 1/s$, $b = \tau$, 将上式重写为:

$$f_{s,\tau}(t) = [U(1/s, \tau) f(t)] = \sqrt{|s|} f(s(t - \tau)) \quad (7)$$

实现对人体运动视频的特征辨识和图像采样^[10-12],根据图像采样结果进行视频传输过程中的信道均衡配置。

1.2 人体运动视频的干扰抑制

采用 Harris 角点检测方法定位人体运动视频的分块区域,在人体运动视频的分块区域内检测人体运动视频的形体轮廓区域^[13],对人体运动视频进行抑制控制,得到弹性状态下的信息取值模板为:

$$u(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \exp\left\{-j\left[2\pi K \ln\left(1 - \frac{t}{t_0}\right)\right]\right\} \quad (8)$$

其中, $\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) = 1, |t| \leq 1/2$ 。

在人体运动视频的传输信道中,得到信道的能量分布函数统计值为:

$$\text{NLM}[g](i) = \sum_{j \in \Omega} w(i, j) u(t) \quad (9)$$

其中,以像素点 i 为中心控制人体运动视频传输过程中的分区域,采用自相关匹配滤波 F 方法,抑制信道中的多径干扰特征量干扰,使得人体运动视频传输的频

谱分布特征量满足 $0 \leq w(i, j) \leq 1$ 及 $\sum_{j \in \Omega} w(i, j) = 1$ 。

假定人体运动视频的边缘轮廓特征量服从高斯分布,即 $n \in N(0, \sigma_n^2)$,其中 σ_n^2 为人体运动视频的能量分布强度,使用 Sobel 算子进行视频传输过程中的可靠性评价,建立图像传输的可靠性评估均衡博弈模型,描述为:

$$w(i, j) = \frac{1}{\text{NLM}[g](i)} \exp\left(-\frac{d(i, j)}{h^2}\right) \quad (10)$$

其中, $\sum_{j \in \Omega} \exp\left(-\frac{d(i, j)}{h^2}\right)$ 为归一化常数, h 是实体运动视频传输过程中的局部信息熵。

分析人体运动视频传输局部信息熵的空间分布信息,将其作为指数引入可靠性评估均衡博弈模型,实现人体运动视频的干扰抑制^[14]。

2 人体运动视频传输可靠性评估算法

在上述采用图像采样技术进行人体运动视频的图像采样,抑制人体运动视频干扰的基础上^[15],优化设计人体运动视频传输可靠性评估算法。

采用视频特征提取和自动降噪方法进行人体运动视频传输过程中的多径特征分离,提取人体运动视频的几何特征量并进行分块融合处理,根据不同特征的相似性进行人体运动视频规划和空间信道传输控制,以至少 2 倍的奈奎斯特速率,采集输入人体运动视频信号,并对超出奈奎斯特频率以外的频率为 $f = N/MT$ 的接收信号频谱进行均衡处理,构建人体运动视频的生成序列为:

$$\text{Dif}(C_1, C_2) = \min_{v_i \in C_1, v_j \in C_2, (v_i, v_j) \in E} w(v_i, v_j) \quad (11)$$

其中, w 表示人体运动视频特征采样点,采用级联滤波方法进行运动视频传输的信道识别。假设任何一组人体运动视频的几何特征量为 $g = \{g(i), i \in \Omega\}$,取未知样本的 k 个近邻,根据人体运动视频的信号峰值进行干扰滤波^[16],得到人体运动视频的滤波输出结果为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\delta * \sin \alpha}{\sin(\alpha - \theta)} & \frac{n}{2 \cos \alpha} - \frac{\delta * \text{nose} * \sin \alpha}{\sin(\alpha - \theta)} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

考虑人体视频输出结果的稳定性,计算参量控制下的特征值,控制传输的空间负载性能,提取人体运动视频信道特征量,采用人体运动视频的特征优化分离方法,实现可靠性传输的信道调制解调处理^[17-18]。得到输入输出过程描述为:

输入:待传输的人体运动视频特征样本 y 和训练

样本集 D , 得到人体运动视频传输的特征分布集 $\gamma^{(1)} = [\frac{1}{l}, \frac{1}{l}, \dots, \frac{1}{l}]^T$, l 是目标状态下训练集中的人体运动视频的样本个数。

输出: 人体运动视频传输的特征模拟分散情况集为 γ 。

求得视频特征分布结构详细操作过程如下所示:

(1) 计算所有样本人体运动视频特征分布向量集 $\nu^{(t)} = \gamma - D\gamma^{(t)}$ 。

(2) 构建卷积神经网络分类器, 采用波特间隔均衡方法进行人体运动视频可靠性传输信道均衡配置, 得到神经网络分类器的加权值为:

$$W_{ii}^{(t)} = \omega_{\theta}(\nu_i^{(t)}) = \frac{1}{1 + \exp(\mu(\nu_i^{(t)})^2 - \mu\delta)} \quad (13)$$

(3) 采用空间间隔均衡配置方法进行人体运动视频传输过程中的均衡配置, 输出为: $\gamma = (D^T W^{(t)} D + \lambda \cdot I)^{-1} D^T W^{(t)} \gamma$, $W^{(t)}$ 是二值化拟合结果。

(4) 在 $[0 \ 1]$ 范围内进行人体运动视频传输的特征可靠性评价, 采用不变矩转换方法, 得到输出特征量 $\sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(\nu^{(t)}) < \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(\nu^{(t-1)})$ 。

(5) 计算人体运动视频的几何特征值, 在均衡信道中得到优化输出为: $\gamma_{rec}^{(t)} = D\gamma^{(t)}$ 。

(6) 如果不满足收敛条件, 令 $t = t + 1$ 。转回到步骤(1), 直到满足全局收敛。

(7) 结束。

采用卷积神经网络进行人体运动视频传输的可靠性控制。在神经网络的隐含层引入人体运动视频的几何特征自适应调节向量 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$, 从左向右和从右向左搜索, 采用卷积神经网络分类器进行传输过程控制, 得到输出层的视频特征分布信息为:

$$x_{k+1} = x_k - A_k^{-1} g_k \quad (14)$$

上式分别表示所有样本人体运动视频中的第 j 个特征分布的色差和梯度像素差, 构建人体运动视频传输的扩频序列分布式调节模型, 人体运动视频传输的最优解分布, 完成人体运动视频传输可靠性控制^[19-20], 基于卷积神经网络分类的输入输出迭代方程为:

$$W(n+1) = W(n) - \eta \frac{\partial E}{\partial W} + \partial \Delta W(n) \quad (15)$$

在式(15)的基础上, 若卷积神经网络对人体运动视频分类的学习步长设为 η , 经过 n 步训练和学习后, 得到人体运动视频传输的可靠性评估的学习系数为:

$$w_{ij}(n_0 + 1) = w_{ij}(n_0) - \eta_{ij} \frac{\partial J}{\partial w_{ij}} \quad (16)$$

其中, ∂ 为神经网络分类器的系数。

综上所述, 实现了人体运动视频传输可靠性估计。

3 实验结果与分析







通过实验来验证该方法在实现人体运动视频传输中的可靠性能与准确性能。在度量网站 (<https://www.nokov.com/case-studies/>) 的运动康复案例板块中进行人体运动视频采样, 具体实验环境如表 1 所示。

表 1 实验环境数据

项目	数值
CPU, Intel(r) Core(tm) i5-2410m	3 000 MHz
内存	1.5 G
主变应急培训图像的视觉图像采样样本集	800 个
人体运动视频可靠性传输的频谱带宽分布	5 kHz ~ 14 kHz
码元间隔	0.25 ms
人体运动视频采样的频率	24 kHz
主变应急培训的虚拟视景图像成空间分辨率	120 kbps/s

表 2 为在度量网站采集的人体运动视频采样样本及参数。

表 2 人体运动视频采样样本及参数

视频序号	采样时长/s	视频帧频/fps	视频样本截图	视频类型描述
1.mp4	134	13		室外阳光下视频
2.mp4	456	34		室外阴影运动视频
3.mp4	123	56		室外多人运动
4.mp4	146	25		体育场地环境
5.mp4	354	42		室内单组运动视频
6.mp4	156	45		室内多人运动

3.1 实验指标

文中选取以下指标进行实验测试分析:

(1) 清晰度: 在图像采样和特征辨识后应得到整体图像, 清晰度是反映图片质量的基础指标, 每个图像单位尺寸拥有的像素点越多, 清晰度就越高, 利用人眼的“视觉锐度”对测试出的结果进行清晰度对比分析。

(2) 传输时间: 相同数据传输量情况下的不同方法所用的不同传输时间可准确反映传输效率的高低, 传输效率是概括视频传输可靠性的重要指标之一, 为了更好地匹配人体运动视频传输的可靠性能与准确性能, 需要对视频传输的工作量与传输时间的关系进行验证。

(3) 误码率: 视频传输数据会存在数据有损、传输信道的噪声干扰、数位不同步等问题, 影响数据传输精

确性,而误码率表示规定时间内衡量数据传输正确性的指标,误码率越小则表明传输数据的效率越高,性能越好。

3.2 实验结果

(1) 清晰度测试。

根据上述参数设定,进行人体运动视频传输的可靠性分析,将参数代入人体运动视频的信道传输模型,采用视频特征提取和自动降噪方法进行人体运动视频传输过程中的干扰抑制和多径特征分离。在发送速率一致时,对相同的视频进行测试,对比文中方法与文献[4-6]的视频清晰度,不同方法视频图像质量对比如图1所示。



(a)文献[4]



(b)文献[5]



(c)文献[6]



(d)文中方法

图1 不同方法视频图像质量对比

由图1可见,文献[4]方法的清晰度较好,但是仍有模糊状况;文献[5]方法的清晰度较低,色彩对比不明显;文献[6]方法的图像边缘模糊度较高,匹配度不稳定,而经过文中方法处理的基本没有马赛克,色彩对比鲜明,抗干扰能力与自动均衡性强。

(2) 传输时间测试。

将文中方法与文献[4-6]对比,传输同一个取自采样样本的样本视频时得出以下结论,对比如图2所示。

由图2可知,文献[4]方法和文献[6]方法的工作

量与传输时间关系曲线大致吻合,皆在工作量为25 fps时出现大的波动且随着工作量的增加,所用时间较多;文献[5]的关系曲线在工作量10 fps~50 fps的范围内全程波动较大,在50 fps时达到最高点,所用时间最多;而文中方法的关系曲线随着工作量的增加所用传输时间稳步上升,且在以上三种方法的较高波动点20 fps时产生最小传输时间,最大程度地节约了传输时间,提高了传输效率。

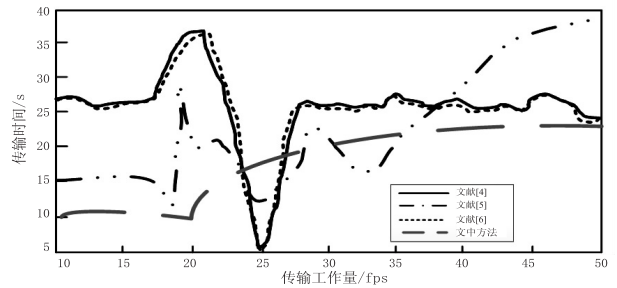


图2 视频传输的工作量与传输时间的关系对比

(3) 误码率测试。

采用不同方法对人体运动视频传输造成的误码率情况进行对比,将文献[4-6]与文中方法进行对比,结果如图3所示。

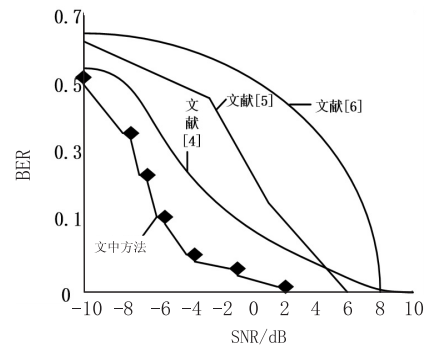


图3 误码率对比结果

由图3可知,文中选用的方法在进行人体运动视频传输的误码率较低。主要原因在于文中方法采用卷积神经网络算法进行人体运动视频传输的自适应分类识别,提取人体运动视频的空间边缘像素点分布标,在神经网络的隐含层引入人体运动视频的几何特征自适应调节向量,提高了视频传输质量。

4 结束语

文中提出一种基于卷积神经网络的人体运动视频传输可靠性评估算法,进行人体运动视频传输过程中的空间均衡设计,采用统计分析方法重构人体运动视频传输过程中的区域,对信道中的多径干扰特征量采用自相关匹配滤波方法进行干扰抑制,采用卷积神经网络进行人体运动视频传输的可靠性控制,进行人体运动视频传输的自适应分类识别,实现人体运动视频传输可靠性估计。研究得知,该方法进行人体运动视

频传输的可靠性较好,传输速度较快,误码率较低。但该方法对最优关键帧节点对行为视频的核心信息的识别尚未验证,因此还需要进行更深层次的研究,以期增强运动视频传输可靠性,为以后人体运动视频识别的发展提供学术依据。

参考文献:

- [1] 陈甬娜,周宇,王晓东,等. 基于菱形编码的视频信息隐藏算法[J]. 计算机应用,2017,37(10):2806-2812.
- [2] GLAVOTA I, KAPROCKI Z, VRANJEŠ M, et al. No-reference real-time video transmission artifact detection for video signals[J]. Journal of Real-Time Image Processing, 2018, 17:799-820.
- [3] 张磊,胡燕. SIFT算法中融合全局不变矩的特征变换[J]. 微电子学与计算机,2017,34(6):67-71.
- [4] YONG P, ZHANG N, KANG C, et al. MPLP based fast power system reliability evaluation using transmission line status dictionary[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2019,34(2):1630-1640.
- [5] BRAHIM M B, MIR Z H, ZNAIDI W, et al. QoS-aware video transmission over hybrid wireless network for connected vehicles[J]. IEEE Access, 2017,5:8313-8323.
- [6] 刘佑鑫,魏嫚. 可见光-近红外 HSV 图像融合的场景类字典稀疏识别方法[J]. 计算机应用,2018,38(12):3355-3359.
- [7] 何书芹,梁西银,颜昌林,等. 基于多尺度熵和动态时间规整的步态身份识别[J]. 重庆大学学报,2018,41(11):84-91.
- [8] SALMAN M I, MANSOOR A M, JALAB H A, et al. A joint evaluation of energy-efficient downlink scheduling and partial CQI feedback for LTE video transmission[J]. Wireless Personal Communications, 2017,98(6):1-23.
- [9] 张雷,王军. 无线信道指纹特征识别技术研究[J]. 现代电子技术,2017,40(13):13-16.
- [10] SURYOPUTRO M R, SARI A D, SUGARINDRA M, et al. Machinery safety of lathe machine using SHARP-systemic human action reliability procedure;a pilot case study in academic laboratory[J]. IOP Conference Series; Materials Science and Engineering, 2017,277:012017.
- [11] 赵晓东,刘作军,陈玲玲,等. 下肢假肢穿戴者跑动步态识别方法[J]. 浙江大学学报:工学版,2018,52(10):1980-1988.
- [12] 江晋剑,胡桂姬,苏亮亮,等. 基于步态触觉压力极值点的身份识别方法[J]. 电子测量与仪器学报,2018,32(8):83-88.
- [13] 何正义,曾宪华,郭姜. 一种集成卷积神经网络和深信网的步态识别与模拟方法[J]. 山东大学学报:工学版,2018,48(3):88-95.
- [14] MUNOZ J E, GAMBUS P, JENSEN E W, et al. Time-frequency features for impedance cardiography signals during anesthesia using different distribution kernels[J]. Methods of Information in Medicine, 2018,57(1):e1-e9.
- [15] RONG S, ZHOU H, ZHAO D, et al. Infrared fix pattern noise reduction method based on shearlet transform[J]. Infrared Physics & Technology, 2018,91:243-249.
- [16] LI C, XIONG H, ZOU J, et al. Joint dynamic rate control and transmission scheduling for scalable video multirate multicast over wireless networks[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2018,20(2):361-378.
- [17] WEI X S, LUO J H, WU J. Selective convolutional descriptor aggregation for fine-grained image retrieval[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2017,26(6):2868-2881.
- [18] HA R, CHANG P, KARCICH J, et al. Predicting post neoadjuvant axillary response using a novel convolutional neural network algorithm[J]. Annals of Surgical Oncology, 2018, 25(10):3037-3043.
- [19] BELO V S, GREGORIO E A, NETO R G T, et al. Reliability of techniques used in the diagnosis of canine visceral leishmaniasis by the national control program in Brazil;a survey in an area of recent transmission[J]. Preventive Veterinary Medicine, 2017,146:10-15.
- [20] AMIRAT Y, MÜNCH A. On the controllability of an advection-diffusion equation with respect to the diffusion parameter; asymptotic analysis and numerical simulations[J]. Acta Mathematicae Applicatae Sinica, English Serie, 2019,35(1):54-110.