

文章编号: 1000-5862(2015)03-0309-06

一种基于深度卷积神经网络的摄像机 覆盖质量评价算法

朱 陶 杜治国 洪卫军

(中国人民公安大学 北京 100038)

摘要: 随着视频监控系统的大规模普及, 视频监控系统的效用评价成为一个重要的研究课题. 当前视频监控系统评价只考虑了摄像机的覆盖率, 缺少对摄像机覆盖质量的量化评价. 该文提出了一种基于深度卷积神经网络的监控摄像机覆盖质量评价算法. 将摄像机覆盖质量评价问题转化为对摄像机所采集视频帧的质量评价问题. 探讨了基于视频帧的摄像机覆盖质量等级的分级策略, 标注了一个摄像机视频帧质量等级数据集; 设计了一种新颖的多维标签赋值方法, 利用深度卷积网络学习鲁棒的视频帧表示, 进一步基于支持向量回归机(SVR)学习视频质量回归函数, 从而实现对摄像机覆盖质量的鲁棒估计. 实验结果表明: 该算法能够准确地对监控摄像机的覆盖质量进行自动评测, 有效监测了摄像机监控质量的实时变化.

关键词: 视频监控摄像机; 覆盖质量; 深度卷积神经网络; 支持向量回归机

中图分类号: TP 391.41 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2015.03.16

0 引言

视频监控系统是目前应用最为广泛的安防系统. 近年来, 视频监控系统大面积普及, 在公共安全、小区监控、灾害预警等领域发挥了日益重要的作用^[1]. 对新建成的视频监控系统进行效用评价是一个重要的研究课题, 但现有的监控系统评价仅关注监控摄像机覆盖率, 缺乏对监控摄像机的覆盖质量的量化研究. 实际监控环境中, 摄像机覆盖质量会随着光照、天气等环境变化发生实时变化. 图1为一个小区监控摄像机监控覆盖质量随时间变化的示意

图, 可见随着环境能见度的变化, 摄像机的覆盖质量逐渐增强. 因此, 需要针对摄像机覆盖质量的实时性、动态性的特点, 设计并实现覆盖质量的自动评测算法.

摄像机覆盖质量评价可以通过对视频帧质量等级的评价来实现. 本文提出了一种基于深度卷积神经网络的摄像机覆盖质量等级评价算法, 基于深度卷积网络学习鲁棒的视频帧表示, 进一步根据支持向量回归机(SVR)学习视频帧质量回归函数, 实现了对视频帧质量的自动估计.

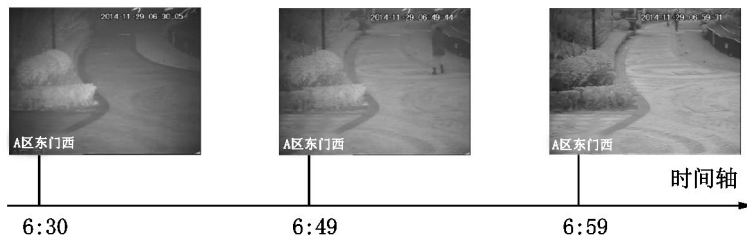


图1 摄像机覆盖质量随时间动态变化的示意图

收稿日期: 2014-12-17

基金项目: 国家“863”计划(2013AA014604-2014)和中国人民公安大学基本科研业务费科技类课题(2014JKF02205)资助项目.

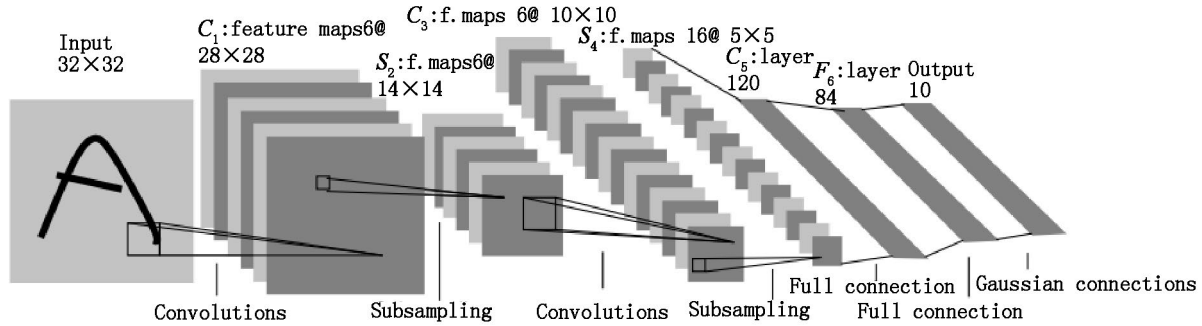
作者简介: 朱 陶(1984-), 女, 安徽滁州人, 博士研究生, 主要从事电子物证的研究.

1 技术背景

1.1 深度卷积神经网络

深度卷积神经网络(Deep Convolutional Neural Network)是一种生物启发的机器学习方法,最早由 Yan Lecun 等^[2]提出并成功运用于美国邮政手写字

符识别. 深度卷积神经网络的经典形式如图 2 所示. 其基本思想是利用多层的卷积和 Pooling 结构,学习层次的特征表示. 自 2012 年以来,深度卷积神经网络在图像识别^[3]、人脸识别^[4]、物体检测^[5]等领域取得了突破性进展,成为当前最为流行的机器学习算法.



C_1, C_2 为卷积层 S_2, S_4 为 Pooling 层 C_5 为向量化层 F_6 为全连接层.

图 2 经典深度卷积神经网络 LeNet5 示意图

如图 2 所示,对于 LeNet5 输入图像通过 6 个可学习的卷积核进行卷积,卷积后在 C_1 层产生 6 个特征响应图,然后经过下采样操作(Pooling)得到 S_2 层的 6 个特征响应图,这些响应图再经过 16 个可学习的卷积核卷积得到 C_3 层. 再一次通过下采样操作得到 S_4 层. S_4 层的所有响应图经过向量化,连接成一个长向量输入到经典的全连接神经网络,直到输出层.

1.2 支持向量回归机

支持向量回归机是一种基于支持向量的回归方法^[6]. 假设有一组观测为

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_r, y_r), x_i \in \mathbf{R}^n, y_i \in \mathbf{R}$, SVR 的目标是学习回归函数 f ,使得 $y = f(x), x \in \mathbf{R}^n, y \in \mathbf{R}$,设 $f(x)$ 为线性,则 $f(x) = \langle w, x \rangle + b$, SVR 的优化目标为

$$\min_{w, b} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*),$$
$$s. t. \begin{cases} y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon + \xi_i, \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^*, \\ \xi_i \geq 0, \\ \xi_i^* \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

其中 ξ_i, ξ_i^* 为松弛因子,当拟合结果有误差时 ξ_i, ξ_i^* 都大于 0,误差在 ε 以内时取 0, (1) 式可以通过 LibSVM 工具包求解^[7].

2 基于深度卷积神经网络的摄像机覆盖质量评价

2.1 视频帧质量等级划分

首先为监控摄像机拍摄到的视频帧定义 4 个质量等级,即以主观评价的方式给出不同覆盖质量对应的细节指标定义,如表 1 所示. 图 3 所示为不同摄像机覆盖质量的视频帧示例.

同时,为不同级别的覆盖质量定义对应的效能评分,如表 2 所示.

对应回归模型的输出结果,设置 4 个质量等级的输出评分区间,如表 3 所示. 本算法中,质量等级的划分区间取 2 个相邻质量等级评分的均值,例如,差和一般 2 个等级的平均评分为 20,因此设置在评分区间 [0, 20) 的样本覆盖质量等级为差.

表 1 摄像机视频帧覆盖质量分级指标

覆盖质量等级	细节指标
差	图像较暗,前景和背景分离有难度,监控对象模糊,信息量极少
一般	图像不够清晰,前景和背景部分可分离,监控对象完整,信息量少
良好	图像清晰,前景和背景可分离,监控对象完整,具有一定信息量
优秀	图像清晰度高,前景和背景差异明显,监控对象清晰完整,信息量丰富



图 3 摄像机覆盖质量分级示例

表 2 覆盖质量等级评分

覆盖质量等级	评分
差	0
一般	40
良好	70
优秀	100

表 3 评分和输出质量等级对应关系

覆盖质量等级	输出评分区间
差	[0 20)
一般	[20 55)
良好	[55 85)
优秀	[85 , + ∞)

2.2 本文算法

图 4 所示为本文算法的整体框架 ,分为离线训

练和在线估计 2 个部分 ,下面介绍本文算法的离线训练部分和在线估计部分.

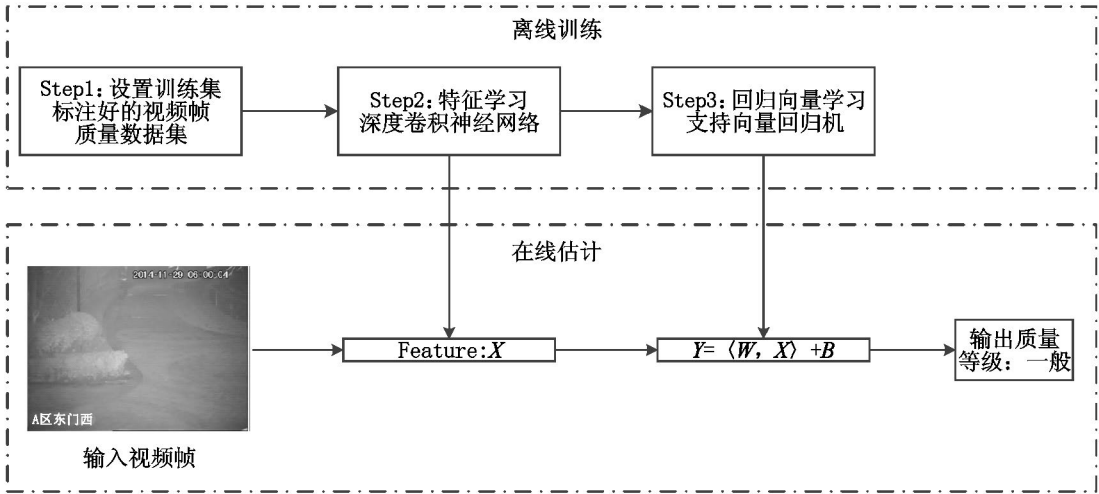


图 4 摄像机覆盖质量自动评价算法流程图

2.2.1 离线训练 (i) 特征学习: 基于图 5 所示的深度卷积神经网络学习特征表示 ,所有的视频帧统

一将高度缩放为 64 像素宽度.

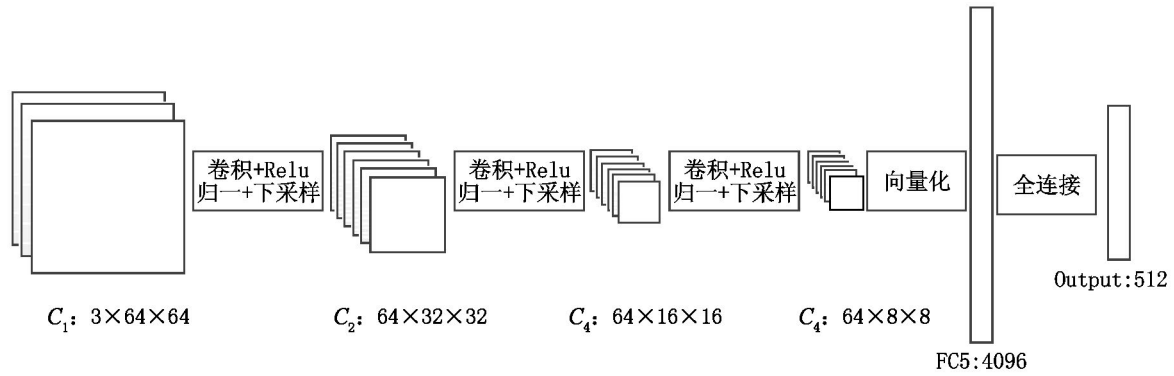


图5 本文算法采用的深度卷积网络结构示意图

输出层标签设置: 由于视频质量评价的得分是一个连续值, 不适用于经典的 0/1 标签, 因此设计了一种连续标签生成策略, 对应于卷积网络的 512 维输出层, 假设样本质量等级为 d , 对应表 2 的得分为 m_d , 则质量等级为 d 的视频帧对应的输出层标签可以表示为一个每 1 维取值均为 m_d 的 512 维向量 $(m_d; m_d; \dots; m_d) \in \mathbf{R}^{512 \times 1}$.

如训练集中, 质量等级为一般的所有视频帧, 输出层标签为 $(40; 40; \dots; 40) \in \mathbf{R}^{512 \times 1}$.

样本增广策略: 对训练集进行增广, 训练过程中随机的在输入样本中随机截取 64×64 大小的图像块. 在线估计过程中则直接选取图像正中心的 64×64 大小的图像块, 经过在网络中的前向操作 (Forward) 后输出 FC5 层特征. 模型训练: 本文基于开源的 Caffe 平台进行卷积网络学习^[8], 采用经典的 Logistic 损失函数和随机梯度下降策略进行反向传递.

(ii) 质量评分回归函数学习: 采用支持向量回归机, 利用训练集样本经过深度卷积神经网络输出的 FC5 层特征和对应的评分, 学习线性回归方程 $f(x)$.

2.2.2 在线估计 对于测试集中的视频帧 x , 首先经过深度卷积神经网络进行特征提取, 再经过回归方程 $f(x)$ 回归后输出一个覆盖质量评分 y , 结合表 3 可得到摄像机在当前视频帧下的覆盖质量等级.

3 实验结果与分析

3.1 实验数据集

首先, 介绍训练集和测试集的划分. 采集多个监控摄像机拍摄到的多段监控视频, 以 5 min 为间隔, 对其进行等间隔视频帧采样, 并依据表 1 和表 2, 人工标定提取到的视频帧的质量等级, 为每个等级标定 8 000 张图片组成训练集、4 000 张图片组成测

试集.

3.2 实验对比

对标定好的训练集、训练深度卷积神经网络, 利用支持向量回归机算法训练得到回归方程. 在测试集中, 经过特征提取和回归函数, 自动得到覆盖质量评分. 表 4 给出了测试集中 4 个摄像机覆盖质量等级的分类混淆矩阵.

表4 摄像机覆盖质量评价的分类混淆矩阵 %

	差	一般	良好	优秀
差	98.5	1.5	0	0
一般	0.4	99.1	0.5	0
良好	0	0.8	98.7	0.5
优秀	0	0	1.2	98.8

与经典局部描述子 LBP^[9]、HOG^[10] 和颜色直方图的比较如图 6 所示, 实验结果表明本文算法所采用的 DCNN 特征显著优于经典的局部描述子.

如上所述, 不同环境中的摄像机覆盖质量存在显著差异, 应用本文的自动评测算法能够给出摄像机实时的覆盖质量评分. 以同一个监控摄像机在冬季晴天和冬季雾霾天为例, 绘制全天的覆盖质量曲线, 如图 7 所示. 由图 7 可以直观地得到不同天气条件下的同一摄像机全天覆盖质量曲线. 图 7 的实验结果表明, 本算法能够有效体现出覆盖质量的实时性和动态性.

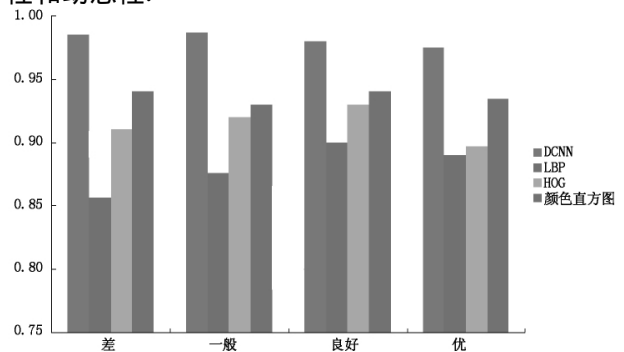


图6 本文算法与经典局部描述子的比较

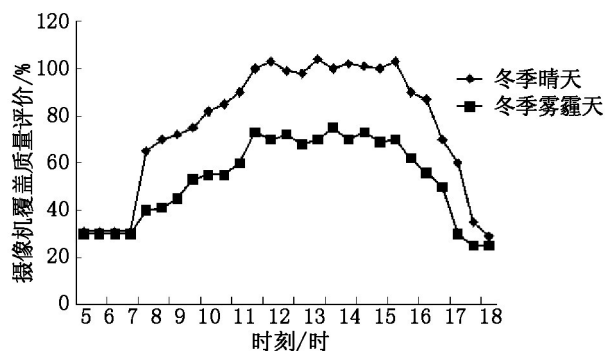


图7 全天同一摄像机覆盖质量变化曲线

4 结论

现有视频监控效用评价主要针对视频监控系统的覆盖率,缺少对摄像机覆盖质量的量化评价研究.本文针对摄像机覆盖质量所特有的实时性和动态性特点,提出了一种利用深度卷积神经网络进行特征学习,进一步通过支持向量回归机进行回归函数学习的摄像机覆盖质量自动评分算法.本文设置了4个不同的覆盖质量等级及其对应评分,在大量训练数据基础上进行鲁棒特征学习并拟合出回归函数.本文算法实现了对任意视频帧覆盖质量的自动评价,进而实现了对监控摄像机覆盖质量的实时自动评测.实验结果表明,本文所提算法具有良好的评测精度.同时,利用该算法,可以得到任意监控摄像机在不同天气以及不同时刻下的覆盖质量评分,全面有效地监测了覆盖质量这一动态指标,从而有效应用于视频监控系统的效用评价.

5 参考文献

[1] 吕世良,王晓茜,刘金国.数字视频监控系统设计与实

现[J].测控技术,2014,33(2):80-82.

- [2] Yan Lecun, Bottou L, Bengio Y, et al. Gradient-based learning applied to document recognition [J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(11): 2278-2324.
- [3] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks [C] // Advances in Neural Information Processing Systems, 2012: 1097-1105.
- [4] Taigman Y, Yang M, Ranzato M A, et al. Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification [C] // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2014: 1701-1708.
- [5] Girshick R, Donahue J, Darrell T, et al. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation [EB/OL]. [2014-10-19]. <http://arxiv.org/abs/1311.2524>.
- [6] Basak D, Pal S, Patranabis D C. Support vector regression [J]. Neural Information Processing-Letters and Reviews, 2007, 11(10): 203-224.
- [7] Chang Chih-chung, Lin Chih-jen. LIBSVM: a library for support vector machines [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 2011, 2(3): 27.
- [8] Jia Yangqing, Shelhamer E, Donahue J, et al. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding [EB/OL]. [2014-10-20]. <http://arxiv.org/abs/1408.5093>.
- [9] Guo Zhenhua, Zhang D. A completed modeling of local binary pattern operator for texture classification [J]. Image Processing, IEEE Transactions on, 2010, 19(6): 1657-1663.
- [10] Zhu Qiang, Yeh M C, Cheng Wangting, et al. Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients [C] // Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on IEEE, 2006, 2: 1491-1498.

The Camera Coverage Quality Evaluation Algorithm Based on Deep Convolution Neural Network

ZHU Tao, DU Zhiguo, HONG Weijun

(Chinese People's Public Security University, Beijing 100038, China)

Abstract: Along with the popularity of video surveillance system, effect evaluation of video surveillance system becomes an important research item. Current evaluation of video surveillance system only takes camera coverage rate into consideration without quantitative evaluation of camera coverage quality. The article provides a surveillance camera coverage quality evaluation algorithm based on deep convolution neural network. The problem of camera coverage quality evaluation algorithm is transformed into the problem of quality evaluation on video frames collected by

cameras. A classification strategy based on camera coverage quality levels of video frames is provided and a data set of quality levels of camera video frames is labeled. A multi-dimension label assignment method is designed for utilizing deep convolution neural network to learn a robust video frame indication ,and furthermore ,to learn a video quality regression function based on Support Vector Regression (SVR) ,thus a robust evaluation on video coverage quality is performed. The experiment result shows that the algorithm of the article can perform an automatic evaluation on the surveillance camera coverage quality precisely ,and effectively monitors the real-time change of camera surveillance quality.

Key words: video surveillance camera; coverage quality; deep convolution neural network; support vector regression

(责任编辑: 冉小晓)

(上接第 303 页)

- [15] 胡元,石冰. 基于区域划分的 kNN 文本快速分类算法研究 [J]. 计算机科学 2012 ,39(10) :182-186.
- [16] 周奇. 基于指纹识别特征选择的改进加权 KNN 算法 [J]. 现代计算机: 专业版 2014(2) :27-29.
- [17] 王超学,潘正茂,马春森,等. 改进型加权 KNN 算法的不平衡数据集分类 [J]. 计算机工程 2012 ,38(20) :160-163.
- [18] Jindaluang W ,Chouvatut V ,Kantabutra S. Under-sampling by algorithm with performance guaranteed for class-imbalance problem [C]. Computer Science and Engineering Conference 2014: 215-221.

The KNN Text Classification Based on Sample Importance Principals

WAN Hanyong ZUO Jiali ,WAN Jianyi* ,WANG Mingwen

(School of Computer Information Engineering ,Jiangxi Normal University ,Nanchang Jiangxi 330022 ,China)

Abstract: As one of the top ten data mining algorithms ,KNN has good performance of text classification. All samples are treated as the same as its weight in the traditional KNN method ,but the question that the different sample has the different contribution to the classification has been ignored. To solve the problem ,a sample importance principals and KNN classifier constructed on the basis of this principle has been presented. Using the random walk algorithm to identify these samples near the class boundary ,and calculate the boundary value of each sample. To generate the score of sample importance of each sample from the boundary value ,combined sample importance with KNN method to form a new classification model. Experimental results show that the new SI-KNN classifier has some improvement compared to the traditional KNN method on the Chinese and English text corpus.

Key words: text classification; KNN; sample importance principals; SI-KNN

(责任编辑: 冉小晓)