











图9 结合识别算法的样本标注示例

### 3.2.2 模型训练

将数据集分成训练集、验证集和测试集三部分. 训练前, 对所有图片进行归一化, 并统一尺寸为 227×227. 训练时, 采用了调优的方法. 初始参数模型是已在 Imagenet 数据库训练好的 Alexnet 模型<sup>[21]</sup>, 然后重新学习新的全连接层. 设置新的学习率为 0.0001, batchsize 为 64, 采用 SGD 优化方法, 迭代了 12 000 次, 大约 6 个 epoch, 最终达到收敛.

### 3.2.3 结果展示及分析

将训练好的人脸图像质量评估模型在测试集上进行测试, 部分测试图像的质量分数如图 10 所示. 由图可知, 对于姿态、光照、清晰度或光照变化, 我们模型给出的质量分数都能有效进行区分.



(a) 不同表情、姿态与清晰度的人脸图像质量评估结果



(b) 不同光照的人脸图像质量评估结果

图 10 人脸图像质量评估结果

图像质量评估算法常见评价指标有 LCC (线性相关系数) 和 SROCC (秩相关系数). LCC 描述算法评价与参考值之间的相关性, 从而衡量了算法预测的准

确性. SROCC 衡量算法预测的单调性. 在测试集上计算这两项指标, 并与只考虑单一因素的评估方法进行比较, 如表 1 所示. 从表中可以发现, 基于 CNN 学习的方法比根据单一因素评估的方法效果好很多, 而本文对 Alexnet 进行改进后, 效果更加提升.

表 1 Color FERET 测试集上的 LCC 和 SROCC

方法	LCC	SROCC
清晰度	0.0027	0.0014
对比度	0.3877	0.3689
对称性	0.4618	0.4906
Pan 的方 <sup>[24]</sup>	0.7784	0.7991
Alexnet	0.8521	0.8739
改进的 Alexnet	0.8634	0.9124

### 3.3 基于质量评估的监控视频中人脸验证实验

为了验证本文方法能够提高监控视频中人脸识别系统识别率, 在自制的监控视频数据集上进行了实验.

首先, 用训练好的模型评估监控视频中的人脸图像质量, 结果如图 11 所示. 虽然整体质量分数偏低 (这与监控视频中人脸图像本身质量低也是相符的), 但依然能对姿态 (图 11(a)、(d)、(e)、(f))、清晰度 (图 11(a)、(c))、表情 (图 11(a)、(b)) 变化进行区分. 另外, 由于人脸检测算法存在误差, 检测出一些非人脸图像. 但是其质量分数非常低, 可以通过质量分数将其剔除 (图 11(g)、(h)).

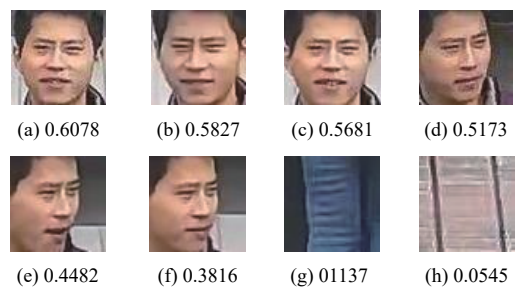


图 11 监控视频中人脸图像质量评估结果

然后, 将质量评估模块加入人脸识别系统中, 简单流程图如图 12 所示. 先对监控视频进行人脸检测及跟踪, 得到同一个人的一连串人脸图像, 再对这些人脸图像进行质量评估并由高到低进行排名, 分别选出其中质量排名为 1, 2, 4, 8, 16 以及所有人脸图像进行后续人脸识别, 识别准确率如图 13 所示. 由图可看出, 对于改进后的 Alexnet, 当选择质量排名为前 8 的人脸图像进行人脸识别时, 识别率最高达到 91%. 若不进行质量

评估, 而将所有人脸图像全部用于识别, 识别率只有64%。从而证明了本文提出的质量评估方法能提高监控视频中人脸识别准确率。

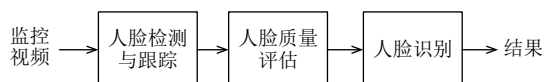


图12 加入质量评估模块的人脸识别系统

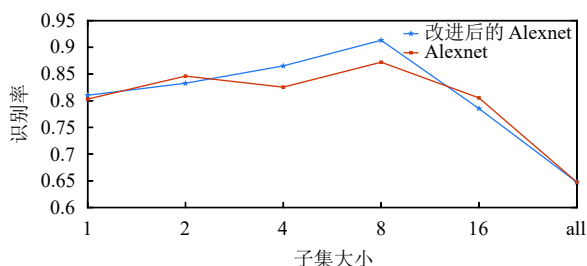


图13 选择不同质量排名的人脸图像进行识别的结果

#### 4 结论与展望

本文提出了一种基于 CNN 的监控视频中人脸图像质量评估方法。主要有两点：一是传统图像评估方法大多只考虑到部分因素对图像的影响，且融合过程需人为设计。本文通过将 Alexnet 的中间卷积层与全连接层连接，自动融合多尺度特征进行图像质量评估；二是网络训练需要大量带标签样本，人工进行标定耗时耗力，且标定结果与人的视觉系统相一致，而脱离了实际人脸识别系统。因此采用结合人脸识别算法的方法自动标定。实验证明，本文方法能够对姿态、表情、光照、清晰度变化引起的图像质量变化给予准确的评估，筛选出高质量的人脸图像，提高识别准确率。

#### 参考文献

- Zhao W, Chellappa R, Phillips PJ, *et al.* Face recognition: A literature survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2003, 35(4): 399–458. [doi: 10.1145/954339.954342]
- Wiskott L, Krüger N, Kuiger N, *et al.* Face recognition by elastic bunch graph matching. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 775–779. [doi: 10.1109/34.598235]
- Blanz V, Vetter T. Face recognition based on fitting a 3D morphable model. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, 25(9): 1063–1074. [doi: 10.1109/TPAMI.2003.1227983]
- Wright J, Yang AY, Ganesh A, *et al.* Robust face recognition via sparse representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2009, 31(2): 210–227. [doi: 10.1109/TPAMI.2008.79]
- Grother P, Tabassi E. Performance of biometric quality measures. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2007, 29(4): 531–543. [doi: 10.1109/TPAMI.2007.1019]
- Grother PJ, Quinn GW, Phillips PJ. Report on the evaluation of 2D still-image face recognition algorithms. *NIST Interagency Report*, 2010, 7709: 106. [doi: 10.6028/NIST.IR.7709]
- Huang GB, Ramesh M, Berg T, *et al.* Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments. *University of Massachusetts Amherst Technical Report*. Amherst, Massachusetts: University of Massachusetts Amherst, 2007.
- Fan HQ, Cao ZM, Jiang YN, *et al.* Learning deep face representation. *arXiv preprint arXiv:1403.2802*, 2014.
- 魏政刚, 袁杰辉, 蔡元龙. 图象质量评价方法的历史、现状和未来. *中国图象图形学报*, 1998, 3(5): 386–389. [doi: 10.3969/j.issn.1006-8961.1998.05.008]
- Sang JT, Lei Z, Li SZ. Face image quality evaluation for ISO/IEC standards 19794-5 and 29794-5. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Biometrics*. Alghero, Italy. 2009. 229–238.
- Nasrollahi K, Moeslund TB. Face quality assessment system in video sequences. *Proceedings of the First European Workshop on Biometrics and Identity Management*. Roskilde, Denmark. 2008. 10–18.
- Rúa EA, Castro JLA, Mateo CG. Quality-based score normalization and frame selection for video-based person authentication. *Proceedings of the First European Workshop on Biometrics and Identity Management*. Roskilde, Denmark. 2008. 1–9.
- 蒋刚毅, 黄大江, 王旭, 等. 图像质量评价方法研究进展. *电子与信息学报*, 2010, 32(1): 219–226.
- 邹国锋, 傅桂霞, 李震梅, 等. 融合二级评价指标的人脸图像质量评价方法. *山东大学学报(工学版)*, 2016, 46(2): 6–13.
- Ozay N, Tong Y, Wheeler FW, *et al.* Improving face recognition with a quality-based probabilistic framework. *Proceedings of 2009 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. Boston, MA, USA. 2009. 134–141.
- Chen JS, Deng Y, Bai GC, *et al.* Face image quality assessment based on learning to rank. *IEEE Signal*

- Processing Letters, 2015, 22(1): 90–94. [doi: [10.1109/LSP.2014.2347419](https://doi.org/10.1109/LSP.2014.2347419)]
- 17 Kang L, Ye P, Li Y, *et al.* Convolutional neural networks for no-reference image quality assessment. Proceedings of 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Columbus, OH, USA. 2014. 1733–1740.
- 18 Liu GR, Xu Y, Lan JP. No-reference face image assessment based on deep features. Proceedings Volume 9971, Applications of Digital Image Processing XXXIX. San Diego, CA, USA. 2016. 9971: 99711S.
- 19 Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. Lake Tahoe, NV, USA. 2012. 1097–1105. [doi: [10.1145/3065386](https://doi.org/10.1145/3065386)]
- 20 Hariharan B, Arbeláez P, Girshick R, *et al.* Hypercolumns for object segmentation and fine-grained localization. Proceedings of 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Boston, MA, USA. 2015. 447–456.
- 21 Parkhi OM, Vedaldi A, Zisserman A. Deep face recognition. Proceedings of British Machine Vision Conference. Swansea, UK. 2015. 6.
- 22 Phillips PJ, Moon H, Rizvi SA, *et al.* The FERET evaluation methodology for face-recognition algorithms. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(10): 1090–1104. [doi: [10.1109/34.879790](https://doi.org/10.1109/34.879790)]
- 23 Sim T, Baker S, Bsat M. The CMU pose, illumination, and expression database. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(12): 1615–1618.
- 24 Pan CH, Ni BB, Xu Y, *et al.* Recognition oriented facial image quality assessment via deep convolutional neural network. Proceedings of the International Conference on Internet Multimedia Computing and Service. Xi'an, China. 2016. 160–163.