**全参考图像质量评价**

Larson EC, Chandler DM. Most apparent distortion: full-reference image quality assessment and the role of strategy[J]. Journal of Electronic Imaging, 2010, 19 (1).

[[pdf](pdf/F~Most%20Apparent%20Distortion%20-%20A%20Dual%20Strategy%20for%20Full-Reference%20Image%20Quality%20Assessment%20(IQSP'2009,%20SPIEv7242)%20-%20MAD.pdf)]

简介：提出了基于人类视觉特性的图像质量评价方法MAD。该方法在SSIM之后，使的基于误差度量的图像质量评价方法也能够取得优秀性能。该方法对失真严重图像和失真轻微图像分别采取不同的策略进行图像质量的预测。

对于轻微失真的图像（包含接近感知阈值的失真），该方法假设人眼倾向于从图像中找出失真的结构。其中考虑了人类视觉系统的不同特性：空间对比度敏感函数，亮度感知的非线性，亮度和对比度掩盖效应。在此基础上计算图像中每一处误差的可见度。

对于严重失真的图像（包含阈上失真），该方法假设人眼倾向于从图像中找出原图具有的信息，因而通过判断失真图像与原始图像中的结构的差异。具体的通过比较在log-Gabor变换域中局部图像块统计特性的改变来度量。

Chandler DM, Hemami SS. VSNR: A wavelet-based visual signal-to-noise ratio for natural images[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16 (9): 2284-2298.

[[pdf](pdf/F~VSNR%20%20a%20wavelet_based%20visual%20signal-to-noise%20ratio%20for%20natural%20images.PDF)]

简介：该论文在小波分解与模仿人类视觉的相关特性，计算一种视觉信噪比（VSNR）指标来作为图像质量评级结果。具体来说，通过以下几个步骤进行：失真的对比度阈值；人眼感知到的对比度失真；全局优先的破坏度。其中考虑到的视觉特性包括：初级视觉特性（对比度敏感特性和视觉掩盖效应）、中级视觉特性（整体优先现象）等。文中第二部分对当时的IQA方法做了比较详细的归纳和分析，值的阅读。

Min Zhang, Xuanqin Mou and Lei Zhang, “Non-Shift Edge based Ratio (NSER): An Image Quality Assessment Metric Based on Early Vision Features”, IEEE Signal Processing Letter, 18(5), May, 2011，pp.315-318.

[[pdf](pdf/NSER.pdf)]

简介：该方法提出了基于早期视觉特征-边缘点的图像质量评价算法。首先采用LOG算子模拟人眼的早期处理过程；通过对LOG滤波结果提取零交叉点，或者图像的边缘点位置；通过比较原始图像和失真图像中边缘点位置的保留程度来作为图像质量的预测结果。该方法简单有效，性能明显优于当时的主流算法。

W. Xue, L. Zhang, X. Mou and A. Bovik, "Gradient Magnitude Similarity Deviation: A Highly Efficient Perceptual Image Quality Index," IEEE Transactions on Image Processing, vol.23, no.2, pp.684-695, Feb. 2014.

[[pdf](pdf/GMSD_TIP14.pdf)]

简介：该方法从图像的梯度模值出发，通过采用原始图像和失真图像梯度模值的相似性来估计图像中局部位置的质量退化。该文章首次提出基于离差计算的局部质量池化方法，得到的简单、高效的图像评价方法，从预测性能和计算复杂度上都具有明显的优势。

X. Mou, and W. Xue, C. Chen, and L. Zhang, "LoG acts as a good feature in the task of image quality assessment," Proceedings of SPIE Vol. 9023, 902313 (2014).

[[pdf](pdf/902313.pdf)]

简介：本文从自然图像的白化过程出发，揭示了LOG算子对自然图像和失真图像的白化作用，并在此基础上提出基于LOG滤波结果相关性计算的图像质量评价方法LOG-COR。

W. Xue and X. Mou, "Image Quality Assessment with Mean Squared Error in a Log Based Perceptual Response Domain," ChinaSIP 2014.

[[pdf](pdf/ChinaSIP2014.pdf)]

简介：本文在LOG-COR方法的基础上，引入非线性归一化机制来进一步去除图像LOG信号中的冗余性。实验发现，在冗余性得到更好去除的NLOG域，直接采用均方误差（MSE）计算就可以得到有效的图像质量评价模型。

PAMSE

W. Xue, X. Mou, L. Zhang, and X. Feng, "Perceptual Fidelity Aware Mean Squared Error," ICCV 2013.

[[pdf](pdf/ICCV2013_Xue.pdf)]

简介：该论文以结构失真的图像为研究对象，提出了采用结构算子MSE对传统的MSE进行改进的图像质量评价方法——结构MSE（SMSE），并且对所得方法的正定性进行了分析，使得最终得到的方法可以成为一种有效的距离测度。在此基础上，文中从理论上证明了采用两个结构算子进行修正的SMSE等价于原始图像与失真图像在经过高斯低通滤波之后的MSE计算，从而得到了另一种图像质量评价方法——感知一致性MSE（PAMSE）。这两种方法在结构失真的图像上均得到很好的评价性能。

Wang Z, Bovik AC, Sheikh HR, et al. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13 (4): 600-612.

[[pdf](pdf/F~Image%20quality%20assessment%20-%20from%20error%20visibility%20to%20structural.pdf)]

简介：该文中主要提出了基于结构相似性的图像质量方法SSIM。通过从亮度相似性，对比度相似性以及结构相似性三个方面来评价图像的局部质量。相较于之前的基于误差度量的防范，该方法得到了非常好的预测结果。

文中值得注意的地方：

1）SSIM方法的三个成分的物理意义；

2）对早期基于人类视觉误差敏感特性的总结；

3）IV.A中在MSE不变情况下，沿着SSIM的梯度上升方向和下降方向对失真图像的处理。

Sheikh HR, Bovik AC, de Veciana G. An information fidelity criterion for image quality assessment using natural scene statistics[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14 (12): 2117-2128.

[[pdf](pdf/An%20Information%20Fidelity%20Criterion.pdf)]

简介：有Alan C. Bovik提出的基于信息论的IFC方法。通过在小波变换域用高斯混合模型对图像进行表达，并在小波变换域用系数衰减因子和加性噪声对失真图像进行建模。失真图像的质量采用在各个子带内原始图像与失真图像之间的互信息来预测。

值得注意的地方：附录中关于小波域系数互信息与小波系数方差归一化之后的MSE之间关系的证明。

Sheikh HR, Bovik AC. Image information and visual quality[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15 (2): 430-444.

[[pdf](pdf/Image%20Information%20and%20Visual%20Quality.pdf)]

简介：同样是基于信息论的VIF方法。该方法在IFC的基础上对人类视觉系统通道中引入心里噪声，将图像的感知过程看做是图像经过人类感知通道传递的过程。通过计算失真图像在输入该通道前后所保留的原始图像信息量与原始图像通过该通道之后所保留的原始图像信息量之比来作为图像质量的预测。

Zhang L, Zhang L, Mou XQ, et al. FSIM: A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20 (8): 2378-2386.

[[pdf](pdf/FSIM.pdf)]

简介：提出了全参考图像质量评价方法FSIM。该方法在目前仍然是性能排名靠前的几个算法之一。作者从图像中的相位一致性特征出发，计算原始图像与失真图像之间的梯度模值相关性和相位一致性特征的相关性，得到局部质量图；再用原始图像与失真图像的相位一致性特征中较大的值作为每一点的权重，对局部质量图进行加权得到最终质量。

Zhang L, Shen Y, Li HY. VSI: A Visual Saliency-Induced Index for Perceptual Image Quality Assessment[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2014, 23 (10): 4270-4281.

[[pdf](pdf/Zhang-2014-VSI_%20A%20Visual%20Saliency-Induced%20Inde.pdf)]

简介：为FSIM作者提出的最新的方法，整体框架与FSIM类似，将FSIM中的相位一致性特征用visual saliency特征代替。目前在各个数据库上都取得非常好的性能，在TID2013上相较于其他方法有非常明显的优势。

Zhou Wang, Eero P. Simoncelli. Maximum differentiation (MAD) competition: A methodology for comparing computational models of perceptual quantities[J]. Journal of Vision September 2008, Vol.8, 8.

[[pdf](pdf/Maximum%20differentiation%20(MAD)%20competition%20-%20A%20methodology%20for%20comparing%20computational%20models%20of%20perceptual%20quantities.pdf)]

简介：本文提出一种比较两种IQA指标的方法MAD。文中对MSE和SSIM进行了比较。对于一个初始失真图像，通过固定其中一个指标，对另一指标进行梯度上升或下降操作，分别得到两个新图像；再交换两个指标进行同样的操作，在得到两个新的图像。通过比较这些图像与人眼主观感知的一致性来判断两个指标的优劣。

Laparra V, Muñoz-Marí J, Malo J. Divisive normalization image quality metric revisited. JOSA A. 2010 Apr 1, 27(4):852-64.

[[pdf](pdf/Laparra,%20Muñoz-Marí,%20Malo%20-%202010%20-%20Divisive%20normalization%20image%20quality%20metric%20revisited.pdf)]

简介：该论文在基于误差度量的方法中引入Divisive Normalization Transformation，使得这种基于误差度量的方法可以得到与基于结构相似性或者基于信息论的图像质量评价方法相当的性能。文中对一幅图像的表示通过三个步骤进行：多尺度多方向分解，对比度敏感函数加权（对方向和频率都进行加权），Divisive Normalization Transformation。经过这三个步骤后，计算原始图像与失真图像之间的误差信号，采用Minkowski加权得到最终预测结果。该方法中涉及到众多参数，文中都进行了优化选取。

**部分参考图像质量评价方法**

Wang Z, Simoncelli EP. Reduced-reference image quality assessment using a wavelet-domain natural image statistic model[J]. Human Vision and Electronic Imaging X, 2005, 5666: 149-159.

[[pdf](pdf/Reduced-Reference%20Image%20Quality%20Assessment%20Using%20A%20Wavelet-Domain....pdf)]

简介：文中假设自然图像在小波域（可控金字塔分解域）的系数分布符合广义高斯分布（GGD），而失真图像则会改变这以分布。文中采用各个方向、频率子带系数拟合后的GGD模型参数作为参考特征。通过度量这些参数在失真图像与原始图像之间的变化来预测图像质量。

Li Q, Wang Z. Reduced-Reference Image Quality Assessment Using Divisive Normalization-Based Image Representation[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2009, 3 (2): 202-211.

[[pdf](pdf/Li-2009-Reduced-Reference%20Image%20Quality%20Assess.pdf)]

简介：该方法是对前一个方法的改进。将表达方向子带系数的GGD模型，改为GSM模型；进一步对图像的系数进行DNT变换，使得原始图像的系数分布更好的符合高斯分布。用高斯模型的参数以及系数分布的其他统计特征如峭度、偏度等作为图像的参考特征。

Soundararajan R, Bovik AC. RRED Indices: Reduced Reference Entropic Differencing for Image Quality Assessment[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21 (2): 517-526.

[[pdf](pdf/RRED.pdf)]

简介：该方法与IFC、VIF一样，采用GSM模型对自然图像和失真图像的小波系数进行建模，以小波系数的信息熵作为部分参考特征，对图像质量进行评价。于IFC、VIF不同，该文章中对失真图像直接采用GSM模型进行描述，而不是通过原始图像的退化模型来描述。根据文中所述，这样可以看做是将失真图像在自然图像空间投影之后，再计算小波系数的信息熵。

W. Xue and X. Mou, "Reduced reference image quality assessment based on Weibull statistics," International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), 2010.

[[pdf](pdf/Weibull%20RRIQA2010.pdf)]

简介：该论文在图像多尺度多方向的可控金字塔分解域中，提取每一个尺度中为一个位置处各个方向的最大成分，在每一个尺度上形成一个新的SCM图。通过采用Weibull分布来对其分布进行模拟，以各个尺度下SCM系数的Weibull分布拟合结果的尺度参数作为部分参考特征。通过计算原始图像与失真图像的部分参考特征之间的差异进行图像质量预测。

X. Mou, W. Xue and L. Zhang, "Reduced reference image quality via sub-image similarity based redundancy measurement," the 2012 IS&T/SPIE Electronic Imaging, California, USA, 2012.

[[pdf](pdf/SIS_RR_SPIE2012.pdf)]

简介：该论文基于图像的冗余性与图像的信息量之间的一致性，首次在图像质量评价中提出了图像自相似性的概念用来对图像的冗余性进行度量。文中提出一种对图像进行下抽样得到四幅子图像之间进行相似性计算的方法来度量图像的冗余性。以子图像之间的相似性为部分参考特征，该论文得到的性能优秀的部分参考图像质量评价方法。

M. Zhang, W. Xue and X. Mou, "Reduced reference image quality assessment based on statistics of edge," in Proc. IST & SPIE EI 2011, California, USA, 2011.

[[pdf](pdf/RR_Min_SPIE2011.pdf)]

简介：该论文受到NSER方法的启发，从图像的边缘点出发，通过统计每一个边缘点周围八邻域的边缘分布模式作为部分参考特征，预测图像的主观质量。

**无参考图像质量评价方法**

Moorthy AK, Bovik AC. A Two-Step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2010, 17 (5): 513-516.

[[pdf](pdf/N~%20akm_spl_may10.pdf)]

简介：第一个采用两步过程进行通用无参考图像质量评价（盲图像质量评价）的方法。该方法通过支持向量机对图像的退化类型进行分类；再根据支持向量机回归对每一种类型的质量进行模型训练；最终图像的质量为退化类型分类的概率与每一种类型模型预测结果进行加权平均得到。该方法所采用的特征为三个尺度三个方向上小波系数用广义高斯函数拟合后得到的方差和形状参数。

Mittal A, Moorthy AK, Bovik AC. No-Reference Image Quality Assessment in the Spatial Domain[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21 (12): 4695-4708.

[[pdf](pdf/N~%20brisque_journal%20_finalversion_2col.pdf)]

简介：该方法在图像的空域计算去均值并对比度归一化（MSCN）后系数的统计特征。采用广义高斯分布和非对称广义高斯分布来对MSCN系数和相邻MSCN系数乘积进行描述，用所得到的模型参数作为图像特征；然后用支持向量机对图像质量进行预测。该方法性能优秀，计算简单，是少有的基于空域特征的盲图像质量评价方法，具有重要参考价值。

Tang HX, Joshi N, Kapoor A. Learning a Blind Measure of Perceptual Image Quality[J]. 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011: 305-312.

[[pdf](pdf/N~%20LIBI%20(CVPR2011).pdf)]

简介：该论文提出了LBIQ方法。该方法从三个方面提取图像特征：小波系数的统计分布参数、跨尺度联合分布和模糊/噪声统计特征。文中分别用这三组特征训练图像质量评价模型，然后用三者预测结果的加权和作为最终预测结果。值得注意的是文中图6对做得到的特征用t-SNE方法进行二维可视化分析。

Zhang, L., Zhang, L., & Bovik, A. C. (2015). A feature-enriched completely blind image quality evaluator. IEEE Transactions on Image Processing, 24(8), 2579-2591.

[[pdf](pdf/TIP2015%20%20OU%20IL-NIQE.pdf)]

简介：该论文通过对90张自然图像的特征采用MVG（multivariate Gaussian model）模型进行描述，获取无失真自然图像的相关统计参数。对测试图像，则通过计算其与无失真图像的MVG模型之间的距离来对质量进行预测。该论文中所采用的图像特征包括：MSCN系数统计特征、MSCN系数乘积的统计特征、梯度统计特征、LOG-Gabor滤波相应统计特征和颜色统计特征。该方法在无需训练的盲图像质量评价中，取得了非常好的性能。

Mittal A, Soundararajan R, Bovik AC. Making a “completely blind” image quality analyzer. Signal Processing Letters, IEEE. 2013 Mar; 20(3):209-12.

[[pdf](pdf/Mittal,%20Soundararajan,%20Bovik%20-%202013%20-%20Making%20a%20'completely%20blind'%20image%20quality%20analyzer.pdf)]

简介：该论文提出了一种无须主观评分训练的盲评价方法NIQE。该方法首先从自然图像中选择大量的具有较强结构的patch；对每一个patch，计算其MSCN系数，并采用采用广义高斯模型进行描述，得到其分布参数；对自然图像得到的所有patch的分布参数进一步采用多元高斯模型进行描述。对于测试图像，在提取其所有patch的MSCN系数分布参数后，计算出其均值与协方差，并与自然图像的模型参数进行距离计算，作为最终的失真度量。该方法取得了非常不错的性能。

Moorthy AK, Bovik AC. Blind image quality assessment: From natural scene statistics to perceptual quality. Image Processing, IEEE Transactions on. 2011 Dec; 20(12):3350-64.

[[pdf](pdf/Moorthy,%20Bovik%20-%202011%20-%20Blind%20Image%20Quality%20Assessment%20From%20Natural%20Scene%20Statistics%20to%20Perceptual%20Quality.pdf)]

简介：该论文提出了盲评价方法DIIVINE。在提取质量感知特征后，采用两步框架进行质量估计：失真类型分类和特征失真类型质量估计。文章中质量感知特征提取通过在小波分解后系数的统计特性来进行，包括：子带系数的方差和形状参数，同方向子带系数的形状参数，尺度间的相关性，子带间的空间相关性以及相邻方向的结构相关性等。

Zhang M, Muramatsu C, Zhou X, Hara T, Fujita H. Blind image quality assessment using the joint statistics of generalized local binary pattern. Signal Processing Letters, IEEE. 2015 Feb; 22(2):207-10.

[[pdf](pdf/Zhang%20et%20al.%20-%202015%20-%20Blind%20Image%20Quality%20Assessment%20Using%20the%20Joint%20Statistics%20of%20Generalized%20Local%20Binary%20Pattern.pdf)]

简介：该论文对测试图像采用LOG算子进行多尺度分解；在此基础上进行广义LBP特征的提取。各个尺度上的特征连接起来，构成该图像的质量感知特征。借助于SVR，该方法在LIVE数据库上取得了优秀的性能。

Ye P, Kumar J, Kang L, Doermann D. Unsupervised feature learning framework for no-reference image quality assessment. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on 2012 Jun 16 (pp. 1098-1105).

[[pdf](pdf/Ye%20et%20al.%20-%202012%20-%20Unsupervised%20feature%20learning%20framework%20for%20no-reference%20image%20quality%20assessment.pdf)]

简介：该论文提出了盲评价算法CORNIA。文中对图形的局部块进行聚类，得到一些类聚类中心。聚类之前，局部快样本经过了减均值、标准差归一化和ZCA等预处理过程。对于测试图像的所有块通过内积的方式计算其与聚类中心的相似性，对于每一维特征，在所有图像块上取最大值，最终得到该图像的质量感知特征。文中采用线性核函数的支持向量机进行回归模型训练。实验中采用的聚类中心数量为10000，因此该方法特征维度极高。

Ye, P. and Doermann, D., No-reference image quality assessment using visual codebooks. Image Processing, IEEE Transactions on, 21(7), pp.3129-3138.

[[pdf](pdf/Ye,%20Doermann%20-%202012%20-%20No-reference%20image%20quality%20assessment%20using%20visual%20codebooks.pdf)]

简介：该论文中提出了基于码书的盲图像质量评价方法CBIQ。该方法包括以下几个步骤：1）局部Gabor特征提取；2）基于最邻近距离的码书编码；3）各个码字发生概率的计算；4）图像质量回归。码书通过对Gabor特征进行K-Mean聚类得到，。文中采用了两种回归模型：1）基于实例的方法，直接用训练样本的质量评分的加权和类作为测试图像的质量，加权系数为各个训练图像特征与测试图像特征之间的相似性；2）支持向量机回归。

He L, Tao D, Li X, Gao X. Sparse representation for blind image quality assessment. InComputer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on 2012 Jun 16 (pp. 1146-1153).

[[pdf](pdf/He,%20Tao%20-%202012%20-%20Sparse%20Representation%20for%20Blind%20Image%20Quality%20Assessment.pdf)]

简介：文中提出了基于稀疏编码进行回归的盲评价方法SRNSS。该方法采用小波域子带系数的均值，方差和熵作为图像质量特征。不同于大部分基于支持向量机进行回归的方法，该论文采用稀疏编码进行回归模型的设计。具体来讲，该回归模型中，将所有训练集合中的图像特征作为字典中的原子，对测试图像的特征进行系数表达，用表达系数对测试图像的主观评分进行加权，从而得到测试图像的主观评分。需要注意的是，该方法并未采用基于稀疏表示的图像特征。

Michele A. Saad, AlanC.Bovik, and Christophe Charrier, Blind Image Quality Assessment: A Natural Scene Statistics Approach in the DCT Domain, IEEE Transactions on Image Processing, vol.21, no.8, pp.3339-3352, Nov. 2012.

[[pdf](pdf/saad_2012_tip.pdf)]

简介：该论文从DCT变化域系数的统计特征出发，提出了盲评价算法BLIINDS-II。文中对DCT变化后的图像系数进行不同方向和不同频带的划分，分别提取划分后子带系数的统计特征作为图像质量感知特征。这些统计特征包括：广义高斯模型拟合后的形状参数、频率变化、子带能量比等特征。论文的DCT计算在5\*5的图像块内计算，对于所有图像块所得到的特征，论文采用百分比的池化方式进行处理，得到最终图像质量特征。文中采用概率预测模型进行测试图像的质量估计。

W. Xue, X. Mou, L. Zhang, A. Bovik and X. Feng, "Blind Image Quality Assessment Using Joint Statistics of Gradient Magnitude and Laplacian Features," IEEE Transactions on Image Processing, vol.23, no.11, pp.4850-4862, Nov. 2014.

[[pdf](pdf/BIQA_GM-LOG_TIP2014.pdf)]

简介：该论文仅从图像的初级视觉特征出发，提取图像的LOG滤波响应和梯度模值（GM）的联合统计特征来进行图像质量的预测。文中对这两种特征进行了一种联合非线性抑制过程，从而使得两种信号可以更好的区分自然图像与非自然图像。文中采用这两种信号的边缘概率分布于条件概率分布作为图像质量感知特征，采用支持向量机进行训练，在三个主要数据库上取得了非常好的预测性能。这两种特征在空域进行梯度域LOG滤波即可，计算复杂度低。

W. Xue, L. Zhang and X. Mou, "Learning without Human Scores for Blind Image Quality Assessment," CVPR 2013.

[[pdf](pdf/Xue_Learning_without_Human_2013_CVPR_paper.pdf)]

简介：该论文通过对大量仿真失真图像的局部样本块在图像的结构（用三个尺度的Difference of Gaussian特征描述）和图像块的质量（用已经发表的全参考评价方法进行估计，文中采用修正后的FSIM方法）两个维度上进行描述。在每一个质量等级上对其所包含的所有图像块进行聚类，得到该质量下的各种不同的结构中心。对于测试图像中的一个图像块，通过比较其DOG特征与各个质量等级上的结构中心的距离，计算出加权系数。对各个质量等级上最近邻的聚类中心的质量进行加权，得到该图像块的质量估计。整个图像上所有图像块的质量进行平均从而得到图像的整体质量估计。该方法不依赖于数据库中图像主观评分的训练，并且首次在盲评价算法中可以粗略的预测出图像的局部质量，并且具有较低的计算复杂度。

**基于机器学习的IQA**

Hou, Weilong, Xinbo Gao, Dacheng Tao, and Xuelong Li. "Blind image quality assessment via deep learning." Neural Networks and Learning Systems, IEEE Transactions on 26, no. 6 (2015): 1275-1286.

[[pdf](pdf/Blind%20Image%20Quality%20Assessment%20via%20Deep%20Learning.pdf)]

简介：该论文以图像小波分解域系数的统计特性（均值，方差和熵）对图像进行表示，采用深度神经网络进行图像质量等级的分类。网络训练过程包含两个阶段：基于有限波兹曼机的参数预训练和基于后向传播的参数微调。在LIVE数据库上分别采用50%和80%训练图像进行学习，该文中方法表现出与其他传统的基于SVR方法相当的性能。

Gu K, Zhai G, Yang X, Zhang W. Deep learning network for blind image quality assessment. InImage Processing (ICIP), 2014 IEEE International Conference on 2014 Oct 27 (pp. 511-515).

[[pdf](pdf/ICIP2014%20DIQI.pdf)]

简介：该论文采用MSCN系数的高纬度分布直方图，而不是对其用广义高斯函数拟合得到的参数，作为神经网络的输入特征。其深度网络包含三个系数自编码器（Sparse autoencoder），每一层先逐层分别训练，得到初始网络参数；再以图像质量为输出目标，进行参数微调。该方法在TID2013上的所有失真类型图片进行了验证，取得了优于BRISQUE、NIQA、QAC、SSIM等算法的性能。

Kang L, Ye P, Li Y, Doermann D. Convolutional neural networks for no-reference image quality assessment. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2014 (pp. 1733-1740).

[[pdf](pdf/lekang-14.pdf)]

简介：该论文将图像划分为不重叠的32\*32大小的图像块，其对应的主观质量即为该图像的质量。在对图像块进行局部对比对归一化后（MSCN操作），送入深度神经网络进行训练。该网络包含（卷积、pooling、全连接、全连接和输出）五层。卷积层模板大小为7\*7；pooling同时采用最大值和最小值；神经元的输出激活函数为ReLU。训练过程中对第二个全连接层采用了dropout策略来避免过拟合。该方法在LIVE数据库上采用80%-20%划分后训练结果为SRC：0.956。在深度学习中，除了网络结构的设计，训练过程中相关参数的选取十分关键，文中相关时间参数部分可以作为很好的经验学习。

Tang H, Joshi N, Kapoor A. Blind image quality assessment using semi-supervised rectifier networks. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2014 (pp. 2877-2884).

[[pdf](pdf/main_dliq_cvpr14.pdf)]

简介：该文章设计了一个Deep Belief Network 来学习特征，网络输入为高纬度的图像统计特征；通过在大量无标签图像（网络上的高质量图像，并进行各种类型的退化产生相应的失真图像）上进行训练后得到网络各层权重；再通过与高斯回归过程组合，采用图像质量评价数据库中的图像进行网络参数进行微调，最终得到图像质量预测模型。该方法取得了优于BRISQUE的性能。

Ye P, Kumar J, Doermann D. Beyond human opinion scores: blind image quality assessment based on synthetic scores. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2014 (pp. 4241-4248).

[[pdf](pdf/pengye-14.pdf)]

简介：该论文中提出了一个不依赖主观分训练的盲评价模型。其图像的质量采用多种全参考IQA方法合成得到。首先，对于多种FR IQA的结果，文中采用的FRIQA方法包括GMSD，FSIM，FSIMc, VIF, WSSIM，通过Reciprocal Rank Fusion得到图像质量的相对质量，选择一种FR 方法结果作为base measure，通过最小化合成分数与Base measure之间的误差以及与相对质量之间的一致性得到最终合成质量；论文通过网络下载的100张高质量图像，并对其产生各种退化方法下的失真图像，并利用FR方法计算各个失真图像的合成质量分数；图像质量的预测模型则在该数据库上进行训练，然后在各个主观IQA数据库上进行测试。采用的BIQA模型为CORNIA。作为无需主观分进行训练的方法，该模型给出了非常好的预测性能。

[高新波关于机器学习IQA的ppt](pdf/MLA13_xbgao%20(slides).pdf)

**IQA相关的综述类文章：**

Mohammadi, P., Ebrahimi-Moghadam, A., & Shirani, S. (2014). Subjective and objective quality assessment of image: a survey. Eprint Arxiv, 9(1).

[[pdf](pdf/Subjective%20and%20objective%20quality%20assessment%20of%20image%20%20A%20SURVEY.pdf)]

Redzuan Abdul Manap, Ling Shao, Non-distortion-specific no-reference image quality assessment: A survey, Information Sciences, Volume 301, 20 April 2015.

[[pdf](pdf/NDS%20NR%20IQA%20Survey.pdf)]

Chandler, D. M. (2013). Seven challenges in image quality assessment: past, present, and future research. ISRN Signal Processing, 2013.

[[pdf](pdf/Seven%20Challenges%20in%20Image%20Quality%20Assessment.pdf)]

Wang Z. Applications of Objective Image Quality Assessment Methods[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2011, 28 (6): 137-142.

[[pdf](pdf/Application%20of%20IQA%20(Z%20Wang).pdf)]

简介：王舟在该篇文章中介绍了图像质量评价方法可能的应用领域，具有很好的参考价值。

**Pooling Methods of Local quality map （局部质量图的池化方法）**

Wang Z, Li Q. Information Content Weighting for Perceptual Image Quality Assessment[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20 (5): 1185-1198.

[[pdf](pdf/Wang-2011-Information%20Content%20Weighting%20for%20Pe.pdf)]

简介：

该文章提出了基于原始图像与失真图像信息量对局部质量图进行加权的池化方法。其中信息 量的计算与VIF中信息量的计算类似。文章中MSE，PSNR，SSIM等进行了分析。

需要注意的地方：

文中introduction部分中对几种pooling方法的分类讲述；不同pooling方法对不同IQA方法的结果影响。

Moorthy AK, Bovik AC. Visual Importance Pooling for Image Quality Assessment[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2009, 3 (2): 193-201.

[[pdf](pdf/Visual%20Importance%20Pooling%20for%20.pdf)]

简介：文中以SSIM为例，对图像的局部质量预测结果采用两种不同方式进行pooling：基于视觉注意点的方法和基于失真百分比的方法。两种方式对SSIM的预测性能均有不同程度的提高。

Moorthy AK, Bovik AC. Perceptually significant spatial pooling techniques for image quality assessment. In IS&T/SPIE Electronic Imaging 2009 Feb 5 (pp. 724012-724012).

[[pdf](pdf/Moorthy,%20Bovik%20-%20Unknown%20-%20Perceptually%20Significant%20Spatial%20Pooling%20Techniques%20for%20Image%20Quality%20Assessment.pdf)]

简介：该论文在SSIM基础上提出基于视觉注意机制和失真严重程度的pooling方法。具体的，文中利用一个人类视觉注意模型预测算法GAFFE对图像产生一个“感知重要性”图；基于失真程度的pooling则采用Percentile pooling。文中对两种pooling方式以及二者综合的方式在SSIM和MS-SSIM上进行了测试。

**IQA相关网站：**

王舟：<https://ece.uwaterloo.ca/~z70wang/>

Alan C. Bovik： <http://live.ece.utexas.edu/research.php>

张林： <http://sse.tongji.edu.cn/linzhang/IQA/IQA.htm>

VQEG： <http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/downloads.aspx>

IQA相关数据库汇总：<http://stefan.winkler.net/resources.html>

**自然图像统计模型相关文章**

Ruderman DL. The statistics of natural images. Network: computation in neural systems. 1994 Jan 1; 5(4):517-48.

[[pdf](pdf/NSS/Rudermant%20-%201994%20-%20The%20statistics%20of%20natural%20images.pdf)]

简介：早期的关于自然图像统计特性研究的文章。论文中对当时已有的自然统计特性做了回顾，包括指数衰减规律、尺度不变性、主成分分析等。然后在一组图像数据上对这些特性进行了分析。文中提出了MSCN信号的计算模型，现在被用在BRISQUE等图像质量评价方法中。

Ruderman DL, Bialek W. Statistics of natural images: Scaling in the woods. Physical review letters. 1994 Aug 8; 73(6):814.

[[pdf](pdf/NSS/Ruderman,%20Bialek%20-%201994%20-%20Statistics%20of%20Natural%20Images%20Scaling%20in%20the%20Woods(2).pdf)]

Martin J. Wainwright, Odelia Schwartz and Eero P. Simoncelli, Natural Image Statistics and Divisive Normalization Modeling Nonlinearities and Adaptation in Cortical Neurons, chapter in Statistical Theories of the Brain, MIT Press, 2001.

[[pdf](pdf/NSS/Wainwright,%20Schwartz%20-%202001%20-%20Statistical%20Theories%20of%20the%20Brain%20Natural%20Image%20Statistics%20and%20Divisive%20Normalization%20Modeling%20Nonlinearities%20and%20Adaptation%20in%20Cortical%20Neurons.pdf)]

文中采用不同尺度、不同方向的Steerable Pyramid滤波器作为基，模拟人类视觉神经细胞感受野，对自然图像进行分解。文中提出了Divisive Normalization模型，在Log-normal分布的假设下，给出了最大似然意义下的模型参数，并对该模型与视觉生理中的Divisive Suppression以及适应性的关系进行了分析。

Simoncelli EP. Modeling the joint statistics of images in the wavelet domain. In SPIE's International Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation 1999 Oct 26 (pp. 188-195). International Society for Optics and Photonics.

[[pdf](pdf/NSS/Simoncelli,%20Place,%20York%20-%201999%20-%20Modeling%20the%20Joint%20Statistics%20of%20Images%20in%20the%20Wavelet%20Domain.pdf)]

文中首先对小波分解后图像的系数的边缘分步进行了分析，建立了广义拉普拉斯分布来描述系数边缘分布；然后对相邻位置、相邻方向和相邻尺度上的系数之间的联合分布以及条件分布进行了分析，并建立方差与相邻系数的关系。

Torralba A, Oliva A. Statistics of natural image categories. Network: computation in neural systems. 2003 Jan 1; 14(3):391-412.

[[pdf](pdf/NSS/Torralba,%20Oliva%20-%202003%20-%20Statistics%20of%20natural%20image%20categories.pdf)]

简介：图像的功率谱包含了图像的二阶相关性信息。论文对自然图像按照内容划分为不同种类和不同尺度，对各个类别下的图像的功率谱进行了分析，并揭示功率谱变化与图像内容之间的相关性。文中的实验说明了基于初级视觉特征的分类在目标定位和识别用的作用。

Geusebroek JM, Smeulders AW. A physical explanation for natural image statistics. 2002:47-52.

[[pdf](pdf/NSS/Geusebroek,%20Smeulders%20-%20Unknown%20-%20A%20Physical%20Explanation%20for%20Natural%20Image%20Statistics.pdf)]

论文从物体分裂过程中产生的颗粒的大小服从指数分布出发来研究自然图像的统计模型，从理论上证明了自然图像局部结构的系数服从Weibull分布。

Scholte HS, Ghebreab S, Waldorp L, Smeulders AW, Lamme VA. Brain responses strongly correlate with Weibull image statistics when processing natural images. Journal of Vision. 2009 Apr 1; 9(4):29.

[[pdf](pdf/NSS/Scholte,%20Smeulders,%20Lamme%20-%202009%20-%20Brain%20responses%20strongly%20correlate%20with%20Weibull%20image%20statistics%20when%20processing%20natural%20images.pdf)]

论文研究了Weibull分布的尺度参数和形状参数与人脑EEG信号的相关性。说明了这两个参数对图像结构表示的有效性，以及可能的人类视觉系统基于初级视觉特征的快速图像分类机制。

Field DJ. Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. JOSA A. 1987 Dec 1;4(12):2379-94.

[[pdf](pdf/NSS/Field%20-%201987%20-%20Relations%20between%20the%20statistics%20of%20natural%20images%20and%20the%20response%20properties%20of%20cortical%20cells.pdf)]

论文从自然图像统计特性出发，说明了人类视觉系统之所以采用类似Gabor滤波器的同时具有方向性和频率选择性感受野的原因。文中对六幅自然图像进行了分析，说明了功率谱的衰减特性（1/f^2）与自然图像的尺度不变性（Equal Energy in equal octave）的关系、在Gabor表示下信息量的平均分布。文中比较了Gabor与Log-Gabor两种编码方式的差异。

Hyvärinen A, Hurri J, Hoyer PO. Natural Image Statistics: A Probabilistic Approach to Early Computational Vision. Springer Science & Business Media; 2009 Apr 21.

[[pdf](pdf/NSS/nis_preprintFeb2009.pdf)]

关于自然图像统计特性比较全面的书。从线性表示到非线性表示，从空域 、频域到时空域、彩色通道、立体视觉，从信息论的角度给出了理论分析。

Kovesi P. Edges are not just steps. In Proceedings of the Fifth Asian Conference on Computer Vision 2002 Jan 22 (pp. 822-827).

[[pdf](pdf/NSS/ACCV62%20PhaseCongruency.pdf)]

简介：论文从三角函数对方波信号和三角波信号的近似出发，根据不同频率的三角函数在边缘处的相同相位，提出采用相位一致性指标来检测图像中的各种边缘。文中给出了相位一致性的具体计算和物理含义。在IQA方法FSIM中采用相位一致性作为其关键性特征。

Atick JJ, Redlich AN. What does the retina know about natural scenes?. Neural computation. 1992 Mar; 4(2):196-210.

[[pdf](pdf/NSS/What%20does%20the%20retina%20know%20about%20natural%20scenes.pdf)]

简介：文中从自然场景白化的角度分析视网膜的作用，对视网膜在低频信号的白化作用以及高频信号的低通作用做了理论说明。论文中对这种白化过程从视觉信息传输的角度进行了分析。

Torralba A, Oliva A. Statistics of natural image categories. Network: computation in neural systems. 2003 Jan 1; 14(3):391-412.

[[pdf](pdf/NSS/(P)Statistics%20of%20natural%20image%20categories.pdf)]

简介：该论文对自然图像按照不同的类别，从频谱特性和主成分分析的角度进行统计特征分析。论文中进一步指出了图像初级特征与场景的语义之间的关系。

Wainwright MJ, Simoncelli EP. Scale Mixtures of Gaussians and the Statistics of Natural Images. In NIPS 1999 Dec (pp. 855-861).

[[pdf](pdf/NSS/GSM.pdf)]

简介：该论文对自然图像在多尺度表示下（小波变换）系数的统计特征进行了研究，从边缘概率分布和联合概率分布两个方面进行分析，结果显示自然图像的在这两个方面的非高斯性和高阶相关性。文中提出的GSM模型可以同时很好的刻画边缘概率分布于联合概率分布。

Bell AJ, Sejnowski TJ. The “independent components” of natural scenes are edge filters. Vision research. 1997 Dec 31; 37(23):3327-38.

[[pdf](pdf/NSS/The%20)]

简介：论文提出一种针对自然图像的独立成分分析（ICA）方法。该方法采用一种最大化信息infomax网络，对自然图像进行训练，产生一组类似Gabor特征的具有方向和尺度选择性的视觉滤波器。论文将该结果与PCA、ZCA等图像分析方法结果进行比较，结果显示其具有更加稀疏的表示。

**以下是几种常用的机器学习算法相关文章**

**The Top Ten Algorithm in Data Mining**

[[pdf](pdf/Machine%20Learning/The+Top+Ten+Algorithms+in+Data+Mining+2009.pdf)]

简介：该书语言相对比较简单，集合了十种经典的机器学习方法。可以重点学习书中以下算法：K-Means、SVM、EM、Adaboost、KNN、CART等。

**SVM 支持向量机**

<http://www.cnblogs.com/LeftNotEasy/archive/2011/05/02/basic-of-svm.html>

推荐阅读该博客文章。其中从SVM的原理到求解过程都给出了非常浅显易懂的介绍。

SVM工具包：<https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

Smola AJ, Schölkopf B. A tutorial on support vector regression. Statistics and computing. 2004 Aug 1; 14(3):199-222.

[[pdf](pdf/Machine%20Learning/A%20tutorial%20on%20support%20vector%20regression.pdf)]

文中主要介绍了采用支持向量机求解回归问题的方法。从基本问题，到对偶问题，再到核化，给出了具体的说明，对理解SVM方法的原始有很大帮助。

**Random Forest**

Breiman, L., 2001. Random forests. Machine learning, 45(1), pp.5-32.

[[pdf](pdf/Machine%20Learning/RF.pdf)]

简介：RF是一种对高维特征更加稳定的分类器（回归模型）。在RF中，每一个树模型采用不同的特征子集进行训练，从而避免了模型的过拟合问题；在训练过程之后，可以对特征进行分析，得到比较重要的特征；并且训练速度快，实现简单。

**Spectrum Clustering**

Von Luxburg U. A tutorial on spectral clustering. Statistics and computing. 2007 Dec 1; 17(4):395-416.

[[pdf](pdf/Machine%20Learning/A%20Tutorial%20on%20Spectral%20Clustering.pdf)]

简介：谱聚类是相较于传统K-means聚类计算更加快捷，结果更加有效的聚类方法。文中首先介绍了图模型的相关知识，其中Graph Laplacian是一个非常重要的概念，在机器学习的相关算法中经常会用到。谱聚类的基本思想就是将样本特征投影在Graph Laplacian 矩阵的前K个特征向量上，然后再用K-MEANS进行聚类。论文中给出了谱聚类与Graph Cut之间的关系，以及与随机行走过程之间的关系。

**NCA**

Goldberger J, Hinton GE, Roweis ST, Salakhutdinov R. Neighbourhood components analysis. In Advances in neural information processing systems 2004 (pp. 513-520).

[[pdf](pdf/Machine%20Learning/NCA.pdf)]

简介：邻域成分分析的方法可以用来进行距离学习，得到马氏距离度量中的度量矩阵，也可以用来快速的对特征降维，进行可视化分析。NCA本身针对K-NN分类问题进行聚类学习，其目标是使再最优的线性变换下得到最佳的分类性能，其中每一个点分类正确的概率有周围邻域中的点的Softmax结果进行表示，得到一个可以求导的目标函数。

数据降维工具箱：<http://lvdmaaten.github.io/drtoolbox/>

**Deep learning reading list**

<http://deeplearning.net/reading-list/>