

# 基于人机交互的图像质量评价可视化系统研究

姜景连,杨 昇

武夷学院数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300

**摘要:** 为实现对图像质量的综合评价, 将属性数学模型引入图像质量评价体系, 提出一种基于人机交互的图像质量综合评价的可视化系统。结合图像单指标和多指标综合属性测度分析, 该图像质量综合评价系统可以实现单指标和多指标属性测度以及综合属性的获取, 实现图像多层次优劣程度的判定。通过三种不同变质图像的综合分析实验证实本文算法的图像质量评价结果符合实际结果, 且具有评价速度快和准确度高的优点。

**关键词:** 人机交互; 图像质量评价; 可视化系统

**中图分类号:** TP391.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2016)01-0103-04

## Study on Visualization System of Image Quality Evaluation Based on Human-computer Interaction

JIANG Jing-lian, YANG Sheng

School of Mathematics and Computer Science/Wuyi University, Wuyishan 354300, China

**Abstract:** In order to realize a comprehensive evaluation on the quality of images, this paper put forward a visualization system based on the human-computer interaction through the introduced attribute mathematical model. Combining with an analysis on a single and multiple index synthetic attribute, the evaluation system could get some index attributes to estimate the advantages and disadvantages of images. Some instances in the comprehensive analysis of three different metamorphic images demonstrated that image quality evaluation was in consist with actual results and there were the advantages of a fast speed and high accuracy.

**Keywords:** Human-computer interaction; image quality evaluation; visualization system

传统的图像质量尺度模型 (Picture Quality Scale, PQS) [1]采用 HVS 的部分特征, 之后通过多元回归分析构建出图像质量和影响因素之间的关系, 而结构相似度模型[2] (Structural Similarity Index Measurement, SSIM) 则着眼于图像的边缘和结构, 运用简单的因子乘积模型, 建立图像质量评价模型。虽然二者有着各自的优点, 但无法实现图像质量的综合评价。为实现图像质量的综合评价, 结合人机交互平台的优势, 将属性数学理论引入图像质量评价, 实现单个或多个指标的图像质量优劣等级的判定。

### 1 属性数学模型评价理论

假设某图像质量评价对象数据集为  $Z$ , 数据集  $Z$  中的每个元素  $x$  要测量  $m$  个指标  $I_1, \dots, I_m$ 。数据集  $Z$  中元素的评价集为  $(C_1, C_2, \dots, C_k)$ ,  $C_k (1 \leq k \leq K)$  表示图像质量等级或评价类, 图像质量评价标准如表 1 所示[3]。

表 1 图像质量评价标准  
Table 1 Evaluation standards for image quality

	$C_1$	$C_2$	...	$C_k$
$I_1$	$a_{10}-a_{11}$	$a_{11}-a_{12}$	...	$a_{1K-1}-a_{1K}$
$I_2$	$a_{20}-a_{21}$	$a_{21}-a_{22}$	...	$a_{2K-1}-a_{2K}$
...	...	...	...	...
$I_m$	$a_{m0}-a_{m1}$	$a_{m1}-a_{m2}$	...	$a_{mK-1}-a_{mK}$

将数据集  $Z$  中元素的某类评价结果叫做属性空间  $F$ , 评价集  $(C_1, C_2, \dots, C_k)$  表示属性空间  $F$  的分割,  $C_k$  表示一个属性集或评价级别。  $\mu_{xk} = \mu(x \in C_k)$  表示被评判对象  $x$  所具备级别  $C_k$  的大小用属性测度,  $\mu_{xjk}$  表示  $x$  的第  $j$  个指标值  $t_j$  具有级别  $C_k$  的大小用属性测度。

根据属性集和属性测度理论,  $\mu_{xjk}$  和  $\mu_{xk}$  应满足公式 (1) 所具备的条件[4]:

$$\mu_{xk} \geq 0, \sum_{k=1}^K \mu_{xk} = 1 \quad \mu_{xjk} \geq 0, \sum_{k=1}^K \mu_{xjk} = 1 \quad (1)$$

收稿日期: 2015-04-11

修回日期: 2015-06-23

基金项目: 福建省教育厅科技基金: 基于人机交互的问题空间可视化技术研究(JA13318)

作者简介: 姜景连(1967-), 女, 浙江省江山市人, 硕士, 副教授. 主要研究方向为代数学. E-mail: jiangjl2013@sina.com

### 1.1 单指标属性测度分析

设  $x$  的第  $j$  个指标值为  $t_j$ , 根据表 1 可以确定图像的单指标属性测度函数。表 1 中  $\mu_{xjk}(t)$  应满足  $a_{j0} < a_{j1} < \dots < a_{jk}$  或  $a_{j0} > a_{j1} > \dots > a_{jk}$ 。

本文设定  $a_{j0} < a_{j1} < \dots < a_{jk}$ , 令

$$b_{jk} = \frac{a_{jk-1} + a_{jk}}{2}, k = 1, 2, \dots, K; d_{jk} = \min(|b_{jk} - a_{jk}|, |b_{jk+1} - a_{jk}|), k = 1, 2, \dots, K-1 \quad (2)$$

那么, 图像质量评价的单指标属性测度函数  $\mu_{xjk}(t)$  可由如下公式进行表达<sup>[5]</sup>。其中,  $j=1, 2, \dots, m; k=2, 3, \dots, K-1$ , 对任何  $t, \mu_{xjk}(t)$  均能满足上述关系式, 将  $\mu_{xjk}(t)$  记为  $\mu_{xjk}$ 。

$$\mu_{xj1}(t) = \begin{cases} 1 & t < a_{j1} - d_{j1} \\ \frac{|t - a_{j1} - d_{j1}|}{2d_{j1}} & a_{j1} - d_{j1} \leq t \leq a_{j1} + d_{j1} \\ 0 & a_{j1} + d_{j1} < t \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{xjK}(t) = \begin{cases} 1 & a_{jK-1} + d_{jK-1} < t \\ \frac{|t - a_{jK-1} - d_{jK-1}|}{2d_{jK-1}} & a_{jK-1} - d_{jK-1} \leq t \leq a_{jK-1} + d_{jK-1} \\ 0 & t < a_{jK-1} - d_{jK-1} \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{xjk}(t) = \begin{cases} 0 & a_{jk-1} + d_{jk-1} < t \\ \frac{|t - a_{jk-1} + d_{jk-1}|}{2d_{jk-1}} & a_{jk-1} - d_{jk-1} \leq t \leq a_{jk-1} + d_{jk-1} \\ 1 & a_{jk-1} + d_{jk-1} < t < a_{jk} - d_{jk} \\ \frac{|t - a_{jk} - d_{jk}|}{2d_{jk}} & a_{jk} - d_{jk} \leq t \leq a_{jk} + d_{jk} \\ 0 & a_{jk} + d_{jk} < t \end{cases} \quad (5)$$

### 1.2 多指标综合属性测度分析

图像质量评价过程中, 由于每个评价指标作用是不尽相同的, 所以用  $w_j$  表示第  $j$  个指标  $I_j$  的权重, 权重  $w_j$  则满足公式 (6)。综合图像质量评价指标的权重  $w_j$  和单指标属性测度  $\mu_{xjk}$ , 可推导出图像质量评价的多指标综合属性测度  $\mu_{xk}$ , 综合属性测度  $\mu_{xk}$  可由公式 (7) 表示<sup>[6]</sup>:

$$w_j \geq \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (6) \quad \mu_{xk} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{xjk} \quad (7)$$

## 2 验证方法

为实现图像质量的属性识别, 运用置信度准则, 对评价图像的各单个指标或综合指标进行判定。令置信度不小于 80%, 在大于 80% 的置信区间内判定所要评价图像质量所属的类别, 即好、中、差 3 级。

图像属性识别准则如下<sup>[7]</sup>: 通常评价集  $C_1, C_2, \dots, C_n$  是一个有序集。根据需求, 评价集取为  $C_1, C_2, C_3$ , 其中  $C_1=\{\text{优}\}, C_2=\{\text{中}\}, C_3=\{\text{劣}\}$ 。若“优”比“中”好或强, 则  $C_1 > C_2, C_2 > C_3$ 。若取  $C_1=\{\text{劣}\}, C_2=\{\text{中}\}, C_3=\{\text{优}\}$ , 则  $C_1 < C_2 < C_3$ 。对评价集  $C_1, C_2, \dots, C_k$ , 均假定  $C_1 > C_2 > C_3$ 。假如评价集  $C_1, C_2, \dots, C_k$  为有序集,  $C_1, C_2, \dots, C_k, \lambda$  为置信度, 根据置信度准则可知,  $0.8 < \lambda \leq 1$ 。如果

$$k_0 = \min \left\{ \sum_{l=1}^k \mu_{xl} \geq \lambda, 1 \leq k \leq K \right\} \quad (8)$$

则判定  $x$  属于  $C_{k_0}$  级别或  $C_{k_0}$  类。

## 3 基于人机交互的图像质量综合评价系统

### 3.1 人机交互

人机交互优化方法为了充分发挥人和计算机相互之间的优势,将人和计算机起来,利用人类定性认识的整体效应和计算机定量表达的逻辑推理能力,通过定量和定性表达实现算法优化的方法。

### 3.2 设计框架

基于人机交互的图像质量综合评价系统的设计模块(图 1),主要由四个模块组成,分别为图形化界面模块、指标加载模块、指标计算模块、质量评估模块。

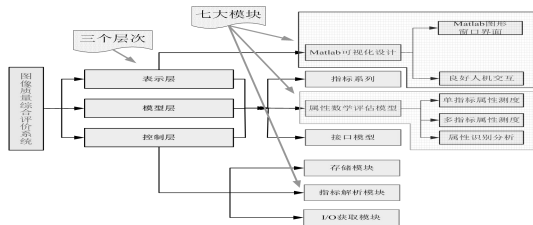


图 1 图像质量评价系统模块

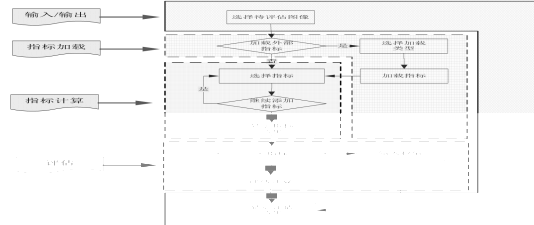


图 2 图像质量综合评价系统功能描述图

Fig.1 The module of image quality evaluation system Fig.2 Description for the function of image quality evaluation system

(1) 图形化界面模块:主要用于提供人机交互,实现图像加载、指标选择和指标计算、图像质量评估以及结果显示等功能。

(2) 指标加载模块:主要用于加载图像评价指标,主要包括单个指标和综合指标等。

(3) 指标计算模块:主要用于图像评价指标的计算。

(4) 质量评估模块:质量评估模块主要利用指标解析模块的解析结果,结合属性识别方法和图像质量评价集(好、中、差)实现图像的质量等级的判定。

## 4 实验结果分析

### 4.1 系统界面

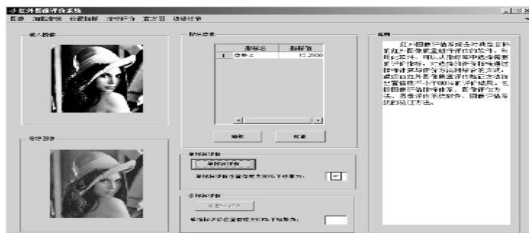


图 3 单指标评价结果

Fig.3 The result of a single index evaluation



图 4 多指标评价结果

Fig.4 The result of multi-index evaluation

### 4.2 评价指标

由于本文涉及的评价指标较多,本文选择均值、方差、倾斜度、陡度、熵、信噪比、对比度、边缘能量等 8 个指标作为图像质量综合评价的依据,选择下面三种变质图像进行图像质量评价分析。

4.2.1 图像模糊 如图 5 所示,四幅模糊程度不同的图像,在置信度为 80%,属性数学的综合评价结果如表 2 所示。以图(b)为例,按照隶属度函数的归属,因为  $0.8 \geq 80\%$ ,故其评价结果为“好”;而图(c),因为  $0.5744 < 80\%$ ,  $0.5744 + 0.3688 \geq 80\%$ ,故其评价结果为“中”。而图 d,因为  $0.5 + 0.1796 + 0.3204 \geq 80\%$ ,故其质量评价结果为“差”。根据本文算法,综合评价函数能够很好地划分和评价不同模糊程度的图像的好坏优劣。



(a)原图 The original image (b)轻度模糊 The mild fuzzy (c)中度模糊 The moderate fuzzy (d)重度模糊 The severe fuzzy

图 5 四幅不同模糊程度的图

Fig.5 The four images with different fuzzy extents

表 2 模糊程度不同的图像的隶属度值

图像/等级	好	中	差	结论
Image/extent	Mild	Moderate	Severe	Conclusion
图(b)	0.8000	0	0.2000	好
图(c)	0.7881	0.2119	0	中
图(d)	0.3000	0	0.7000	差

表 3 对比度不同的图像的隶属度值

Table 3 Values of images with different contrasts

图像/等级	好	中	差	结论
Image/extent	Mild	Moderate	Severe	Conclusion
图(b)	0.8000	0	0.2000	好
图(c)	0.7881	0.2119	0	中
图(d)	0.3000	0	0.7000	差

4.2.2 对比度拉伸 如图 6 所示, 对比度拉伸不同的图像, 在置信度为 80%, 属性数学的综合评价结果如表 3 所示。由表 3 对比度不同的图像的隶属度值, 结合本文算法, 综合评价函数能够很好地划分和评价不同模糊程度的图像的好坏优劣, 与实际相符。

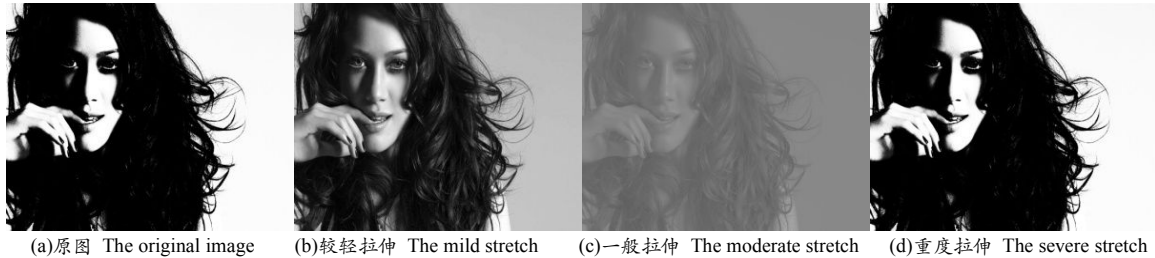


图 6 四幅对比度不同的图

Fig.6 Four images with different contrasts

4.2.3 噪声变化 如图 7 所示, 四幅噪声程度不同的图像, 在置信度为 80%, 属性数学的综合评价结果如表 4 所示。由表 4 噪声程度不同的图像的隶属度值, 结合本文算法, 综合评价函数能够很好地划分和评价不同模糊程度的图像的好坏优劣, 与实际相符。

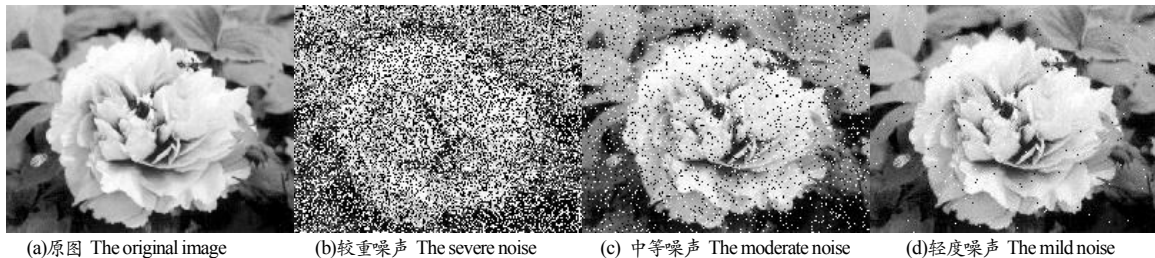


图 7 四幅噪声程度不同的图

Fig.7 Four images with different noises

### 5 结论

针对 HVS 和 SSIM 模型存在缺点, 本文将属性数学理论引入图像质量综合评价系统, 通过人机交互的定量和定性表达实现图像质量的单指标和多指标属性的测定, 在此基础上, 建立起基于人机交互的图像质量综合评价的可视化系统。通过三种不同变质图像质量评价实验发现, 本文算法的图像质量评价结果跟实际结果较为符合, 具有速度快和精度高的优点。

### 参考文献

[1] 魏崇奎. 基于 HVS 图像质量评价模型的方法研究[D]. 北京: 国防科学技术大学, 2003

[2] Wu Wei. An image quality assessment method based on HVS[C]. Ottawa: 41st annual IEEE international carnahan conference on security technology, 2007: 320-324

[3] Zhou Wang. A Universal Image Quality Index[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2002, 9(3): 81-84

[4] Zhou Wang, Alan CB, Ligan Lu. Why is image quality assessment so difficult?[C]. Orlando: IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing(ICASSP'02), 2002, 4: IV3313-IV3316

[5] Zhou Wang, Alan CB, Sheikh HR, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Trans On Image Processing, 2004, 13(4): 600-612

[6] 詹双环, 张鸿宾. 基于图像质量评价量的信息隐藏盲检测[J]. 北京工业大学学报, 2006, 32(5): 473-476

[7] 汪孔桥, Kangas JA. 数字图像的质量评价[J]. 测控技术, 2000, 19(5): 14-16

表 4 噪声不同的图像的隶属度值

Table 4 Values of images with Different noises

图像/等级	好	中	差	结论
Image/extent	Mild	Moderate	Severe	Conclusion
图 b	0.8000	0.1834	0.0166	好
图 c	0.8323	0.1677	0	好
图 d	0.8000	0.1730	0.0270	好