

ОБМЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Е.И. Нестерова

*Кафедра прецизионных технологий и сертификации киноvideотехники,
Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения;
nesterovaei@rambler.ru*

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гапановой

Ключевые слова и фразы: качество изображения; корреляционное отношение; коэффициент корреляции; коэффициенты чувствительности; психофизические квалитметрические экспертизы; средства воспроизведения изображения.

Аннотация: Рассмотрены методики психофизической и функциональной квалитметрии, позволяющие определять возможность обменных соотношений между параметрами, определяющими выходное качество средств воспроизведения изображения. Приводится алгоритм оценки достоверности статистических критериев, устанавливающих корреляционные зависимости между параметрами.

Широкое использование различных видов и моделей средств воспроизведения изображения требует решения вопросов, связанных с оценкой их выходных качественных характеристик, в частности такой важной характеристики, как качество изображения.

При оценке качества различных видов изображений наряду с объективными методами используют и субъективные, причем именно на субъективных методах оценки основываются подходы, связанные со сравнением, классификацией, ранжированием, присвоением определенных градаций.

Субъективная оценка качества изображения, в общем случае, предполагает экспериментальную оценку коэффициентов чувствительности к частным характеристикам, расчет статистических параметров коэффициентов, экспериментальное определение возможных обменных соотношений между частными характеристиками и расчет интегрального качества с использованием какой-либо модели.

Для оценки возможности обменных соотношений между качественными характеристиками изображения можно использовать психофизические квалитметрические экспертизы, основанные на моделировании значений оцениваемых характеристик для экспериментальной оценки коэффициентов чувствительности к параметрам и последующем расчете коэффициентов корреляции между параметрами.

Обобщенная структура приборного и программного обеспечения, требуемого для проведения субъективных психофизических квалитметрических экспертиз, связанных с оценкой качества изображения, приведена в табл. 1. Она представляет собой комплекс приборов, предназначенных для получения изображения, комплекс технических и программных средств для моделирования параметров изображения, а также технических средств, позволяющих воспроизводить и оценивать результаты происходящих преобразований.

Таблица 1

**Приборное и программное обеспечение психофизических
квалиметрических экспертиз**

| Средства получения изображения | Технические и программные средства моделирования характеристик | Средства воспроизведения изображения | Объекты субъективных психофизических квалиметрических экспертиз |
|---|--|---|---|
| Видеокамеры (аналоговые, цифровые, Web-, слежения и т.д.); фотоаппараты; киносъёмочные камеры; телевизионные камеры; камеры мобильных телефонов; сканеры и т.д. | Adobe Photoshop, Paint, Pinnacle Studio, 3D-Studio; юстировочные элементы оптоко-осветительных систем и т.д. | Видеопроекторы; принтеры; лазерные проекторы; кино-проекторы, цифровые проекторы, телевизоры; мониторы; средства визуализации результатов исследований, контроля; диапроекторы и т.д. | Экранное изображение (кино-, видео-, 3D-); фотоизображение; изображение на мониторе или плазменной панели; телевизионное изображение и т.д. |

Например, субъективная психофизическая экспертиза по оценке возможности обменных соотношений между такими характеристиками изображения, как яркость и детальность, заключается в оценке заметности изменений оцениваемых характеристик, то есть в использовании элементов теории обнаружения сигнала. Изменения характеристик моделируются с помощью программы *Photoshop*, если оценивается цифровое изображение, или настройками осветительно-проекционной системы, если оценивается аналоговое изображение.

Экспертам в последовательности, соответствующей последовательности случайных чисел, предъявляли изображения с измененным и неизменным значениями характеристики. Причем, одинаковые процедуры и с одинаковой величиной изменения характеристики использовались для оценки заметности изменений характеристики как на тест-объекте, содержащем только информацию об исследуемом параметре (для яркости таким тест-объектом, очевидно, является белый экран, для детальности – штриховая мира, для геометрических искажений – правильные геометрические фигуры), так и на сюжете. Оцениваемое изображение содержало два поля, одно являлось эталонным, а во второе поле вносились (или нет) изменения в анализируемую характеристику. Коэффициент чувствительности рассчитывался как $k_i = d_i / d_{i\Sigma}$, где $d_i, d_{i\Sigma}$ – статистические параметры (называемые также мерами обнаруживаемости сигнала), зависящие от вероятностей правильного обнаружения и ложных тревог соответственно для тест-объекта и сюжета при одинаковом изменении моделирующего параметра, влияющего на оцениваемую характеристику [1]. В качестве вероятностей принимались относительные частоты $P(Y/Y) = m_{yy} / n_y$ – вероятность правильного обнаружения, где m_{yy} – число положительных ответов при внесении ухудшения; n_y – количество предъявлений измененных изображений; $P(Y/N) = m_{yN} / n_N$ – вероятность ложных тревог; m_{yN} – число положительных ответов при отсутствии изменения; n_N – количество предъявлений неизмененных изображений.

Теснота взаимосвязи между характеристиками оценивалась парными коэффициентами корреляции $r_{12} = (k'_1 - k_1)(k'_2 - k_2)$, где k'_1, k_1 – коэффициенты чув-

ствительности к яркости, причем k'_1 определялся при ухудшении детальности; k'_2, k_2 – коэффициенты чувствительности к детальности, причем k'_2 определялся при ухудшении яркости.

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что между яркостью и четкостью изображения существует линейная корреляция, при этом парный коэффициент корреляции между коэффициентами чувствительности к этим характеристикам составляет $r_{12} = -(0,65...0,75)$ [1] (для условий рассматривания видеоизображения в учебной лаборатории при величине вероятности ложных тревог, не превышающей 0,20). Величина коэффициента указывает на тесное взаимное влияние исследуемых параметров.

Отрицательное значение коэффициента корреляции объясняется тем, что если при ухудшении яркости коэффициент чувствительности к детальности уменьшается, то в свою очередь при ухудшении детальности коэффициент чувствительности к субъективно воспринимаемой яркости возрастает.

Для того чтобы убедиться, что корреляционная зависимость действительно является значимой, следует использовать проверку гипотезы о значимости линейной статистической связи. Такая проверка заключается в определении минимального значения коэффициента корреляции, отклонение которого от нуля можно считать значимым [3]. При этом выдвигаются две гипотезы: $H_0 : r_{12} = 0$ и $H_1 : r_{12} \neq 0$. В дальнейших расчетах принят уровень значимости $\alpha = 0,1$; такая величина соответствует доверительному интервалу, в котором лежат субъективные оценки при квалитетических экспертизах. Величина критической статистики определялась как $\psi_{кр} = |r_{12}| \sqrt{(n-2)} / \sqrt{(1-r_{12}^2)}$, где $n = 30$ – объем экспериментальной выборки.

Величина критической статистики составила $\psi_{кр} = 4,52$. Критические границы, в которых должна лежать величина $\psi_{кр}$ для того чтобы выполнялась гипотеза H_0 , определялись как $\psi_{кр.в} = t_{\alpha/2}(n-2) = 1,7$ и $\psi_{кр.н} = -\psi_{кр.в} = -1,7$, где $t_{\alpha/2}(n-2)$ – критическая точка t-распределения Стьюдента уровня $\alpha/2$.

Как видно из результатов расчета, гипотеза H_0 опровергается с ошибкой первого рода $\alpha = 0,1$, корреляционная связь между коэффициентами чувствительности к яркости и четкости изображения с парным коэффициентом корреляции $r_{12} = -0,7$ является значимой.

Проблема обменных соотношений важна не только для характеристик, оцениваемых с помощью психофизических квалитетических методов, но также и для функциональных параметров средств воспроизведения изображения. В этом случае могут быть использованы функциональные квалитетические экспертизы по оценке весовых коэффициентов и взаимосвязей между этими коэффициентами. Наиболее удобным методом определения коэффициентов весомости в этом случае является метод парных сравнений (или такие его модификации, как метод анализа иерархий).

Так, использование методов функциональной квалитетрии и анализа результатов субъективных экспертиз по оценке коэффициентов весомости технических параметров, определяющих качество киноизображения, а также исследование возможности обменных соотношений между техническими параметрами показывает, что парные коэффициенты корреляции лежат в диапазоне $-0,01...+0,01$ [2]. Это свидетельствует об отсутствии линейной корреляции и невозможности компенсации одного параметра другим. Однако при этом может иметь место нелинейная зависимость между параметрами, при которой коэффициент корреляции теряет смысл характеристики степени тесноты связи, в этом случае используют такой критерий, как корреляционное соотношение

$$\rho_{yx}^2 = \sigma_{my}^2 / \sigma_y^2,$$

где $\sigma_{my}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^L n_j (\bar{m}_{yj} - \bar{m}_y)^2$ – дисперсия по интервалам, на которые разбит

диапазон значений переменной x при обработке результатов; $\bar{m}_{yi} = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} y_{ik}$ –

частное математическое ожидание в j -м интервале, $j = \overline{1, L}$ – номер интервала;

$i = \overline{1, n}$ – количество экспериментальных результатов; $\bar{m}_y = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^L n_j \bar{m}_{yj}$;

$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{m}_{yi})^2$ – общая дисперсия по всем экспериментальным результатам.

Проверка гипотезы об отсутствии или наличии нелинейной корреляционной связи заключается в нахождении величины корреляционного отношения, отличающегося от нуля на величину, при которой становится справедливой одна из двух гипотез: $H_0 : \rho = 0$ или $H_1 : \rho \neq 0$. Уровень значимости в дальнейших расчетах принят $\alpha = 0,1$. Величина критической статистики рассчитывалась как

$$\Psi_{кр} = \frac{\rho^2}{1 - \rho^2} \frac{n - L}{L - 1}.$$

Гипотеза H_0 верна в том случае, если $\Psi_{кр} < \Psi_{в}$, где $\Psi_{в} = F_{\alpha}[(L - 1)(n - L)]$ – табличная величина критерия Фишера.

Результаты проверки гипотезы об отсутствии нелинейной корреляционной связи между коэффициентами весомости на примере технических параметров, определяющих качество киноизображения, приведены в табл. 2. Таким образом,

Таблица 2

Результаты расчетов

| Технические параметры, влияющие на качество киноизображения | Корреляционное отношение, ρ | Расчетное значение критической статистики, $\Psi_{кр}$ | Граничное значение статистики, $\Psi_{в}$ |
|--|----------------------------------|--|---|
| Разрешающая способность – неустойчивость | 0,000 | 0,000 | 2,5 |
| Неустойчивость изображения – яркость | 0,009 | | |
| Неустойчивость изображения – соответствие изображения экрану | 0,098 | 0,009 | 2,3 |
| Яркость – соответствие изображения экрану | | | |
| Разрешающая способность – яркость | 0,009 | 0,000 | 2,5 |
| Разрешающая способность – соответствие изображения экрану | 0,098 | 0,009 | |

гипотеза H_0 верна для всех параметров, влияющих на качество киноизображения, нелинейная корреляционная зависимость оказалась незначимой. Что подтверждает отсутствие возможности обменных соотношений между техническими параметрами, влияющими на качество киноизображения, то есть на невозможность компенсации ухудшения одного параметра повышением другого.

Использование различных видов аудиовизуальной техники требует решения квалиметрических вопросов, возникающих при сервисном обслуживании, технической эксплуатации, в частности проблем, связанных с оценкой выходных качественных характеристик. Отказаться от субъективных методов, очевидно, можно будет только тогда, когда будет достоверно и полно исследовано влияние различных технических параметров на субъективные характеристики с тем, чтобы определенные сочетания технических параметров гарантировали обеспечение определенного уровня субъективной визуальной оценки.

Список литературы

1. Нестерова, Е.И. Квалиметрические технологии в системах качества предприятий и организаций кинематографии / Е.И. Нестерова. – СПб. : Политехника, 2007. – 152 с.
2. Нестерова, Е.И. Методология экспертной квалиметрии и сертификации систем качества в кинематографии / Е.И. Нестерова. – СПб. : Политехника, 2005. – 248 с.
3. Никитина, Н.Ш. Математическая статистика для экономистов / Н.Ш. Никитина. – М. : ИНФРА-М ; Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2001. – 170 с.

Correlation Ratios of Qualitative Adjectives of Imaging Techniques

E.I. Nesterova

*Department of Micrometric Technologies and Certification of Video Technology,
St. Petersburg State University of Cinema and Television;
nesterovaei@rambler.ru*

Key words and phrases: correlation coefficient; correlation ratio; image quality; imaging techniques; psychophysical qualimetry examinations; sensitivity coefficient.

Abstract: The techniques of psychophysical and functional qualimetry are developed; they enable to determine the possibility of correlation ratios of the parameters influencing the outgoing quality of imaging techniques. The paper presents the algorithm of accuracy evaluation of statistic criteria determining parameters correlation dependencies.

References

1. Nesterova, E.I. Qualimetric technologies in the quality systems of enterprises and organizations in Cinematography / E.I. Nesterova. – SPb. : Polytechnic, 2007. – 152 p.
2. Nesterova, E.I. Methodology of expert quality measurement and certification the quality systems in cinematography / E.I. Nesterova. – SPb. : Polytechnica, 2005. – 248 p.

Austauschverhältnisse zwischen den Qualitätcharakteristiken der Mittel der Bildwiedergabe

Zusammenfassung: Es sind die Methodiken der psychophysischen und funktionalen Qualimetrie betrachtet. Sie erlauben die Möglichkeit der Austauschverhältnisse zwischen den Parametern, die die Ausgangsqualität der Mittel der Bildwiedergabe bestimmen, festzustellen. Es wird den Algorithmus der Einschätzung der Richtigkeit der statistischen Kriterien, die die Korrelationsabhängigkeiten zwischen den Parametern feststellen, angeführt.

Relation d'échange entre les caractéristiques qualitatives des moyens de la reproduction de l'image

Résumé: Sont examinées les méthodes de la qualimétrie psychophysique et fonctionnelle permettant de définir la possibilité des relations d'échange entre les paramètres déterminant la qualité de sortie des moyens de la reproduction de l'image. Est mentionné l'algorithme de l'évaluation de la justification des critères statistiques établissant les dépendances de corrélation entre les paramètres.

Автор Нестерова Елена Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры «Прецизионные технологии и сертификация киновидеотехники» Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения.

Рецензент Литовка Юрий Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования» ГОУ ВПО «ТГТУ».
