УДК 621.397: 004.932.2

К.В. Шипунова, А.В. Каменский, М.И. Курячий

Измерение и коррекция координатных искажений в телевизионных изображениях программными средствами

Рассмотрены методы и алгоритмы измерений и коррекции координатных искажений в телевизионных изображениях с использованием программных средств. Выявлена и оценена зависимость изменения координатных искажений от угла и расстояния съемки.

Ключевые слова: координатные искажения, измерение искажений, коррекция искажений, калибровка видеокамеры, программные средства.

doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-2-36-39

На качество телевизионных изображений влияет множество факторов, таких как параметры стандарта разложения изображения, исполнение эксплуатационных норм на допустимые искажения сигнала, вносимые помехи разного происхождения. В силу естественных ограничений возможностей оборудования, применяемого для получения изображений, качество отдельных кадров изображения не всегда может быть удовлетворительным.

Статистические методы испытаний, применение унифицированных шкал оценок, строгая регламентация условий наблюдения и последовательность предъявления испытательных изображений являются основой для получения достоверных данных о качестве изображения.

В настоящее время объективная и субъективная оценки параметров звеньев телевизионной системы и искажений изображения, а также условия его наблюдения и обработка результатов измерений регламентированы документами МККР и ГОСТ 7845–92, 26320–84 [1].

Виды геометрических искажений

Координатные искажения изображения связаны с геометрическими или нелинейными искажениями растрового представления изображения.

К геометрическим искажениям изображений относятся искажения типов: «подушка», «бочка», «трапеция». Данные искажения проявляются в виде перекоса изображения и искривления прямых линий, и такое изображение больше не соответствует оригиналу.

Оценка подушкообразных и бочкообразных искажений производится с помощью коэффициента геометрических искажений, рассчитываемого по следующим формулам:

$$K_{\Gamma} = \frac{\Delta h}{b} \times 100\% \text{ и } K_{\text{В}} = \frac{\Delta b}{h} \times 100\%, \quad (1)$$

где Δh – отклонение от высоты изображения; h – высота изображения; Δb – отклонение от ширины изображения; b – ширина изображения.

Искажения трапецеидального вида возникают из-за нарушения оптической и электрической осей к плоскости изображения и рассчитываются по формуле:

$$K_{\Gamma\Gamma} = 2 \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \times 100\%, \quad (2)$$

где L_1 – верхняя сторона трапеции; L_2 – нижняя сторона трапеции.

Существуют искажения формата кадра, представленные на рис. 1, которые возникают из-за нарушения соотношения величин строчной и кадровой разверток. Различают горизонтальные (рис. 1, а) и вертикальные (рис. 1, б) искажения формата кадра. Данные искажения корректируются с помощью регулировки размеров изображения по горизонтали и вертикали.

Рис. 1. Искажения формата кадра

Нелинейность разверток и характер проецирования изображений являются основными причинами возникновения геометрических искажений. Нелинейные искажения показаны на рис. 2.

Рис. 2. Геометрические искажения изображения: а – строчной развертки; б – кадровой развертки

Расчет коэффициентов геометрических искажений в вертикальном $K_{гв}$ (рис. 2, а), где 1 – $V_{кпр} = \text{var}$, 2 – $V_{кпр} = \text{const}$ и горизонтальном $K_{гг}$ (рис. 2, б), где 3 – $V_{стрпр} = \text{var}$, 4 – $V_{стрпр} = \text{const}$ направлении производится следующим образом:

$$K_{гг} = 2 \frac{h_{\max} - h_{\min}}{h_{\max} + h_{\min}} \times 100\%; \quad (3)$$

$$K_{гг} = 2 \frac{b_{\max} - b_{\min}}{b_{\max} + b_{\min}} \times 100\%. \quad (4)$$

При нелинейности разверток изображений в 8...12% координатные искажения практически не заметны для наблюдателя [2].

В телевизионное изображение вносит искажения и оптическая система видеокамеры. Для их компенсации необходимо определить зависимость между параметрами нелинейных искажений и фокусным расстоянием, чтобы, выполнив калибровку объектива по тестовому изображению, в дальнейшем использовать их результаты для коррекции получаемых изображений.

Искажения, вносимые оптической системой, называют дисторсией, т.е. аберрацией оптических систем, при которой коэффициент линейного увеличения изменяется по полю зрения объектива. В этом случае нарушается геометрическое подобие между объектом и его изображением. Оптическая система, удовлетворяющая ортоскопичности, является свободной от дисторсии. Дисторсия исправляется на этапе разработки оптической системы либо производится корректировка искажений с помощью программных средств, чтобы устранить дисторсию, когда производится калибровка объектива [3, 4].

Результаты измерений координатных искажений в программе Imatest

Программа Imatest [5] выполняет измерения координатных искажений по изображениям входных тестовых таблиц. Выполнены измерения координатных искажений таблиц «шахматное поле» и «сетка» на расстояниях R , равных 30 и 50 см, изменяя угол α от 45° с левой стороны до 45° с правой, шагом в 15°.

Результаты измерений коэффициентов искажений изображения тестовой таблицы «сетка» представлены в табл. 1.

Таблица 1
Коэффициенты координатных искажений изображения тестовой таблицы «сетка»

R , см	α , °						
	–45	–30	–15	0	15	30	45
30	1,2	1,3	4,1	1,1	3,1	3,2	3,6
50	1,5	14,0	7,29	1,1	2,31	16,8	4,1

Зависимость коэффициентов координатных искажений от угла поворота тестовой таблицы «сетка», приведена на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что коэффициент искажения наименьший при съемке под прямым углом, а по мере увеличения угла искажения увеличиваются. Коэффициент искажения увеличивается при съемке на расстоянии 50 см.

Рис. 3. Графики зависимости коэффициентов искажения от угла на расстоянии: 1 – 50 см; 2 – 30 см

Результаты измерений тестовой таблицы «шахматное поле» представлены в табл. 2.

Таблица 2
Коэффициенты координатных искажений изображения тестовой таблицы «шахматное поле»

R , см	α , °						
	–45	–30	–15	0	15	30	45
30	2,6	3,1	4,1	3,1	3,3	3,6	3,2
50	7,9	6,9	6,1	9,6	13,8	12,0	11,2

Данные измерений зависимости коэффициентов координатных искажений от угла поворота тестовой таблицы «шахматное поле» приведены на рис. 4.

Рис. 4. Графики зависимости коэффициентов искажения от угла поворота на расстоянии: 1 – 50 см; 2 – 30 см

Коэффициенты искажений при съемке под прямым углом гораздо меньше, чем в других случаях. Из-за неидеальности оптической системы видеокамеры искажения, возникающие при съемке на расстоянии 30 см, меньше, чем искажения на расстоянии 50 см, так как, меняя фокусное расстояние и делая его меньше удвоенной диагонали кадра, объектив становится широкоугольным.

Результаты исследования в программе ASRix

Калибровка камеры в программе ASRix производится с помощью тестовой таблицы «сетка» с пронумерованными «точками». При работе в программе, начиная с первой «точки» в верхнем левом углу, нужно выбрать каждую «точку» по порядку с достаточным масштабированием, чтобы обеспечить точное размещение каждой «точки». Затем по данным координатам «точек», производится коррекция изображения [6].

Просмотрев в программе ASRix координаты «точек», с помощью команды PointList произведен расчет коэффициентов искажений исходного и скорректированного изображений.

Для этого выбираются определенные «точки», выделенные на рис. 5.

Рис. 5. Точки, необходимые для вычисления коэффициентов искажений

«Точки», координаты которых необходимы для вычисления коэффициентов искажений: 1; 7; 13; 118; 124; 130. Кроме того, необходимо найти координаты точек, лежащих между 53 и 66, 65 и 78.

На рис. 6 приведен характер искажения каждой линии, следовательно, необходимо оценивать коэффициенты искажений для всех четырех сторон отдельно.

Рис. 6. Расположение «точек»

Так как у нас известны только координаты «точек», а чтобы найти коэффициент искажения по формуле (1), необходимо найти длины отрезков. Найдем длины данных отрезков по формуле

$$AB = \sqrt{(B_x - A_x)^2 + (B_y - A_y)^2}, \quad (5)$$

где B_x, A_y – координаты точек по осям x и y соответственно.

Аналогично находятся длины отрезков $AC, CD, BD, E_1E, F_1F, G_1G, H_1H$. Координаты середин отрезков AB, AC, CD, BD находятся по формуле

$$E_1 = \left(\frac{A_x + B_x}{2}; \frac{A_y + B_y}{2} \right). \quad (6)$$

Расчет коэффициентов, исходя из формулы (1), будет производиться по следующим формулам (7):

$$K_1 = \frac{\Delta h_1}{|AB|} \times 100\%,$$

где $\Delta h_1 = |EE_1|$;

$$K_2 = \frac{\Delta h_2}{|AC|} \times 100\%, \quad (7)$$

где $\Delta h_2 = |F_1F|$;

$$K_3 = \frac{\Delta h_3}{|BD|} \times 100\%,$$

где $\Delta h_3 = |G_1G|$;

$$K_4 = \frac{\Delta h_4}{|CD|} \times 100\%,$$

где $\Delta h_4 = |H_1H|$.

Коэффициенты искажений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты искажения для исходного и скорректированного изображений

Коэффициент искажения, %	Исходное изображение	Скорректированное изображение
K_1	2,1	1,29
K_2	2,13	0,12
K_3	0,6	0,47
K_4	2,1	0,4

Как видно из табл. 3, коэффициенты искажений по вертикали принимают меньшие значения, чем по горизонтали.

По результатам расчетов построим графики изменения коэффициентов координатных искажений для исходного и скорректированного изображений, которые представлены на рис. 7.

Рис. 7. Изменение коэффициентов координатных искажений: 1 – для исходного; 2 – скорректированного изображений

Из рис. 7 видно, что коэффициенты координатных искажений скорректированного изображения гораздо меньше исходного изображения.

Выводы

Проведя измерения в программе Imatest, можно прийти к выводу, что искажения, возникающие в изображении, зависят, как от фокусного расстояния объектива, так и от угла съемки.

Искажения могут быть заметны на тангенциальных строках около границ изображения, но не видны на радиальных строках. В хорошо центрируемой оптической системе искажение симметрично центру изображения.

Программа ASRix в первую очередь предназначена для калибровки камер. Путем фотографирования и выпрямления сетки ASRix вычисляет параметры искажения, и они могут быть применены к любому изображению, сформированному той же камерой, используя те же настройки для масштабирования и фокусировки. Необходимо использовать идентичные настройки камеры для калибровки и проведения съемки.

По координатам всех контрольных точек исходного и скорректированного изображений были рассчитаны коэффициенты искажений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России по проекту 8.9562.2017/8.9 и гранту РФФИ №16-47-700939.

Литература

1. Измерение характеристик телевизионных систем при цифровом многопрограммном вещании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://broadcasting.ru/articles2/Oborandteh/izv_harakt_tel_sistem, свободный (дата обращения: 26.05.2016).
2. Искажения ТВ-изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/1_89561_iskazheniya-tv-izobrazheniy.html, свободный (дата обращения: 26.05.2016).
3. Shum H.Y. Panoramic image mosaics / H.Y. Shum, R. Szeliski // Technic. rep. MSRTR 97. – 23. Microsoft-research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pages.cs.wisc.edu/~dye/cs766/readings/shum97>, свободный (дата обращения: 26.05.2016).
4. Капустин В.В. Коррекция координатных искажений в телевизионно-вычислительных системах // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 4 (38). – С. 174–177.
5. ImatestDocumentationbyNormanKoren [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imatest.com/docs/>, свободный (дата обращения: 13.04.2016).
6. ASRIX – DigitalImageRectifier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nickerson.icomos.org/asrix/asr-p.htm>, свободный (дата обращения: 26.05.2016).

Шипунова Ксения Владимировна

Магистрант каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа
Тел.: +7-953-919-34-01
Эл. почта: shipunovakseniya@mail.ru

Каменский Андрей Викторович

Аспирант каф. ТУ
Тел.: +7-952-893-78-35
Эл. почта: andru170@mail.ru

Курячий Михаил Иванович

Канд. техн. наук, ст. науч. сотр. каф. ТУ
Тел.: +7 (382-2) 41-33-80
Эл. почта: kur@tu.tusur.ru

Shipunova K.V., Kamenskiy A.V., Kuryachy M.I.

Measurement and correction of coordinate distortions in television images by means of computer technologies

In the article the authors investigate the coordinate distortion in television images. The research and development of methods and algorithms for measuring and correcting the coordinate distortions in television images is carried out.

Keywords: coordinate distortion, distortion measurements, distortion correction, camera calibration.