

УДК 519.688

## ТЕХНОЛОГИЯ АНАМОРФНОГО СИНХРОННОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ ПОТОКОВОГО ВИДЕО НА СИСТЕМУ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ЭКРАНОВ

В. Д. ГЛУХОВ

(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

*В работе проводится анализ аспектов разработки технологии синхронного анаморфного проецирования потокового видео на систему произвольно ориентированных мониторов. Особенность данной технологии является объединение математических методов калибровки системы проецирования, устраняющей дисторсию объектива при съемке стенда, методов нарезки и проецирования фрагментов изображения с обратной трансформацией перспективы и методов синхронизации трансляции нескольких потоков видео.*

**Введение.** В настоящее время продолжается активный процесс формирования новой коммуникационной среды, данный процесс накладывается на тенденцию урбанизации современного общества, идет активное формирование нового визуально графического языка. [1]

Степень влияния новых инструментов коммуникации зависит не только от актуальных смыслов, передаваемых объектами коммуникационной среды, но и от учета физиологических особенностей восприятия субъектов данной коммуникации.

Анаморфное проецирование (в культурологии применяется более широкий термин «Анаморфная типографика») – это явление 21 века, основанное на широком применении современных информационных технологий. Анаморфная типографика эксплуатирует понятие парадоксальных иллюзий, иллюзий искажения, что позволяет обеспечить наиболее полное погружение субъектов-наблюдателей в контекст передаваемой информации. [2]

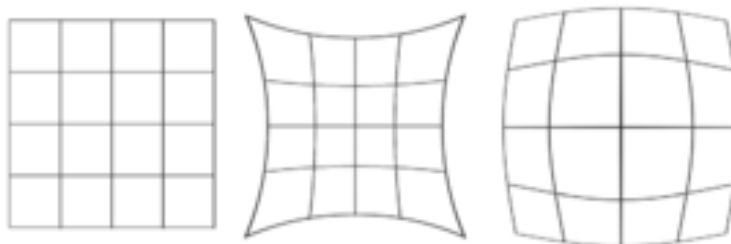
Цель поставленная нами в рамках данной работы – получить ощущение у зрителя единого цельного изображения, не смотря на искажения, создаваемые камерой при фотографировании сцены для демонстрации видео и позиционирование мониторов в разных плоскостях (перспективная проекция). Таким образом у зрителя может возникнуть иллюзия присутствия и погружения в демонстрируемую видеосцену.

**Постановка задачи.** С целью получения качественной анаморфной проекции на систему произвольно ориентированных мониторов требуется решить несколько исследовательских задач:

- систематизировать причины искажений фотографии сцены (системы мониторов) с точки наблюдения;
- выполнить калибровку (построение калибровочной матрицы) с целью устранения искажений;
- выполнить вычисление матриц перспективной проекции для каждого монитора сцены;
- выполнить обратную трансформацию перспективной проекции для получения изображений на каждом произвольно ориентированном мониторе.

**Калибровка камеры.** Из теории фотограмметрии известен целый ряд причин возникновения искажений изображений при фотографировании трехмерной сцены. Основными из них называют рефракцию атмосферы и дисторсию объектива. В нашем случае съемка выполняется с относительно малого расстояния, поэтому мы сфокусируемся исключительно на способах устранения дисторсии объектива камеры. [6]

Дисторсия — искривление оптических систем, при которой коэффициент линейного увеличения изменяется по мере удаления отображаемых предметов от оптической оси. При этом нарушается геометрическое подобие между объектом и его изображением (рис.1).



**Рисунок 1. – Виды дисторсии  
(исходное изображение, положительная и отрицательная дисторсия)**

Радиальная дисторсия может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned}x_{distorted} &= x(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \\y_{distorted} &= y(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6)\end{aligned}$$

Тангенсальная дисторсия выражается следующим образом:

$$\begin{aligned}x_{distorted} &= x + [2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)] \\y_{distorted} &= y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy]\end{aligned}$$

Таким образом нам необходимо найти 5 параметров, называемых коэффициентами дисторсии.

$$Distortion\ coefficients = (k_1\ k_2\ p_1\ p_2\ k_3)$$

Исследовав рынок инструментов работы с потоковым видео, мы выбрали библиотеку с открытым исходным кодом OpenCV. В рамках данной библиотеки реализован алгоритм устранения радиальной дисторсии по фотографии шахматной доски. Обязательным требованием данного алгоритма является выполнение фотографирования прямоугольного изображения шахматной доски с разных ракурсов. По полученным снимкам выполняется автоматический поиск ключевых точек (функция OpenCV findChessboardCorners) и по построенным наборам точек ищутся калибровочные коэффициенты (функция OpenCV calibrateCamera), а также оценивается погрешность вычисления параметров камеры.

Устранение радиальной дисторсии выполняется вызовом функции undistort библиотеки OpenCV с передачей в качестве параметра вектора калибровочных коэффициентов.

**Перспективная проекция.** Второй шаг в создании анаморфной проекции — это выполнение преобразования обратной перспективы фрагмента изображения, попавшего в трапецию проекции монитора на плоскость экрана монитора.

Преобразование обратной перспективы выполняется последовательностью следующих шагов:

Вычисление матрицы преобразования по набору пар точек углов монитора на фотографии сцены и в пространстве плоскости монитора. Вычисление матрицы преобразования выполняется вызовом функции getPerspectiveTransform() библиотеки OpenCV. Матрица преобразования имеет размерность 3x3 и вычисляется по умолчанию методом наименьших квадратов. Поиск матрицы X (map\_matrix) выполняется методом solve() библиотеки, который может использовать, помимо метода наименьших квадратов еще несколько экспериментальных методов (разложение по сингулярным значениям, исключение Гаусса с выбранным оптимальным опорным элементом, факторизация Холецкого, QR-факторизация). Обобщенная запись задачи поиска матрицы трансформации может быть представлена формулами:

$$\begin{bmatrix}t_i x'_i \\ t_i y'_i \\ t_i\end{bmatrix} = map\ matrix * \begin{bmatrix}x_i \\ y_i \\ 1\end{bmatrix}$$

При минимизации критерия

$$dst = \arg \min_X \|src1 * X - src2\|$$

Выполнение для перспективной проекции каждого монитора преобразования по полученной для него матрице методом библиотеки OpenCV warpPerspective().

$$dst(x, y) = src \left( \frac{M_{11}x + M_{12}y + M_{13}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}}, \frac{M_{21}x + M_{22}y + M_{23}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}} \right)$$

**Заключение.** В результате проведенных исследований нами систематизированы методы обработки изображений, необходимые для решения задачи анаморфного проецирования потокового видео. Определены математические методы и их программные реализации в виде библиотек с открытым кодом для решения задач калибровки камеры для устранения радиальной дисторсии объектива, обратного преобразования перспективы в границы каждого из произвольно ориентированных мониторов экспериментального стенда (рис. 2).



**Рисунок 2. – Пример проекта и результата синхронного анаморфного проецирования видео на систему из двух произвольно ориентированных мониторов**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева А.С., Ягуза И.А. Особенности формирования объектов анаморфной типографики // Культурология, искусствоведение, дизайн / «Актуальные исследования» №15 (18), 2020. - С.52-55
2. Почепцов, Г.Г. Теория коммуникации / Г.Г. Почепцов. – М.: Изд-во Рефл-бук, 2001. – 17с.
3. Python OpenCV – Affine Transformation // <https://www.geeksforgeeks.org/> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/python-opencv-affine-transformation/>. – Дата доступа: 26.09.2022.
4. Basic concepts of the homography explained with code // OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://docs.opencv.org/4.x/d9/dab/tutorial\\_homography.html](https://docs.opencv.org/4.x/d9/dab/tutorial_homography.html). – Дата доступа: 26.09.2022.
5. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001. 604 с.
6. В. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. - М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. - 160 с.