

# Параметризация объектов видеоряда для обратного рендеринга в задачах форензики

Калашникова И.А, Зуев С.В., Притчин И.С.

4 сентября 2020 г.

## Аннотация

## Введение

**Представление двумерного объекта в трёхмерном пространстве (параметризация)** – наукоемкая задача. Для начала дадим определения некоторым ключевым терминам, которые будут часто упоминаться на протяжении всей работы.

**Форензика** - наука о раскрытии преступлений, связанных с компьютерной информацией, об исследовании цифровых доказательств, методах поиска, получения и закрепления таких доказательств.

**Компьютерное преступление (киберпреступление)** – уголовное правонарушение, для расследования которого существенным условием является применение специальных знаний в области информационных технологий. Примером такого преступления может стать ложное алиби человека: обвиняемый мог предоставить модифицированную запись с камер видеонаблюдения, подтверждающую, что он был далеко от места преступления. Модификация записи заключалась бы как раз в присутствии его фигуры в видеоряде. Методы форензики помогают в определении валидности, т.е. соответствии реальности, предоставленных обвиняемым видеодоказательств.

**Видеоряд** – это последовательность изображений, каждое из которых является кадром. Всем известные кино, цифровое видео, стрим представляют собой видеоряды. Видеоряды несут в себе информацию, которую можно не только наблюдать, но и анализировать.

**Объектом видеоданных** является множество точек кадров, которое известным образом преобразуется от кадра к кадру и представляет собой некоторый единый смысл во всём видеоряде (например, изображение собаки на видеоролике будет изображением собаки в каждом его кадре и человек или компьютер в состоянии понять, что это – именно собака).

Сегодня у видеоаналитики немало областей применения: идентификация лиц, распознавание номерных знаков, детектирование пересечения линии и направления движения, проверка денежных купюр и подлинности

документов, контроль скоростей (людей и транспортных средств), выявление оставленных объектов (появление и исчезновение), классификация объектов (люди, животные, автомобили и пр.), получение тепловых карт (областей с высокой посещаемостью). Помимо этого, анализ видеоданных полезен на роботизированных сборочных линиях, контроле качества продукции на производстве, проверке компонентов печатных плат, сортировке писем и посылок, маркетинговом анализе, диагностике рака по снимкам, в самоуправляемых автомобилях, антитеррористических системах. Понятие валидности в анализ видеорядов и изображений пришло из психологии.

**Валидность** - это обоснованность и пригодность применения методик и результатов исследования в конкретных условиях. В применении к анализу изображений, валидность есть соответствие изображения реальности, что обычно подразумевает отсутствие модификации первоначально сделанного изображения. Логика здесь в следующем: если изображение модифицировано, то выводы, основанные на нём, будут неверны и, следовательно, непригодны для применения. Аналогичная ситуация и в анализе видеорядов: валидность для видеоряда есть его соответствие реальности. Однако, в случае видеоряда, несоответствие реальности может быть результатом не только модификации кадров, но и изменения других параметров: времени, места съёмки, ракурса съёмки. Таким образом, для видеоряда можно рассматривать валидность просто, как достоверность того, что он получен в результате реальной съёмки реально произошедших событий, причём их время и место, следующие из видеоряда, должны соответствовать фактически. Достоверность выделенных объектов, их валидность, стала изучаться в 90-е годы 20 века, а в 2001 году в Нью-Йорке состоялся семинар по компьютерно-технической судебной экспертизе (the First Digital Forensic Research Workshop (DFRWS, <http://dfrws.org>)), на котором была выработана дорожная карта исследований по валидности в судебной экспертизе (A Road Map for Digital Forensic Research). Позже появляется целый ряд исследований, в которых обсуждается именно валидность выделенных объектов. Однако большинство работ основано на анализе именно RGB-модели без учета соотношения двумерного плоского изображения и исходной трехмерной сцены. Современный анализ видеоданных всегда производится с помощью компьютеров. Для компьютерного анализа изображение и весь видеоряд должны быть оцифрованы. В цифровом представлении данные – это просто набор чисел, упорядоченный определённым образом. Ясно, что один и тот же объект в цифровом представлении можно представить разными способами. Такие представления называются параметризациями объектов, поскольку описываются набором параметров – численных характеристик объектов. Выбор способа параметризации объекта, в том числе видеоряда, существенно влияет на его анализ. Поэтому построение параметризаций различных объектов представляет собой класс отдельных математических задач и от успешности их решения зависит эффективность анализа данных.

**Результатом** моего проекта станет реализация в программном коде алгоритма параметризации образа объекта видеоданных.

**Объектом исследования** является анализ видеорядов в сфере форен-

зики

**Проблема исследования** в моём проекте заключается в необходимости создания такой параметризации объекта видеоданных, изначально представленного его опорными точками, чтобы изменения этого объекта впоследствии удобно было анализировать с точки зрения геометрических преобразований.

**Гипотеза исследования:** предполагаю, что наилучшим способом параметризации будет представление объекта полигона из достаточного количества точек, угловые координаты которых в полярной системе координат с центром в описанном прямоугольнике объекта, будут отстоять друг от друга на постоянную величину

$$\frac{2\pi}{n}$$

где  $n$  – число точек

**Цель работы:** предложить алгоритм создания параметризации, решающий проблему исследования

**Задачи:**

- Обзор источников по проблеме исследования
- Изучить вопросы геометрических преобразований на плоскости и в пространстве
- Изучение методов и средств выделения и трассировки объектов видеоряда
- Выбрать видеоряды, характеризующиеся разным объектным составом
- Применить к видеорядам выбранные средства
- Построить модель геометрических преобразований в полученной параметризации, оценить ошибки модели
- Построить равноугловую параметризацию (как описано в гипотезе) объекта и повторить задачу 6 для этой параметризации
- Провести измерения, указанные в задаче 7, для нескольких объектов в видеорядах.
- Сделать вывод о качестве равноугловой параметризации, опровергнув, либо подтвердив гипотезу исследования

**Практическая значимость проекта:** разработанный алгоритм эффективной параметризации объектов видеоряда может быть использован специалистами в сфере форензики для выявления киберпреступлений. Это позволит выявлять подложные видеоматериалы.

**Структура работы:** работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы

Работа состоит из следующих глав:

- Современные методы исследования видеорядов и геометрические преобразования на плоскости и в пространстве
- Средства выделения и трассировки объектов видеорядов в виде стрима и сохранённых файлов

- Построение параметризации объектов видеоряда для дальнейших геометрических преобразований
- Эксперимент: ошибки моделирования геометрических преобразований в традиционной и равноугольной параметризации объектов

# 1 Современные методы исследования видеорядов и геометрические преобразования на плоскости и в пространстве

В работе предполагается, что опорные точки уже выделены и осуществляется их трассировка (ведение объекта от кадра к кадру). Для определения валидности (мера соответствия того, насколько методика и результаты исследования соответствуют поставленным задачам) объекта используются различные методы:

- Статистический анализ цветовых и яркостных характеристик объекта и фона
- Объемный анализ цветовых характеристик (подобно контрольной сумме файлов)
- Метод метаданных (очень много по нему работ в США). Основан на том, что каждый видеофайл или картинка имеет свои атрибуты – метаданные (информация о другой информации, или данные, относящиеся к дополнительной информации о содержимом или объекте) – которые при внедрении объекта в другой файл, «переходят» в другой файл
- Метод, для которого используются результаты проекта: обратный рендеринг (восстановление трёхмерного объекта по его двумерному изображению<sup>1</sup>), заключающийся в восстановлении трёхмерного объекта из двумерного изображения. Для обратного рендеринга очень важна параметризация объекта видеоряда – она должна быть такой, чтобы процедура рендеринга происходила максимально экономично (по ресурсам), так как она довольно сложна.

В современных школьных программах понятию геометрического преобразования отводится достаточно скромное место: школьникам дают определения таких преобразований как поворот, параллельный перенос, симметрия, иногда инверсия, и показывают, что эти преобразования могут быть полезны при решении определенных задач.

Рассмотрим менее известные способы геометрических преобразований. Для начала необходимо ознакомиться со значения этого самого термина: *Определение геометрического преобразования*: если каждой точке  $A$  пространства по правилу  $f$  поставить в соответствие единственную точку этого пространства  $A_1$ , то говорят, что задано геометрическое преобразование пространства. Точку  $A_1$  называют образом точки  $A$ , а точку  $A$  – прообразом точки  $A_1$ .

Необходимо понимать, что преобразования возможны не только на плоскости, но и в пространстве. Рассмотрим способы геометрических преобразований:

---

<sup>1</sup>Это возможно сделать только в случае наличия многих двумерных изображений одного и того же объекта в один момент времени или в близкие моменты времени.

- Движение и подобие

**Движением** называется преобразование (т. е. взаимно однозначное отображение плоскости на себя), при котором расстояние между любыми двумя точками равно расстоянию между их образами. Из определения сразу вытекают свойства движений:

- Движение переводит любую прямую в прямую.
- Движение переводит любой угол в равный угол.
- Композиция (последовательное применение) двух движений есть движение.
- Преобразование, обратное движению, есть движение.
- Тождественное преобразование (преобразование, оставляющее каждую точку на месте) есть движение

**Подобием** называется преобразование, при котором для любых двух точек  $A$  и  $B$  отношение расстояний между их образами  $A'$  и  $B'$  к расстоянию между самими точками равно одному и тому же числу:  $A'B' = k \cdot AB$ . Число  $k > 0$  называется коэффициентом подобия. Из определения сразу следует, что подобия образуют группу. Действительно, композиция подобий с коэффициентами  $k_1$  и  $k_2$  будет подобием с коэффициентом  $k_1 k_2$ , а преобразование, обратное подобию с коэффициентом  $k$ , — подобием с коэффициентом  $\frac{1}{k}$ . Важным частным случаем подобия является гомотетия

**Гомотетией** с центром в точке  $O$  и коэффициентом  $k$ , отличным от нуля, называется преобразование, переводящее каждую точку  $A$  в точку  $A'$ , лежащую на прямой  $OA$  и удовлетворяющую условию  $OA' = k \cdot OA$ . При  $k > 0$  точки  $A$  и  $A'$  лежат по одну сторону от точки  $O$ , при  $k < 0$  по разные.

- Аффинные преобразования
- Проективные преобразования
- Круговые преобразования

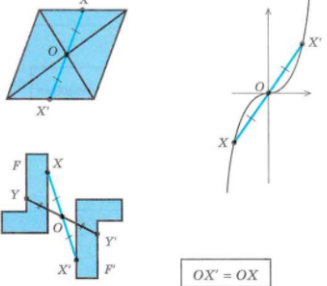
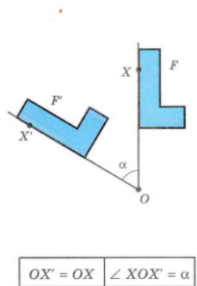
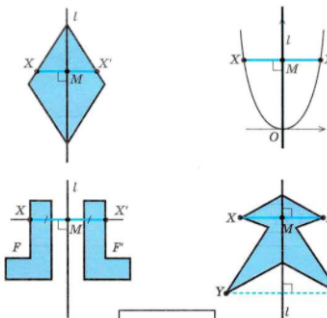
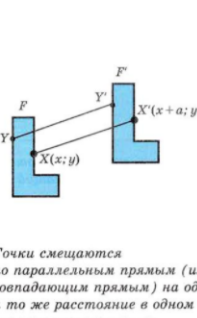
Симметрия относительно точки	Поворот
 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>OX' = OX</math></div>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>OX' = OX</math>    <math>\angle XOX' = \alpha</math></div>
Симметрия относительно прямой	Параллельный перенос
 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>XX' \perp l</math> <math>XM = MX'</math></div>	 <p>Точки смещаются по параллельным прямым (или совпадающим прямым) на одно и то же расстояние в одном и том же направлении.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>XX' = YY'</math></div>

Рис. 1: Преобразование фигур на плоскости

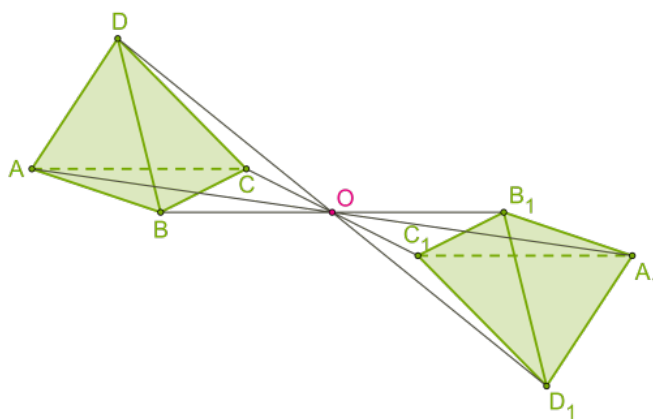


Рис. 2:

## **2 Средства выделения и трассировки объектов видеорядов в виде стрима и сохранённых файлов**



### **3 Построение параметризации объектов видео- ряда для дальнейших геометрических пре- образований**

#### **4 Эксперимент: ошибки моделирования геометрических преобразований в традиционной и равноугловой параметризации объектов**

## Заключение

Иногда люди занимаются внедрением каких-то объектов в видеоряд. В собственных целях это не является какой-то проблемой. Но когда это используется, например, в криминальных целях, то от того факта, внедрён ли объект или нет, будет зависеть чья-то свобода.

В ходе проекта был разработан алгоритм, который может так параметризовать объект для обработки, что станет возможной процедура обратного рендеринга и, далее, проверка валидности объекта. Эта проверка основана на проверке движений 3-мерного объекта – если после обратного рендеринга протрассировать объект уже в 3- мерном пространстве, то внедренный объект значительно и скачкообразно будет менять свою первоначальную форму, что, конечно, не характерно для реального объекта. А это в свою очередь станет доказательством внедрения.