

УДК 004.896

## **Особенности реализации алгоритма для отображения результатов анаморфирования**

*Канев А.И., специалист*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Научный руководитель: Терехов В.И., к.т.н, доцент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

[\*terekchow@bmstu.ru\*](mailto:terekchow@bmstu.ru)

Одним из способов быстрого анализа и принятия обоснованного варианта решения для широкого спектра практических задач является визуальное представление лицу, принимающему решение (ЛПР) необходимой для этого информации. Эта информация должна учитывать различные факторы и характеристики исследуемого процесса или явления, а для того, чтобы ее восприятие и обработка привели к резкому сокращению времени ее анализа и, соответственно, времени принятия обоснованного варианта решения, носить в основном, визуальный характер - в виде визуальных информационных образов [1].

Метод анаморфирования [2], относящийся к когнитивной компьютерной графике, используется в качестве одного из способов анализа исходных данных и принятия обоснованного варианта решения на основе визуализации актуальной информации. Существует достаточно большое количество численных методов построения анаморфоз, каждый из которых обладает рядом достоинств и недостатков. Но эти методы не уделяют должного внимания проблеме отображения результатов анаморфирования изображения.

### **1 Анаморфирование изображений**

Понятие анаморфозы, которая определяется как переход от одного визуального образа, построенного на основе евклидовой метрики, к другому визуальному образу, в основе которого лежит метрика рассматриваемого процесса или явления на основе выбранного показателя, является основой метода анаморфирования. При этом возможность визуализировать сложные и неочевидные показатели, учитываемые при принятии решений, является важным преимуществом метода анаморфирования.

Сущность этого метода состоит в том, что исходный визуальный образ, преобразуется (анаморфируется) на основе выбранных показателей в двумерный визуальный образ. При этом внутренняя структура полученного образа изменяется таким образом, что распределение выбранных показателей становится равномерным, при сохранении топологического подобия с исходным образом. В примере (рис. 1) для каждой ячейки задано значение анализируемого показателя. В результате преобразования вершины ячеек, упорядоченные в виде прямоугольной сетки (слева), изменили свое положение (справа) согласно выравниванию плотности этого показателя.

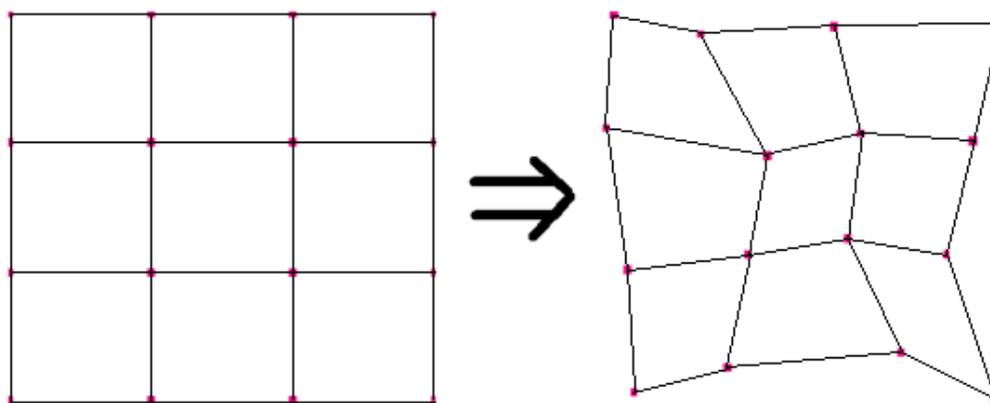


Рис. 1. Пример анаморфирования.

В методе, предложенном У. Тоблером [2], методе треугольников, разработанном в Московском государственном университете им. Ломоносова [3], алгоритме лаборатории Лоуренс Беркли [2] изображение разбивается на геометрические фигуры - ячейки. В ходе работы алгоритмов положение вершин ячеек меняется так, чтобы каждая ячейка приобрела определенную площадь. Все эти методы детально описывают способы определения нового положения вершин, но они не содержат пояснений, как отразить эти изменения на визуальном образе.

Сформулируем задачу отображения результатов анаморфирования. Вершины ячеек далее будут именоваться ключевыми точками. В качестве исходных данных поступают начальные и конечные координаты ключевых точек изображения. Координаты любых двух этих точек не совпадают. Также имеется некоторое растровое изображение. Необходимо получить изображение, преобразованное в соответствии с перемещением ключевых точек.

## 2 Метод отображения результатов анаморфирования с помощью аффинного преобразования

Аффинные преобразования - один из способов нахождения параметров отображения координат точек[4]. Формула для данного преобразования на плоскости следующая:

$$f' = M * f + v,$$

где  $f$  - начальные координаты точки изображения,  $f'$  - конечные координаты этой точки,  $M = \begin{pmatrix} A & C \\ B & D \end{pmatrix}$  - матрица второго порядка,  $v = \begin{pmatrix} M \\ N \end{pmatrix}$  - вектор-столбец. Зная коэффициенты матрицы и вектора, а также начальные координаты точки, можно вычислить ее конечные координаты.

Для каждой ячейки преобразование будет собственное, его необходимо искать отдельно. Для сложных фигур перед отображением их нужно разбить на треугольники, т.к. на плоскости трансформация задается тремя точками. Для каждого треугольника преобразование в этом случае будет однозначным. В данной работе задача разбиения фигуры на треугольники решается делением прямоугольной ячейки пополам вдоль побочной диагонали. Этот способ представлен на рис. 2. Для наглядности треугольники пронумерованы. В общем случае для выпуклых многоугольников эту задачу можно решить, соединив каждую вершину с центром многоугольника. Координаты центра вычисляются как среднее арифметическое координат его вершин.

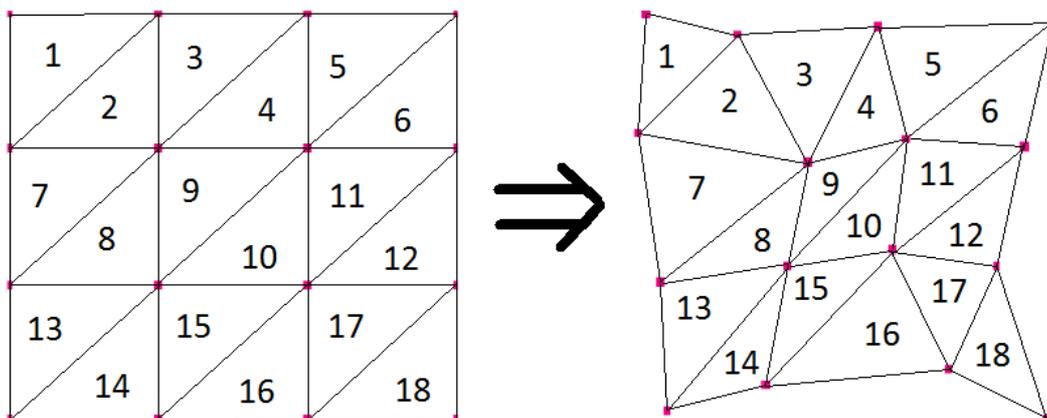


Рис. 2. Пример разбиения изображения на треугольники

Вершины каждого треугольника - это ключевые точки, они известны. Теперь необходимо вычислить матрицу и вектор. Вычислить их можно, составив систему из шести уравнений (по количеству неизвестных) и решив ее. Для каждой из трех вершин можно составить два уравнения: одно для координаты  $x$  и одно для координаты  $y$ .

$$Xa' = (A * Xa + Ya * C + M)$$

$$Xb' = (A * Xb + Yb * C + M)$$

$$Xc' = (A * Xc + Yc * C + M)$$

$$Ya' = (B * Xa + D * Ya + N)$$

$$Yb' = (B * Xb + D * Yb + N)$$

$$Yc' = (B * Xc + D * Yc + N)$$

Данная система уравнений имеет единственное решение, если треугольник не вырождается в отрезок или точку. Но последнее противоречит задаче анаморфирования. Для решения этой системы уравнений рекомендуется разбить ее на две по три уравнения, так как переменные A, C, M входят только в первые три уравнения, а B, D, N только в три последних. Для системы из трех уравнений выгоднее использовать метод Крамера, а не Гауса, так как при малом порядке он выполняется быстрее и проще в реализации. В этом случае в методе Крамера только одна проверка, линейные формулы для неизвестных, не нужно реализовывать алгоритм перестановки строк.

### **3 Методы вычисления цвета пикселей при анаморфировании**

После получения параметров преобразований необходимо определить для каждого пикселя, из какого треугольника взять эти параметры. Для этого нужно найти, в какой треугольник попадает пиксель. У каждого треугольника по 3 стороны. Они задаются уравнениями, а точнее коэффициентами k и b, которые вычисляются по координатам двух его вершин. Все точки одного треугольника будут располагаться по одну сторону от его стороны. Нужно определить, выше этой линии должен быть пиксель или ниже. Точка, которая подходит для всех трех сторон - это центр треугольника, он может быть найден, как среднее арифметическое координат его вершин. Поэтому для каждой стороны в начале алгоритма необходимо найти, с какой стороны находится центр треугольника и записать это как отдельный параметр. Далее для всех пикселей просто сравнивать, совпадает ли это значение со значением для центра треугольника.

Затем, когда для пикселя найдено его преобразование, необходимо определить, как отобразить пиксели исходного изображения (рис. 3а) в выходное. Если производить преобразование координат напрямую, возникнут пробелы (рис. 3б). Поэтому преобразование нужно делать обратное и исходить от пикселей выходного изображения (рис. 3в).

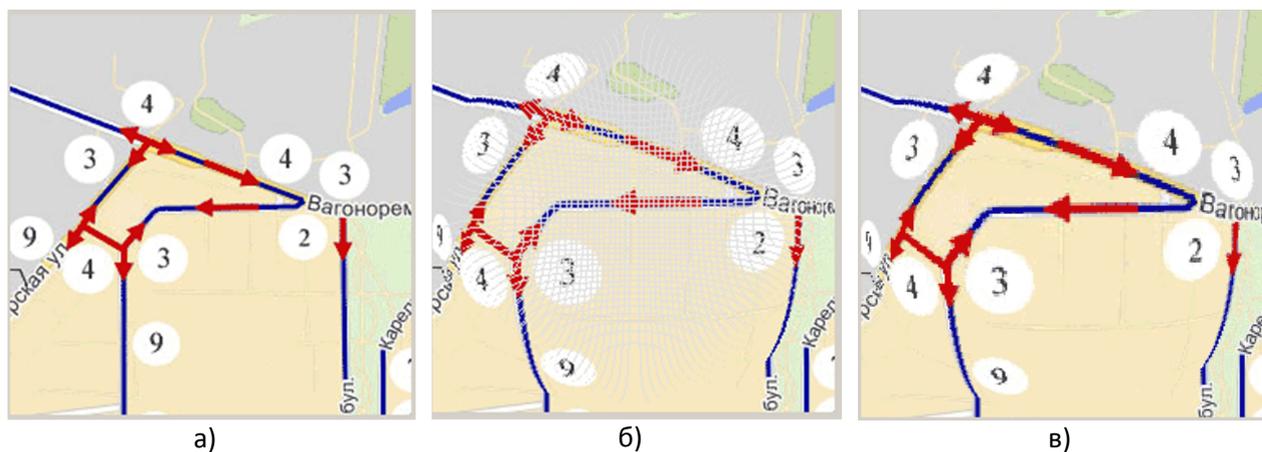


Рис. 3. Результаты анаморфирования изображения: а) исходное изображение;  
 б) отображение пикселей в прямом направлении;  
 в) отображение в обратном направлении

Необходимо сделать следующее приближение: рассматривать пиксель, как прямоугольник одного цвета. Наиболее точный способ решить задачу - это определить долю исходного пикселя, которую он вкладывает в каждый выходной, и добавить его цвет, умножив на эту долю, к цвету выходного пикселя. Чтобы вычислить эту долю нужно решить задачу нахождения общей площади двух четырехугольников. Даже если оптимизировать алгоритм и выполнять его только для исходных пикселей, с которыми пересекается выходной, получается очень сложная задача. Для ее решения требуются большие вычислительные мощности.

Но для большинства случаев точность этого алгоритма будет избыточной. Поэтому стоит применить более простой и быстрый алгоритм, в котором цвет выходного пикселя определяется тем, в какой исходный пиксель при обратном отображении попал его центр. Таким образом, в преобразовании участвуют только центры пикселей, отсутствуют дополнительные вычисления.

### Заключение

Рассмотренные методы позволяют решить все этапы задачи отображения результатов анаморфирования от получения координат вершин ячеек до вывода готового изображения. Они универсальные, их можно использовать для всех методов построения анаморфоз. При решении всех подзадач были выявлены достоинства и недостатки каждого из способов, описаны варианты для их наилучшего применения.

### Список литературы

1. Глезер В.Д., Цукерман И.И. Информация и зрение. М.: АН СССР, 1961. 347 с.
2. Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С. Анаморфозы: что это такое? М.: Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.
3. Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С. Создание анаморфированных изображений для географических исследований // Вестник Московского университета, серия география. 1992. № 4. С. 43-52.
4. Заславский А.А. Геометрические преобразования. М.: МЦНМО, 2004. 86 с.