

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА БАЗЕ ИСХОДНЫХ 2D ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Исаев Андрей Борисович**

к.т.н., профессор

Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, профессор

**Мархиев Рамазан Мусаевич**

Российский университет дружбы народов, Москва, аспирант

ingnet@mail.ru

**Аннотация.** Разработан алгоритм восстановления трехмерной поверхности на базе исходных 2D изображений для увеличения объема обучающей выборки, что позволяет повысить надежность дальнейшей классификации объектов.

**Ключевые слова:** диффузное отражение, зеркальное отражение, трехмерная поверхность, распознавание образов, модель освещения, компьютерное зрение.

Системы компьютерного зрения решают задачи по дополнению или даже замене человека в областях деятельности, связанных со сбором и анализом зрительной информации. Уровень их использования в прикладных областях является одним из наиболее достоверных и наглядных показателей уровня развития высоких технологий в самых различных отраслях промышленности.

В задачах распознавания образов часто приходится строить решающее правило на недостаточных обучающих выборках. Например, при распознавании трехмерных объектов, таких как человеческие лица, сетчатка глаза, когда обучающая выборка предоставлена несколькими изображениями [1]. Для увеличения объема обучающей выборки и повышения эффективности классификации может быть использовано восстановление трехмерной поверхности лица. Представление о форме 3D объекта, формируется при учёте некоторых факторов: интенсивность отражённого света, цвета на изображении.

## Математическая модель

Рассмотрим отражение света, как диффузное, так и зеркальное.

Диффузное отражение, которого обычно обозначается как  $B(P)$ , измеряется в ваттах на квадратный метр. Чтобы найти диффузное отражение поверхности в точке, можно просуммировать излучение, уходящее с поверхности в этой точке по всей полусфере направлений. Следовательно, если  $P$  - точка на поверхности с излучением  $L(P, \theta, \varphi)$ , то диффузное отражение в этой точке

равно  $B(P) = \int_{\Omega} L(P, \theta, \varphi) \cos \theta d\omega$ , где  $\Omega$  - это полусфера выходящих направлений,

а множитель  $\cos \theta$  превращает площадь с учетом ракурса в просто площадь.

Излучение, приходящее по определенному направлению, может отразиться только в зеркальном направлении, которое получается как отображение направления падающего излучения относительно нормали к поверхности. Поскольку излучение, приходящее в определенном направлении, может отразиться только в одном направлении [2].

Цвет на изображении в точке с координатами  $(x, y)$ :

$$V(x, y) = V_0 + V_D M \cdot N + V_S \left[ (2(M \cdot N) \cdot N - M) \cdot K \right]^n$$

где  $M$  - направление на источник света,  $N$  - нормаль к поверхности,  $K$  - направление на камеру,  $n$  - параметр, регулирующий ширину отражённого лепестка,  $V_D$  - диффузионная компонента цвета,  $V_S$  - зеркальная компонента цвета, Цвет представляет трехкомпонентный вектор  $C = (cR, cG, cB)$  в системе RGB.

В цветовом координатном пространстве  $RGB$  любой цвет получается как сумма (смешение) красного, зеленого и синего цветов. Если представить это пространство в виде куба, то на главной диагонали куба, образованного из нормированных компонентов, будут расположены серые цвета (ахроматические).

Все дальнейшие построения используют модель освещения, которая задаёт соответствие между цветом и формой поверхности. Форма поверхности задана с помощью нормалей.

## Алгоритм восстановления поверхности

На начальном этапе создаётся решётка с опорными величинами. Решетка преобразуется в гладкую поверхность. Изначально, решётка не симметрич-

на (составляет только половину лица), следовательно, конечная поверхность симметрично дополнена.

Параметры освещения и видовые параметры подбираются вручную. Для этого поверхность отображается вместе с исходным изображением и производится размещение поверхности и источника света. Для определения параметров материала с изображения выделяются пиксели в центре, на границе бликов и в области наименьшего освещения.

Далее опорные точки сдвигаются так, чтобы обеспечить наилучшее совмещение контуров с исходного изображения и полученного для поверхности. И этот шаг осуществляется в два этапа. На первом – все точки сдвигаются в соответствии с модификацией контрольного объёма, заданного шестью точками. Затем соответствие контуров и отражений с поверхности и изображения улучшается за счёт смещения отдельных опорных точек.

Степень близости увеличивается с увеличением количества изображений, используемых для построения трехмерной поверхности. Это позволяет генерировать новые изображения путем трансформации построенной трехмерной поверхности.

### Заключение

Предложен алгоритм восстановления трехмерной поверхности (лица), использующий исходные экспериментальные данные (обучающую выборку), как правило малого объема (несколько 2D изображений распознаваемого 3D объекта), - например, лица под различными ракурсами, или сетчатки глаза.

Недостаточность объема обучающей выборки компенсируется полученными в работе аналитическими выражениями: для диффузного отражения в

точке поверхности 3D объекта:  $B(P) = \int_{\Omega} L(P, \theta, \varphi) \cos \theta d \omega$ ; для цвета в точке (x,y)

поверхности -  $V(x, y) = V_0 + V_D M \cdot N + V_S [(2(M \cdot N) \cdot N - M) \cdot K]^n$ .

### Список источников

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Мир цифровой обработки // М.: Техносфера, 2005.
2. Форсайт Ф., Понс Ж. Компьютерное зрение. //Издательский дом «Вильямс». 2003.
3. Шапиро Л, Стокман Дж., Компьютерное зрение. // М.: Бином, 2006.