

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВАРИАНТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Путятин Е.П., Любченко В.А., Передрий Е.О.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. Информатики, тел. (057)702-14-19
e-mail: elena_peredriy@ukr.net, lubchenko_v@mail.ru

In the work analysis of the influence of the image perspective distortions on its weight centers is researched on the basis of moment theory. Dependence between values of the central moment and direction of the axis of perspective transformations is established. Changes of the image central moments along the distortion axis are shown.

Введение.

Быстрые темпы развития компьютерной техники и технологий в последние годы породило колоссальный интерес к задачам компьютерного зрения практически во всех областях человеческой деятельности [1]. Большинство роботизированных производств используют анализ и обработку визуальной информации. Однако на реальных изображениях присутствуют различного рода искажения и шумы. При решении задач обработки изображений наиболее распространенными искажениями являются геометрические и яркостные. Несмотря на сложность, для описания геометрических преобразований используется проективная модель восприятия, т.к. она является наиболее адекватной для описания трехмерных объектов.

Формальная сложность описания проективных преобразований не дает возможности на сегодняшний день эффективно решить задачу компенсации на изображении проективных искажений. Следует отметить достаточно большое количество публикаций, посвященных нормализации и построению инвариантных признаков относительно аффинной группы, однако аналогичные эффективные алгоритмы для перспективных преобразований до сих пор не получены.

Одним из наиболее простых и одновременно эффективных методов построения инвариантных признаков для определения и нормализации геометрических искажений на изображении является теория моментов [1]. Преимуществами такого подхода являются простота реализации соответствующих алгоритмов и достаточно высокое быстродействие. Применение такого подхода при анализе перспективно искаженных изображений может дать эффективное решения задачи построения инвариантных признаков.

В данной работе исследуются закономерности изменения центра тяжести при преобразовании перспективы вдоль произвольной прямой.

1. Математическая модель преобразования.

Геометрические искажения в задачах обработки изображений чаще всего рассматриваются в рамках теории групп [1]. Проективное преобразование в общем виде однозначно определяется девятью параметрами [1, 2]. Частным случаем проективного преобразования является преобразование перспективы. Различают преобразования перспективы вдоль оси ординат, абсцисс и совместные, матрицы которых соответственно имеют вид:

$$P_y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda & 1 \end{pmatrix}, P_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \mu & 0 & 1 \end{pmatrix}, P_{xy} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \mu & \lambda & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где λ , μ – параметр перспективы вдоль оси ординат и абсцисс соответственно. Очевидно что $P_x(\lambda) = U(90)P_y(\lambda)$. Т.о. будем исследовать только преобразование вдоль оси OY , т.к. от него легко можно перейти к преобразованию вдоль оси OX . Модель такого преобразования можно представить в виде:

$$B_0(x, y) = B\left(\frac{x}{\lambda y + 1}, \frac{y}{\lambda y + 1}\right), \quad (2)$$

где B , B_0 – входное и эталонное изображения соответственно.

Кроме того в работе [2] показано, что преобразование перспективы P_{xy} вида (1) можно представить в виде композиции однопараметрических преобразований вдоль осей OX и OY :

$$P_{xy} = P_\alpha(h) = P_x(h_1)P_y(h_2) = P_y(h_2)P_x(h_1), \quad (3)$$

где $P_\alpha(h)$ – перспектива вдоль прямой с углом наклона равным α , $h_1 = h \cos \alpha$, $h_2 = h \sin \alpha$ – параметры преобразования перспективы.

2. Исследование смещения центра тяжести при преобразовании перспективы.

В условиях действия геометрических искажений метод, основанный на анализе моментов, может использоваться для получения инвариантных признаков. Общее выражение для нахождения центральных моментов имеет вид:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q B(x, y),$$

где $B(x, y)$ - значение яркости изображения в точке (x, y) . Нулевой момент μ_{00} определяет энергию изображения.

Центральную роль в нормализации геометрических искажений играет центр тяжести изображения [1], который выражается через центральные моменты следующим образом:

$$x_{\bar{0}} = \frac{\mu_{10}}{\mu_{00}}, \quad y_{\bar{0}} = \frac{\mu_{01}}{\mu_{00}}.$$

Рассмотрим, как изменяется распределение энергии изображения под воздействием перспективы вдоль оси преобразования OY . Из [2] известно, что при преобразовании перспективы входное и эталонное изображение связаны соотношением:

$$\iint_{XY} B(x, y) dx dy = \iint_{XY} \frac{1}{|(\lambda y + 1)^3|} B_0(x, y) dx dy. \quad (4)$$

Используя данное соотношение и перейдя от эталонного изображения к ограничениям на прямые, находим их образы на входном изображении [3]. Исследования, проведенные в работе [3], показали что:

$$\int_x B(x, y) dx = \frac{1}{|(\lambda y + 1)^3|} \int_x B_0(x, y) dx. \quad (5)$$

Геометрический смысл (5) заключается в том, что некоторая прямая эталонного изображения связана со своим образом на входном изображении коэффициентом сжатия

$k = \frac{1}{|(\lambda y + 1)^3|}$. Необходимо отметить, что прямая эталонного изображения связана со

своим образом аффинными преобразованиями, которые не изменяют центр тяжести.

Поэтому можно сделать вывод, что т.к. при перспективных преобразованиях энергия изображения изменяется неравномерно, и перераспределение энергии изображения происходит вдоль оси преобразования, то центр тяжести изображения также смещается вдоль оси преобразования.

3. Экспериментальные исследования.

Для проведения компьютерных экспериментов использовались отсегментированные цветные и полутоновые изображения различного размера. Вычислялся центр тяжести эталонного изображения объекта, затем проводились вычисления центра тяжести изображения, искаженного перспективными преобразованиями с различными параметрами.

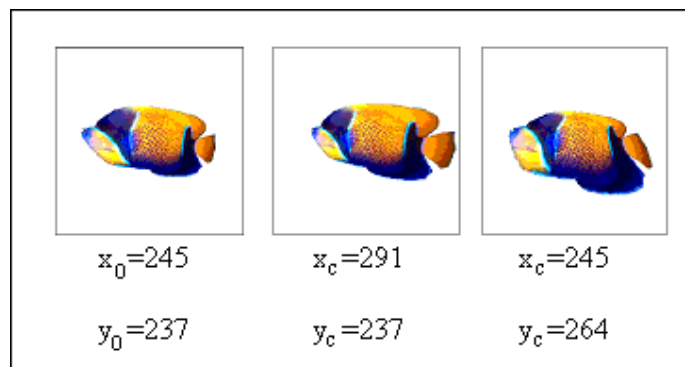


Рисунок 1 – Изменение координат центров тяжести при однопараметрических перспективных преобразованиях.

На рис. 1 приведен один из экспериментов. Как видим, перспективные преобразования вдоль одной из осей неизменно влекут за собой изменение одной из координат центра тяжести по оси преобразования. При проведении около 500 экспериментов было выявлено выполнение данной закономерности относительно изменения центра тяжести в 97% случаев.

Выводы.

В работе проведены исследования смещения центра тяжести при перспективных преобразованиях. При наличии перспективных искажений вдоль осей OX и OY происходит смещение центров тяжести по одной из соответствующих координат вдоль осей преобразования. Поскольку перспективное искажение вдоль прямой с углом наклона α выражается через искажения вдоль осей абсцисс и ординат (3), можно, в общем, говорить о смещении центра тяжести вдоль оси преобразования. В дальнейшем данные наблюдения могут быть использованы для нормализации перспективных искажений на изображении.

Список литературы: 1. Путьтин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение, 1990. – 320с.; 2. Любченко В.А., Путьтин Е.П. Математические модели зрительного восприятия и нормализации изображений // Проблемы бионики. – 2002. – №56. – С. 44-48; 3 Любченко В.А., Путьтин Е.П. Математические модели нормализации перспективы // Проблемы бионики. – 2000. – №53. – С. 22-27.