

УДК 004.93

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.11

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ ПРОЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ТЕКУЩЕГО КАДРА В СИСТЕМУ КООРДИНАТ БАЗОВОГО

Н.В. БЕЛОУС, А.И. КРАСОВ

¹ Кафедра программной инженерии Харьковского национального университета радиозлектроники, Харьков, УКРАИНА
*email: bilous.n.v@gmail.com

АННОТАЦИЯ В статье разработан вычислительный метод определения постоянных проективного преобразования системы координат текущего кадра в систему координат базового. Выбор наилучшего проективного преобразования позволяет найти наилучшие параметры сложения кадров. Особенно в темное время суток это является единственным способом подготовить изображение номерного знака к его различению автоматически или с помощью эксперта. Вычислительный метод обеспечивает трансформацию изображения номерного знака текущего кадра в изображение номерного знака базового кадра, свободную от различного вида искажений. В статье для оценки параметров прямой по изображению ее отрезка на цифровом изображении использован метод моментов, как простой, надежный и часто используемый на практике. Предложенный метод обеспечивает надежное начальное приближение нелинейного преобразования и поиск соответствующих ему постоянных. Переход к нелинейным трансформациям необходим, например, при изогнутости номерных знаков или других носителей текстовых данных.

Ключевые слова: проективное преобразование; реперные точки; трансформация изображения; цифровое изображение.

COMPUTATIONAL METHOD FOR DETERMINING PROJECTIVE TRANSFORMATION CONSTANTS OF THE CURRENT FRAME COORDINATES INTO BASIC COORDINATE SYSTEM

N.V. BILOUS^{1*}, A.I. KRASOV

¹ Department Software engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT Context. Computational method for determining projective transformation constants of the current frame into basic coordinate system is developed. Choosing the best projective transformation allows finding the best settings for adding frames. It is the only way to prepare the license plate image to automatic distinction or distinction with the help of an expert at night.

Objective. This computational method enables the transformation of the current frame license plate image into the image of the base frame license plate that is free of various types of distortions. The article provides direct assessment of the section parameters of digital image using the method of moments, as a simple, reliable and commonly used in practice. To set the projective mapping inverse mapping is used so that each reference point of the license plate on resulting photos is associated with coordinates on the license plate plane. The corners of the license plate are used as reference points. The considered method allows adding images of license plates. The proposed method provides for reliable initial approximation of a nonlinear transformation and searching constants corresponding to it. The transition to non-linear transformation is required, e.g. when there are curvatures of license plates or other text data carriers.

Keywords: projective transformation; reference points; image transformation; digital image.

Введение

Для ряда операций с изображениями номерных знаков, например, сложения этих изображений, часто достаточно знать координаты углов номерного знака. Однако их непосредственная оценка бывает затруднена или приводит к ошибочным решениям (рис 1). В этой связи целесообразно определять координаты угловой точки через предварительное определение параметров прямых, соответствующих границам номерного знака, пересекающихся в этой точке.

Целью статьи является разработка вычислительного метода определения постоянных проективного преобразования координат текущего кадра в координаты базового для трансформации изображения номерного знака текущего кадра в изображение номерного знака базового кадра с минимальными искажениями.

Постановка задачи

Имеют место кадры с изображениями прямоугольных номерных знаков без явно выраженных углов. Номерной знак представляет собой плоский прямоугольник в трехмерном пространстве. Следовательно, его изображение является проективным отображением (взаимно-однозначным отображением проективной плоскости на себя, при котором образом произвольной прямой является прямая), то есть центральной проекцией плоскости, которой принадлежит номерной знак, на плоскость матрицы оптической системы фотоаппарата. Для определения постоянных данного проективного отображения достаточно знать координаты углов номерных знаков на изображениях кадров серии. Данные координаты не допускают прямого измерения в виду отсутствия на номерном знаке явно выраженных углов.



а)



б)

Рис. 1 – Примеры номерных знаков с затрудненной непосредственной оценкой координат их углов

На текущем и базовом кадрах серии изображения границ прямоугольных номерных знаков задаются множествами Ω_j из N_{IPS} пикселей, каждый из которых имеет координаты x_i, y_k и яркость A_{ik}^* . По данной информации необходимо определить параметры прямых, соответствующих границам номерного знака. В качестве критерия целесообразно воспользоваться критерием моментов, который заключается в приравнивании выборочных моментов к соответствующим моментам распределения параметров изображения. При этом оценки неизвестных параметров исследуемых прямых необходимо найти из системы уравнений метода моментов. Координаты углов изображений номерных знаков необходимо определить как пересечение прямых, соответствующих рассматриваемым границам.

После нахождения на каждом кадре оценок координат углов номерных знаков необходимо определить параметры линейного проективного преобразования системы координат текущего кадра в систему координат базового для дальнейшего их использования при сложении кадров и других целей.

Таким образом, необходимо на основе изображения номерного знака с неизвестным ракурсом определить координаты его углов, как пересечения прямых, соответствующих его границам, определив предварительно и параметры данных прямых. По полученным оценкам координат углов

номерного знака необходимо определить параметры линейного проективного преобразования системы координат текущего кадра в систему координат базового.

Литературный обзор

Отдельные части предлагаемой задачи подробно рассмотрены в специальной литературе [1-5]. Выбор описания прямой соответствующей границе номерного знака на изображении через точку, ей принадлежащей, и угол углом между данной прямой и осью абсцисс вызван отсутствием особых точек в таком описании.

Оценить параметры прямой по изображению ее отрезка на цифровом изображении можно с использованием методов моментов, наименьших квадратов, максимального правдоподобия и других [6]. В работе использован метод моментов, как простой, надежный и часто используемый на практике [7].

Выбор наилучшего проективного преобразования позволяет найти наилучшие параметры сложения кадров. Зачастую в темное время суток это является единственным способом подготовить изображение номерного знака к его различению автоматически или с помощью эксперта.

Изложение основного материала

Определение параметров прямых, соответствующих границам номерных знаков на изображении. Прямая может быть описана координатами точки (X_0, Y_0) , ей принадлежащей, и углом между прямой и осью абсцисс ω .

Считается, что по результатам оконтуривания [8-10] выделено изображение отрезка j -ой прямой. Данное изображение представляет собой множество Ω_j из N_{IPS} пикселей, в которых предполагается наличие изображения исследуемой прямой.

В качестве координат точки, принадлежащей прямой и описывающей прямую выбраны координаты центра изображения отрезка прямой (начальные моменты первого порядка):

$$X_{0j} = \frac{\sum_{k,i} A_{ik}^* x_i}{\sum_{k,i} A_{ik}^*} ; \quad Y_{0j} = \frac{\sum_{k,i} A_{ik}^* y_k}{\sum_{k,i} A_{ik}^*} \quad (1)$$

где x_i, y_k – координаты центра ik -го пикселя на цифровом кадре; A_{ik}^* – яркость ik -го пикселя.

Ориентация прямой определяется ориентацией изображения ее отрезка. Изображения отрезка прямой (рис.2) определяется углом ω_j между осью x и осью x_j , в направлении которой вытянуто изображение исследуемого отрезка.

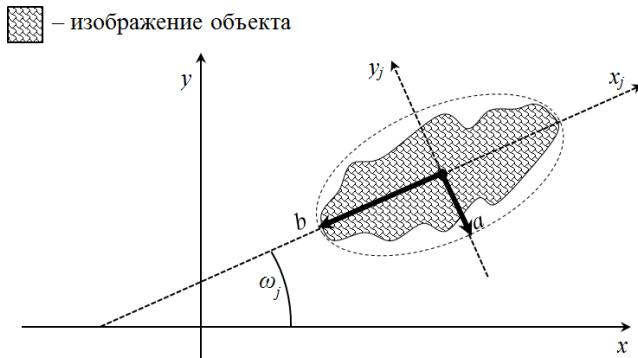


Рис. 2 – Направление осей вытянутости изображения прямой

Данный угол ω_j отклонения оси x_j от оси x определяется соотношением [7]:

$$\omega_j = \frac{1}{2} \arctan \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}}, \quad (2)$$

где

$$m_{20} = \sum_{k,i}^{j} A_{ik}^* (x_i - X_0)^2; \quad (3)$$

$$m_{02} = \sum_{k,i}^{j} A_{ik}^* (y_k - Y_0)^2; \quad (4)$$

$$m_{11} = \sum_{i=1}^{j} \sum_{k=1}^{j} A_{ik}^* (x_i - X_0)(y_k - Y_0). \quad (5)$$

Известно, что арктангенс определен на интервале $[-\pi/2, \pi/2]$. Для его определения на требуемом интервале $[0, \pi]$ необходимо принять ряд мер, обычных для такого случая.

Определение координат углов номерного знака. Угловая точка номерного знака может определяться как точка пересечения двух прямых, соответствующих двум соседним границам номерного знака. Например, верхний левый угол номерного знака может определяться как пересечение прямых, соответствующих верхней и левой границам номерного знака. Для нахождения координат пересечения двух прямых целесообразно использовать прямые представить с применением общего уравнения прямой [11]:

$$A_j x + B_j y + C_j = 0. \quad (6)$$

Координаты пересечения двух прямых находятся как решение системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} A_1 x + B_1 y + C_1 = 0 \\ A_2 x + B_2 y + C_2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Данная система уравнений имеет одно решение (прямые не являются параллельными), если выполняется условие:

$$\frac{A_1}{A_2} \neq \frac{B_1}{B_2}. \quad (8)$$

При этом решение (значения координат угла номерного знака) системы (7) можно записать следующим образом:

$$x_{corner} = \frac{C_2 B_1 - C_1 B_2}{B_2 A_1 - B_1 A_2}, \quad y_{corner} = \frac{C_2 A_1 - C_1 A_2}{B_1 A_2 - B_2 A_1}. \quad (9)$$

Определение постоянных общих уравнений прямых, соответствующих на изображении границам номерных знаков. Значения коэффициентов общего уравнения прямой, проходящей через точку (X_j, Y_j) под углом ω_j к оси абсцисс определяются выражениями:

$$A_j = \sin(\omega_j); \quad (10)$$

$$B_j = -\cos(\omega_j); \quad (11)$$

$$C_j = Y_j \cos(\omega_j) - X_j \sin(\omega_j). \quad (12)$$

Выражения (10)-(12) можно обосновать следующим образом (рис 3). Пусть кроме точки F с координатами (X_j, Y_j) заданной прямой принадлежит точка G с координатами $(X_j + \Delta x, Y_j + \Delta y)$. Пусть точка G расположена от точки F на расстоянии d, а следовательно:

$$\Delta x = d \cos(\omega_j); \quad \Delta y = d \sin(\omega_j). \quad (13)$$

Точка H будет принадлежать заданной прямой тогда и только тогда, когда будет равен нулю угол между векторами

$$FG = ((x_j + \Delta x) - x_j; (y_j + \Delta y) - y_j) = (\Delta x; \Delta y), \quad (14)$$

$$FH = ((x - x_j); (y - y_j)). \quad (15)$$

Если угол между векторами равен нулю, то их псевдоскалярное произведение $FG \cap FH$ так же будет равно нулю по определению [11]. Известно, что для векторов $a = (a_1, a_2)$ и $b = (b_1, b_2)$ справедливо выражение [11]:

$$a \cap b = a_1 b_2 - a_2 b_1. \quad (16)$$

Следовательно:

$$FG \cap FH = \Delta x (y - y_j) - \Delta y (x - x_j) = 0. \quad (17)$$

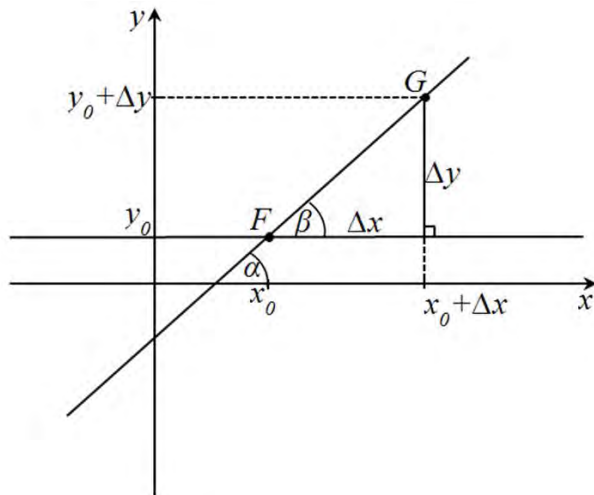


Рис. 3 – Прямая, соответствующая на изображении границе номерного знака

Подставляя (13) в (17) можно записать выражение:

$$x \sin(\omega_j) - y \cos(\omega_j) + y_j \cos(\omega_j) - x_j \sin(\omega_j) = 0. \quad (18)$$

С учетом обозначений (10) ÷ (12) последнее выражение примет вид (6), что и доказывает справедливость введенных обозначений.

Определение постоянных проективного отображения. После нахождения на каждом кадре серии оценок координат углов номерных знаков можно найти преобразование координат в системе координат текущего кадра серии в систему координат базового кадра. Номерной знак представляет собой плоский прямоугольник в трехмерном пространстве. Следовательно, его фотография является центральной проекцией плоскости, которой принадлежит номерной знак, на плоскость матрицы оптической системы фотоаппарата. Такой тип проекции называется проективным отображением [12].

Как известно, проективное отображение плоскости – это взаимно-однозначное отображение проективной плоскости на себя, при котором образом произвольной прямой является прямая. В данном случае, координаты (x', y') изображения номерного знака могут быть определены из координат (x, y) номерного знака с использованием проективного отображения [12]:

$$x' = \frac{(Ax + By + C)}{(ax + by + c)}, \quad (19)$$

$$y' = \frac{(Dx + Ey + F)}{(ax + by + c)}. \quad (20)$$

Для задания проективного отображения необходимо определить параметры $A, B, C, D, E, F, a, b, c$, входящие в выражения (19), (20).

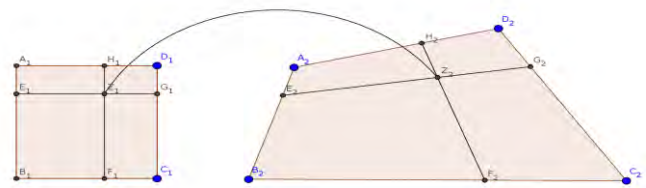


Рис. 4 – Центральная проекция плоскости, которой принадлежит номерной знак, на плоскость матрицы оптической системы фотоаппарата

Для этого необходимо построить обратное отображение $f(\cdot)$, которое каждой точке номерного знака на полученной фотографии, будет ставить в соответствие координаты на плоскости номерного знака. Данные точки обычно в специальной литературе называются реперными или опорными [13-16]. В качестве реперных (опорных) точек целесообразно использовать углы номерного знака.

Пусть значения координат углов номерного знака в его плоскости заданы и имеют значения $(0,0), (0,h), (w,h), (w,0)$. Пусть соответствующие им значения координат углов на изображении – $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$. Тогда должны выполняться следующие равенства:

$$f((x_1, y_1)) = (0,0); \quad (21)$$

$$f((x_2, y_2)) = (0, h); \quad (22)$$

$$f((x_3, y_3)) = (w, h); \quad (23)$$

$$f((x_4, y_4)) = (w, 0). \quad (24)$$

Подставив координаты углов в уравнение (19) и (20) получится система из 8 уравнений:

$$\frac{(Ax_1 + By_1 + C)}{(ax_1 + by_1 + c)} = 0; \quad \frac{(Dx_1 + Ey_1 + F)}{(ax_1 + by_1 + c)} = 0;$$

$$\frac{(Ax_2 + By_2 + C)}{(ax_2 + by_2 + c)} = 0; \quad \frac{(Dx_2 + Ey_2 + F)}{(ax_2 + by_2 + c)} = h;$$

$$\frac{(Ax_3 + By_3 + C)}{(ax_3 + by_3 + c)} = w; \quad \frac{(Dx_3 + Ey_3 + F)}{(ax_3 + by_3 + c)} = h;$$

$$\frac{(Ax_4 + By_4 + C)}{(ax_4 + by_4 + c)} = w; \quad \frac{(Dx_4 + Ey_4 + F)}{(ax_4 + by_4 + c)} = 0.$$

При умножении всех параметров на некоторую постоянную ненулевую величину тождественность уравнений не изменится. То есть, для каждого преобразования существует семейство кортежей параметров $(A, B, C, D, E, F, a, b, c)$, которые его задают. Поэтому можно зафиксировать

произвольный ненулевой параметр. Таким образом, можно записать систему из 8 уравнений и 9 неизвестных:

$$Ax_1 + By_1 + C = 0; \quad (25)$$

$$Ax_2 + By_2 + C = 0; \quad (26)$$

$$Ax_3 + By_3 + C = w \cdot (ax_3 + by_3 + c); \quad (27)$$

$$Ax_4 + By_4 + C = w \cdot (ax_4 + by_4 + c); \quad (28)$$

$$Dx_1 + Ey_1 + F = 0; \quad (29)$$

$$Dx_4 + Ey_4 + F = 0; \quad (30)$$

$$Dx_2 + Ey_2 + F = h \cdot (ax_2 + by_2 + c); \quad (31)$$

$$Dx_3 + Ey_3 + F = h \cdot (ax_3 + by_3 + c). \quad (32)$$

При этом можно записать 2 тождества, представляющих собой систему линейных уравнений:

$$ax' + by' + cz' = 0, \quad (33)$$

$$ax'' + by'' + cz'' = 0. \quad (34)$$

где

$$x' = k_2 \cdot x_3 \cdot (y_1 - y_2) - k_1 \cdot x_4 \cdot (y_1 - y_2); \quad (35)$$

$$y' = k_2 \cdot y_3 \cdot (y_1 - y_2) - k_1 \cdot y_4 \cdot (y_1 - y_2); \quad (36)$$

$$z' = k_2 \cdot (y_1 - y_2) - k_1 \cdot (y_1 - y_2); \quad (37)$$

$$x'' = k_4 \cdot x_2 \cdot (y_1 - y_4) - k_3 \cdot x_3 \cdot (y_1 - y_4); \quad (38)$$

$$y'' = k_4 \cdot y_2 \cdot (y_1 - y_4) - k_3 \cdot y_3 \cdot (y_1 - y_4); \quad (39)$$

$$z'' = k_4 \cdot (y_1 - y_4) - k_3 \cdot (y_1 - y_4); \quad (40)$$

$$k_1 = (y_1 - y_2) \cdot (x_3 - x_1) - (x_1 - x_2) \cdot (y_3 - y_1); \quad (41)$$

$$k_2 = (y_1 - y_2) \cdot (x_4 - x_1) - (x_1 - x_2) \cdot (y_4 - y_1); \quad (42)$$

$$k_3 = (y_1 - y_4) \cdot (x_2 - x_1) - (x_1 - x_4) \cdot (y_2 - y_1); \quad (43)$$

$$k_4 = (y_1 - y_4) \cdot (x_3 - x_1) - (x_1 - x_4) \cdot (y_3 - y_1). \quad (44)$$

Можно зафиксировать одну из неизвестных и решить данную систему двух уравнений с двумя неизвестными. А затем найти все неизвестные параметры преобразования, то есть все параметры системы уравнений (33)-(44):

$$A = w \cdot (ax_3 + by_3 + c) \cdot (y_1 - y_2) / k_1; \quad (45)$$

$$D = h \cdot (ax_2 + by_2 + c) \cdot (y_1 - y_4) / k_3;$$

или

$$D = h \cdot (ax_3 + by_3 + c) \cdot (y_1 - y_4) / k_4; \quad (46)$$

$$A(x_1 - x_2) + B(y_1 - y_2) = 0; \quad (47)$$

$$D(x_1 - x_4) + E(y_1 - y_4) = 0; \quad (48)$$

$$C = -Ax_1 - By_1; \quad (49)$$

$$F = -Dx_1 - Ey_1. \quad (50)$$

Вычислительный метод определения постоянных проективного преобразования координат системы координат текущего кадра в систему координат базового включает следующие операции.

1. Определение параметров прямых, соответствующих границам номерных знаков, на изображении согласно выражений (1)-(5).

2. Определение координат углов номерного знака согласно выражений (9).

3. Определение постоянных прямых, соответствующих границам номерных знаков, на изображении согласно выражений (10)-(12).

4. Определение постоянных проективного отображения с использованием выражений (33)-(50).

5. Пересчет координат системы координат текущего кадра в систему координат базового с использованием выражений (19), (20).

Вычислительный метод определения постоянных проективного преобразования координат системы координат текущего кадра в систему координат базового обеспечивает трансформацию изображения номерного знака текущего кадра (рис. 5) в изображение номерного знака базового (идеального) кадра (рис 6), минуя различные искажения (рис 7).



Рис. 5 – Изображение номерного знака

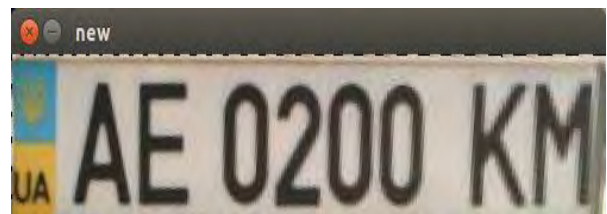


Рис. 6 – Изображение номерного знака при повороте (одинаковые размеры букв)

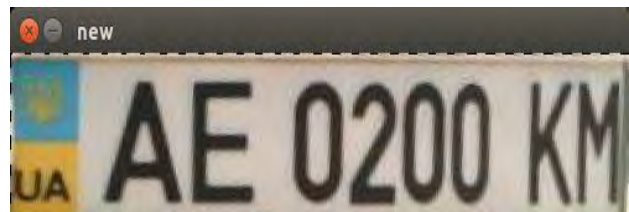
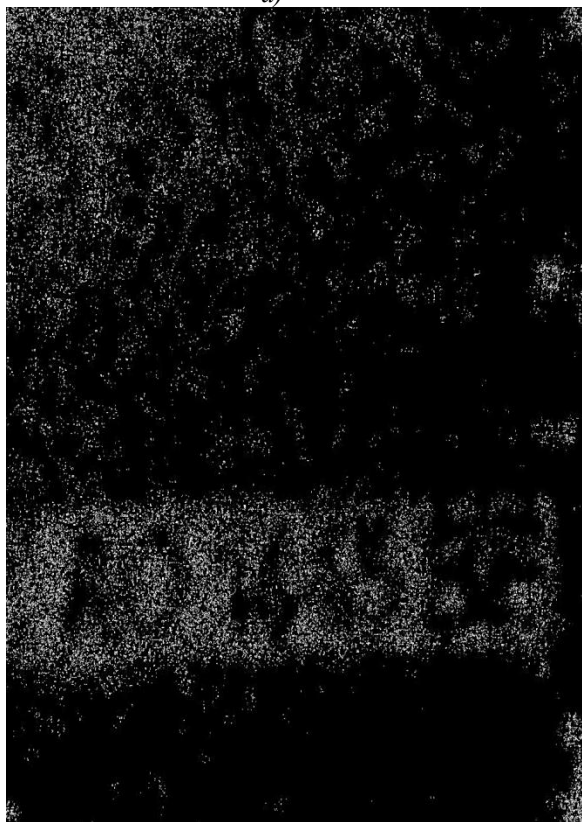


Рис. 7 – Изображение номерного знака при повороте (разные размеры букв)

Приведенный в статье метод трансформации позволяет складывать изображения номерных знаков. Пример сложения номерных знаков приведен на рисунке 8.



а)



б)

Рис. 8 – Результат сложения изображений номерных знаков с использованием предложенного в статье вычислительного метода определения постоянных проективного преобразования а) исходный кадр, б) итоговый кадр в СК базового кадра

Обсуждение результатов

Использование проективных преобразований для подготовки серии кадров к их сложению при

разных параметрах отождествления (сдвиг, поворот, масштаб) кадров серии является общепризнанной практикой. Достаточно часто используются линейные проективные преобразования. Для определения их постоянных на кадрах серии в автоматизированном режиме находят устойчиво обнаруживаемые автоматически реперные знаки с хорошей потенциальной точностью определения их координат. Такими реперами в рассматриваемой задаче исследования номерных знаков транспортных средств зачастую могут быть только углы номерных знаков. Однако, существует большой класс исходных объектов наблюдения, в которых данные углы не могут быть выявлены прямыми измерениями. Для данного класса номерных знаков, как объектов наблюдения, разработан новый вычислительный метод определения постоянных проективного преобразования по данным изображения. В отличие от известных методов в нем используется косвенное измерение координат углов номерных знаков и обработка его результатов методом моментов, что повышает надежность отождествления изображений и точность определения постоянных используемых проективных преобразований. Только использование предложенной последовательности действий позволило в автоматическом (не автоматизированном) режиме подготовить многие кадры, полученные в условиях ограниченной освещенности к распознаванию находящейся на них текстовой информации экспертом.

Выводы

В статье получила дальнейшее развитие задача разработки вычислительного метода определения по данным изображений номерного знака постоянных проективного преобразования координат текущего кадра в координаты базового (рис 6), сводящий к минимуму различные искажения (рис 7). Задача впервые решена в условиях невозможности прямого определения координат углов номерных знаков из-за особенностей самих номерных знаков (рис. 1), а не их изображений. Оценка данных координат основана на косвенных измерениях и их обработке с использованием метода моментов. Практическая ценность разработанного метода заключается в возможности его использования при подготовке для распознавания изображений, полученных в ночное время суток при необходимости сложения большого количества кадров (Рисунок 8), полученных с разными параметрами отождествления (сдвиг, поворот, масштаб).

Следует отметить, что рассмотренный в статье вычислительный метод обеспечивает линейное решение. В свою очередь, практическая значимость предложенного метода заключается так же в том, что получаемое линейное решение обеспечивает надежное начальное приближение нелинейного преобразования и поиска соответствующих ему

постоянных. Дальнейшие исследования целесообразно сконцентрировать на разработке методов определения параметров нелинейной трансформации кадров с текстовой информацией. Необходимость данных исследований очевидна, например, при изогнутости номерных знаков или других носителей текстовых данных..

Список литературы

1. **Stinson, D. R.** Some constructions and bounds for authentication codes / **D. R. Stinson** // *J. Cryptology*. – 1988. – 1. – P. 37-51. – doi:10.1007/BF00206324.
2. **Lu, T.** Video Text Detection (Advances in Computer Vision and Pattern Recognition) / **T. Lu, S. Palaiahnakote, Chew L. Tan, W. Liu** // *Springer*. – 2014. – P. 258. – doi: 10.1007/978-1-4471-6515-6_1.
3. **Белоус, Н. В.** Применение дескриптора взаимных расстояний контрольных точек для распознавания двумерных геометрических объектов по форме / **Н. В. Белоус, Г. А. Кобзарь, А. Н. Ковалев** // *Украинский научно-теоретический журнал «Вестник Международного Славянского университета»*. – 2007. – №6. – С. 111–119 с.
4. **Baumann, R.** Automatic Perspective Correction of Manuscript Images / **R. Baumann, C. Blackwell, W. Brent Seales** // *Springer Berlin Heidelberg*. – 2012. – P. 11–18.
5. **Linlin, Li.** Character recognition under severe perspective distortion / **Linlin Li, Chew Lim Tan** // *IEEE*. – 2008. – P. 1–4.
6. **Кобзарь, А. И.** Прикладная математическая статистика / **А. И. Кобзарь**. – М.: ФИЗМАТЛИТ – 2006. – 816 с.
7. **Бялонович, А. В.** Диагностика структурного состояния стали при воздействии циклической нагрузки / **А. В. Бялонович, Т. Ю. Яковлева, Л. Е. Матохнюк** // *Міжнародний науково-технічний збірник Надійність і довговічність машин і споруд*. – 2009. – Вип. 32. – С. 184 – 193.
8. **Гонсалес, Р.** Цифровая обработка изображений / **Р. Гонсалес, Р. Вудс** – М.: Техносфера, – 2005. – 1072 с.
9. **Wilhelm Burger Mark, J.** Burge Principles of Digital Image Processing – Fundamental Techniques / **J. Wilhelm Burger Mark** // *Springer*. – 2009. – P. 272.
10. **Яне, Б.** Цифровая обработка изображений / **Б. Яне пер. с англ.** – М: Техносфера, 2005. – 584 с.
11. **Прасолов, В. В.** Задачи по планиметрии. – 5-е изд., дополненное / **В. В. Прасолов** – М.: Изд-во Московского центра непрерывного математического образования, 2007. – 584 с.
12. **Ефимов Н. В.** Высшая геометрия. – 7-е изд. / **Н. В. Ефимов** – М.: ФизМатЛит, 2004. – 584 с.
13. **Castelaz, M. W.** Photometry of astrometric reference stars / **M. W. Castelaz, T. Persinger, J. W. Stein, J. Prosser, H. D Powell** // *Astronomical Journal*. – 1991. – Vol. 102. – P. 2103-2118.
14. **Thomas, E. Faint Reference Stars** / **E. Thomas, S. Corbin Sean, E. Urban** // *Proceedings of the International Astronomical Union*. – 1990. – P. 433.

Сведения об авторах (About authors)

Белоус Н. В. – кандидат технических наук, профессор кафедры программной инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина; email: movsesian.iana@gmail.com.

15. **Lottera, N. O.** Statistical benchmark surveying of production concentrators / **N. O. Lottera, A. R. Laplanteb** // *Minerals Engineering*. – 2007. – V. 20, I. 8. – P. 793–801.
16. **Perera, S.** Developing a graduate competency mapping benchmark for quantity surveying competencies / **Perera S., Pearson J., Zhou L., Ekundayo D.** // *RICS COBRA Research Conference*. – 2012, Las Vegas, Nevada, USA.

Bibliography (transliterated)

1. **Stinson, D. R.** Some constructions and bounds for authentication codes. *J. Cryptology*, 1988, **1**, 37-51, doi:10.1007/BF00206324.
2. **Lu, T.** Video Text Detection (Advances in Computer Vision and Pattern Recognition). *Springer*, 2014, 258.
3. **Bilous, N. V., Kobzar, G. A., Kovalev, A. N.** Application of Primenenie deskriptora vzaimnyih rasstoyaniy kontrolnyih tochek dlya raspoznavaniya dvumernyih geometricheskikh ob'ektov po forme. *Ukrainskiy nauchno-teoreticheskiy zhurnal «Vestnik Mezhdunarodnogo Slavyanskogo universiteta»*, 2007, **6**, 111-119.
4. **Baumann, R. Blackwell Brent Seales, C. W.** Automatic Perspective Correction of Manuscript Images, *Springer Berlin Heidelberg*, 2012, 11-18.
5. **Linlin, Li., Chew Lim Tan.** Character recognition under severe perspective distortion. *IEEE*, 2008, 1–4.
6. **Kobzar, A. I.** Pukladnaya Matematycheskaya Statistika. M: FYZMATLYT, 2006. - 816 p.
7. **Byalonovich, A. V., Yakovleva, T. Yu., Matohnyuk, L.E.** Diagnostica struktornogo sostoyaniya stali pru vzaimodeistvii cuklicheskoi nagruzki. *Mizhnarodny naukovo-tehnichny zbirnik Nadiynist i i dovgovichnist machines i sporud*, **32**, 2009, 184 - 193.
8. **Gonzalez, R.** Tsyfrovaya obrabotka informatcii. *Technosphaera*, 2005, 1072.
9. **Wilhelm Burger Mark, J.** Burge Principles of Digital Image Processing – Fundamental Techniques. *Springer*, 2009, 272.
10. **Yane, B.** Tsyfrovaya obrabotka izobragenii. *Technosphaera*, 2005, 584.
11. **Prasolov, V. V.** Zadachi po planimetrii - 5th ed., Dopolnennoe. *Publishing House of Moscow Center mathematical education continuously*, 2007, 584.
12. **Efymov, N. V.** Vysshaya Geometriya. - 7th ed. *FyzMatLyt*, 2004, 584.
13. **Castelaz, M. W., Persinger, T. J., Stein W., Prosser J., Powell H. D.** Photometry of astrometric reference stars. *Astronomical Journal*, **102**, 1991, 2103-2118.
14. **Thomas, E., Corbin, Sean S., Urban, E.** Faint Reference Stars. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 1990, p. 433.
15. **Lottera, N. O., Laplanteb, A. R.** Statistical benchmark surveying of production concentrators. *Minerals Engineering*, 207, **20**, I. 8, 793–801.
16. **Perera, S., Pearson, J., Zhou, L., Ekundayo, D.** Developing a graduate competency mapping benchmark for quantity surveying competencies *RICS COBRA Research Conference*, 2012, Las Vegas, Nevada, USA.

Bilous N. V. – PhD, Professor of Software engineering department, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine; email: movsesian.iana@gmail.com.

Красов А. И. – аспирант Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина; email: movsesian.iana@gmail.com.

Krasov A. I. – PhD student of Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine; email: movsesian.iana@gmail.com.

Пожалуйста, ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Белоус, Н. В. Вычислительный метод определения постоянных проективного преобразования координат системы координат текущего кадра в систему координат базового / **Н. В. Белоус, А.И. Красов** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 68-75. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.11.

Please cite this article as:

Bilous, N. V., Krasov, A. I. Computational method for determining projective transformation constants of the current frame coordinates into basic coordinate system. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 68–75, doi:10.20998/2413-4295.2017.23.11.

Будь ласка, посилаетесь на цю статтю наступним чином:

Білоус, Н. В. Обчислювальний метод визначення постійних проективного перетворення координат системи координат поточного кадру в систему координат базового/ **Н. В. Білоус, О. І. Красов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 68-75. – doi:10.20998/2413-295.2017.23.11.

АНОТАЦІЯ Стаття присвячена розробці методу визначення постійних проективного перетворення системи координат поточного кадру в систему координат базового. Вибір найкращого проективного перетворення дозволяє знайти найкращі параметри складання кадрів. Особливо в темний час доби це є єдиним способом підготувати зображення номерного знаку до його автоматично або за допомогою експерта розрізнення. Обчислювальний метод забезпечує трансформацію зображення номерного знаку поточного кадру в зображення номерного знаку базового кадру. Наведений в статті метод трансформації дозволяє складати зображення номерних знаків. Запропонований метод забезпечує надійне початкове наближення нелінійного перетворення і пошук відповідних йому постійних. Перехід до нелінійних трансформацій необхідний, наприклад, при зігнутості номерних знаків або інших носіїв текстових даних.

Ключові слова: проективне перетворення; реперні точки; трансформація зображення; цифрове зображення.

Поступила (received) 31.05.2017