

Ф. М. Бельченко, И. Л. Ермолов, П. П. Остриков

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВЫ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ
ДЛЯ ВЫБОРА И АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ***

Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук

philepp@mail.ru, ermolov@ipmnet.ru, ostricov93@yandex.ru

Исследуются пути повышения эффективности работы модуля предоставления информации оператору с видеосенсоров и систем телеметрии. Описанные проводимые в настоящее время разработки сделаны на базе библиотек OpenCV и PyGame. Целью работы является повышение эффективности работы операторов робототехнических систем при выявлении различных изменений на местности. В качестве инструмента предлагается использование программного модуля изменения перспективы на видеоизображениях, получаемых от систем технического зрения. Разработан прототип модуля, позволяющий оператору вручную изменять перспективу на видеоизображениях. Проведено испытание модуля на примере изображений аэрофотосъемки.

Ключевые слова: обработка изображений, слежение, перспективные преобразования, системы технического зрения.

F. M. Belchenko, I. L. Ermolov, P. P. Ostrikov

**DESIGNING SOFTWARE MODULE FOR IMAGES' PERSPECTIVE
TRANSFORMATION AND VISUAL ELEMENTS ANALISYS**

**Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics
of the Russian Academy of Sciences (IPMech RAS)**

This paper studies a new approach to improve efficiency of modern surveillance and telemetry systems in robotics. Described and ongoing researches are created with OpenCV and PyGame libraries. A main goal of the study is to improve efficiency of human operator while inspecting or diagnosing various emerging situations. As a key solution we propose to introduce target distortions into images received from surveillance cameras. A prototype module has been developed which allows operator to manually change the perspective on video images. The module was tested on the aerial photography images.

Keywords: image processing, tracking, perception transformation, machine vision.

Человек-оператор в цепи управления техническими системами с участием видеонаблюдения является ключевым звеном. При этом он сильно ограничен техническими возможностями информационных средств передачи и получения информации; ему свойственно допускать ошибки принятия решений; он подвержен стрессу, усталости. Следовательно, необходимо проводить разработки, облегчающие и повышающие эффективность работы оператора [1].

При этом операторы БПЛА сталкиваются с определенными трудностями восприятия информации от средств телеметрии БПЛА. Это касается, в первую очередь, осознания и идентификации изображений, выводимых средствами телеметрии на пульт управления БПЛА. Как правило, такое изображение получается со значительной высоты, иногда строго вертикально по отношению к изучаемой местности. На это накладывается сложность восприятия информа-

© Бельченко Ф. М., Ермолов И. Л., Остриков П. П., 2023.

* Часть работы над данным материалом выполнена по теме государственного задания (№ госрегистрации 123021700055-6).

ции с небольшого размера экрана пульта управления БПЛА. По мнению авторов, было бы целе-сообразным получить возможность программно изменять угол обзора передаваемых изображений, чтобы оператор мог выбрать угол, интуитивно наиболее удобный для восприятия конкретным оператором, исходя из его психосоматических особенностей, усталости, опыта управления БПЛА и прочего.

В настоящей работе предложен ряд решений по совершенствованию систем представления видеоинформации для операторов телеуправляемых РТК [2]. В качестве основного решения предлагается применить наработки в области теории отображения перцептивного пространства, ранее успешно использовавшиеся в космической отрасли [3]. Благодаря современному стремительному развитию и удешевлению систем технического зрения и видеонаблюдения данные разработки стало возможно широко внедрять в робототехнике, системах видеоконтроля и диагностики [4].

На базе лаборатории робототехники и мехатроники Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского в настоящее время начата разработка тестового варианта программного обеспечения, позволяющего оператору в реальном времени преобразовывать перспективу на изображении. За основу для разработок взята библиотека OpenCV для работы с системами технического зрения и библиотека PyGame для реализации человеко-машинного взаимодействия с оператором.

Разработан прототип программного обеспечения для пультов управления оператора. Основу данной программы составляют пять модулей:

1. Модуль инициализации видеокамеры.
2. Обработчик, осуществляющий получение информации с видеокамеры и проводящий первичную обработку видеоизображения.
3. Модуль обработки сигналов от компьютерной мыши/джойстика, обеспечивающий выбор угловых точек.
4. Модуль изменения перспективы на изображении.
5. Модуль обработки сигналов от клавиатуры/джойстика, для обеспечения ручного преобразования перспективы.

Данная программа выводит изображение, полученное от средств передачи видеоинформации на экран. Оператор может выделить интересующую его область с помощью мыши

или джойстика, после этого будет произведено преобразование перспективы выбранной области и приведение ее к виду, параллельному плоскости экрана (вид сверху). После этого оператор получает возможность произвести ручное преобразование перспективы, а именно поворот интересующей области относительно плоскости экрана монитора.

Модуль инициализации видеокамеры – стандартный блок в библиотеке OpenCV, производящий инициализацию оборудования и настройку матрицы камеры.

Обработчик, осуществляющий получение информации с видеокамеры и проводящий первичную обработку видеоизображения, производит генерацию изображения в памяти ЭВМ и ее дальнейшее преобразование в формат, воспринимаемый модулем PyGame.

Модуль обработки сигналов от компьютерной мыши/джойстика, обеспечивающий выбор угловых точек, производит выбор интересующей оператора области от рисовки этой области на изображении.

Модуль изменения перспективы на изображении сначала производит передачу координат угловых точек и расчета размера результирующего изображения (рис. 1).

Далее происходит расчет матрицы преобразования перспективы M с помощью функции `getPerspectiveTransform`, в которую передаются форма исходного и результирующего участка, выбранного оператором, в виде координат выбранных точек и координат точек, рассчитанных на предыдущем шаге (рис. 2).

Далее функция `warpPerspective` применяет перспективное преобразование к выбранной области и получает новое изображение. При использовании данного алгоритма происходит преобразование перспективы, обеспечивающее отображение выбранной области, близкое к параллельной плоскости экрана.

Модуль обработки сигналов от клавиатуры/джойстика, для обеспечения ручного преобразования перспективы, производит изменения матрицы преобразования перспективы M с учетом заданных оператором углов поворота относительно плоскости экрана, путем добавления элементов матрицы поворота к соответствующим элементам матрицы преобразования перспективы (рис. 3), что позволяет произвести изменение перспективы в системе координат x, y, z на соответствующие углы i, j, p [5].

```
def wrap_image(src, coords): # передаем координаты выбранных точек на изображении
    global i,j,p
    pt_A = coords[0]
    pt_B = coords[1]
    pt_C = coords[2]
    pt_D = coords[3]

    #расчет длины и ширины преобразованного изображения
    width_AD = np.sqrt(((pt_A[0] - pt_D[0]) ** 2) + ((pt_A[1] - pt_D[1]) ** 2))
    width_BC = np.sqrt(((pt_B[0] - pt_C[0]) ** 2) + ((pt_B[1] - pt_C[1]) ** 2))
    maxWidth = max(int(width_AD), int(width_BC))

    height_AB = np.sqrt(((pt_A[0] - pt_B[0]) ** 2) + ((pt_A[1] - pt_B[1]) ** 2))
    height_CD = np.sqrt(((pt_C[0] - pt_D[0]) ** 2) + ((pt_C[1] - pt_D[1]) ** 2))
    maxHeight = max(int(height_AB), int(height_CD))
```

Рис. 1. Фрагмент кода с передачей координат угловых точек выбранного участка на изображении

```
input_pts = np.float32([pt_A, pt_B, pt_C, pt_D])
output_pts = np.float32([[0, 0],
                          [0, maxHeight - 1],
                          [maxWidth - 1, maxHeight - 1],
                          [maxWidth - 1, 0]])
M = cv2.getPerspectiveTransform(input_pts, output_pts)
```

Рис. 2. Создание матрицы перспективного преобразования

```
r_i = m.radians(i)
r_j = m.radians(j)
r_p = m.radians(p)

M = np.float32([
    [M[0,0]+k*np.float32(m.cos(r_j)*m.cos(r_p)),
      M[0,1]-k*np.float32(m.sin(r_p)*m.cos(r_j)),
      M[0,2]+k*np.float32(m.sin(r_j))],
    [M[1,0]+k*np.float32(m.sin(r_i)*m.sin(r_j)*m.cos(r_p)+m.sin(r_p)*m.cos(r_i)),
      M[1,1]+k*np.float32(-m.sin(r_i)*m.sin(r_j)*m.sin(r_p)+m.cos(r_i)*m.cos(r_p)),
      M[1,2]+k*np.float32(-m.sin(r_i)*m.cos(r_j))],
    [M[2,0]+k*np.float32(m.sin(r_i)*m.sin(r_p)-m.sin(r_j)*m.cos(r_i)*m.cos(r_p)),
      M[2,1]+k*np.float32(m.sin(r_i)*m.cos(r_p)+m.sin(r_j)*m.sin(r_p)*m.cos(r_i)),
      M[2,2]+k*np.float32(m.cos(r_i)*m.cos(r_j))]])
```

Рис. 3. Реализация динамического преобразования перспективы на изображении

Далее проведем испытание прототипа программного модуля на примере осуществления преобразования перспективы изображения помещения (рис. 4).

На рис. 4, а представлен выбранный оператор участок на изображении (в красной рамке); на рис. 4, б показан выбранный участок после преобразования. Как можно видеть, в ре-

зультате выбранный участок был развернут параллельно плоскости экрана, и стали более де-

тально видны элементы в дальнем нижнем углу выбранной области [6].

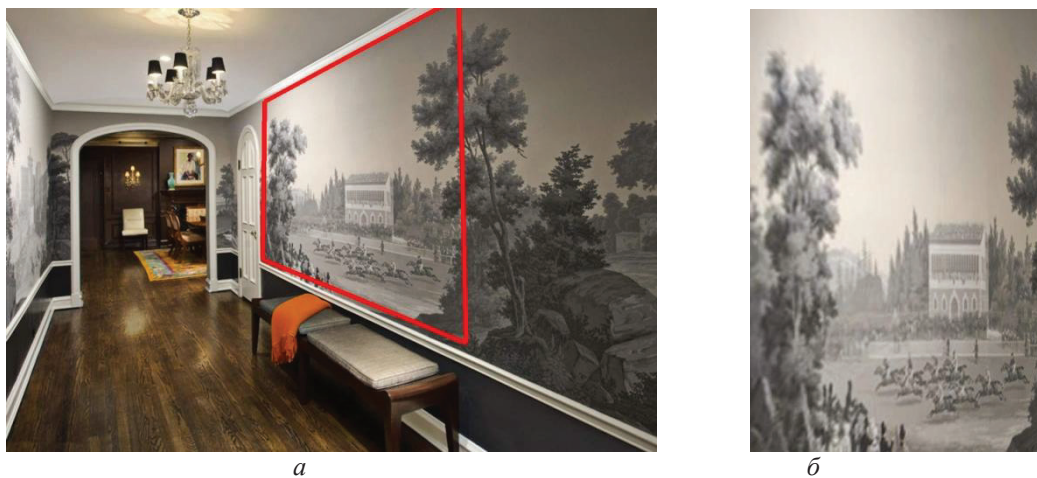


Рис. 4. Работа модуля перспективного преобразования для изображения помещений



Рис. 5. Работа модуля перспективного преобразования для изображения аэрофотосъемки

Проведем испытания данного программного модуля для изображений аэрофотосъемки (рис. 5).

На рис. 5, а представлен выбранный оператором участок на изображении (в красной рамке), на рис. 5, б – выбранный участок после преобразования. Работа данного модуля по-

зволяет детально изучать изображения для картографирования местности или поиска объектов. В зависимости от различных ситуаций оператор может производить ручное преобразование перспективы для более детального изучения интересующих областей (рис. 6).



Рис. 6. Пример ручного изменения перспективы

В настоящее время в лаборатории робототехники и мехатроники Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского проводятся исследования для совершенствования разрабатываемого модуля [6].

Модуль способен работать с видеопотоком, обеспечивая частоту обработки изображений 30 к/сек.

В дальнейшем на базе библиотеки PyGame планируется реализация программной оболочки для пульта управления на базе носимого электронного устройства, обеспечивающей работу с различными методами обработки изображений совместно с технологией преобразования видеоперспективы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ermolov, I.* Hierarchical data fusion architecture for autonomous systems // АСТА ИМЕКО. – 2019. – Vol. 8, no. 4.
2. *Бельченко, Ф. М.* Разработка системы видеонаблюдения с возможностью внесения целевых искажений отображаемого пространства совместно с алгоритмами сегментации / Ф. М. Бельченко, И. Л. Ермолов, П. П. Остриков // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 4 (275) /

ВолгГТУ. – Волгоград, 2023. – (Серия «Роботы, мехатроника и робототехнические системы»). – С. 18–22.

3. *Kovalev, A. M.* O vizual'no vosprinimaemom prost-ranstve predmetov [On the visually perceived space of objects] // Avtometriya, 2003, 39(6), pp. 3–12. (In Russian).

4. *Raushenbakh, B. V.* Geometriya Kartiny i Zritel'noe Vospriyatie [Image Geometry and Visual Perception] // Saint Petersburg: Azbuka-klassika Publ., 2002, p. 320. (In Russian).

5. Learning Image Processing with OpenCV / G. Garsia, O. Soares, G. Aranda, S. Tersero, O. Graso, N. Enano // Publisher Packt, USA, 2015. ISBN: 9781783287659 – 232 p.

6. *Belchenko, F. M.* A New Approach to Images' Perspective Transformation in Robotics Telemetry / F. M. Belchenko, I. L. Ermolov // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. – 2021. – 22(12). – С. 644–649. (In Russ.).

7. *Belchenko, F. M.* Concept development of telemetry system for robotic systems with the ability to introduce targeted distortions of displayed space / F. M. Belchenko, I. L. Ermolov // Robotics and Technical Cybernetics. – St.Petersburg. – 2021. – Vol. 9. – № 1. – Pp. 26–31.

8. *Aliev, R. N.* Preobrazovanie izobrazheniya s kamery mobil'nogo robota k sisteme pertseptivnoy perspektivy [Transformation of the image from the camera of a mobile robot to the system of perceptual perspective] / R. N. Aliev, I. L. Ermolov // Konferentsiya «Robototekhnika i mekhatronika-2015» v sostave MKPU-2015 [Proceedings of Conference «Robotics and Mechatronics-2015» as a part of MKPU-2015], 2015. (In Russian).