

## РАЗДЕЛ V. МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ – ПОИСК САМООПРЕДЕЛЕНИЯ

### АЛГОРИТМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ОБЪЕКТАМИ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА



#### Жиляков Павел Владимирович

Магистрант первого курса направления «Управление в технических системах» Института информационных технологий и управления в технических системах Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»

**Аннотация.** Рассматривается задача слежения за физическими объектами по 2D изображениям, поступающим с видеокamеры, установленной на антропоморфной робототехнической платформе. Предполагается, что объекты находятся в рабочей зоне робота, под которой понимается область 3D пространства, достижимая его манипуляторами. Данные с видеокamеры представляют собой последовательность цветных изображений. Предложены алгоритмы обнаружения, распознавания и видеосопровождения объектов, эффективность, которых тестирована на реальных данных.

**Ключевые слова:** обнаружение, распознавание, видеосопровождение заданных предметов, антропоморфный робот, манипулирование предметами

**Annotation.** The task of tracking physical objects in 2D images coming from a video camera installed on an anthropo-morph robotic platform is considered. It is assumed that the objects are located in the working area of the robot, by which is meant the area of 3D space, achievable by its manipulators. The data from the video camera is an ordered sequence of frames in the form of color images. Algorithms for detection, recognition and video tracking of objects, efficiency, which are tested on real data, are proposed.

**Keywords:** detection, recognition, video tracking of specified objects, anthropomorphic robot, manipulation of objects

#### Постановка задачи

Задачи управления роботами в автономных режимах, способных манипулировать предметами, широко обсуждаются в литературе в настоящее время [1]. При решении подобных задач одним из ключевых элементов является система технического зрения, позволяющая классифицировать предметы и следить за ними в видеопотоке. Вместе с тем, хорошо известно, что изображения содержат большое количество информации об объекте, но ее извлечение и интерпретация является трудной задачей, требующей анализа большого объема данных. Сложность интерпретации, в частности, связана с тем, что один и тот же объект может иметь множество изображений, которые при изменении ракурса и освещенности могут достаточно сильно отличаться друг от друга. Также плоские изображения не отображают в полной мере все трехмерные свойства физических предметов. В связи с этим приложения нуждаются в алгоритмах обработки изображений, ориентированных на решение конкретных содержательных [2, 5].

В данной работе рассматривается задача слежения за физическими объектами по 2D изобра-

жениям, поступающим с видеокamеры, установленной на антропоморфной робототехнической платформе (АРТП). Видеокamera установлена в голове АРТП. Предполагается, что объекты находятся в рабочей зоне АРТП, под которой понимается область 3D пространства, достижимая его манипуляторами. Данные с видеокamеры представляют собой упорядоченную последовательность кадров в виде цветных изображений. Предполагается их последовательная, покадровая обработка. Поток видео данных с камеры поступает на IP-порт в формате MJPEG с разрешением 720p и частотой 25 кадров в секунду. Видеоданные получены с помощью компьютерного симулятора «Симулятор-У», предназначенного для реализации автономного управления АРТП, отработки решения различных задач и обучения операторов управления АРТП SAR-400, приобретенного СГУ. Симулятор воспроизводит поведение антропоморфного робота, который выполняет различные манипуляции с предметами (гайковерт, зарядное устройство и др.). Пример одного кадра показан на рис. 1.



Рис. 1. Изображение одного кадра исходных видеоданных

Отметим следующие особенности видеоданных, существенно затрудняющих решение сформулированной задачи:

- некоторые предметы похожи друг на друга, но расположены в разных местах сцены (розетки: socket01, socket02, socket03, socket04);
- для некоторых предметов необходимо распознать только их части, а не сами предметы целиком (кабель: cableA, cableB);
- на предметы и возле них может падать тень от АРТП, что меняет освещенность предметов, создает дополнительные разрывы яркости на видеоизображении, тем самым усложняет обнаружение предметов;
- камера движется с переменной скоростью;
- в нескольких местах камера движется рывками, это происходит по причине частичной потери кадров при передаче видеоданных;
- на разных кадрах сцены присутствует разное количество предметов, не все предметы одновременно видимы;
- на разных кадрах предметы могут быть частично закрыты другими объектами;
- во время движения камеры предметы видны под разными углами, а также незначительно удаляются и приближаются.

Целью работы является разработка и исследование алгоритмов обнаружения, классификации и автоматического видеосопровождения заданных объектов для компьютерного симулятора «Симулятор-У» и последующего их применения в задачах управления АРТП SAR-400.

Задача обнаружения объектов. Изображенные на каждом кадре объекты можно разделить на два класса. Предметы (объекты), которые необходимо обнаружить и распознать: гайковёрт (screw); аккумуляторный блок (battery); четыре электрических розетки (socket01 – socket04); электрический кабель (cable). Фон – объекты, которые не требуют распознавания (руки робота и др.). Фон и предметы в совокупности называются сценой. Под видео обнаружением понимается выделение объектов на общем фоне сцены без их распознавания. Решение задачи обнаружения позволяет обнаруживать на ней

объекты. После обнаружения объекты последовательно нумеруются, в зависимости от расположения на кадре (слева на право, сверху вниз), но принадлежность объектов какому-либо классу не устанавливается.

Исходными данными алгоритма обнаружения являются отдельные кадры видеоданных, которые представлены в виде полноцветного изображения в пространстве RGB. Для решения задачи обнаружения объектов используются метод определения границ объектов через обнаружение разрывов яркости и морфологические операции над бинарными изображениями, на которых отображены границы объектов. Метод определения разрывов яркости позволяет определить границы объекта. В результате получается бинарное изображение с границами всех объектов на сцене. Результат в виде бинарного изображения позволяет применить морфологические операции для дальнейшего преобразования изображения. Морфологические преобразования применяются с целью ликвидации разрывов контуров, возникших в результате плавного изменения яркости; удаление лишних контуров, возникших в результате шума и не принадлежащих объектам; заливки у объектов внутренних областей с замкнутым контуром для создания фигуры, которая покрывает объект целиком и несет информацию о его форме и размерах. Рис. 2, 3 иллюстрируют работу алгоритма.

Алгоритм обнаружения включает следующую последовательность операций:

- перевод исходного цветного изображения в полутоновое изображение;
- определение границ предметов (перепадов яркости) с помощью детектора границ Sobel (оператор Собеля);
- применение операции дилатация к бинарному изображению по сформированной бинарной градиентной маске для соединения небольших разрывов на границах;
- применение операции, заполнения пространства внутри объектов, если они имеют замкнутый контур;
- применение операции эрозия к бинарному изображению по сформированной бинарной градиентной маске для сглаживания границ объекта;
- применение операции удаления тонких линий с применением сформированной бинарной градиентной маски;
- поиск объектов как связанных областей пикселей и их нумерация.

Алгоритм распознавания. Под распознаванием подразумевается определение класса выделенного объекта на основе принадлежащих каждому классу набора признаков. Использовались следующие интегральные геометрические признаки, позволяющие оценить форму, размеры и ориентацию объектов на изображении (соответствующие определения приведены в [6, 7]): площадь; периметр; округлость; периметры вписанных и описанных прямоугольников или окружности; компактность; относительная длина и ширина объекта; положение «центра массы»



Рис. 2. Преобразование кадра видеоданных из полноцветного изображения в полутоновое

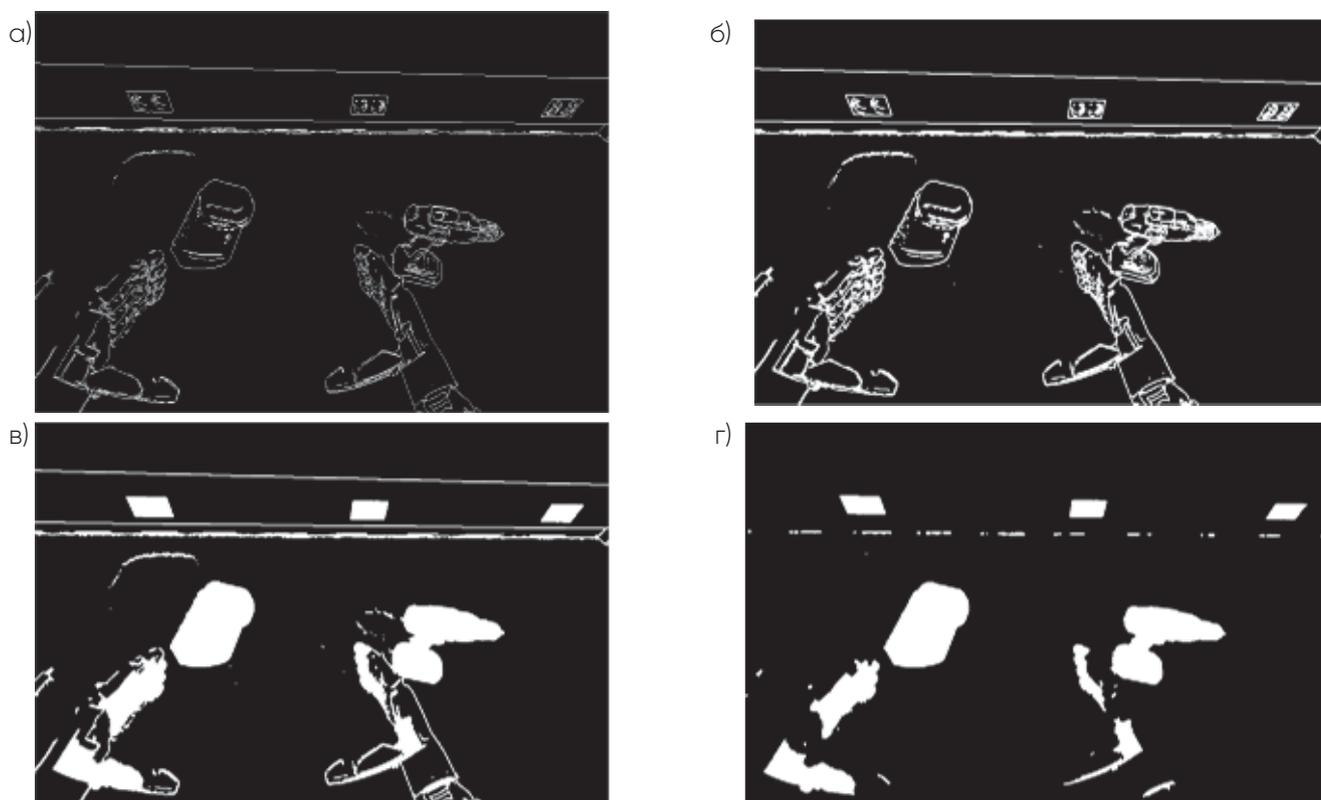


Рис. 3. Результат определения границ с помощью оператора Собеля (а). Результат применения операции дилатация (б). Результат применения операции заливки замкнутых контуров (в). Результат применения операции размыкания (г)

(энергетического центра) объекта; главные моменты длины максимальной и минимальной осей инерции; эксцентриситет эллипса имеющего те же вторые моменты, что и объект.

Алгоритм распознавания классифицирует объекты на основе геометрических признаков. Каждый признак класса задан в виде диапазона значений. Набор из нескольких признаков класса образует прототип предмета. Если признаки выделенного объекта попадают в диапазоны значений прототипа, объект считается распознанным. Алгоритм работает с матрицей номеров объектов отдельного кадра ви-

деоданных и включает следующую последовательность операций:

- определение геометрических признаков найденных объектов;
- распознавание объекта на основе сравнения признаков объекта с прототипами предметов;
- нахождение координат, размера и положения распознанного объекта.

Рис. 4 иллюстрирует результат работы алгоритма. Показаны только распознанные предметы с ограничивающими прямоугольниками. Последний третий шаг алгоритма распознавания вычисляет коор-

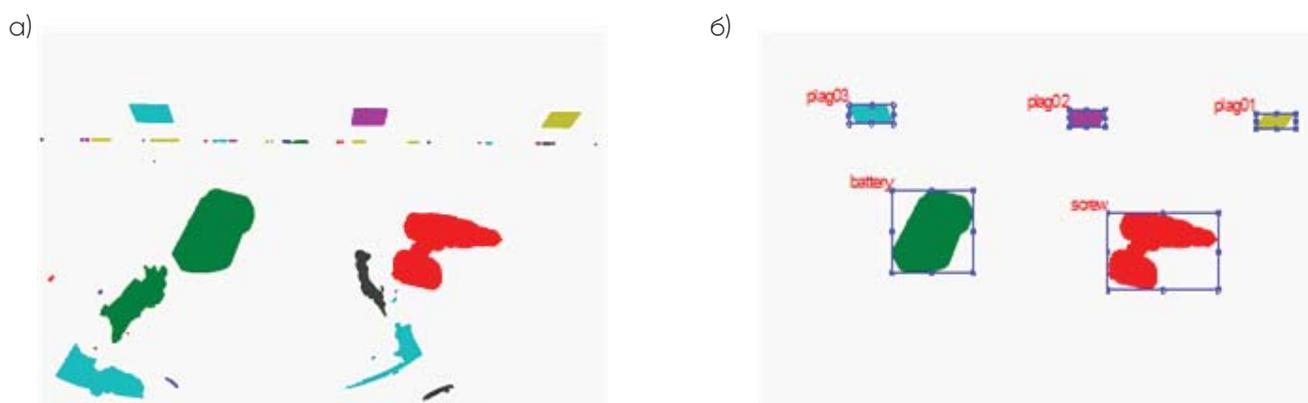


Рис. 4. Палитровое изображение, иллюстрирующее результат обнаружения объектов (а).  
Результат распознавания объектов (б)

Таблица 1

## Статистические данные обработки

№	Название объекта	Количество кадров с полной видимостью объектов, $n_i$	Отношение $n_i/N, \%0, N = 2709 -$	Распознавание		Сопровождение	
				количество случаев, $r_i$	$r_i/n_i, \%$	количество случаев, $s_i$	$s_i/n_i, \%$
1	screw	1107	41	208	19	936	85
2	battery	1369	51	192	14	1128	82
3	socket01	696	26	206	30	577	83
4	socket02	1538	57	233	15	486	32
5	socket03	1327	49	215	16	1163	88
6	socket04	492	18	81	16	336	68
7	cableA	1052	39	175	17	379	36
8	cableB	638	24	61	10	485	76
Среднее			38		17		69

динаты и размер объекта через определение координат ограничивающего объект прямоугольника. Координаты прямоугольника представлены в виде массива.

**Задача видеосопровождения**

Под видеосопровождением понимается выделение объектов на видеопоследовательности после их обнаружения на первом кадре. Такая задача может быть решена путем сопоставления изображения, содержащего объект с шаблоном (эталоном). Для сопровождения объектов был выбран корреляционный метод сопоставления изображений. сравнивающий два изображения: сцену – общее изображение и шаблон (образец) – изображение предмета. В результате сопоставления на сцене находятся координаты места, где часть сцены близка к шаблону. Алгоритм распознавания предоставляет текущие координаты и размер предметов, найденные по предыдущему кадру. На основе этих данных вырезается шаблон из общего изображения (сцены).

Компьютерное моделирование. В Табл.1 приведены результаты обработки видеопоследовательности, включающей 2709 кадров, с помощью

разработанных алгоритмов. Видно, что вероятность распознавания объектов в кадре не высокая – 17%. Несмотря на это, алгоритм видеосопровождения работает корректно в 69% случаев.

Анализируя все проведенные эксперименты, можно отметить следующее:

- алгоритм обнаружения работает не стабильно для объектов, которые сливаются с фоном и имеют на своих границах малые перепады яркости, подобная проблема возникает при затенении объекта тенями;
- алгоритм обнаружения не может обнаружить части предметов (кабель: cableA, cableB), если весь предмет находится в зоне видимости;
- алгоритм распознавания работает не на всех участках движения камеры из-за сложности в определении признаков инвариантных к повороту, смещению и изменению масштаба объекта;
- алгоритм распознавания в некоторых случаях работает не корректно, если предметы похожи между собой (розетки: socket01, socket02, socket03, socket04), так как диапазоны признаков их прототипов пересекаются;
- алгоритм автосопровождения дает сбои при резких движениях камеры;

- алгоритм автосопровождения может давать сбои, если вплотную с объектом сопровождения находится другой объект.

#### Заключение

В работе были предложены алгоритмы слежения в видеопотоке за заданными объектами для симулятора «Симулятор-У» и последующего их применения в задачах управления АРТП SAR-400. Эффективность алгоритмов была подтверждена тестированием алгоритмов на реальных данных. В качестве направления дальнейших исследований отметим необходимость использования более продвинутых алгоритмов обработки изображений, включающих, в частности, алгоритмы глубокого обучения для повышения вероятности правильной классификации предметов и стереозрение для построения 3D карты рабочего пространства робота.

Исследования выполнены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57818X0264).

#### Список литературы

1. Corke, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. – Springer Tracts in Advanced Robotics, 73. Springer, Berlin, 2011. – 669p.
2. Schwarz M. RGB-D Object Detection and Semantic Segmentation for Autonomous Manipulation in Clutter/ M. Schwarz, A. Milan, A. Periyasamy, S. Behnke. International Journal of Robotics Research, Vol 37, Issue 4–5, 2018.
3. Wahrmann D. An Autonomous and Flexible Robotic Framework for Logistics Applications / D. Wahrmann, A. Hildebrandt, C. Schuetz, R. Wittmann, D. Rixen. Intell. Robot. Syst. 2017:1–13. doi: 10.1007/s10846–017–0746–8.
4. Zapata-Impata B.S. Using geometry to detect grasping points on 3D unknown point cloud / B. Zapata-Impata, C. Mateo, P. Gil, J. Pomares. Proceedings of the 14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics; Madrid, Spain. 26–28 July 2017; pp. 154–161.
5. Ten Pas A. Grasp Pose Detection in Point Clouds / P. Ten, M. Gualtieri, K. Saenko, R. Platt. Int. J. Robot. Res. 2017; 36:1455–1473. doi: 10.1177/0278364917735594.
6. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, А.В. Бондарен [и др.]. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
7. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЗЫСКАНИЯ ДОЛГА С ФИЗИЧЕСКОГО ЛИЦА В ПРОЦЕДУРАХ БАНКРОТСТВА (НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ)



### Евстифеева Карина Вячеславовна

Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России)

**Аннотация:** В настоящей статье рассмотрена проблема, связанная с особенностями взыскания долга с физического лица в процедурах банкротства, особый акцент сделан на трансформацию правового регулирования в ситуации наличия у такого субъекта права только объектов интеллектуальной собственности. Автор не только подчеркивает значимость анализируемой проблемы в теории, но и ее актуальность в практической деятельности арбитражных управляющих, как обязательных субъектов процедуры несостоятельности (банкротства). В конце статьи автор делает выводы и предлагает авторские рекомендации.

**Ключевые слова:** банкротство, банкротство физических лиц, взыскание долга, объекты интеллектуальной собственности, арбитражный управляющий, несостоятельность.

**Abstract:** This article discusses the problem associated with the peculiarities of debt collection from an individual in bankruptcy proceedings, special emphasis is placed on the transformation of legal regulation in the situation where such an entity has only intellectual property rights. The author not only emphasizes the significance of the analyzed problem in theory, but also its relevance in the practical activities of arbitration managers, as mandatory subjects of insolvency (bankruptcy) proceedings. At the end of the article, the author draws conclusions and offers copyright recommendations.

**Keywords:** bankruptcy, bankruptcy of individuals, debt collection, intellectual property, arbitration manager, insolvency.