

Д. С. Остапов

ПОДХОДЫ К ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ 3D-ПОВЕРХНОСТИ ПО 2D-ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЕДИНИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ МАССОВОГО КОЛИЧЕСТВА

Разработка систем поддержки принятия решений в ходе управления технологическим процессом, при контроле качества продукции, фотосепарации и т. д. требует обеспечения дополнительной к распознаванию системами компьютерного зрения типов и видов объектов (природного происхождения и их массового количества, с высокой вариабельностью внутри классов и близостью самих классов) функциональности идентификации и детальной количественной оценки состояния их поверхности. Рассмотрены возможности уточнения 2D-идентификации состояния 3D-объекта (о кривизне поверхности и о невидимых сторонах) по набору $k = 2, 3, \dots$ разноракурсных снимков в случае не одной, а нескольких видеокамер. Для восполнения потерь информации о частях поверхности 3D-объекта, невидимых на 2D-изображении, предложен алгоритм для систем компьютерного зрения, обеспечивающий дополнительную к распознаванию типов и видов объектов функциональность идентификации и количественной оценки их состояния, чувствительную к деталям их поверхности. Предложенный алгоритм учёта информации о недостающих участках поверхности объектов является более эффективным, быстрым и стабильным по сравнению с алгоритмом, основанным на восстановлении 3D-изображения.

Ключевые слова: алгоритмы систем компьютерного зрения, состояние поверхности 3D-объектов, карта диспарантности, идентификация состояний.

Введение

В настоящее время управление технологическими процессами, контроль качества продукции и т. д. требуют развития систем поддержки принятия решений (СППР), включающих всё новую функциональность систем компьютерного зрения (СКЗ) [1–4]. К распознаванию типов и видов объектов (природного происхождения и их массового количества, с высокой вариабельностью внутри классов и близостью самих классов), необходимо добавление такой функциональности, как идентификация и детальная количественная оценка состояния их поверхности. В работах [2–5] для решения данной задачи учитывается только информация с мгновенных плоских снимков объектов. Однако это может служить источником значительных погрешностей, т. к. для получения информации о детальном состоянии всего объекта необходимо учесть информацию, полученную с разных камер. Алгоритмы, применяемые к мгновенным 2D-изображениям СКЗ, не учитывают информацию об изображении 3D-объекта (о кривизне поверхности и о невидимых сторонах) из набора ракурсных снимков (в случае не одной, а нескольких видеокамер).

Общая структура блока СППР, работающего с набором k разноракурсных снимков СКЗ, показана на рис. 1. Задача идентификации и оценки состояния 3D-поверхности отдельных объектов и их массового количества сводится к следующим подзадачам: восстановление информации о 3D-поверхности по набору 2D-изображений разного ракурса; бинаризация «фон-объект»; выделение единичных объектов из общей массы; распознавание типов и видов единичных объектов; сегментация каждого объекта и статистический анализ каждого сегмента. Подзадача классификации объектов может быть решена по 2D-изображениям [5]. По подзадачам бинаризации и сегментации алгоритмы предложены в [6, 7] – как для плоского, так и для 3D-случая. Алгоритмы по восстановлению информации о 3D-поверхности известны [8–12]. На этой основе ниже рассматриваются возможности уточнения 2D-идентификации состояния 3D-объекта – о кривизне поверхности и о невидимых сторонах – по набору $k = 2, 3, \dots$ разноракурсных снимков, в случае не одной, а нескольких видеокамер. Для восполнения потерь информации о частях поверхности 3D-объекта, невидимых на 2D-изображении, предложен алгоритм для СКЗ, обеспечивающий дополнительную к распознаванию типов и видов объектов функциональность идентификации и количественной оценки их состояния, чувствительную к деталям их поверхности.

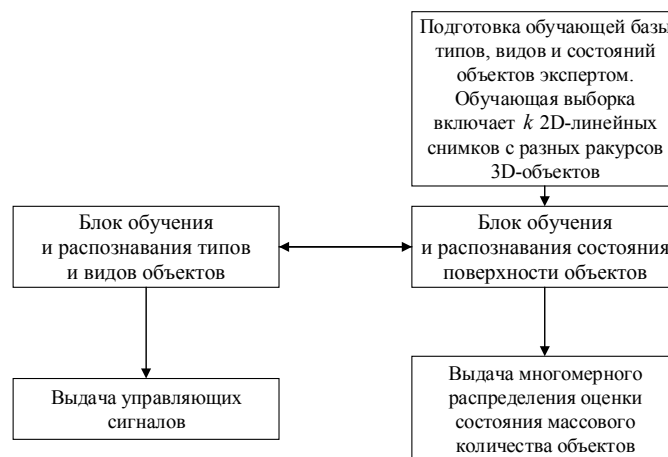


Рис. 1. Общая блок-схема блока СПДР, работающего с набором k разноракурсных снимков СКЗ

Восстановление 3D-поверхности по 2D-изображениям от нескольких камер, сегментация и количественная оценка состояния

Выполнение детального анализа поверхности 3D-объектов на основании одного 2D-снимка ведёт к значительным погрешностям. Это можно продемонстрировать на примере расчета доли площади пятна на плоском и трёхмерном объекте. Обозначим: R – радиус единичного объекта; κ – кривизна его поверхности, $R_{кр} \approx 1/\kappa$ – радиус кривизны; h – высота сектора поверхности. Потери информации при работе с 2D-изображением (по сравнению с ракурсными изображениями 3D-объекта) можно разделить на 2 вида:

1. Потеря информации о кривизне поверхности единичных объектов. Если оценивать площадь объекта, то при совпадении радиуса кривизны $1/\kappa$ с радиусом объекта R площадь видимого на 2D круга будет меньше площади 3D-объекта в данном случае в 4 раза, т. е. ошибка в среднем 400 %. Сравним доли площади секторов на 3D- и 2D-изображениях объекта.

На 2D-изображении доля составляет $k_{2D} = \frac{r^2}{R^2}$; на поверхности 3D-объекта доля сектора поряд-

ка $k_{3D} = \frac{2\pi R h}{4\pi R^2} = \frac{h}{2R} = \frac{r^2}{4R^2}$, где $h \approx \frac{r^2}{2R}$ при $h \ll R$. Видно, что погрешность в данном случае составляет те же ≈ 400 %.

2. Потеря информации о невидимых сторонах каждого единичного объекта: со всех ракурсов происходит сбор информации о разных сторонах объекта. Мы добавляем к одному 2D-снимку информацию о состоянии поверхности, видимой только на 2D-снимке другого ракурса. Если предположить, что пятна симметричны на разных ракурсах, то ошибка, очевидно, составит 200 %.

На рис. 2 представлены два варианта алгоритма восстановления информации о 3D-поверхности по набору 2D-изображений разного ракурса. Известен алгоритм восстановления 3D-поверхности по набору k разноракурсных снимков (рис. 2, а). Вариант на рис. 2, а призван устранить как потери информации о невидимых сторонах каждого единичного объекта (со всех ракурсов происходит сбор информации о разных сторонах объекта: мы добавляем к одному 2D-снимку информацию о состоянии поверхности, видимой только на 2D-снимке другого ракурса), так и о кривизне поверхности единичных объектов. Построение карты диспантности осуществляется по алгоритму на основе сравнения графов [12]. Восстановление 3D-изображения происходит по алгоритму [9], методом восстановления 3D-поверхности по карте можно получить координаты точек – «пикселей» – на поверхности объекта. Бинаризация «фон-объект» осуществляется по алгоритму [6]. «Нарезка» общего изображения на многогранники с единичными 3D-объектами происходит по алгоритму ELSD. Вариант на рис. 2, а способен производить уточнение сегментов на 3D-изображении по сравнению с его проекцией на плоскость камеры.



Рис. 2. Блок-схема восстановления информации о 3D-поверхности по набору 2D-изображений разного ракурса:

a – получение точек поверхности объекта; *б* – получение данных о разных сторонах 3D-объекта

Результаты экспериментов показали нестабильность работы (и, как следствие, неэффективность), сравнительно низкую скорость из-за вычислительной сложности. Если осуществлять съёмку двумя камерами под большим углом друг к другу, алгоритмы стереозрения дают сбой (рис. 3).



Рис. 3. Пример получения пикселей «невидимой» стороны объекта алгоритмом стереозрения (3D-поверхность лимона):

a – левое изображение; *б* – правое изображение;
в – правое изображение с недостающими пикселями

Отдельно следует рассмотреть встречающийся на практике случай двух камер, расположенных с разных сторон объектов (т. е. под углом 180°). В данном случае никаких трудностей решение задачи не представляет, т. к. не строится карта диспаратности, очевидно сопоставление единичных объектов, а информация с одного 2D-снимка целиком добавляется к информации о состоянии поверхности, видимой на 2D-снимке с противоположной стороны.

Восстановление информации о невидимых частях 3D-поверхности по набору 2D-изображений объекта разного ракурса, без учёта кривизны

Для уточнения информации о невидимых сторонах объекта предлагается использовать алгоритм, представленный на рис. 2, *б*, т. к. он более стабильный и имеет большую скорость работы по сравнению с вариантом на рис. 2, *a*. Вариант на рис. 2, *б* призван устранить только потери информации о «невидимых» сторонах каждого единичного объекта, без учёта кривизны. Получив изображения с двух разных камер, необходимо сделать бинаризацию и выделение единичных объектов [6] для каждого изображения и получить центры каждого объекта. Для выполнения сопоставления объектов на двух изображениях необходимо осуществить поиск соответствующих точек [12]. В случае, когда соответствующие точки находятся внутри объекта, сопоставить объекты можно по этим точкам. Однако возможен случай, когда внутри части объектов нет соответствующих точек. Тогда необходимо сопоставлять объекты по алгоритму, основанному на близости найденных соответствующих точек к центрам объектов. В примере на рис. 4 предполагается, что в цепочке ракурсных снимков левые участки объектов на снимках слева не могут быть самыми правыми на снимках справа.

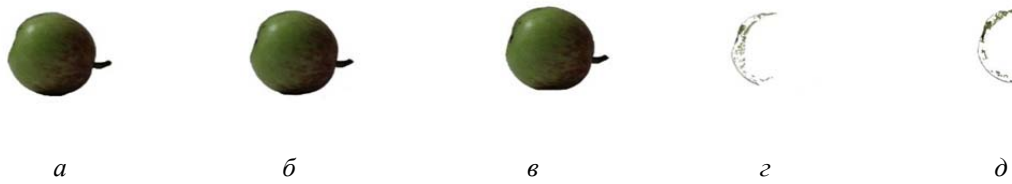


Рис. 4. Пример результата варианта на рис. 2, б (3D-поверхность яблока):
 а – левое изображение; б – среднее изображение; в – правое изображение;
 г – пиксели из б, невидимые на а; д – пиксели из в, невидимые на б

Результат дальнейшего анализа по алгоритму, описанному в [6, 7], показан на рис. 5.

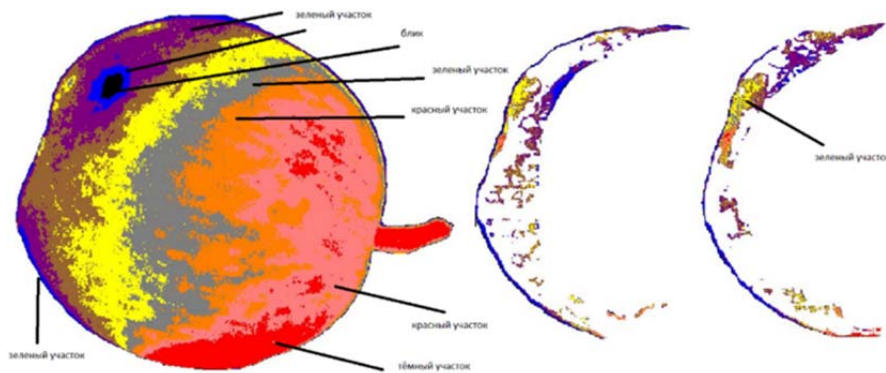


Рис. 5. Сегментация и анализ поверхности объекта по алгоритму [6, 7]

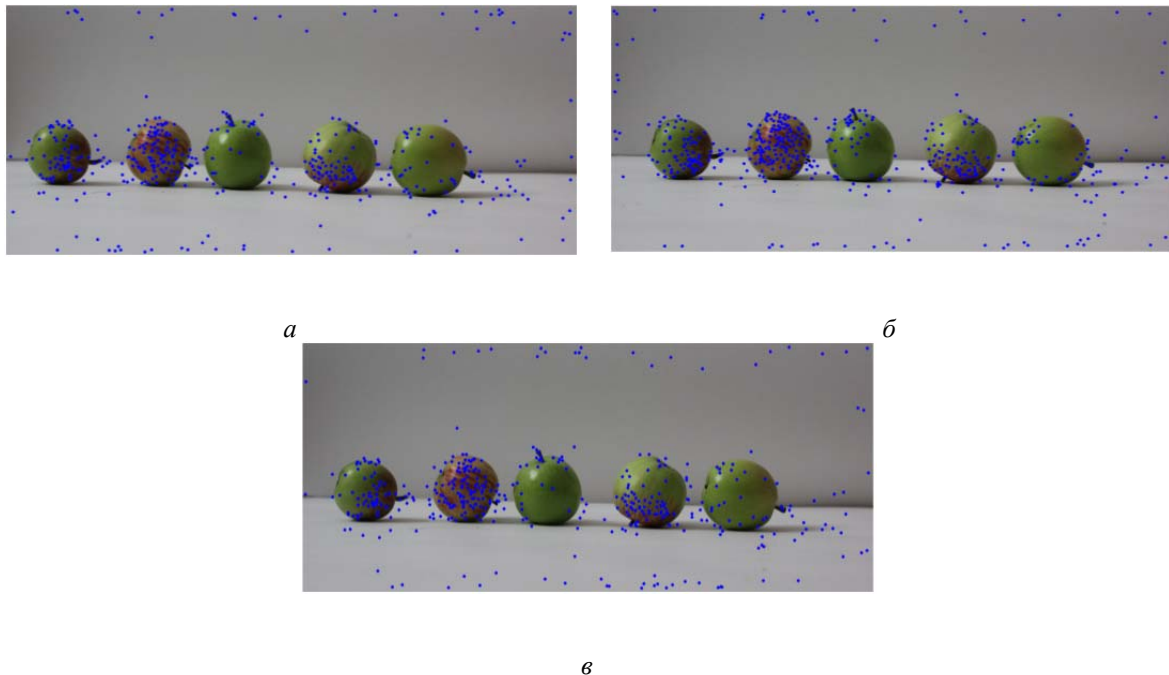


Рис. 6. Пример сопоставления единичных объектов на наборе $k = 3$ снимков разного ракурса:
 а – левое изображение с общими точками на левом и среднем изображении;
 б – среднее изображение с общими точками на среднем и правом изображении;
 в – правое изображение с общими точками на левом и правом изображении

Уточним шаг сопоставления единичных объектов на наборе k разноракурсных снимков (рис. 6). Пусть m – число соответствующих точек, n – число объектов. В случае, когда внутри части объектов нет соответствующих точек, необходимо сопоставлять объекты по следующему алгоритму:

1. Подать на вход изображения с левой и правой камеры.
 2. Вычислить единичные объекты на каждом изображении.
 3. Цикл по соответствующим точкам двух изображений.
 - 3.1. Цикл по объектам двух изображений
 - 3.1.1. Вычислить расстояния от точки до объекта и сохранить это значение.
- После выполнения цикла 3 будут получены 2 матрицы:

$$M = \begin{pmatrix} d_{1_1} & \cdots & d_{1_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n_1} & \cdots & d_{n_m} \end{pmatrix} \text{ и } M' = \begin{pmatrix} d'_{1_1} & \cdots & d'_{1_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d'_{n_1} & \cdots & d'_{n_m} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Необходимо рассматривать минимальные расстояния от каждой точки до центра соответствующего объекта, остальные расстояния в матрице M установить в значение -1 . Все данные, необходимые для сопоставления объектов, записываются в матрицу, имеющую размерность $n \times n$.

$$T = \begin{pmatrix} p_{1_1} & p_{1_2} & \cdots & p_{1_{n-1}} & p_{1_n} \\ p_{2_1} & p_{2_2} & \cdots & p_{2_{n-1}} & p_{2_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{n-1_1} & p_{n-1_2} & \cdots & p_{n-1_{n-1}} & p_{n-1_n} \\ p_{n_1} & p_{n_2} & \cdots & p_{n_{n-1}} & p_{n_n} \end{pmatrix}.$$

Перед выполнением циклов матрица T должна быть нулевой.

Далее необходимо выполнить следующие операции:

1. Цикл по объектам левого изображения.
 - 1.1. Цикл по объектам правого изображения.
 - 1.1.1. Цикл по точкам.
 - 1.1.2. Если рассматриваемая точка находится ближе всего к объекту k на левом изображении и ближе всего к объекту s на правом изображении, то увеличиваем значение p_{k_s} на 1. Если минимальное расстояние определить невозможно (например, присутствует несколько объектов), имеющих одинаковое расстояние от точки до нескольких объектов, то нужно установить $p_{k_s} = 0$.
2. Выполнить преобразование $T_p = T/m$ – поэлементное деление на число соответствующих точек. В матрице T_p содержатся вероятности сопоставления объектов.
3. Определить максимальные значения матрицы T_p .
4. Максимальные значения будут идентифицировать соответствующие объекты.

Количественная оценка состояния 3D-поверхности по карте диспаратности

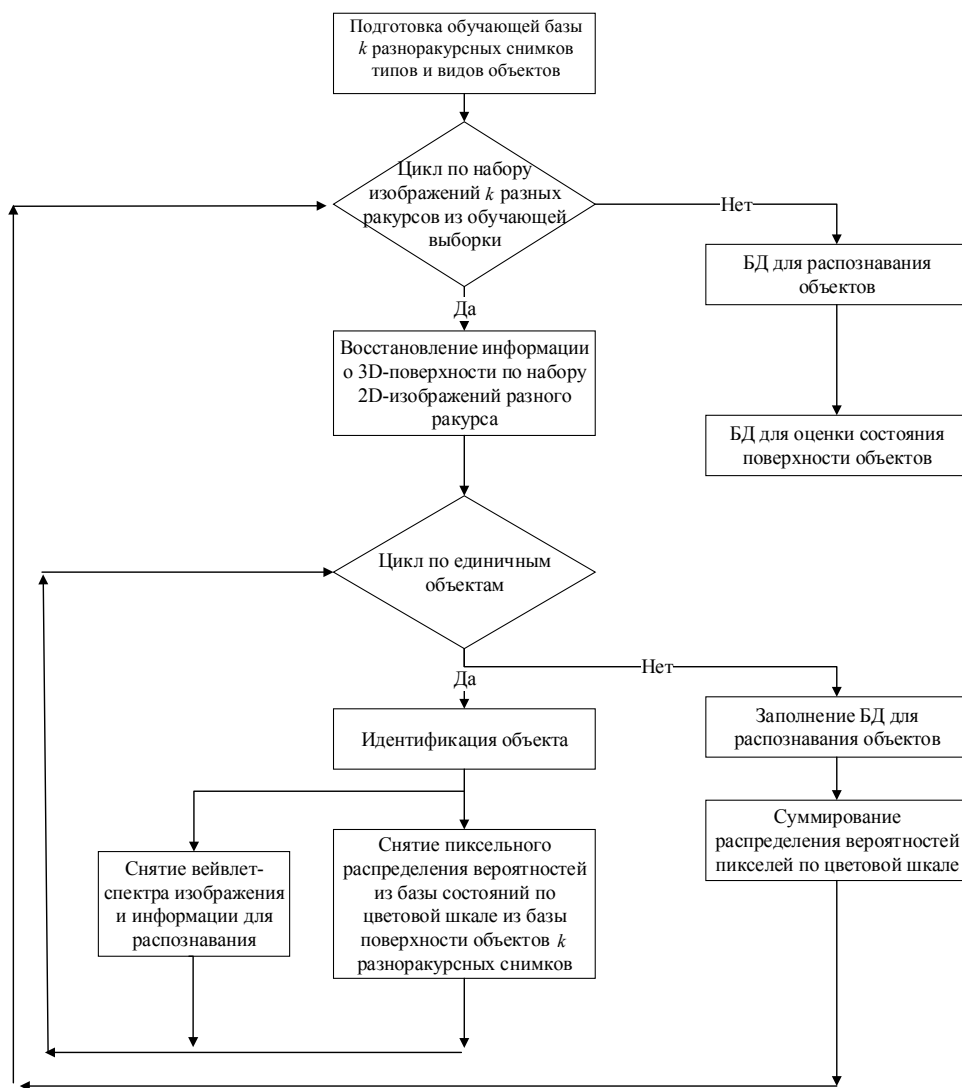
Блок-схемы алгоритмов блока СППР, работающего с набором k разноракурсных снимков СКЗ, показаны на рис. 7.

Внутренним циклом рабочего режима является распознавание состояния каждого сегмента изображения каждого из единичных объектов на 2D-кадре (например, объекта на рис. 4 и 5). Проверка гипотезы о принадлежности неизвестного сегмента к определённому из базы данных для оценки состояния поверхности объектов производится с использованием критерия согласия Пирсона χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^K \frac{(p_{ijt} - p_{ijt}^T)^2}{p_{ijt}^T}, \quad (2)$$

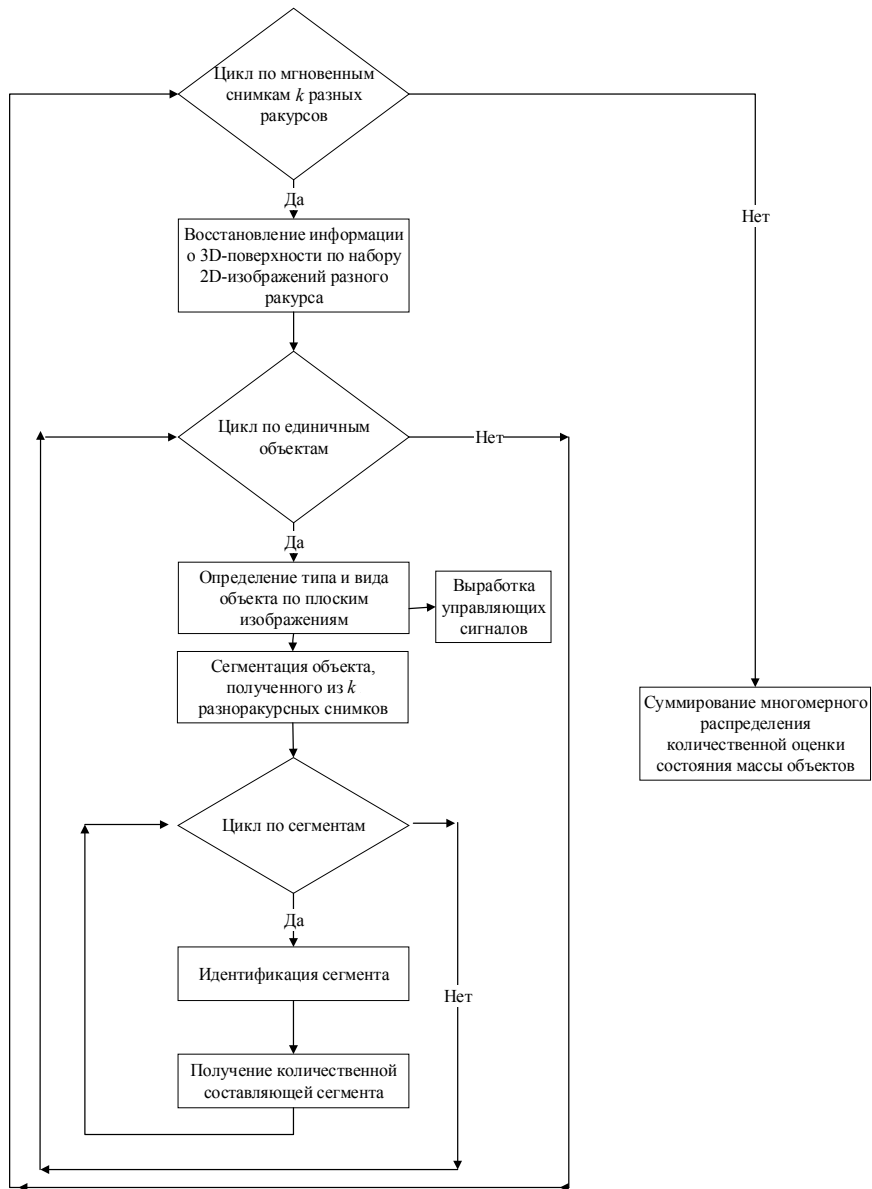
где p_{ijt} и p_{ijt}^T – вероятности попадания цветовых характеристик пикселя неизвестного сегмента и сегмента из обучающей выборки в заданные диапазоны (R_i, G_j, B_t) , на которые разбиты интервалы $[0; 255]$ цветовых RGB-шкал координат пикселей (здесь $I = J = K = 255$ в интервалах $[0; 255]$ RGB-шкал).

Критическое значение $\chi^2_{кр} = G$ для (2) устанавливается эмпирически: если $\chi^2 > G$, то для данного класса изображений сегмент устанавливается как «неопределённый». Для класса изображений на рис. 3 и 4 было установлено, что $G = 120$: из 10^3 сегментов, представленных для тестирования системой, более 95 %, удовлетворяющих данному условию, являлись примесью, т. е. система на них не обучалась (их не было в обучающей выборке).

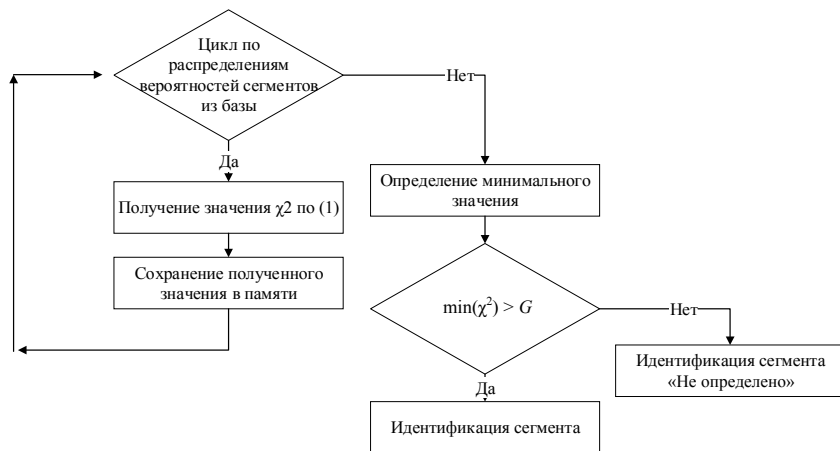


a

Рис. 7. Блок-схемы алгоритмов: a – режим обучения системы. БД – база данных



б



в

Рис. 7. Продолжение. Блок-схемы алгоритмов:
 б – рабочий режим системы; в – идентификация сегмента системой

После идентификации сегмента (см. рис. 5) производится количественная оценка каждого единичного объекта, %. Например, площадь различных пятен на поверхности единичных объектов, можно оценить как число пикселей от общего числа пикселей восстановленной поверхности объекта. Например, по восстановленной поверхности изображения на рис. 5 можно сделать вывод, что блик составляет 3 %, тёмная часть – 6 %, красная часть – 17 %, зелёная часть – 74 %.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований:

– рассмотрены возможности уточнения по ракурсным изображениям (в случае нескольких видеокамер, по сравнению с одиночным мгновенным плоским снимком от одной камеры) решения задачи идентификации системой компьютерного зрения с детальной оценкой состояния поверхности объектов природного происхождения и их массового количества, с высокой вариабельностью внутри классов и близостью самих классов, при контроле качества продукции и фотосепарации, а также принятия решений в ходе управления технологическим процессом;

– экспериментально проверен способ, основанный на известном алгоритме восстановления 3D-поверхности, который позволяет снизить погрешности как при помощи учёта кривизны поверхности объектов, так и с помощью информации о её разных сторонах. Результаты экспериментов показали нестабильность работы способа (и, как следствие, неэффективность) и сравнительно низкую скорость из-за сложности вычислений. Доработка способа является задачей дальнейших исследований;

– для ликвидации погрешности потери информации о частях поверхности 3D-объекта, невидимых на 2D-изображении, предложен алгоритм СКЗ, обеспечивающий дополнительную к распознаванию типов и видов объектов функциональность СКЗ, состоящую в идентификации и количественной оценке их состояния по набору $k = 2, 3; \dots$ разноракурсных снимков, чувствительную к деталям поверхности.

Предложенный алгоритм учёта информации о недостающих участках поверхности объектов является более эффективным, быстрым и стабильным по сравнению с алгоритмом, основанным на восстановлении 3D-изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Ed. by Da-Wen Sun, Published by Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA. 2011. 600 p.
2. Зиятдинова В. А., Шаззо А. Ю., Усатилов С. В., Погорелова И. И. Оценка качества риса с использованием современных методов анализа цветовых характеристик единичных зерен // Изв. вузов. Пищевая технология. 2015. № 2–3. С. 100–104.
3. Зиятдинова В. А., Шаззо А. Ю., Усатилов С. В., Погорелова И. И. Оперативный экспресс-контроль испорченных зерен риса с использованием систем компьютерного зрения // Изв. вузов. Пищевая технология. 2015. № 4. С. 100–104.
4. Зиятдинова В. А., Шаззо А. Ю., Усатилов С. В., Погорелова И. И. Объективный метод распознавания и оценки незрелого и краснозёрного риса // Изв. вузов. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 92–96.
5. Горонков К. А., Руденко О. В., Усатилов С. В. База данных обучающей выборки для высокоточного распознавания плоских изображений сортов злаковых и масличных культур // Фундаментальные исследования. 2011. Вып. 8, ч. 2. С. 342–346.
6. Остапов Д. С. Влияние на корректность бинаризации «фон-объект» предобработки сглаживанием светлоты плоского изображения // Наука Кубани. 2016. № 1. С. 64–69.
7. Остапов Д. С. Адаптивный алгоритм k-means сегментации изображений объектов природного происхождения // VII науч.-техн. конф. «Техническое зрение в системах управления – 2016» (Москва, ИКИ РАН, 15–17 марта 2016 г.). М., 2016. С. 70–71.
8. Архипов О. П., Сорокин А. И. Алгоритм поиска идентичных точек на сегментированных стереоскопических изображениях // Сб. тр. VI Междунар. науч.-техн. конф. «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (22–23 мая 2014 г.). Орел, 2014. С. 1–8.
9. Тутицын И. В. Реконструкция трехмерной модели объекта на основе стереопары при решении задач 3D-моделирования // Вестн. Сибир. гос. аэрокосм. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева. 2011. № 3 (36). С. 88–92.
10. Sun J., Shum H., Zheng N. Stereo matching using belief propagation. In: ECCV, 2002. P. 510–524.

11. Yan Liu, Lo S. H., Zhen-Qun Guan, Hong-Wu Zhang. Boundary recovery for 3D Delaunay triangulation // *Finite Elements in Analysis and Design*. 2014. Vol. 84. P. 32–43.

12. Агарков А. В. Построение карты диспарантности на основе сравнения графов // *Искусственный интеллект*. 2003. № 1. С. 126–136.

Статья поступила в редакцию 16.08.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Остапов Дмитрий Сергеевич – Россия, 350000, Краснодар; Кубанский государственный технологический университет, аспирант кафедры общей математики; krasnodar93@mail.ru.



D. S. Ostapov

APPROACHES TO THE IDENTIFICATION OF THE STATE OF 3D-SURFACE BY 2D-OBJECTS IMAGES AND THEIR MASS NUMBER

Abstract. The development of the decision support systems in the technological process control, quality control of products, photo separation etc., needs to provide additional to computer vision recognition systems for the type and kinds of objects (of natural origin and their mass quantity with high variability within the classes and the vicinity of the classes themselves) functionality of identification and detailed quantitative assessment of the state of the surface. The possibilities of refinement of 2D-identification of the 3D-object state (the curvature of the surface and invisible sides) by the set $k = 2, 3, \dots$ of different angle shots in case of using not only one, but several cameras. To make up for the loss of information about the invisible on the 2D-image parts of the surface of the 3D-object, the algorithm for the computer vision system, providing additional to recognition of the types and kinds of objects functionality of identification and quantitative assessment of their condition, sensitive to the details of the surface, is presented. The proposed algorithm of control of information on the missing parts of the object surface is more effective, fast and stable in comparison with the algorithm, based on the restoration of 3D-image.

Key words: algorithms for computer vision systems, 3D-surface status, disparity map, statuses identification.

REFERENCES

1. *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Ed. by Da-Wen Sun, Published by Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA. 2011. 600 p.
2. Ziiatdinova V. A., Shazzo A. Iu., Usatkov S. V., Pogorelova I. I. Otsenka kachestva risa s ispol'zovaniem sovremennykh metodov analiza tsvetovykh kharakteristik edinichnykh zeren [Estimation of the quality of rice using modern methods of analysis of color parameters of single seeds]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia*, 2015, no. 2–3, pp. 100–104.
3. Ziiatdinova V. A., Shazzo A. Iu., Usatkov S. V., Pogorelova I. I. Operativnyi ekspress-kontrol' isporchenykh zeren risa s ispol'zovaniem sistem komp'iuternogo zreniia [Operative express control of spoiled rice seeds using the systems of computer vision]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia*, 2015, no. 4, pp. 100–104.
4. Ziiatdinova V. A., Shazzo A. Iu., Usatkov S. V., Pogorelova I. I. Ob"ektivnyi metod raspoznavaniia i otsenki nedozrelogo i krasnozernogo risa [Objective method of recognition and assessment of underripe and red rice]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia*, 2016, no. 1, pp. 92–96.
5. Goronkov K. A., Rudenko O. V., Usatkov C. V. Baza dannykh obuchaiushchei vyborki dlia vysokotochnogo raspoznavaniia ploskikh izobrazhenii sortov zlakovykh i maslichnykh kul'tur [Data base of sampling for highly accurate recognition of flat images of grain and oil crops]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2011, iss. 8, part 2, pp. 342–346.

6. Ostapov D. S. Vliianie na korrektnost' binarizatsii «fon-ob"ekt» predobrabotki sglazhivaniem svetloty ploskogo izobrazheniia [Influence on the accuracy of binarization "background-object" of preprocessing by smoothing lightness of the flat image]. *Nauka Kubani*, 2016, no. 1, pp. 64–69.
7. Ostapov D. S. Adaptivnyi algoritm k-means segmentatsii izobrazhenii ob"ektov prirodnogo proiskhozhdeniia [Adaptive algorithm of k-means segmentation of images of the objects of natural origin]. *VII nauchno-tehnicheskaiia konferentsiia «Tehnicheskoe zrenie v sistemakh upravleniia – 2016» (Moskva, IKI RAN, 15–17 marta 2016 g.)*. Moscow, 2016. P. 70–71.
8. Arkhipov O. P., Sorokin A. I. Algoritm poiska identichnykh toчек na segmentirovannykh stereoskopicheskikh izobrazheniiaakh [Algorithm of searching identical points on the segmented stereoscopic images]. *Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve» (22–23 maia 2014 g.)*. Orel, 2014. P. 1–8.
9. Tupitsyn I. V. Rekonstruktsiia trekhmernoii modeli ob"ekta na osnove stereopary pri reshenii zadach 3D-modelirovaniia [Reconstruction of 3D-object based on the stereo in solution of 3D-modeling tasks]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M. F. Reshetneva*, 2011, no. 3 (36), pp. 88–92.
10. Sun J., Shum H., Zheng N. *Stereo matching using belief propagation*. In: ECCV, 2002. P. 510–524.
11. Yan Liu, Lo S. H., Zhen-Qun Guan, Hong-Wu Zhang. Boundary recovery for 3D Delaunay triangulation. *Finite Elements in Analysis and Design*, 2014, vol. 84, pp. 32–43.
12. Agarkov A. V. Postroenie karty disparatnosti na osnove sravneniia grafov [Mapping of disparity based on graph comparison]. *Iskusstvennyi intellekt*, 2003, no. 1, pp. 126–136.

The article submitted to the editors 16.08.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ostapov Dmitriy Sergeevich – Russia, 350000, Krasnodar; Kuban State Technological University, Postgraduate Student of the Department of General Mathematics; krasnodar93@mail.ru.

