

## ПОСТРОЕНИЕ КАРТ МЕСТНОСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Д. ШВАРЦ<sup>1</sup>, Д. В. КУПРИЯНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таллинский технологический университет, 19086, Таллин, Эстония

<sup>2</sup>Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: qudmv@yandex.ru

Рассматривается возможность применения глобальных дескрипторов изображений при построении карты местности мультиагентной робототехнической SLAM-системой. Описываются уровни и этапы построения глобальных карт местности.

**Ключевые слова:** мультиагентные системы, техническое зрение

В наши дни приобретают популярность системы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping — одновременное определение текущего местоположения и построение карты). Область применения роботов, оснащенных подобными системами, достаточно широка — от социальных роботов (гидов по различным учреждениям и квартирных помощников) до систем исследования труднодоступных областей (автономных подводных аппаратов) и комплексов для предотвращения природных катаклизмов (беспилотных летательных аппаратов для выявления лесных пожаров).

В качестве перспективного направления в SLAM можно назвать создание глобальных карт местности, которые формируются посредством совмещения карт, построенных группой роботов. Подобный подход позволяет ускорить процесс сбора данных об окружающей обстановке и получить больше информации о текущем состоянии подконтрольного участка.

При создании глобальной карты местности работу мультиагентной робототехнической системы можно представить последовательностью трех шагов:

- 1) построение локальных карт;
- 2) обнаружение зон, уже существующих на карте, построенной роботом;
- 3) объединение нескольких локальных карт в одну глобальную.

Первый шаг — создание локальной карты — является задачей индивидуальной SLAM-системы. Так как построение SLAM-систем возможно на основе различных сенсоров (ультразвуковых, инфракрасных, определения уровня радиосигнала), следует отметить, что визуальные SLAM-системы обладают целым рядом преимуществ, поэтому рассматриваться будет поведение роботов с камерами.

На втором шаге часть задач совпадает с алгоритмом объединения нескольких локальных карт. Закрытие петель — устранение неизбежной ошибки позиционирования, при которой уже исследованные области несколько смещаются относительно своих первоначальных координат на построенной роботом карте, — например, во многом сопоставимо с поиском уже существующих на карте зон. В SLAM-системах проблема закрытия петель традиционно решается средствами локального структурного анализа. Каждое изображение соответствует частоте появления локальных признаков. Этот метод также известен как метод „набора слов“ (bag-of-words). Однако стратегия поиска изображений, основанная на этом методе, имеет два недостатка: она сложна и использует большое количество памяти. Поиск изображений при помощи метода набора слов показывает хорошие результаты, но проблема с использованием памяти до сих пор не решена.

Методы описания изображений (дескрипторы) можно грубо разделить на локальные и глобальные. Локальные дескрипторы выделяют определенные области на изображении и строят его описание исходя из обнаруженных объектов, такие дескрипторы могут применяться при распознавании лиц. Глобальные дескрипторы используют низкоуровневые операции при анализе изображения и могут предоставлять информацию о цвете, движении и текстуре.

Процесс поиска изображения в большой базе данных — интересная и сложная задача. Принципы работы известных систем по поиску изображений во многом похожи. При поиске проводится сравнение признаков изображения или группы изображений в базе данных. Степень схожести определяется свойствами системы и ее задачами. Очевидно, что при воссоздании сцены трехмерного пространства или определении местоположения робота в пространстве схожесть изображений должна быть максимальной. В работе [1] рассматриваются три уровня описания изображения. Такое деление определяет необходимый уровень детализации и применяемого математического аппарата.

*Первый, подчиненный, уровень* содержит подробное описание локальной области на изображении. Чад Карсон предложил метод „мира капель“ (“Blobworld”) [2]. Такое представление изображения включает три шага (см. рис. 1):

- 1) выделение цвета, текстуры и позиции для каждого пиксела;
- 2) группировка пикселов в области;
- 3) описание распределения цветов и текстур каждой области для дальнейшего использования при обработке запросов.



Рис. 1

Современные методы анализа изображений используют более простые алгоритмы. Распространенный способ обработки изображения при помощи локальных дескрипторов показан на рис. 2.



Рис. 2

При подаче изображения на вход поисковая система возвращает изображение, отобранное по текстуре, цвету или схожести пространственной структуры.

На *втором, базовом, уровне* происходит общее описание сцены. На этом уровне изображения могут быть подразделены на искусственную обстановку и пейзажи. Для отнесения изображения к определенной группе необходимо наличие на нем определенных похожих объектов.

На *третьем, старшем, уровне* сцена характеризуется с максимальной степенью абстракции. Изображения разделяются на категории (в здании, вне здания, городской ландшафт, дикая природа, горы и лес). Более общий набор категорий предложен в работе [3].

Во многих SLAM-системах описание изображения остается на первом уровне и обрабатывается с использованием низкоуровневых свойств изображения. Анализ локальных структур необходим для определения ранее посещенных роботом областей (сцен), точного определения местоположения робота или реконструкции трехмерной сцены. На этом уровне изображения представляются в виде многомерных векторов, что делает их обработку, хранение и извлечение сложной задачей.

Глобальные дескрипторы изображений часто используются в системах компьютерного зрения для классификации сцен как альтернатива локальным [1, 3]. Основное их преимущество в решении таких задач заключается в том, что эти дескрипторы показывают аналогич-

ную производительность при значительно меньшей сложности [4]. К ним можно отнести большинство дескрипторов формы и текстур. Особенность этих дескрипторов объясняется тем, что каждое изображение в представлении дескриптора соответствует точке в многомерном пространстве свойств. В настоящей статье рассматривается популярный дескриптор GIST [5].

Глобальное описание изображения отражает общую структуру сцены, в то же время локальные структуры не принимаются во внимание. С точки зрения классификации, минимальное евклидово расстояние „пролегает“ между изображениями, которые можно отнести к одной группе на основном или старшем уровне представления.

Замыкание и совмещение построенных карт местности требует не столько определения принадлежности изображений к конкретной категории, сколько „узнавания“ ранее посещенных сцен. Исходя из вышеизложенного может показаться, что глобальные дескрипторы абсолютно не подходят для совмещения карт. Однако в последних исследованиях предлагается использовать глобальные дескрипторы в робототехнике. Например, в работе [6] рассматривается SLAM-система, основанная на многочастичных фильтрах для определения ранее посещенных сцен, описанных с помощью GIST-дескриптора. Система с использованием GIST-дескриптора для панорамных изображений представлена в работе [7]. GIST-дескриптор также использовался для поиска изображений в базе данных с миллионами записей [4].

Как видно на рис. 3, используя GIST-дескриптор, можно с наибольшей вероятностью определить совпадение сцен, особенно если съемка производится приблизительно с одной и той же точки. После получения исходного изображения системой сформирована выборка изображений из своей базы. Видно, что при изменении угла обзора евклидово расстояние ( $\rho$ ) между изображениями 1 и 2 (одного и того же стола) становится сопоставимым с изображениями 4, 5, полученными в абсолютно других условиях. Изображение 3 — это снимок, сделанный с того же ракурса, но с другими предметами на столе. С одной стороны, это подтверждает недостаток глобальных средств описания изображений, показывая их нечувствительность к аффинным преобразованиям, но, с другой стороны, позволяет лучше понять свойства глобальных дескрипторов. Даже при изменении деталей сцены ее глобальная структура остается неизменной. Это позволяет определить место как ранее посещенное.

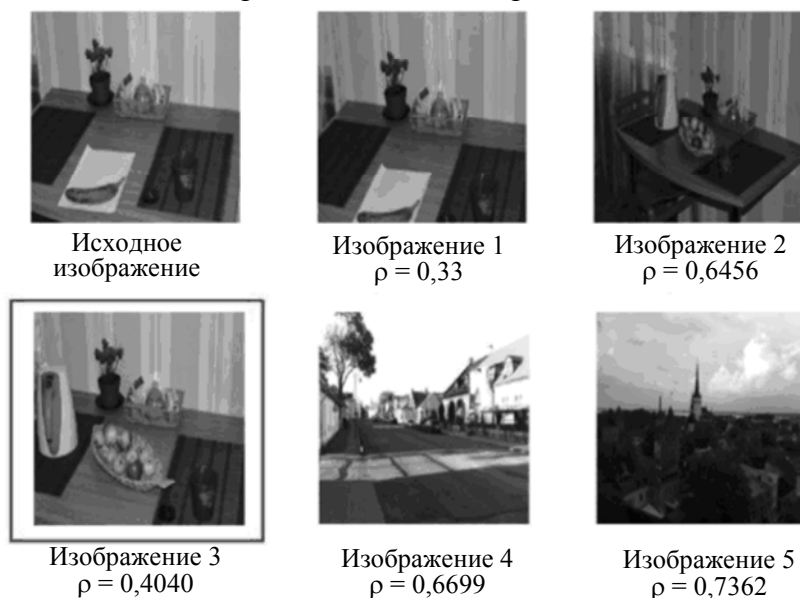


Рис. 3

В заключение следует отметить, что несмотря на очевидные недостатки глобальных дескрипторов их применение при построении карты местности с использованием мультиагентной робототехнической SLAM-системы может быть оправданным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hindreus T., Reedik V.* Synergy-based approach to quality assurance // *Estonian Journal of Engineering*. 2009. P. 87—98.
2. *Carson Ch., Belongie S., Greenspan H., Malik J.* Blobworld: image segmentation using expectation-maximization and its application to image querying // *IEEE Transact. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2002. Vol. 24, N 8. Art. 19. P.1026—1038.
3. *Aditya V., Anil J., Zhang Hong Jiang.* On image classification: city images vs. landscapes. // *Pattern Recognition*. 1998. Vol. 31. P. 1921—1935.
4. *Douze M., Jégou H., Sandhawalia H., Amsaleg L., Schmid C.* Evaluation of GIST descriptors for web-scale image search. // *Proc. of the ACM Intern. Conf. on Image and Video Retrieval*. 2009. Art. 19.
5. *Oliva A., Torralba A.* Modeling the Shape of the Scene: A Holistic Representation of the Spatial Envelope. // *Intern. J. Comput. Vision*. 2001. Vol. 42, N 3. P.145—175.
6. *Liu Yang, Zhang Hong.* Visual loop closure detection with a compact image descriptor // *Proc. of the Intern. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. 2012. P.1051—1056.
7. *Murillo A. C., Singh G.* Localization in urban environments using a panoramic gist descriptor // *IEEE Transact. on Robotics*. 2013. Vol. 29, N 1. P. 146—160.

**Дмитрий Шварц**

**Сведения об авторах**

— Таллинский технологический университет, кафедра мехатроники; научный сотрудник; E-mail: dmitry.shvarts@ttu.ee

**Дмитрий Владимирович Куприянов**

— аспирант; Университет ИТМО, кафедра мехатроники; E-mail: qudmv@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
мехатроники Университета ИТМО

Поступила в редакцию  
05.04.16 г.

**Ссылка для цитирования:** Шварц Д., Куприянов Д. В. Построение карт местности робототехническими системами // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2016. Т. 59, № 8. С. 695—698.

**MAP CREATION WITH ROBOTIC SYSTEMS**

**D. Shvarts<sup>1</sup>, D. V. Kupriyanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Tallinn University of Technology, 19086, Tallinn, Estonia*

<sup>2</sup> *ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia*  
*E-mail: qudmv@yandex.ru*

Development of computer vision system for group SLAM is considered. The main objective of the robots is to create a 3D map of an environment. Possibility of application of global image description approach is discussed.

**Keywords:** multi-agent system, technical vision

**Data on authors**

**Dmitry Shvarts** — Tallinn University of Technology, Department of Mechatronics; Scientist; E-mail: dmitry.shvarts@ttu.ee

**Dmitry V. Kupriyanov** — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Mechatronics; E-mail: qudmv@yandex.ru

**For citation:** *Shvarts D., Kupriyanov D. V.* Map creation with robotic systems // *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2016. Vol. 59, N 8. P. 695—698 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-8-695-698