



УДК 004.4

## СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАКЕТА НАДВОДНОГО СУДНА

В.С. Громов<sup>a</sup>, С.М. Власов<sup>a</sup>, О.И. Борисов<sup>a</sup>, А.А. Пыркин<sup>a</sup><sup>a</sup> Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

Адрес для переписки: gromov@corp.ifmo.ru

### Информация о статье

Поступила в редакцию 15.04.16, принята к печати 06.05.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-749-752

Язык статьи – русский

**Ссылка для цитирования:** Громов В.С., Власов С.М., Борисов О.И., Пыркин А.А. Система технического зрения для роботизированного макета надводного судна // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 4. С. 749–752. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-749-752

### Аннотация

Приведены результаты работы по созданию системы технического зрения в составе обучающего комплекса для проверки систем управления макетом надводного судна. Разработанная система позволяет определить координаты и угол ориентации объекта управления с помощью внешней видеокамеры по одной опорной метке и без необходимости установки дополнительного оборудования на сам объект управления. Апробация метода проведена на робототехническом комплексе с моделью надводного судна длиной 430 мм, были определены координаты объекта управления с точностью 2 мм. Данный метод может быть применен в качестве подсистемы получения координат для систем автоматического управления надводными судами при апробации на масштабных моделях.

### Ключевые слова

система технического зрения, надводное судно, робототехнический комплекс

### Благодарности

Работа выполнена на кафедре Систем управления и информатики Университета ИТМО при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (Госзадание 2014/190 (проект 2118)).

## TECHNICAL VISION SYSTEM FOR THE ROBOTIC MODEL OF SURFACE VESSEL

V.S. Gromov<sup>a</sup>, S.M. Vlasov<sup>a</sup>, O.I. Borisov<sup>a</sup>, A.A. Pyrkin<sup>a</sup><sup>a</sup> ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

Corresponding author: gromov@corp.ifmo.ru

### Article info

Received 15.04.16, accepted 06.05.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-749-752

Article in Russian

**For citation:** Gromov V.S., Vlasov S.M., Borisov O.I., Pyrkin A.A. Technical vision system for the robotic model of surface vessel. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 4, pp. 749–752. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-749-752

### Abstract

The paper presents results of work on creation of technical vision systems within the training complex for the verification of control systems by the model of surface vessel. The developed system allows determination of the coordinates and orientation angle of the object of control by means of an external video camera on one bench mark and without the need to install additional equipment on the object of control itself. Testing of the method was carried out on the robotic complex with the model of a surface vessel with a length of 430 mm; coordinates of the control object were determined with the accuracy of 2 mm. This method can be applied as a subsystem of receiving coordinates for systems of automatic control of surface vessels when testing on the scale models.

### Keywords

technical vision system, surface vessel, robotic system

### Acknowledgements

The work was performed at the Control Systems and Informatics Department of ITMO University and was partially financially supported by the Government of the Russian Federation (Goszadanie 2014/190 (project 2118)).

Проверка систем автоматического управления надводными судами на реальных объектах зачастую затруднена. Тратится значительное время, подвергаются риску дорогостоящее оборудование и жизни лю-

дей. По этой причине первичную проверку разработок удобно выполнять на специализированных обучающих комплексах. Робототехнический комплекс предназначен для проверки на модели надводного судна таких задач, как компенсация внешних неизвестных возмущающих воздействий мультигармонической природы с запаздыванием в канале управления, сохранение заданного курса или траектории, стабилизация продольной и поперечной скоростей, а также динамическое позиционирование судна в точке при неизвестных параметрах объекта управления.

Координаты реального надводного судна в открытом водном пространстве определяются с помощью систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС). Использование подобных систем в составе робототехнического комплекса невозможно в силу ряда причин [1–5]. Это связано с малыми размерами модели, в результате чего погрешность определения координат превышает разумные пределы. Кроме того, такая навигация практически затруднена в закрытых помещениях. Составляет проблему определение ориентации исследуемой модели.

В силу представленных ограничений для определения координат модели в границах бассейна нами предложено использовать видеокамеру с системой технического зрения. Камера устанавливается над поверхностью воды, а угол обзора ее объектива охватывает все рабочее пространство макета.

Принцип идентификации объекта (модели корабля) основан на выделении из видеопотока, поступающего с камеры, точек, соответствующих цвету модели. Сигнал с видеокамеры поступает в формате цветовой модели RGB в виде трех матриц **R**, **G** и **B**, каждый элемент которых содержит значение световой интенсивности определенного пикселя рабочего пространства в однобайтовой беззнаковой форме для красного, зеленого, синего цветов соответственно.

На первом этапе проводится бинаризация изображения макета судна – уменьшение количества информации, полученной от камеры. Результатом бинаризации является матрица, совпадающая по размерам с исходным изображением, элементами которой являются только «0» или «1», причем «1» должна соответствовать контуру корабля (рис. 1, а). Первоначально выбираются желаемые значения интенсивности **I\*** для цветов, которые соответствуют окраске корабля, чтобы полученная бинарная матрица содержала только маску объекта управления. К примеру, для белой окраски желаемое значение интенсивности принято равным 230, с запасом в 25 единиц для устранения возможного эффекта недостаточной освещенности при работе объекта управления. Логическая формула бинаризации для определения маски модели надводного судна будет выглядеть следующим образом:

$$BW_{ij} = (R_{ij} \geq I^*) \& (G_{ij} \geq I^*) \& (B_{ij} \geq I^*),$$

где **BW<sub>ij</sub>** – бинаризованная матрица с маской корабля.

Для исключения влияния шумов применяется медианный фильтр, характерный для автоматической обработки изображений. Ширина окна фильтрации выбрана равной трем пикселям.

Координаты центра макета корабля определяются на основе выделения прямоугольника, в границы которого вписывается изображение макета (рис. 1, в). Точка пересечения диагоналей прямоугольника служит координатой середины модели.

Определение курса макета корабля осуществляется путем выделения на втором этапе специальной реперной точки, закрепленной в носовой части макета (красная метка на рис. 1, в) Изображение метки бинаризуется и фильтруется аналогично изображению всего макета (рис. 1, б). Условием выделения метки является ее цвет. Аналогично предыдущему этапу определяются координаты метки. Полученные координаты используются для определения ориентации макета (курса корабля). Основные этапы обработки видеосигнала показаны на рис. 1.

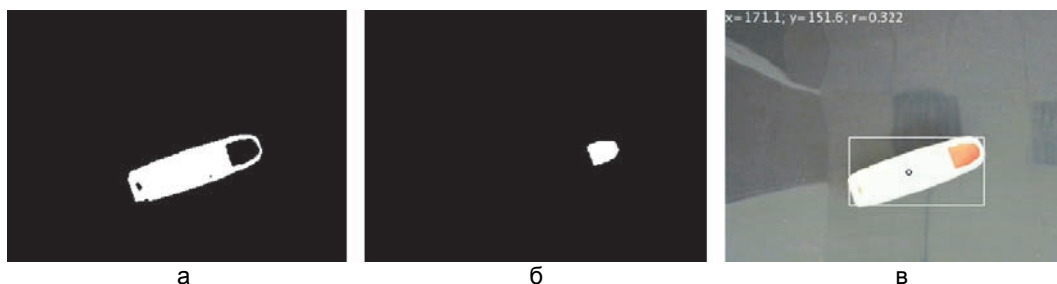


Рис. 1. Этапы обработки видеосигнала: создание маски корпуса (а); создание маски носовой метки (б); определение координат судна и курса (в)

Полученный видеосигнал обрабатывается персональным компьютером. После «привязки» полученных координат к размерам бассейна определяются координаты модели и ее курс.

При отработке новых алгоритмов управления судном задания в виде управляющих сигналов передаются на двигатели модели посредством протокола беспроводной сети Bluetooth. Выбор подобного способа беспроводной передачи данных обусловлен низкой стоимостью и распространенностью оборудования как для персональных компьютеров, так и для программируемых контроллеров [6–8].

Апробация предложенного алгоритма проводилась на макете водной акватории (в бассейне с водой объемом 150 л) в масштабе 1:32 (рис. 2). Для системы определения положения модели корабля выбрана видеокамера Logitech C270. Разрешение камеры составляет 1280×720 пикселей. Камера оснащена широкоугольным объективом и позволяет снимать видеоряд с частотой 30 кадров в секунду. Выбор камеры обусловлен тем, что в данной модели отсутствует неотключаемая автоматическая фокусировка, что исключает потерю фокусировки при постоянном перемещении модели.

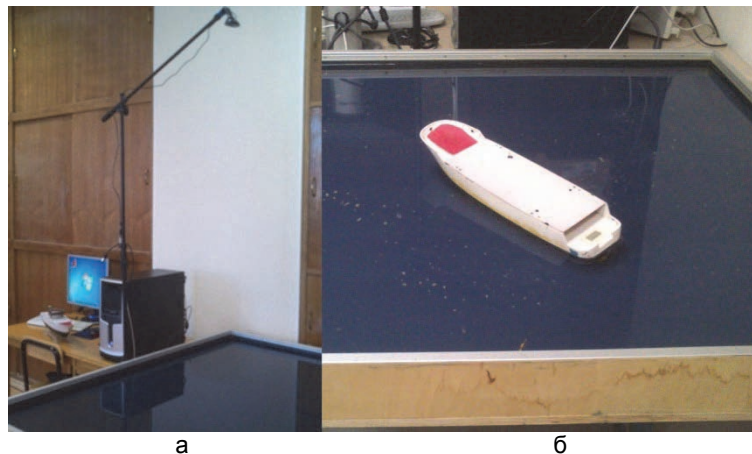


Рис. 2. Лабораторный макет: бассейн с закрепленной камерой (а); макет надводного судна в бассейне (б)

При длине модели до 430 мм точность определения координат составила величину до 2 мм, что вполне достаточно для исследования законов управления судном.

#### Литература

1. Шаветов С.В., Ведяков А.А., Бобцов А.А. Система технического зрения в архитектуре системы удаленного управления // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 2 (90). С. 164–166.
2. Михайлов Б.Б. Техническое зрение мобильных роботов // Механика, управление и информатика. 2011. №6. С. 191–201.
3. Krishnapriya S., Hariharan B., Kumar S. Resolution scaled quality adaptation for ensuring video availability in real-time systems // Proc. IEEE 14<sup>th</sup> Int. Conf. on High Performance Computing and Communication. Liverpool, UK, 2012. P. 873–878. doi: 10.1109/HPCC.2012.124
4. Van Phuoc P., Chung S.-T., Kang H., Cho S., Lee K., Seol T. Design and implementation of versatile live multimedia streaming for IP network camera // Proc. Int. Conf. on Advanced Technologies for Communications, ATC 2013. Ho Chi Minh, Viet Nam, 2013. P. 525–530. doi: 10.1109/ATC.2013.6698171
5. Chen L., Shashidhar N., Liu Q. Scalable secure MJPEG video streaming // Proc. 26<sup>th</sup> Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications Workshops, WAINA 2012. Fukuoka, Japan, 2012. P. 111–115. doi: 10.1109/WAINA.2012.163
6. Yeoh K.J.M., Wong H.L. Web-based remote navigational robot for multiclass human-robot interaction // IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology. 2012. Art. 6408396. P. 170–175. doi: 10.1109/STUDENT.2012.6408396
7. Subowo N., Wang B., Timberlake J., Parajuli S., Stuart B., Wang J., Patek S.D. Assessing dynamic utility specification as a means for improving surveillance-related tasks in wireless streaming video applications // IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium SIEDS10. Charlottesville, VA, US, 2010. P. 100–105. doi: 10.1109/SIEDS.2010.5469672
8. Zhang S., Cui X. Design and implementation of network camera based on TMS320DM365 // Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce, AIMSEC 2011. Zhengzhou, China, 2011. P. 3864–3867. doi: 10.1109/AIMSEC.2011.6010075

<b>Громов Владислав Сергеевич</b>	– аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, gromov@corp.ifmo.ru
<b>Власов Сергей Михайлович</b>	– аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, vlasov.serge.m@gmail.com
<b>Борисов Олег Игоревич</b>	– аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, borisov@corp.ifmo.ru
<b>Пыркин Антон Александрович</b>	– доктор технических наук, доцент, профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, a.pyrkin@gmail.com

- Vladislav S. Gromov* – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, gromov@corp.ifmo.ru
- Sergey M. Vlasov* – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, vlasov.serge.m@gmail.com
- Oleg I. Borisov* – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, borisov@corp.ifmo.ru
- Anton A. Pyrkin* – D.Sc., Associate professor, Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, a.pyrkin@gmail.com