

DOI: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.06.036>
УДК 004.896

О.Н. СУХОРУЧКИНА, старш. науч. сотр.,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН и МОН Украины, просп. Глушкова, 40, Киев 03187, Украина,
sukhoru@irtc.org.ua

Н.В. ПРОГОННЫЙ, науч. сотр.,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН и МОН Украины, просп. Глушкова, 40, Киев 03187, Украина,
progonny@gmail.com

О ФОРМИРОВАНИИ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ РЕСУРСАМИ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Рассматриваются вопросы практической реализации методики последовательного анализа информации об объектах внешней среды, поступающей от сенсора-дальномера автономного мобильного робота и его бортовой видеокамеры. Предложена технология автоматического формирования расширенного представления модели объекта в специальных структурах долговременной памяти робота.

Ключевые слова: автономный мобильный робот, сенсорная подсистема, пространственное восприятие, модель объекта.

Введение

Современная робототехника ориентирована на создание таких систем, которые способны автономно функционировать в условиях слабо детерминированной и нестационарной среды, выполняя широкий спектр заданий пользователя. Сегодня такие технические системы принято относить к классу сервисных роботов в отличие от промышленных, изменение рабочей среды которых достаточно строго ограничено технологическими требованиями конкретного производства. Автономные действия робота в непредсказуемых условиях, очевидно, не могут выполняться по заранее заложенной программе. Возможность самостоятельно движущейся технической системы, своевременно реагируя на изменения окружающей обстановки, принимать решения о том, какие действия актуальны для текущей ситуации и ведут к достижению

целевого состояния, — главная особенность интеллектуального управления мобильным роботом. При этом теоретические аспекты искусственного интеллекта и методов образного мышления предполагают способность технической системы целенаправленно оперировать образами как компактными структурами памяти, отображающими определенные свойства окружающих робот объектов в рамках тех физических модальностей, которые способна воспринимать сенсорная подсистема робота.

Мобильный робот (МР), как движущаяся техническая система, для безопасного и эффективного автономного функционирования нуждается, прежде всего, в выявлении пространственных характеристик окружающих объектов. Выполнение роботом заданий по поиску, преследованию и перемещению определенных объектов требует его способности формировать и распознавать образы объектов как препятству-

ющих движению, так и являющихся целевыми для соответствующих заданий пользователя.

В статье показана информационная технология формирования моделей (образов) объектов ресурсами интеллектуальной системы управления МР *ERIC*, разработанной в Международном научно-учебном центре информационных технологий и ситем НАН и МОН Украины и описанной, например в [1].

Постановка задачи

Рассматривается автономный МР, оснащенный определенным набором сенсоров и видеокamerой, имеющий интеллектуальную систему управления оригинальной разработки. Рабочая среда МР — помещения с неизвестным расположением различных объектов неизвестной формы и вида. Интерес представляет информационная технология формирования структурного представления образов объектов в долговременной памяти МР, пригодных для дальнейшего их использования в автономной деятельности робота. Технологию составляет совокупность практически реализованных программных ресурсов системы управления МР, поддерживающих автономные действия робота по сбору, анализу и интерпретации пространственной и визуальной информации об изучаемых объектах [2].

Характеристики сенсорной подсистемы МР *ERIC*

Оснащенность МР конкретным набором устройств восприятия окружающей среды предопределяет потенциальные возможности взаимодействия данной технической системы с внешним миром. Внутреннее текущее состояние МР характеризуется данными соответствующих датчиков единого системного времени, уровня заряда батареи питания, состояния подвижных сочленений захватного устройства, режимов движения управляемых колес подвижной платформы робота. Набор таких устройств в совокупности с соответствующим программным обеспечением (ПО), отвечающим за параллельные процессы получения данных, их

первичной обработки, анализа и интерпретации, составляет сенсорную подсистему робота.

Как правило, современный сенсор — самостоятельное микропроцессорное устройство, работающее с определенной тактовой частотой. Для единой системы пространственного восприятия движущегося робота принципиально значимым является наличие программных механизмов сведения фактически асинхронных процессов восприятия внешнего мира сенсорами различных физических модальностей к единому времени функционирования управляющей системы МР и ассоциации этих данных с определенным положением МР в пространстве. Таким образом создается внутреннее представление в памяти робота обобщенной карты (модели) внешнего мира. Недостаточная согласованность во времени сенсорной информации разного типа, а также сенсорной информации с данными о положении МР приводит к искривлению геометрии модели мира и последующим ошибкам навигации робота.

Один из путей аппаратно-программной синхронизации получения сенсорных данных от различных устройств — использование сенсорной сети стандарта *CAN* (*Controller Area Network*) [3]. Обобщенная схема сенсорной сети МР *ERIC*, объединяющей микропроцессорные узлы по протоколу *CAN*, показана на рис. 1. Здесь *C1* — термо-сенсор; *C2* — сенсор освещенности; *C3* — сенсор-дальномер; *C4* — сенсор безопасности движения.

Применение апробированного решения распределенной сенсорной *CAN*-сети обеспечивает мульти-сенсорную передачу информации со скоростью до 1 Мбит/с и позволяет контролировать такие важные свойства как приоритетность сообщений от сенсорных узлов, гарантированное время их отклика при опросе, групповой прием данных с синхронизацией времени, непротиворечивость данных и сигнализация о выявленных ошибках и т.п.

Разработанное ПО менеджера сенсорной сети позволяет на бортовом компьютере МР выделиться самостоятельный вычислительный процесс с контролируемой временной синхронизацией сбора сенсорных данных от устройств

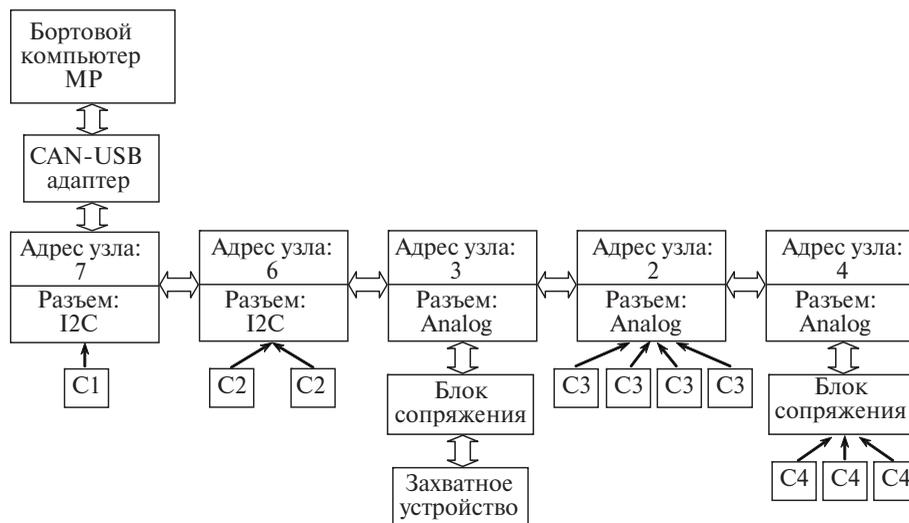


Рис. 1. Состав и топология соединения узлов сенсорной сети МР ERIC

различного типа, продуцирующих сигналы различных физической модальности и функциональной значимости.

Помимо специализированных сенсоров, МР оснащен стандартной Веб-камерой, жестко закрепленной на корпусе робота. Центральная ось камеры лежит в одной плоскости с продольной осью платформы МР и имеет наклон 21° вниз для восприятия визуальной информации непосредственно перед корпусом робота. Угол обзора камеры 43° , разрешающая способность 640×480 пикселей, кодирование цвета — 24 бит.

Веб-камера имеет USB-интерфейс с бортовым компьютером МР. Обобщенная схема аппаратных модулей сенсорной подсистемы МР ERIC показана на рис. 2, где МП_{*i*}, $i = 1, \dots, 5$, — микропроцессорный узел сенсорной сети.

Выделение пространственных и визуальных признаков объектов

Процесс формирования модели объекта требует определенных методик выделения характерных признаков, присущих именно данному объекту, из множества наблюдений, получаемых сенсорной подсистемой МР. При этом

могут рассматриваться как методики самостоятельного анализа каждого из имеющихся физических типов сенсорных сигналов, так и комплексный анализ данных принципиально различной физической природы.

Последнему подходу уделено внимание разработчиков таких специализированных устройств, как *Kinect* (корпорация *Microsoft*) и *ToF* (*Time-of-Flight*) камеры нескольких производителей. Эти устройства реализованы на основе сходной идеи интеграции видеокamеры и матрицы дальномеров (либо лазерного сканера *LIDAR*), поддерживаемой аппаратно-программной синхронизацией процессов регистрации изображения и дальнометрии, что позволяет эффективно синтезировать пространственные модели объектов, необходимые для автономной навигации подвижных технических систем. Однако информативная наполненность синтезированных такими устройствами представлений 3D моделей объектов недостаточна для их непосредственного использования в задачах распознавания этих объектов. Данные устройства активно используются в современной робототехнике для обеспечения безаварийного движения беспилотных транспортных средств путем эффективного построения карты пространства на пути их движения. Не всегда оправдано оснащение подобными дорогостоящими устройствами

сервисных МР, движущихся на невысоких скоростях в помещениях, обход препятствий для которых — существенная, но не главная функциональная задача. Поэтому на сервисных МР бюджетного класса с широким целевым интересом к окружающим объектам по-прежнему принято использовать более простые и дешевые сенсоры-дальномеры.

В рассматриваемом случае для безопасной и целенаправленной навигации автономного МР особую важность представляет определение формы и положения объектов в рабочей среде МР. Наиболее распространенным источником данных такого рода в робототехнике служат локационные сенсоры различного типа, в том числе ультразвуковые дальномеры. В [4] показана последовательность преобразований и интерпретации множества измерений дальномеров, возникающего в результате сканирующих движений МР. Разработанная библиотека программных процедур позволяет формировать компактное представление моделей фрагментов поверхностей объектов, попавших в зону чувствительности сенсора-дальномера. Для построения геометрической модели контура объекта робот может собирать и интерпретировать дальнометрические данные, двигаясь определенным образом вокруг изучаемого объекта.

Модель объекта, сформированная только лишь на основании его геометрических характеристик, может оказаться недостаточно функционально эффективной, если изучаемый объект в дальнейшем окажется целевым для таких заданий МР, как поиск, преследование, взятие объекта или подход к данному объекту, положение которого неизвестно. Для подобных автономных действий ранее сформированное представление модели объекта в памяти робота должно обеспечивать возможность его однозначной идентификации и качественного определения взаимного положения данного объекта и исполнительных органов МР.

Безусловно, визуальное наблюдение окружающей робот обстановки — наиболее информативно. Однако на этапе автоматического формирования образа объекта непосред-

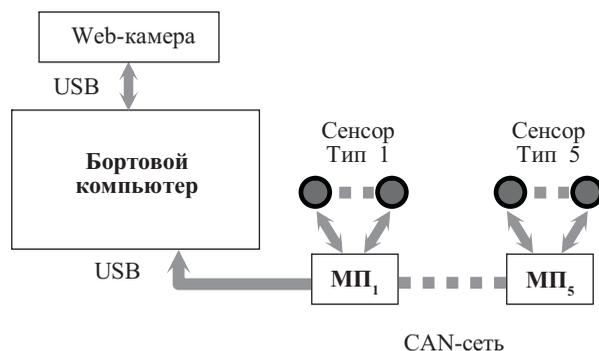


Рис. 2. Обобщенная схема сенсорной подсистемы МР ERIC

ственное выделение его визуальных характеристик лишь на основании анализа текущих изображений бортовой камеры робота представляется неопределенной задачей. В силу наполненности текущего изображения камеры отображениями различных элементов обстановки, окружающей исследуемый объект, классическая задача отделения объекта от фона не может быть решена без информации из иных источников, какой именно объект следует выделить.

Известны весьма эффективные методы и технологии выделения признаков на изображениях объектов и формирования библиотек таких признаков, представленных в специализированных форматах памяти, используемых в дальнейшем для распознавания таких объектов на изображениях с произвольным фоном. Успешность такого подхода обусловлена тем, что на этапе формирования библиотек признаков определенных объектов, на вход программы подаются эталонные изображения изучаемого объекта с полностью отсутствующим фоном. Это дает программе возможность выделить и запомнить визуальные признаки именно данного объекта. Такая технология требует *ручной* подготовки эталонных изображений объекта, на которых отсутствуют посторонние элементы фона.

Один из успешных методов формирования визуальных моделей объектов для их последующего распознавания — метод *SIFT* (*Scale Invariant Feature Transform*) [5]. Данный метод

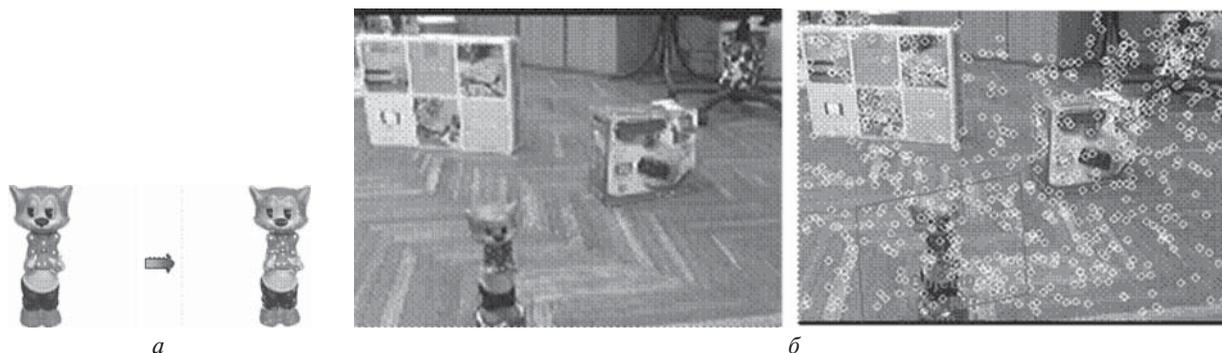


Рис. 3. Формирование визуальных признаков объекта и его идентификация методом *SIFT*



Рис. 4. Модельное отображение камерой робота модели части объекта (слева) и фактическое изображение бортовой камеры (справа)

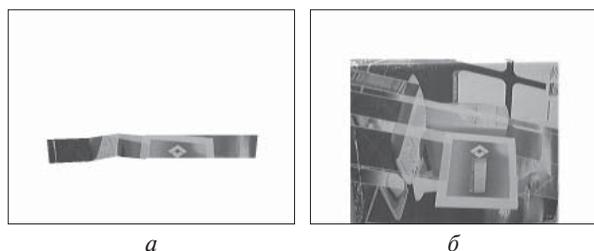


Рис. 5. Последовательное выделение изображения объекта

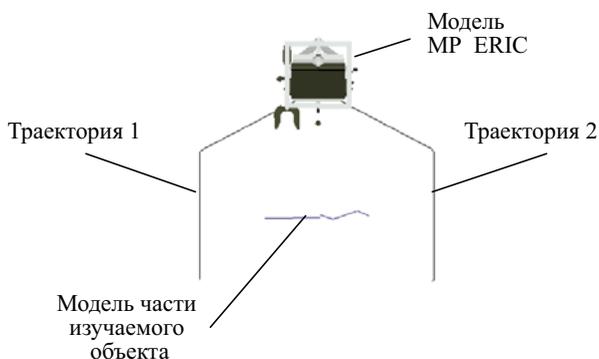


Рис. 6. Возможные траектории движения МР вокруг объекта

выделения и представления в специализированных структурах памяти множества описателей особых (ключевых) точек, присущих изображению конкретного объекта, широко применяется в робототехнике. В основе процесса распознавания объектов лежит поиск соответствий между множествами признаков, составляющих визуальные модели конкретных объектов и сохраненных на этапе формирования описателей их ключевых точек, и локальными подмножествами признаков, выявляемых по всему полю текущего изображения [6]. Процесс идентификации объекта сводится к принятию решения о сходстве какого-либо подмножества визуальных признаков, выявленных в исследуемом текущем изображении, с какой-либо эталонной визуальной моделью объекта, хранимой в библиотеке визуальных признаков объектов. Для примера на рис. 3, *а* показано эталонное изображение игрушки и множество ключевых точек, присущих этому объекту и сохраненных в памяти робота. На рис. 3, *б* — результат идентификации данного объекта в текущем изображении бортовой камеры МР.

Как указано выше, реализации автоматического формирования множества визуальных признаков конкретного объекта в окружении робота по текущим изображениям его бортовой камеры препятствует наличие в кадрах посторонних элементов окружающей обстановки. Для определения положения изображения изучаемого объекта на всем поле изображения камеры, предложено совмещение

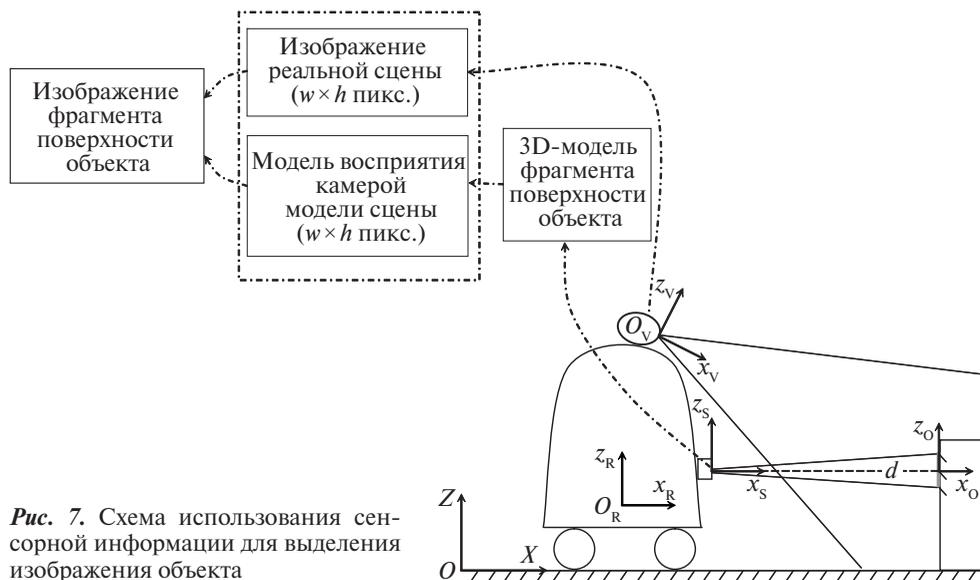


Рис. 7. Схема использования сенсорной информации для выделения изображения объекта

результатов интерпретации дальнометрической информации, собранной при сканировании пространства перед МР, с анализом изображений бортовой камеры, ассоциируемых с определенными положениями робота во время сканирования.

Познавательные действия МР, движущегося вокруг изучаемого объекта, заложены в алгоритме задания «Изучи объект» и представляют следующую последовательность:

- сканирующие движения робота для сбора и интерпретации связанного множества измерений дальномера с построением 3D модели части поверхности объекта, попавшей в зону сканирования;

- разворот МР так, чтобы построенная модель поверхности объекта оказалась в центре изображения модели видеокамеры и сохранение фактического изображения видеокамеры, соответствующего данному положению МР (рис. 4);

- перемещение МР на расстояние от объекта, соответствующее началу зоны видимости камерой робота нижней кромки объекта на опорной поверхности (для МР ERIC это расстояние равно 67 см);

- создание синтезированного изображения путем выделения из реального изображения

той части, которая соответствует положению построенной ранее модели поверхности объекта на модели изображения внешнего мира МР, воспринимаемого его камерой из данного положения (рис. 5).

Такие действия можно ассоциировать с выделением только той части изображения, которая соответствует положению ощущаемой дальномером поверхности.

На рис. 4 показаны элементы графического интерфейса пользователя МР ERIC, отображающие то, как модель камеры робота воспринимает модель объекта (слева), и фактическое изображение бортовой камеры (справа). На рис. 5, а показано синтезированное изображение части изучаемого объекта в зоне одного продольного сканирования, на рис. 5, б — синтезированное изображение по результатам последовательности продольных сканирований на разной высоте поверхности изучаемого объекта.

Изображение, показанное на рис. 5, б, получено автоматически ресурсами программного обеспечения МР ERIC и соответствует требованиям к эталонному изображению, поступающему, например, в алгоритм, реализующий метод *SIFT* для выделения ключевых точек и формирования визуальной модели данного



Рис. 8. Структуры представления моделей объектов в памяти МР

объекта в конкретном ракурсе, связанном со значением взаимного углового положения камеры МР и объекта.

Возможность практической реализации предложенной технологии автоматического формирования образа объекта в различных ракурсах ресурсами автономного МР зависит от успешности выполнения роботом полного обхода изучаемого объекта. В рассматриваемом случае использовано итерационное планирование траектории обхода объекта, опирающееся на последовательно наращиваемую геометрическую модель в результате очередного сканирования его поверхности после прохождения определенного пути. Безусловно, наличие объектов-препятствий вокруг изучаемого объекта не позволят сформировать характеристики его образа во всех ракурсах. Первая итерация планирования траекторий движения МР вокруг модели объекта, построенной по результатам первого сканирования, показана на рис. 6.

На рис. 7 схематично изображена предложенная технология комплексного использования сенсорной и визуальной информации МР.

Помимо описанной задачи автоматической подготовки эталонных изображений объекта для формирования модели его визуальных признаков, совместное использование сенсорной и визуальной информации оказы-

вает существенную роль в задаче выделения контура однотонно окрашенных объектов на сложных изображениях. В [7] показана методика реализации алгоритма выделения фрагмента изображения, заведомо принадлежащего исследуемому объекту, основанная на использовании 3D модели данного объекта, полученной по его восприятию локационным сенсором робота. Кроме того, получаемые при этом параметры — протяженность воспринятого локационным сенсором фрагмента поверхности объекта и присущие ему цветовые характеристики, определенные по фрагменту его изображения, позволяют выполнить поиск в памяти МР уже имеющихся 3D моделей объектов-претендентов, обладающих сходными характеристиками, и ускорить процесс идентификации исследуемого объекта.

Представление моделей объектов в памяти МР

Как показано выше, ресурсы МР *ERIC* позволяют автоматически выделять пространственные и визуальные признаки изучаемых объектов и формировать их описание в специальных структурах долговременной памяти робота. На рис. 8, а схематично показана структура памяти МР для представления моделей объектов в долговременной и оперативной памяти робо-

та и пример описания конкретного объекта (рис. 8, б).

Показанные структуры отражают целенаправленное преобразование первоначально поступающей избыточной информации о состоянии внешней среды МР в небольшое число параметров, необходимых для формирования в памяти робота пространственного восприятия и дальнейшего принятия решений о целесообразных действиях при выполнении различных заданий пользователя.

Заключение

Статья посвящена практической реализации методики последовательного анализа информации об объектах внешней среды, поступающей от сенсора-дальномера МР и его бортовой видеокамеры, которая применена в алгоритме автономного выполнения роботом задания по изучению целевого объекта для автоматического формирования представления совокупной модели объекта в специальных структурах памяти.

Совместное использование информации из источников, различных по своей физической модальности, форматам первичного представления данных, функциональному назначению и дискретностям получения, обеспечивается:

- сведением первоначально избыточной сенсорной информации к небольшому числу значимых параметров, формирующих пространственные модели объектов;

- едиными структурами окончательного отображения сформированных образов объектов внешнего мира в памяти МР;

- специализированными программными механизмами диспетчеризации и синхронизации информации различных модальностей, реализованными на базе технологии программирования многопоточковых приложений [8].

Фактическое оснащение конкретного МР средствами сбора информации в виде совокупности технических, методических, алгоритмических, программных и аппаратных реализаций восприятия свойств объектов внешнего мира предопределяет его способности взаимодействия с внешней средой. Набор различных параметров внешней среды, который способна оценить конкретная система, лежит в основе структур памяти для описания моделей окружающих ее объектов.

Цель подобных исследований — преодоление недостатков, порождаемых анализом данных только одного информационного канала, повышение качества идентификации объектов внешней среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухоручкина О.Н. Структуры функциональной организации интеллектуализированного управления мобильной системой. УСиМ. 2007. № 3. С. 26—33, 63.
2. Сухоручкина О.Н. Структуры и информационные процессы интеллектуального управления мобильным роботом. Збірник наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. Київ, 2012. Вип. 62. С. 93—101.
3. Controller Area Network (CAN), an overview // <http://www.can-cia.de/can/>
4. Сухоручкина О.Н., Прогонный Н.В., Воронов М.А. Интерпретация и использование измерений сенсора-дальномера в задачах управления автономным роботом. УСиМ. 2017. № 1. С. 26—34.
5. Lowe David G. Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image, US Patent 6,711,293, March 23, 2004.
6. Lowe David G. Object recognition from local scale-invariant features. International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece (September 1999). 1999. P. 1150—1157.
7. Сухоручкіна О.М., Захаров А.О. Про методику ідентифікації об'єктів за візуальними та сенсорними даними інтелектуальної рухомої платформи. Праці Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ-2010”, Київ, 2010. С. 11—14.
8. Ільїн С.О. Особливості програмної реалізації системи керування мобільним роботом. УСиМ, 2007. № 4. С. 28—42.

Стаття надійшла 04.12.18

REFERENCES

1. Sukhoruchkina, O.N., 2007. "The structures of functional organization of the mobile cybernetic system intelligent control". *Upravlausie sistemy i masiny*, 3, pp. 26—33, 63. (In Russian).
2. Sukhoruchkina, O.N., 2012. "The structures and information processes of the mobile robot intelligent control". *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu problem modelyuvannya v energetytsi im. Ye. Pukhova NAN Ukrainy*, Kyiv, 62, pp. 93—101. (In Russian).
3. Controller Area Network (CAN), an overview, [online] Available at: <<http://www.can-cia.de/can/>> [Accessed 16 Jan. 2018].
4. Sukhoruchkina, O.N., Progonnyi, N.V., Voronov, M.A., 2017. "Interpretation and use of measurements of the rangefinder sensor in the control tasks of the autonomous robot". *Upravlausie sistemy i masiny*, 1, pp. 26—34. (In Russian).
5. Lowe David G. Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image, US Patent 6,711,293, March 23, 2004.
6. Lowe David G. Object recognition from local scale-invariant features. *International Conference on Computer Vision*, Corfu, Greece (September 1999). 1999. pp. 1150—1157.
7. Sukhoruchkina, O.N., Zakharov, A.O., 2010. "On object identifying technique using visual and sensory data of the intelligent mobile platform". *Pratsi Vseukrainskoi mizhnarodnoi konferentsii "UkrOBRAZ-2010"*, Kyiv, pp. 11—14. (In Ukrainian).
8. Iiin, S.O., 2007. "Special features of software implementation of the mobile robot control system". *Upravlausie sistemy i masiny*, 4, pp. 28—42. (In Ukrainian).

Received 04.12.18

O.N. Sukhoruchkina, Senior researcher,
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems
of the NAS and MES of Ukraine, Glushkov ave., 40, Kyiv, 03187, Ukraine,
sukhoru@irtc.org.ua

N.V. Progonnyi, Researcher,
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems
of the NAS and MES of Ukraine, Glushkov ave., 40, Kyiv, 03187, Ukraine,
progonny@gmail.com

ON THE FORMATION OF THE OBJECT MODELS BY AUTONOMOUS MOBILE ROBOT RESOURCES

Introduction. A modern mobile robot (MR) of a service type is a technical system that autonomously moves and performs various missions of the user in a dynamical changing environment. For safe and efficient of the MR functioning, first of all it is necessary to identify the spatial characteristics of the surrounding objects as the obstacles to robot movement. However, if the MR mission is related to the search, pursuit, movement of certain objects or the approach to them, the information technology (IT) of the automatic formation of the objects models as the long-term MR memory specialized structures is topical for future recognitions this objects in environment.

Purpose — representation of the IT of the automatic formation of the object models, based on the sensor-range finder data and an on-board camera image of the MR ERIC (our MR experimental sample). These models should contain both spatial characteristics and visual features of the objects.

Methods. The presented IT based on the use of methods for analyzing and interpreting sets of range finders measurements for constructing a geometric object model and on the algorithms for the finding and description of key features of an object image. To do this, we propose a technique for the automatic synthesis of a reference image based on the current on-board camera images. The reference image contains only the target object without any background elements from the environment.

Results. The proposed IT is used as the basic information functionality for the algorithm of autonomous MR mission "Examine object". When the MR ERIC autonomously moves around the target object, the special structures of its long-term memory are filled with the spatial and visual characteristics of this object.

Conclusion. The proposed IT allows you to abandon the stage of forming a library of visual features of objects with the participation of a person. The sequential analysis of two type of information about the target object — from range finder and images from MR on-board camera, which corresponds to the same position of the MR in relation to the object, has allowed

to automatically synthesize the reference images and formed the model of this object as a set of its spatial parameters and visual features. Formed models can be used in the autonomous execution of MR missions for which objects with known models are the target objects but their positions in space are initially unknown.

Keywords: autonomous mobile robot, sensor subsystem, spatial perception, object model.

О.Н. Сухоручкіна, старш. наук. співроб.,

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН України і МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ, 03187, Україна,
sukhoru@irtc.org.ua

Н.В. Прогонний, наук. співроб.,

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН України і МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ, 03187, Україна,
progonny@gmail.com

ПРО ФОРМУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ РЕСУРСАМИ АВТОНОМНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Вступ. Сучасний мобільний робот (МР) сервісного типу — технічна система що цілеспрямовано автономно рухається та виконує різноманітні завдання користувача у змінному середовищі. Для безпечного та ефективного функціонування МР потребує виявлення насамперед просторових характеристик оточуючих об'єктів як перешкод його руху. Однак, якщо завдання МР пов'язані з пошуком, переслідуванням, переміщенням певних об'єктів або наближенням до них, актуальною є інформаційна технологія (ІТ) автоматичного формування образів (моделей) об'єктів у спеціалізованих структурах довгочасної пам'яті робота для їх подальшого розпізнавання у робочому середовищі.

Мета статті — представлення ІТ автоматичного формування моделей об'єктів, спираючись на дані сенсора-далекоміра та зображення бортової камери діючого прототипу МР *ERIC*. Сформовані моделі повинні містити як просторові характеристики так і візуальні ознаки об'єктів.

Методи. Представлена ІТ спирається на використання методів аналізу та інтерпретації множин вимірів далекомірів для побудови геометричної моделі об'єкта та алгоритми виділення ключових ознак зображення об'єкта. Для цього запропоновано методику автоматичного синтезу еталонного зображення, яке містить лише цільовий об'єкт без будь-яких елементів фону.

Результат. Запропоновану ІТ використано як базову інформаційну функціональність алгоритму виконання роботом завдання «Вивчи об'єкт». МР *ERIC* автономно рухаючись навколо цільового об'єкту заповнює спеціальні структури своєї довгочасної пам'яті з відображенням просторових та візуальних характеристик цього об'єкта.

Висновок. Запропонована ІТ дозволяє відмовитись від етапу формування бібліотеки візуальних ознак об'єктів за участю людини. Послідовний аналіз інформації далекомірів про цільовий об'єкт та зображень бортової камери МР, які відповідають тому ж самому положенню МР відносно об'єкта, дозволив автоматично синтезувати еталонні зображення та формувати образи об'єктів як сукупність їх просторових моделей та візуальних ознак. Сформовані моделі можуть бути використані під час автономного виконання роботом завдань, для яких об'єкти з відомими моделями є цільовими але їх положення у просторі спочатку невідомі.

Ключові слова: автономний мобільний робот, сенсорна підсистема, просторове сприйняття, модель об'єкта