

УДК 004.896:007.52

С.А. Манцеров, К.В. Ильичев

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАСШТАБИРУЕМОЙ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

Рассматривается задача создания и использования робототехнических систем коллективного взаимодействия в недетерминированных условиях внешней среды. Приводятся результаты моделирования мехатронной робототехнической системы группового взаимодействия в среде NI LabVIEW Robotics Environment Simulator.

Ключевые слова: групповая робототехника, среда моделирования, LabVIEW, сенсоры, лидар.

Научно-технический прогресс последних десятилетий имеет прочную связь с интеллектуальным продуктом, а также с различными открытиями и изобретениями, создаваемыми в результате инновационной деятельности. При этом их роль в современной экономике непрерывно возрастает изо дня в день. Без применения инноваций невозможно создавать конкурентоспособную продукцию, имеющую высокую степень наукоемкости и новизны. Именно инновации занимают одно из центральных мест в современной рыночной экономике, так как ведут к созданию новых потребностей, снижению себестоимости продукции, а также притоку инвестиций. Для потребителя продукты инновационной деятельности представляют собой максимально простые и удобные решения многих проблем.

Робототехника является одним из ведущих направлений современной прикладной науки. Данное направление занимается созданием и внедрением в жизнь человека автоматических машин, существенно облегчающих как промышленную сферу деятельности человека, так и его бытовую жизнь. В настоящее время на многих различных предприятиях роботы выполняют большую часть различных по характеру работ. Активно создается различная техника с высоким уровнем интеллекта, позволяющая изучать космическое пространство и подводные глубины. Все это говорит о том, что роботостроение является существенно развитой отраслью промышленности.

Групповая или роевая робототехника – это направление в науке, которое ставит задачу изучения и нахождения новых подходов к координации систем, состоящих из большого количества роботов, преимущественно обладающих простой конструкцией. В таких системах прогнозируемое поведение коллектива является результатом взаимодействия единиц роботов между собой, а также с окружающей средой. Результаты биологических исследований насекомых, а именно муравьев, пчел, а также результаты исследований в иных областях природы, где имеет место роевое поведение, были адаптированы в направление по искусственному роевому интеллекту.

Каждое действие единицы робота в такой системе должно быть обусловлено деятельностью всего роя. Взаимодействие и взаимосвязь между рядовыми роботами в системе упорядочено, существуют правила и задачи для каждого отдельного участника. Именно взаимодействие между членами группы и создает постоянную обратную связь. Соответственно сложное организованное поведение целого роя воплощается благодаря простым правилам индивидуального поведения. Понятие центрального управления уходит на второй план, вместо него возникает роевой и даже групповой интеллект внутри одного большого роя. Управление системой будет осуществляться исходя из общей задачи группы, а также из положения каждого отдельного робота в определенный момент времени, предсказывая поведение окружающих участников.

Создание подобных сложных систем, состоящих из простых компонентов, связано с решением целого ряда специфических проблем, типичных для совместной работы роботов. Среди них отмечаются такие, как:

- непредсказуемое постоянное изменение внешней среды вплоть до сознательного противодействия;
- наличие неполного объема данных о внешней среде и о других участниках группы;
- большое разнообразие векторов путей достижения цели, структур коллектива, распределения ролей и т.д.;
- распределенный и динамический характер планирования действий коллектива;
- проблемы, обусловленные тем, что роевые системы являют собой совокупность физических объектов, функционирующих в реальной сложной среде (проблемы надежной коммуникации, распределенность коллектива в пространстве и т.д.);
- прочие технические проблемы (архитектура сети, протоколы, операционные средства и т.д.).

Преимущества и характеристики роя роботов можно проследить, сравнив такую систему с единичным роботом. Характеристики роя роботов достаточно схожи с характеристиками роев насекомых в природе.

Индивидуальный робот обычно обладает сложной структурой и различными модулями управления, в результате чего расходы на дизайн, разработку конструкции, а также его обслуживание достаточно большие. Такой робот достаточно уязвим. Повреждение даже незначительных частей может привести к выходу из строя всей системы. В свою очередь, рой роботов выполняет поставленные задачи посредством межгруппового взаимодействия. Такие системы имеют преимущество благодаря многократному использованию простых по конструкции роботов, а также низкой себестоимости и издержек на обслуживание. Рой роботов особенно подходит для выполнения больших масштабируемых задач.

Роевые системы отличаются возможностью к масштабированию, что позволяет роботам-единицам вступить во взаимодействие или выйти из него в любое время, не прерывая выполнение задачи. Рой адаптируется к изменению численности роботов, входящих в него, используя только локальную связь. Такую систему возможно разработать с использованием беспроводных систем передачи данных в радиочастотном или инфракрасном диапазонах. Это означает, что такие системы обладают достаточной гибкостью, не требующей изменений как в конструктивной части, так и в программной. Поэтому рой роботов хорошо применим для реальных условий.

Также нельзя не отметить такое свойство подобных систем как параллелизм. Количество участников в рое роботов достаточно легко увеличивается, что дает большим по численности системам возможность фокусироваться на нескольких целях внутри одной задачи. Это говорит о том, что такой рой может выполнять задачи, связанные с несколькими целями, распределенными в огромном диапазоне окружающей среды. Таким образом, мы сокращаем время выполнения задания.

Следующей отличительным свойством является стабильность. Исходя из масштабируемости, рой роботов обладает высокой надежностью, даже когда часть единиц-роботов потеряла работоспособность вследствие воздействия различных факторов. Повреждение одного или нескольких роботов группы в общем случае не приводит к срыву выполнения операции. Уменьшение количества роботов в рое ведет к ухудшению характеристик такой системы, тем самым снижая эффективность работы роя, однако оставшаяся часть имеет тенденцию к выполнению поставленной задачи. Такая особенность особенно важна для задач в экстремальных условиях. Потеря работоспособности отдельных блоков у одиночного робота может привести к срыву выполняемой им работы, а попытки дублирования самых важных функциональных блоков робота приводит к увеличению массы, габаритов, стоимости робота, но не увеличивает эффективность работы (даже снижает, учитывая большие габариты и массу).

Нельзя не отметить экономичность подобных систем. Стоимость обслуживания, разработки и производства роев роботов существенно меньше, чем комплекс индивидуальных единичных роботов, даже если численность роя – сотни и даже тысячи. Возможно массовое производство роев роботов в отличие от серийного высокоточного производства индивидуальных роботов.

Затрагивая тему энергетических затрат, единичный робот в рое обладает простой конструкцией и имеет меньшие размеры по сравнению с индивидуальным роботом; соответственно, энергетические затраты и емкость аккумулятора не столь велики. Это означает, что жизненный цикл роя роботов может быть увеличен. В окружающей среде, где отсутствуют топливные или электроэнергетические запасы, рой роботов более пригоден, чем традиционный индивидуальный робот.

Число возможных применений роев роботов достаточно велико. Назовем основные из них:

- добыча сырья. Данное направление имеет множество применений, однако также требует большое количество навыков от роя роботов, таких как: коллективное исследование, нахождение кратчайшего пути, эффективное распределение и управление задачами. Оно также включает в себя задачу коллективной транспортировки объекта;
- работа в экстремальных ситуациях. Осуществление поисково-спасательных операций в местах природных и техногенных катастроф, а также зонах боевых действий. К примеру, рой роботов может разрешить задачу разминирования быстрее и дешевле, чем индивидуальный робот. Выполнение технологических операций, в том числе на опасных и вредных производствах. Роботы с малыми габаритами и массой могут беспрепятственно перемещаться в тесных проходах, оставаясь незамеченными для радиолокационных станций противника;
- мониторинг, разведка и изучение планеты Земля и других планет солнечной системы. Сюда же можно отнести задачи разведки территорий и акваторий в условиях организованного противодействия противника, задачи поиска пострадавших в завалах после природных или техногенных катастроф, задачи поиска и обезвреживания взрывных устройств при выполнении антитеррористических операций в условиях плотной городской застройки;
- очистка земной поверхности, акваторий морей и океанов, а также космического пространства от опасных химических и радиоактивных веществ;
- выполнение некоторых хирургических операций, например, неинвазивное удаление злокачественных опухолей.

Достижения в разработке конструкций роботов, имеют тенденцию к миниатюризации и удешевлению конструкции. Рой роботов может выполнять функции разведки, осмотра различных конструкций, сокращая время выполнения данной задачи. Роботы в рое имеют ограниченные возможности осязания, однако коллективное восприятие роя можно направить для реализации глобальных задач (построение карты местности). Такие задачи, как исследование космического пространства, использование нано-роботов в человеческих венах и артериях в медицинских целях (для борьбы с заболеваниями) можно представить в недалеком будущем.

Основополагающими факторами в роевых робототехнических системах выступают стоимость и миниатюризация. Это две главные задачи при разработке больших групп роботов. Наиболее оправданным является подход с реализацией роевого интеллекта для достижения значимого поведения на уровне группы, а не на индивидуальном уровне. Роевая робототехника открывает возможность создавать в будущем рои роботов, способных коллективно решать большое число задач, при этом информационно, а также физически объединяться в единое целое на основе принципа самоорганизации. Важно отметить, что выход из строя отдельных роботов не уменьшает или уменьшает незначительно функциональные возможности роя в целом.

В результате проведенной работы была разработана мехатронная система, при создании которой использовалась следующая парадигма: ощущение, расчет, действие, графическое представление которой изображено на рис. 1.

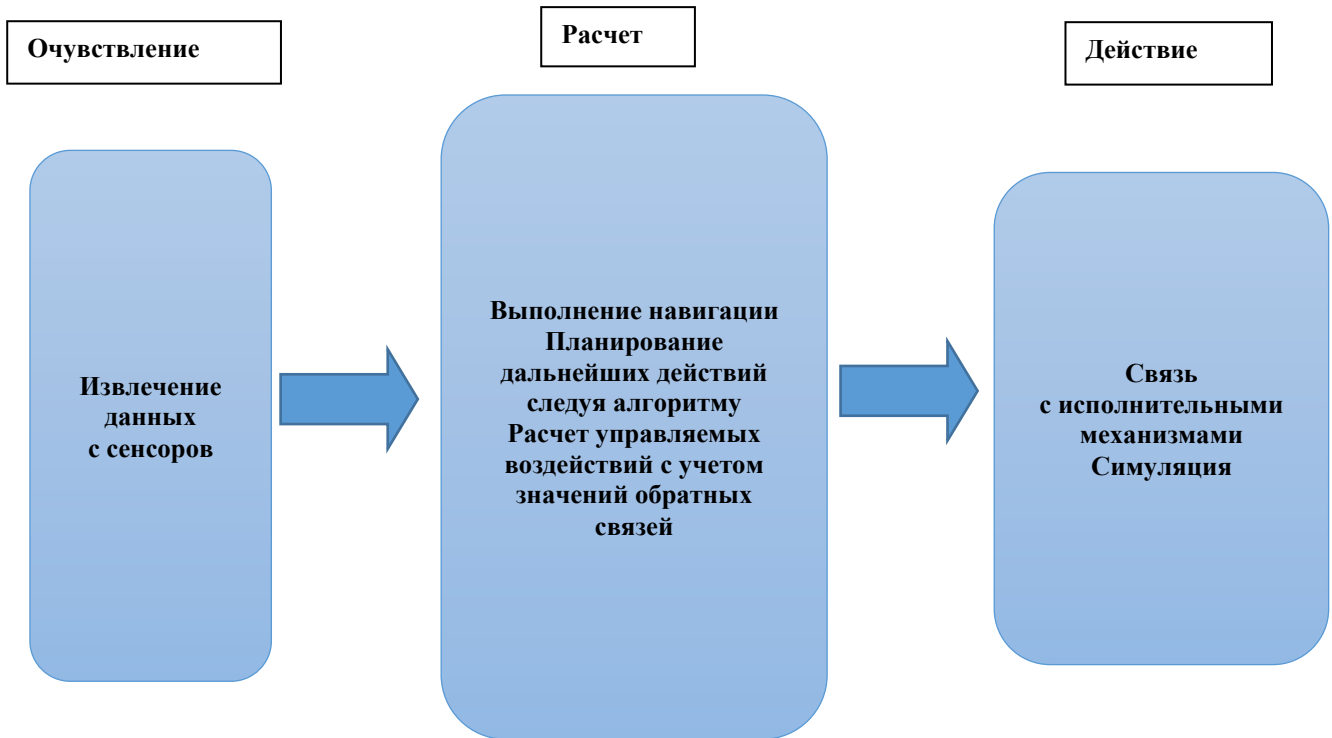


Рис.1. Графическое представление парадигмы управления мехатронной системой

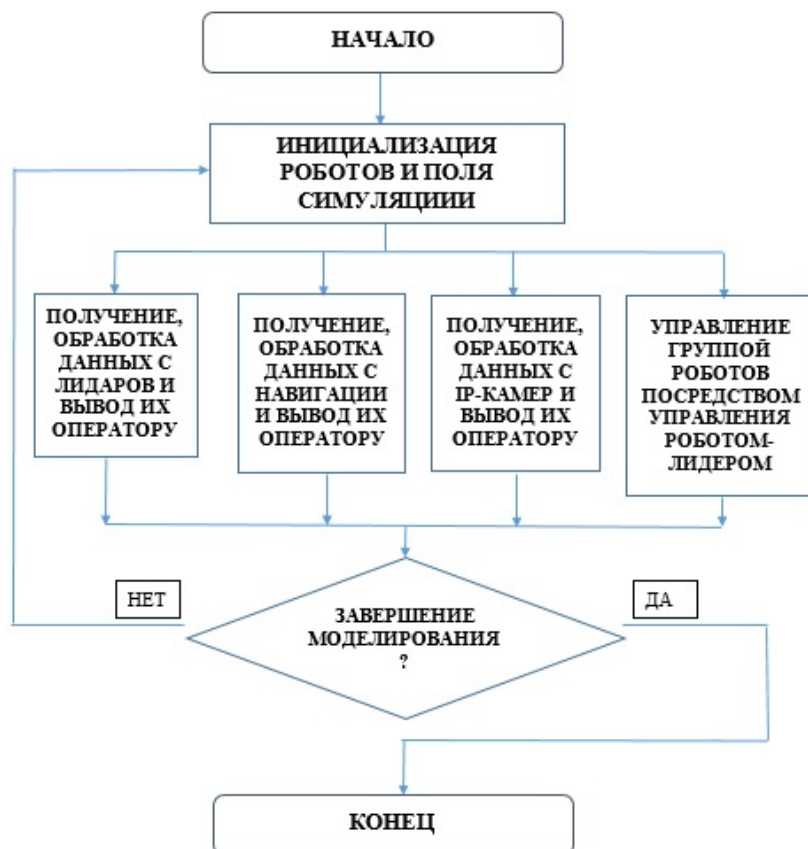


Рис. 2. Блок схема реализации задачи мониторинга внешней среды группой роботов

В среде Robotics Environment Simulator были созданы три робота StarterKit 2.0 на платформах NI LabVIEW Robotics Starter Kit, а также была сформирована подходящая для проведения исследования сцена. В целях реализации роевого взаимодействия, а также исходя из задач мониторинга, разведки внешней среды, а также создания карты местности для достижения максимальной информативности, на роботы были установлены дополнительные датчики, а именно:

- лидар Hokuyo URG Series;
- IP-камера AXIS M1011;
- GPS-датчик Garmin GPS.

Также роботы были оснащены двумя двигателями постоянного тока на левое и правое колесо. К компонентам робота также относятся несущая рама, левое колесо, правое колесо и омни-колесо. На рис. 2 приведена блок-схема реализации данной задачи. Расположение роботов на сцене, а также датчиков приведено на рис. 3.

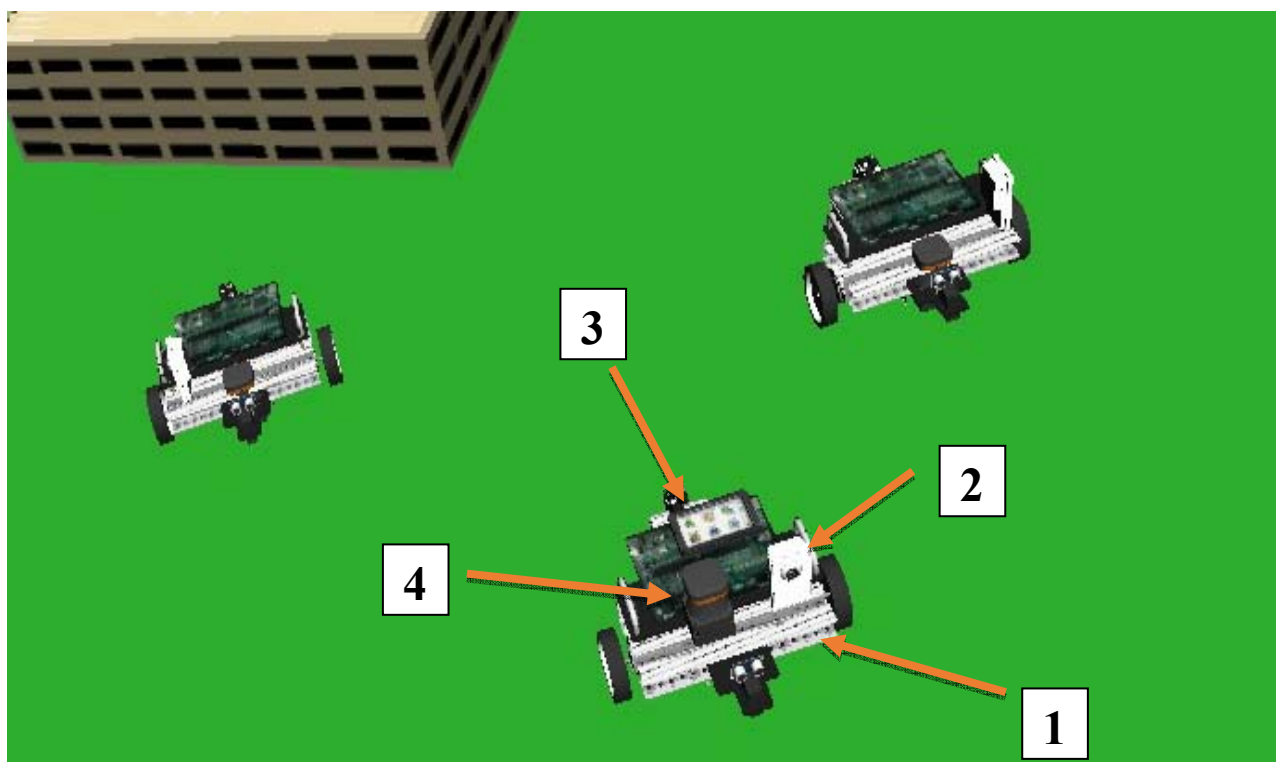


Рис. 3. Расположение роботов на сцене и установленных на них датчиков:
 1 – несущая конструкция (база); 2 – IP-камера AXIS M101; 3 – GPS датчик Garmin GPS;
 4 – лидар Hokuyo URG Series

Роботы в группе осуществляют свои движения аналогично роботу-лидеру, что реализовано при помощи связей, подключенных к контроллеру управления двигателями ведущего робота. Согласно приведенной блок-схеме, была разработана управляющая программа, написанная на языке графического программирования «G».

В целях удобства мониторинга окружающей среды, а также возможности ручного управления ведущим роботом в группе, была разработана лицевая панель пульта оператора с возможностью синхронной передачи данных с IP-камер в режиме онлайн. Демонстрация пульта оператора приведена на рис. 4.

На данной панели представлено несколько секций, на которых размещены индикаторы установленных приборов. Секция 1 состоит из трех графов, данные на которые поступают с трех лидаров, расположенных на соответствующих роботах. Секция 2 представлена индикатором с датчика Garmin GPS, а именно: единый график координат широты (latitude)/дол-

готы (longitude) соответствующих роботов, проградуированный для значений целесообразных выбранной карты местности. Нанесенные на него точки (робот-ведущий -зеленая, робот 1 - красная, робот 2 - белая) указывают соответствующее местонахождение роботов на местности. Секция 3 представлена панелью ручного управления ведущим роботом с указанным соответствующим направлением. Секция 4 включает в себя индикаторы числовых значений координат широты (latitude)/долготы (longitude) соответствующих роботов. Вертикальная секция 5 состоит из трех дисплеев. Камера робота-ведущего расположена под углом 0° относительно оси Z, камера робота 2 расположена под углом -90° и, соответственно, камера на роботе 3 располагается под углом 90° к оси Z. Секция 6 состоит из индикаторов, показывающих скорость относительно Земли ведущего робота (м/с), а также индикаторов соответствующего времени и даты проведения моделирования и курса движения роботов относительно Земли в градусах. Рядом располагается аварийная кнопка стоп, завершающая все процессы обработки данных и прекращающая процесс моделирования.

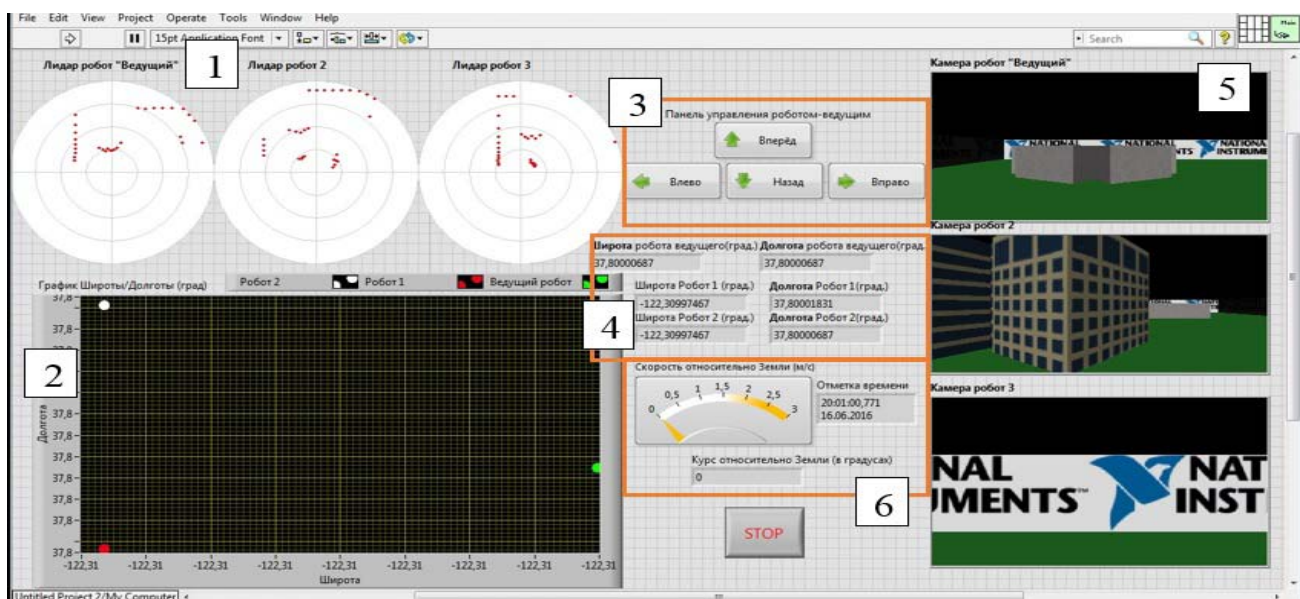


Рис. 4. Лицевая панель пульта оператора

Выводы

В настоящее время непредсказуемость и быстрая динамика внешней среды определяют ряд проблем, связанных с неполнотой и противоречивостью данных о состоянии внешнего мира, а также информации о других участниках группы, с многообразием вариантов достижения цели, структур коллектива и прочим. Поэтому применение принципов группового взаимодействия, а также внедрение разработанных в данной работе аппаратных и программных решений, существенно повысит надежность и гибкость мехатронных робототехнических систем коллективного взаимодействия.

В результате данной работы был разработан общий алгоритм мониторинга внешней среды группой роботов, а также в среде NI LabVIEW Robotics Environment Simulator была создана конструкция рядового робота в групповой робототехнической системе на основе платформы NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0, а также лицевая панель оператора сбора данных и управления данной системой.

Библиографический список

1. **Иванов, Д.Я.** Использование принципов роевого интеллекта для управления целенаправленным поведением массово-применяемых микроботов в экстремальных условиях // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2011. – №9. – С. – 74–76.

2. **Каляев, И.А.** Стайные принципы управления в группе объектов // Искусственный интеллект. Интеллектуальные и многопроцессорные системы-2004: мат. Междунар. научн. конф., Т. 2. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.
3. **Манцеров, С.А.** Создание баз данных объектов машиностроения на основе формул функциональной систематики // Вестник. – Воронеж, ВГТУ. – 2007. – Т. 3. – №11.
4. **Тревис, Дж.** LABView для всех: [пер. с англ. Клушин Н.А.] / Джеффри Тревис. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.
5. **Тимофеев, А.В.** Интеллектуальное и мультиагентное управление робо-тотехническими системами // Экстремальная робототехника: мат. XI науч.-техн. конф. – С-Петербург: Изд-во СПбГТУ. – 2001.

*Дата поступления
в редакцию 06.04.2017*

S.A. Mancerov, K.V. Ilichev

MODELING SCALABILITY MOBILE ROBOT SYSTEM OF COLLECTIVE COOPERATION FOR IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Purpose: Creation scalable mobile robot system of collective interaction in order to study the environment.

Design/methodology/approach: In this research we used the paradigm: sensitive, calculation and action. Programming is done in the language of visual programming «G» code.

Findings: The results can be applied to the design and creation mobile robot systems.

Research limitations/implications: This study presents the results of analysis of the use of hardware and software solutions for the creation of robotic systems of collective interaction.

Originality/value: The advantages of using robotic systems of collective interaction, as well as their scope. The results of computer simulation and testing robotic system developed by the collective interaction algorithms.

Key words: Swarm robotics, simulation environment, the LabVIEW, sensors, lidar.