

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сандип Л.* RFID. Руководство по внедрению: Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007.

Кириллов Николай Петрович

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН.

E-mail: knp@mail.ru.

199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, дом 39.

Тел.: 88123280103; факс: 88123284450.

Соколов Борис Владимирович

E-mail: sokol@iias.spb.su.

Kirillov Nikolaj Petrovich

St. Petersburg Institut for Informatics and Automation of RAS.

E-mail: knp@mail.ru.

39, 14 line, Saint-Petersburg, 199178, Russia.

Phone: 88123283311; fax: 88123284450.

Sokolov Boris Vladimirovich

E-mail: sokol@iias.spb.su.

УДК 004.8

Д.Г. Арсеньев, В.П. Шкодырев

**СТРАТЕГИЯ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ НА ОСНОВЕ
СИТУАЦИОННО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

В работе развивается концепция распределенной интеллектуальной управляющей среды, реализующей принцип ситуационно-целевого планирования сценариев управления группой интеллектуальных промышленных роботов взаимодействующих в непредсказуемых и предаварийных ситуациях.

Ситуационно-целевое планирование; ситуационное управление; групповое поведение роботов.

D.G. Arsen'ev, V.P. Shkodirev

**COLLECTIVE ROBOT CONTROL STRATEGY ON THE BASIS
OF SITUATION-TARGET PLANNING**

The paper presents concept of distributed intelligent control environment realizing principle of goal-directed planning of scenarios for control of group of intellectual industrial robots interacting in unpredictable and prior to crash conditions.

Goal-directed planning; situation-specific control; cooperation behavior of robots.

Одним из актуальных направлений современной теории управления является управление сложными распределенными техническими объектами и комплексами в особых условиях эксплуатации или развития нештатных ситуаций таких, как аварийные или предаварийные состояния, чрезвычайные ситуации на промышленных объектах, непредсказуемое поведение противника на поле боя. Используемые в таких случаях принципы управления требуют принятия коллективных действий многих членов команды. Одним из эффективных подходов в решении подобных задач является агентный подход, предлагающий теорию распределенных мультиагентных систем как парадигму децентрализованного подхода к управлению распределенными системами [1].

Использование парадигмы мультиагентных систем для управления командой роботов ставит целью отработку моделей координации взаимодействия отдельных роботов при необходимости правильно оценивать состояние окружающей среды путем агрегирования и преобразования информации в оценки признаков, релевантных целевой функции действий и их взаимодействия. Процесс сбора этих знаний принято называть *оцениванием ситуации*, а формирование коллективных действий с целью изменения ситуации в нужном направлении (согласно сформулированным целевым функциям) – управлением ситуацией.

Исследование ставит целью развитие концепции распределенной интеллектуальной среды управления сложными техническими системами или технологическими процессами при возникновении непредсказуемых событий или ситуаций, включая развитие нештатных изменений в работе сложных технических систем или комплексов. Особое внимание уделено разработке информационно-логического подхода к модели ситуационно-целевого управления – управлению через целеполагание, основанного на планировании стратегии поведения через формирование системы целей, ориентированных на изменение текущей ситуации в нужном направлении [2].

Принцип ситуационно-целевого планирования группового поведения основан на идеи *построения формальной целевой модели поведения команды роботов в среде*, адекватно описывающей характер их взаимодействия со средой и формирования согласованных управляющих действий команды, приводящих к целенаправленному изменению текущей ситуации согласно сформированной системе целевых функций. Ключевым в контексте данного определения становится понятие ситуации как некоторая действительность или реальный факт того, что определенная комбинация событий, вызванная воздействием на среду действиями команды, становится реальна или нереальна для определенного момента времени и в определенных условиях.

Ситуационно-целевое планирование ставит целью нахождения конструктивного алгоритма последовательности действий, позволяющих достигнуть желаемого эффекта в целенаправленном изменении ситуации путем поиска конечной последовательности действий, переводящих систему робот-среда из начального класса состояний S_0 в одно из состояний S_G , которое соответствует поставленной цели.

Предлагаемая в работе *стратегия ситуационно-целевого планирования* разработана на основе применения принципа поиска цели через формирование дерева решений на конечном множестве промежуточных целевых состояний (подцелей) и распределение их как отдельных подзадач между отдельными членами команды. Такая декомпозиция осуществляется путем реализации алгоритма *древовидной декомпозиции* базовой цели (конечного целевого состояния) методом *развертывания текущего состояния*, т.е. применением функции определения приемника к текущему состоянию для формирования конечного множества промежуточных целевых состояний (подцелей) и распределение их как отдельных подзадач между отдельными членами команды [3].

В планировании каждый член команды имеет адекватное множество планов P , включающих определенные планы P_i для каждого возможного класса ситуаций S_i . Соответственно, план P_{\perp} , ассоциированный с ситуацией класса S_{\perp} , представляет по умолчанию ситуацию, в которой команда не предпринимает никаких действий. К примеру S_{\perp} может представлять ситуацию, при которой нет никакой цели-жертвы для роботов. Соответственно, для каждой заданной ситуации S_j^k формируется целевая функция $f(U, P, C)$, зависящая от полезности U реализации

данного плана P и его стоимости C , определяющая формирование роли R_a^k поведения агента, максимизирующей эффективность выбранной стратегии.

Планы, соответствующие ролям поведения агентов, организованы по иерархическому принципу. На самом верхнем уровне – наиболее общая ситуация, в то время, когда на нижних уровнях – наиболее специфические.

Функция $U: P \times S_{CL} \rightarrow R$ определяет полезность (поощрение или цену) исполнения плана для данного класса ситуаций. Поскольку класс ситуаций для каждого места есть уникальный и не зависит от других мест, мы можем сконцентрироваться только на одном месте (событии). Для упрощения описания рассматриваем одну конкретную ситуацию как S . Через функцию полезности U можно устанавливать приоритеты командного поведения, которые формализуются (задаются) через правила выполнения следующих условий:

$$\begin{cases} s \in S_i \text{ and } s \in S_j \text{ and } S_i \subseteq S_j \rightarrow U(P_i, S_i) \geq U(P_j, S_j) \\ s \notin S_i \text{ and } s \in S_j \text{ and } S_i \subseteq S_j \rightarrow U(P_i, S_i) < U(P_j, S_j) \\ U(P_{\perp}, S_{\perp}) = 0. \end{cases}$$

В данной системе первое условие требует, чтобы более высокая цена (поощрение) устанавливается для того, чтобы более специфический план был исполнен в более подходящей ситуации. Второе условие задает требование, что лучше выполнять более общие планы, чем неподходящие, но более специфические. Третье условие просто требует, что не надо давать поощрение, когда система не производит действий.

Отработка и экспериментальное исследование моделей ситуационно-целевого управления распределенными объектами и технологическими процессами проводилась на базе лабораторного комплекса полунатурного моделирования систем децентрализованного управления распределенным технологическим комплексом (ДУ РТК), имитирующим технологическое производство современного промышленного предприятия с распределенной инфраструктурой, созданного на базе лаборатории КУНИЛ СПбГПУ. Основным элементом комплекса является гибридная иерархически организованная управляющая сеть промышленных контроллеров и управляющих серверов включающую мультиагентную платформу, поддерживающую среду разработки и функционирования программных агентов, управляющих работой четырех технологических систем: группой исполнительных элементов технологического мониторинга, роботизированной линией сборочного производства, технологической линией непрерывного (химического) производства и группой мобильных (транспортных) роботов.

Важной задачей создания управляющей компьютерной сети является разработка модели распределенной базы знаний для формирования алгоритмов управления и поддержки принятия решений в непредсказуемых ситуациях и условиях реагирования на непредвиденные или предаварийные ситуации, а также изменения технических условий работы системы. Основной задачей распределенной базы знаний является формирование сложных законов управления согласованным взаимодействием распределенных технологических подсистем и комплексов, используемых в технологической цепочке производства. Для построения базы автотрами предложен функционально-целевой подход интеллектуального управления – «управление через целеполагание», основанный на формировании целевой функции распределенного управления в виде системы целей и их распределения между подсистемами, обеспечивающих достижение заданных целей. Ключевой задачей данного подхода является разработка формализованной модели предметной облас-

ти интеллектуальной системы управления, основанной на процедуре рекуррентного применения отношений эквивалентности, моделирующих поиск оптимального решения путем декомпозиции основной задачи на подзадачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект, Современный подход. – 2-е изд.: Пер. с англ. Вильямс, 2006.
2. *Арсеньев Д.Г., Шкодырев В.П.* Интеллектуальные компьютерные сети – применение в задачах децентрализованного управления распределенными объектами и технологическими комплексами. В сб. трудов Межд. Научно-техн. конф. «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники» (ИКТМР-2009).
3. *Шкодырев В.П.* Информационная теория самоорганизации в искусственных нейронных сетях. В сб. Трудов межвуз. конф. «Фундаментальные исследования в технических университетах». – СПб.: СПбГПУ, 2008.

Арсеньев Дмитрий Германович

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

E-mail: ris@imop.spbstu.ru.

195251, С.-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: 88123294745; факс: 88123294790.

Шкодырев Вячеслав Петрович

Arsen'ev Dmitriy Germanovich

St. Petersburg State Polytechnical University.

E-mail: ris@imop.spbstu.ru.

29, Politehnicheskaja street, St. Petersburg, 195251, Russia.

Phone: 88123294745; fax: 88123294790.

Shkodyrev Vjacheslav Petrovich

УДК 681.3

А.В. Высоцкий, П.К. Кузнецов

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В данной работе рассматривается система предназначенная для контроля, архивирования контролируемых данных на стационарных объектах. Состав информационно-измерительного и аппаратного комплексов, а также управляемых силовых преобразователей и исполнительных механизмов определяется технологической схемой установки. При выборе технических средств и базового программно-математического обеспечения учитывалась возможность по полностью документированным типовым аппаратно-программным решениям осуществлять сопровождение и модернизацию данной системы.

Мультиагентная система; распределенная АСУ; технические средства; базовое программное обеспечение; контроль; архивирование данных, управление.

A.V. Vysotskiy, P.K. Kuznetsov

APPLICATION OF DISTRIBUTED AND MULTI-AGENT CONTROL SYSTEMS FOR AUTONOMOUS STATIONARY UNIT

The display system is intended for monitoring and archiving the data under control as well as, if necessary, for running a different process. The following ability was used when selecting the hardware and software - to support and upgrade the automatic control system (computer aided