

# Модель интеллектуального планирования поведения робота в коллективе роботов

**Г.В. Росс<sup>1\*</sup>, В.А. Коняевский<sup>2,3</sup>, В.В. Медведев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет), Москва, Россия

<sup>3</sup>Закрытое акционерное общество «Особое конструкторское бюро систем автоматизированного проектирования» (ЗАО «ОКБ САПР»), Москва, Россия

<sup>4</sup>Фонд поддержки проектов Национальной технологической инициативы (Фонд НТИ), Москва, Россия  
\*ross-49@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема, связанная с организацией управления интеллектуальным мобильным роботом, функционирующим в коллективе роботов. Показано, что система управления роботами в условиях чрезвычайных ситуации должна быть представлена как сложная адаптивная система, построенная на принципах самоорганизации мультиагентных систем (МАС). Введены основные понятия и определения, предложены содержательная и формальная постановки задачи планирования деятельности мобильного робота. Разработана эволюционно-симулятивная модель интеллектуального планирования поведения робота в условиях неопределенности, основу которой составляет комплекс взаимосвязанных имитационных моделей расчета издержек завышения, занижения, а также их рисков. Предложены алгоритмы планирования, обеспечивающие реализацию следующих способов самоорганизации робота: управления в условиях ограниченного лимита наиболее дефицитного ресурса (например, энергии аккумуляторной батареи); взаимодействия с другими роботами, использующими информационные продукты (ИП) (сообщения); управления роботом из центра; покупки и продажи ИП; принятия решений о подчинении и поддержке связей между роботами. Рассмотрены примеры описания вариантов поведения роботов (скорость передвижения, оснащения фото, видео и средствами взятия проб, лимит энергии), классификация событий (пожар, ДТП, нарушения правопорядка, чрезвычайные ситуации, подозрительный объект). Проведен расчет простейшего варианта поведения робота, связанного с необходимостью выбора скорости движения и качества фотографирования при минимальном расходе энергии. Все необходимые расчеты вычислительных алгоритмов можно провести в оперативной памяти компьютера робота, достаточно оперативно и не затратно с вычислительной точки зрения.

**Ключевые слова:** интеллектуальный мобильный робот, самоорганизация, равновесные случайные процессы, эволюционно-симулятивная методология, управление самоорганизацией, мультиагентная система, рыночные модели самоорганизации

**Для цитирования:** Росс Г.В., Коняевский В.А., Медведев В.В. Модель интеллектуального планирования поведения робота в коллективе роботов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 1. С. 65–81. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81

# Model of intelligent planning of robot behavior in a team of robots

G. Ross<sup>1\*</sup>, V. Konyavskiy<sup>2,3</sup>, V. Medvedev<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow, Russia

<sup>3</sup>Closed Joint Stock Company "Special Design Bureau of Computer-aided Design Systems" (JSC OKB SAPR), Moscow, Russia

<sup>4</sup>National Technology Initiative Foundation, Moscow, Russia

\*ross-49@mail.ru

**Abstract.** The article deals with an urgent problem related to organization of control of a team of intelligent mobile robots and their interaction with each other for the most effective achievement of the goal. The research is aimed at development of interrelated models of intelligent planning of robot behavior, which is based on a market approach resting on a new risk equilibrium model. The substantial and formal formulations of the task of planning of autonomous mobile robots activities are proposed. The author's model and a set of new simulation models for calculation of the overstatement, understatement costs, as well as their risks are developed. Various calculation algorithms are proposed for various variants of robot interaction: control under conditions of a restricted limit of the most scarce resource (for example, battery energy); interaction between robots using information products (messages); robot control from the center; purchase and sale of the information product; making a decision on subordination and support of communication between robots, etc. Examples of description of robot behavior options (speed of movement, equipment with photos, videos, sampling tools, energy limit), classification of events (fire, traffic accident, violation of law and order, emergency situations, suspicious object) are offered. Examples of calculation procedures are given: robot behavior options, if it is possible to maintain speed depending on energy consumption; adjustment factors to take into account increase of the probability to detect an event due to improvement of the photo quality (wide format, high definition, frame frequency).

**Keywords:** intelligent mobile robot, autonomous robot, self-organization, equilibrium random processes, evolutionary simulation methodology, self-organization control, multi-agent system, market models of self-organization, risk of overstatement, risk of understatement

**For citation:** Ross G., Konyavskiy V., Medvedev V. Model of intelligent planning of robot behavior in a team of robots. *Prikladnaya informatica*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.1, pp.65-81 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81

## Введение

Технологические достижения в области аварийно-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) связаны с применением роботизированных комплексов, которые могут в автономном режиме проводить поисково-спасательные операции при авариях как техногенного, так и природного характера (дистанционное обследование местности, обследование подозрительного предмета при угрозе террористических

актов, проведение ремонтных работ в условиях, опасных для людей и т. д.) [1]. Среда, в которой роботы должны функционировать, является неорганизованной или плохо организованной, недетерминированной. В этих условиях для успешной реализации поисково-спасательных операций необходимо задействовать коллектив роботов (КР), управления которыми должны быть согласованы. Одной из основных проблем коллектива роботов является проблема управления ими и организа-