МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Литература

1. Беньковская Г.В. Возможности и ограничения изменений продолжительности жизни в лабораторном эксперименте // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23, № 3. С. 442–446.

2. Забуга О.Г., Кошель Н.М., Коляда А.К., Вайсерман А.М. Влияние голода во время прекоцепционного периода у родителей на продолжительность жизни потомков у *Drosophila melanogaster* // Проблемы старения и долголетия. 2012. Т. 21, № 4. С. 470–477.

УДК 591.55, 007.52

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-8

ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРУППОВЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бургов Е.В.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Москва, Россия
burgov.ev@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые противоречия, препятствующие совместной работе биологов и инженеров по созданию биоподобных систем с распределенным управлением. Также предлагается несколько решений для робототехнических систем. Предлагается моделирование системы, включающей функциональные аналоги гнезда и других элементов инфраструктуры, пассивных и активных фуражиров.

Ключевые слова. Муравьи, роботы, групповая робототехника, модели поведения, социальная организация, инфраструктура, гнездо.

ENTOMOLOGICAL RESEARCH FOR CREATION GROUP ROBOTIC SYSTEMS

Burgov E.V.

*National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia
burgov.ev@yandex.ru*

Abstract. In the present paper, some contradictions that hinder the joint work of biologists and engineers in designing biosimilar systems with distributed control are considered. Also, several solutions for the robotic systems are suggested. Modelling of a system including functional analogues of the nest and other infrastructure elements, passive and active foragers is proposed.

Keywords. Ants, robots, group robotics, behavior patterns, social organization, infrastructure, nest.

Создание природоподобных систем, в том числе, робототехнических – одно из перспективных направлений современной науки. В частности, программисты и робототехники в последние годы все чаще обращаются к биологическим исследованиям с тем, чтобы создавать технические системы с распределенным управлением, подобные сообществам животных. Особое внимание уделяется общественным насекомым, как модельным объектам, на основании исследования, которых можно проектировать группы роботов. Общественные насекомые и, в частности, муравьи, как объект таких междисциплинарных исследований, могут дать множество решений для организации и управления группами роботов. Тем не менее, уже на начальных этапах совместной работы инженеров и биологов обнаруживаются самые разные проблемы, затрудняющие работу. Далее рассматриваются некоторые противоречия, мешающие совместной плодотворной работе биологов и робототехников. Также предлагается несколько природоподобных решений для групповых робототехнических систем.

Н.Р. Богатырев и О.А. Богатырева в своей работе [1] отмечают склонность инженеров приписывать биологическим объектам не присущие им свойства. Описания виртуальных или технических объектов, имеющих названия каких-то биологических видов, но, при этом, очень далекие от них по своим свойствам, на самом деле, широко представлены в инженерной литературе. Однако не всегда это связано с приписыванием свойств биологическим объектам. Например, названия насекомых часто встречаются при обозначении виртуальных объектов. В школьном курсе информатики есть исполнитель – «кузнечик». «Кузнечик» «прыгает» по цифровой оси вперед или назад на определенное «расстояние» (это одномерный оператор). Задача школьника – получить при помощи «кузнечика» определенное число. Аналогичный виртуальный объект «муравей» использует уже не одну, а две оси (является двухмерным). При «столкновении» «муравьи» отталкиваются друг от друга и начинают движение в противоположном направлении. Подобные сравнения виртуальных объектов с насекомыми не являются вредными для междисциплинарных исследований.

Существуют технические системы, при проектировании которых используются описания некоторых форм поведения муравьев. Например, «Муравьиный алгоритм» [2] должен имитировать формирование феромонного следа множеством роботов (агентов) и оптимизировать их движение по территории подобно тому, как это происходит у некоторых муравьев. Однако, фактически здесь решается задача поисковой

оптимизации, а к этому решению добавляются рассуждения на тему жизни животных. Это касается также «светлячковых», «пчелиных» и многих других алгоритмов. Упомянутые технические системы давно используются и эффективно работают, но, при ближайшем рассмотрении, оказывается, что они имеют с насекомыми очень мало общего. Упрощения, произведенные в ходе моделирования, буквально выхолащивают суть исходного описания биологической системы. И, в итоге, из «муравьиного» фактически остается только название. Отмечаются и попытки приписывания насекомым нехарактерных свойств. Со многими из них, например, с утверждением, что у насекомых якобы «отсутствует обучение», необходимо бороться (под обучением инженеры в данном случае понимают приобретение новых навыков). В качестве корректировки можно предложить следующее утверждение: «в формировании поведения насекомых значительную роль играют инстинкты».

Главное для инженеров – эффективная работа механизмов, получающих иногда биологические названия. А приписывание свойств действующих технических устройств биологическим объектам является вторичным и обычно бессильно против описания реальных биологических систем. И, напротив, зачастую инженеры активно интересуются устройством семей общественных насекомых, стремятся создать более близкие к ним технические аналоги.

Хорошим ответом на такую инициативу может быть не просто критика взглядов инженеров на биологические объекты, а широкая просветительская работа и создание таких моделей, на основании которых можно разрабатывать технические системы. Для моделирования групповых робототехнических систем можно предложить принцип создания аналога семьи общественных насекомых с моделированием элементов инфраструктуры. Главный элемент инфраструктуры семьи общественных насекомых – основное жилое гнездо. В практике пчеловодства и в биологической защите леса (а именно, при переселении рыжих лесных муравьев) широко распространен метод управления семьей общественных насекомых путем перемещения гнезда. Пчеловоды регулярно переносят жилые ульи для оптимизации дистанции полета пчел к медоносным растениям или для зимовки. А для переселения семей рыжих лесных муравьев (с места рубки леса или для защиты от хвое-листогрызущих вредителей какого-то насаждения) необходима транспортировка куполов муравейников, в которых локализована значительная часть их населения.

Для управления группой роботов подобным способом необходимо создать систему стимулов, аналогичную внутрисемейной у общественных насекомых. База («гнездо») должна восприниматься роботом как некое

безопасное место, где он начинает свою активную деятельность и куда должен возвращаться. Добытые роботом ресурсы должны быть необходимы не столько ему самому, сколько неким модулям внутри базы («внутригнездовым»). И, помимо решения своих «внегнездовых» задач, робот должен получать подкрепление («вознаграждение») от «внутригнездовых» модулей. Тогда, с одной стороны, появится возможность управления активностью «внегнездовых» роботов путём их стимуляции «внутригнездовыми» модулями, а с другой – возможность управлять группой, перемещая «гнездо»: роботы после выполнения своих задач, подобно муравьям или пчелам, будут возвращаться на базу. Моделирование показывает, что такой подход может быть весьма продуктивным. Уже отработано разделение роботов-фуражиров на активных и пассивных [3] по схеме, инспирированной общими принципами функционального разделения фуражиров муравьев [4]. Проведено пробное моделирование системы конкуренции роботов за индивидуальные поисковые участки [5]. Возможно создание системы фуражировки и охраны с использованием общего вторичного деления территории и массовой мобилизации.

Работа выполнена при частичном финансировании РФФИ: проект № 17-29-07083 офи_м.

Литература

1. Богатырев Н.Р., Богатырева О.А. Муравьи и роботы в мире, полном неопределенности: природа адаптивности группы // Муравьи и защита леса XIV. М., 2013. С. 14–20.
2. Dorigo M., Maniezzo V., Colnari A. Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B. Vol. 26, 1996. P. 29–41.
3. Малышев А.А., Бургов Е.В. К вопросу о параметрах биоинспирированных моделей поведения при моделировании групповой фуражировки // Тр. СПИИРАН. 2020. № 19, т. 1. С. 79–103.
4. Захаров А.А. Внутривидовые отношения у муравьев. М.: Наука, 1972. 216 с.
5. Карпов В.Э., Карпова И.П. О некоторых моделях ориентации аниматоров // Ориентация и навигация животных. Тезисы II научной конференции. М., 2019. С. 40.