

УДК 004.934.2+004.52

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНИМАТОВ МЕЖДУ ГРУППАМИ¹

И.П. Карпова (*karpova_ip@mail.ru*)
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

В докладе рассматривается задача перераспределения роботов между группами. Описаны модели и механизмы, которые лежат в основе предложенного метода перераспределения. Приведено описание экспериментов по имитационному моделированию.

Ключевые слова: групповая робототехника, модели социального поведения, муравьи-рабовладельцы, агрессивное поведение, задача фуражировки

Введение

Рассмотрим ситуацию в групповой робототехнике, при которой роботы разбиты на группы. Каждая группа является относительно устойчивым образованием и предназначена, допустим, для решения отдельной задачи. При этом может возникнуть необходимость в перераспределении роботов между группами, например, если какая-то задача усложнилась и для ее решения теперь требуется больше «рабочих рук». Необходимо разработать механизм, который позволил бы достаточно естественным образом, без привлечения специальных приемов, перераспределять роботов между группами.

В природе такие устойчивые образования наблюдаются, в частности, у социальных и эусоциальных животных и основываются на моделях социального поведения [Tinbergen, 1953]. Наиболее яркими представителями эусоциальных животных являются муравьи. Многие исследователи в области групповой робототехники используют их в качестве «образца для подражания» [de Lope et al., 2015], [Карпов, 2016а].

Рассмотрим, какие механизмы перераспределения особей между социальными группами существуют у муравьев. Семьи большинства видов муравьев являются достаточно стабильными. Численность семьи изменяется, в первую очередь, за счет размножения и естественной убыли.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-29-04412 офи_м).

Вследствие этого может происходить разделение семьи при перенаселении муравейника или объединение двух семей в одну после массовой гибели особей. Возможен также захват чужих муравьев и их расплода во время войн [Mabelis, 1979]; объединение семей разных видов в результате миграции [Zakharov, 2015]. Но в свете поставленной задачи нас больше интересует другой феномен: рабовладение.

Рабовладение у муравьев является формой социального паразитизма, которая включает разграбление выводка видов-хозяев и разведение пойманных особей в гнезде поработителя [D'Ettorre al., 2001]. Впоследствии захваченные особи (так называемые «рабы») встраиваются в деятельность семей-рабовладельцев. Мобилизация чужих особей позволяет освободить своих от внутри гнездовой деятельности, увеличить количество фуражиров. При этом увеличение количества рабочих происходит за счет энергетических затрат другой семьи.

Различают факультативных и облигатных рабовладельцев. Первые сохраняют способность к выполнению всех видов деятельности и могут обойтись без рабов. Для облигатных рабовладельцев наличие рабов является обязательным условием выживания вида, потому что они не способны осуществлять некоторые жизненно необходимые функции (например, ухаживать за расплодом). Рейды и последующую интеграцию захваченных особей в новую семью можно рассматривать как механизм перераспределения особей между группами.

Основная идея предлагаемого подхода: для перераспределения роботов между группами не вводить никаких дополнительных механизмов и правил. Мы попытаемся ограничиться теми моделями и механизмами, которые были разработаны раньше в области применения моделей социального поведения к решению задач групповой робототехники. Для этого необходимо подробно рассмотреть сам феномен рабовладения, механизмы и модели поведения, на базе которых он реализуется у муравьев.

Цель данного исследования – с помощью ранее созданных моделей, методов и механизмов реализовать сложное регулятивное поведение аниматов. Анимат – искусственный агент, который автономно действует в реальной или виртуальной среде и имитирует поведение живого организма. Решаемая задача: мобилизация аниматами одной группы аниматов из других групп для перераспределения сил.

1. Поведение рабов и рабовладельцев

Муравьи вида облигатного рабовладельца периодически организуют рейды к соседним гнездам вида-раба. Во время рейдов они захватывают расплод или молодых рабочих и приносят их в свое гнездо. Захватываются только те особи, которые не оказывают сопротивления захватчикам

(сопротивляющихся особей убивают или изгоняют). Здесь необходимо упомянуть известный феномен увеличения агрессивности муравьев с возрастом [Захаров, 1991]. Следовательно, молодые рабочие имеют более низкую агрессивность, чем те, которые вышли в рейд.

Общеизвестно, что муравьи узнают друг друга по запаху. Все муравьи в семье имеют определенный запах и воспринимают особей с таким запахом как «своих». Муравьи из других семей – «чужие», у них другой запах. В новом гнезде захваченные молодые рабочие и вышедшие из расплода особи довольно быстро приобретают запах, свойственный этому гнезду. Муравьи вида-рабовладельца начинают воспринимать их как «своих». Сначала особи вида-раба занимаются в основном внутригнездовой деятельностью. По мере взросления они могут участвовать в выполнении других работ, в том числе, в новых рейдах. Например, по данным [Mogi et al., 2000], среди рабочих гнезда *Formica sanguinea* не было обнаружено разделения труда для рабов и рабовладельцев, так как одни и те же муравьи были рейдерами во время похода за рабами и фуражирами во время сбора еды.

Теперь рассмотрим, на каких механизмах базируется это поведение.

Эволюционной основой для организации рейдов является процесс фуражировки [Czechowski, 1977]. Фуражировка является частью пищевого поведения. За получение белковой пищи отвечают муравьи-разведчики. В поисках пищи разведчик обследует свой сектор территории вокруг гнезда, при этом запоминает маршрут. Если разведчик обнаружил пищу и не может перенести ее сам, он возвращается в свое гнездо. Около гнезда он мобилизует в поход других муравьев – пассивных фуражиров.

Считается, что факультативные рабовладельцы представляют собой промежуточную паразитическую группу между свободноживущими видами, с одной стороны, и облигатными видами. Согласно наблюдениям [Mogi et al., 2000], разведчики облигатных рабовладельцев ищут исключительно колонии рабов, тогда как разведчики факультативных рабовладельцев (в частности, *Formica sanguinea*) ищут как пищу, так и гнезда потенциальных рабов. Этот факт подтверждает предположение о том, что изначально целью разведки у муравьев был поиск пищи. И только с появлением рабовладения разведчики переориентировались на поиск чужих гнезд как источника ресурса.

Рейд организуется аналогично любому другому походу: на войну, на защиту территории, за едой и т.д. Сначала муравьи-разведчики обследуют некоторый сектор. Они возвращаются в гнездо, если обнаруживают искомый ресурс или выявляют ситуацию, требующую согласованных действий многих особей (например, отражение вторжения на территорию). Затем они мобилизуют других муравьев и ведут за собой к месту, где возникла проблема или был обнаружен ресурс. Ресурсом в

общем случае может быть не только пища, но и любой другой объект (или субъект), в котором нуждается гнездо. В частности, таким ресурсом могут быть представители другого гнезда как бесплатная рабочая сила.

Таким образом, инициация рейда – это обычный поиск ресурса. Наличие рабов для облигатных рабовладельцев – это обязательное условие выживания вида, поэтому их можно рассматривать как ресурс. Рейды происходят периодически: при нехватке рабочей силы, голоде, холоде и прочих неудобствах. Для нашей задачи поводом для организации рейда в первую очередь является потребность группы в дополнительной рабочей силе. Причины возникновения такой потребности в данном случае несущественны.

Мобилизовав пассивных фуражиров, разведчики ведут их к чужому гнезду, которое является местом концентрации потенциальных рабов. Там вступают в действие два механизма: агрессия и подражательное поведение [Захаров, 1978]. С одной стороны, при встрече с чужаками, которые воспринимаются как конкуренты, у муравьев возникает агрессивная реакция. Исход противостояния зависит в первую очередь от степени агрессивности особей и от соотношения «своих» и «чужих». С другой стороны, согласованное поведение муравьев обычно достигается посредством групповой иерархии и массового подражания большинства особей муравьям-активаторам. Пассивные фуражиры подражают разведчикам, которые являются для них доминантами.

Во время рейдов особи вида-раба захватываются, уничтожаются или спасаются бегством. Здесь также нет никаких специфических правил, кроме правил взаимодействия муравьев с представителями других видов (или других гнезд) [Захаров, 1991]. Абстрагируясь от внешних обстоятельств, можно считать, что при встрече двух представителей разных видов (или семей) возможны следующие ситуации:

- 1) муравьи игнорируют друг друга;
- 2) один из муравьев прибегает к агрессии, другой нет (остается пассивным);
- 3) оба муравья ведут себя агрессивно по отношению друг к другу.

Первый вариант в условиях рейда не рассматривается, т.к. захватчики не могут быть пассивными. Во втором случае агрессор может схватить пассивную особь, которая складывается «чемоданчиком» и позволяет себя переносить. Третий вариант приводит к схватке, в результате которой одна особь может быть убита или повреждена.

Захваченные молодые рабочие социализируются в чужом гнезде. Социализация особи основана на следующих элементах поведения [D'Ettoire et al., 2001]:

- Особь не убивают, потому что она приобрела нужный запах и частично переняла манеры поведения рабовладельцев. Она имеет более

низкую агрессивность, поэтому не вызывает агрессивной реакции со стороны рабовладельцев.

- Особь подчиняется рабовладельцам, потому что они сильнее и их больше. Оказавшись в чужом гнезде, особь не может проявлять агрессию, которую вызывают у нее чужаки: их слишком много, она просто погибнет. Угроза превращается в опасность, и потребность в самосохранении подвигает особь на демонстрацию подчинения (бежать-то некуда). Исходя из этого, общее поведение раба – пассивное.

- Особь работает, потому что это соответствует ее программе поведения, индивидуальным потребностям и т.д.

- Особь может менять сферу деятельности: она растет, ее агрессивность увеличивается с возрастом, появляется потребность выполнять более активные виды работ, чем внутри гнезда.

В новом гнезде «рабы» выполняют ту же работу, которую делали бы у себя в гнезде. Это можно объяснить тем, что захваченный «раб» помещается в среду, которая не сильно отличается от его собственного гнезда, и выполняет ту же работу, которую делал бы в своем гнезде. Так что для него после перемещения в новое гнездо почти ничего не меняется, за исключением того, что у него ограничена свобода выбора профессии (рода деятельности). С другой стороны, и в гнездах без рабов молодые рабочие в этом вопросе подчиняются старшим и опытным рабочим. Старшие могут, например, вывести молодых наружу для выполнения определенной работы. Они могут, наоборот, загнать молодых рабочих в гнездо, если снаружи слишком много рабочих, и они мешают друг другу. Поэтому раб "может считать", что он продолжает жить и работать, как и прежде, не осознавая своего "рабского положения".

Далее рассмотрим, как эти механизмы и виды поведения были реализованы в ранее проведенных исследованиях в области групповой робототехники.

2. Модели и механизмы реализации отдельных видов поведения

2.1. Описание ранее предложенных моделей и методов

Система управления анимата. В работе [Карпов, 2014] была предложена архитектура потребностно-эмоциональной системы управления (СУ) анимата. В этой системе эмоции определяют общую оценку текущей ситуации и являются основой для управления поведением анимата. Данный подход базируется на потребностно-информационной теории эмоций П.В. Симонова [Симонов, 1982]. Применение такой СУ дает возможность не вводить искусственных правил функционирования анимата, а определять его деятельность в терминах потребностей и возможностей их удовлетворения.

Механизм фуражировки. В работах [Карпова, 2016], [Карпова, 2017] был реализован механизм фуражировки, разработаны правила запоминания маршрута, правила его интерпретации и набор процедур для прохождения маршрута. Описание маршрута включает список визуальных ориентиров и их положение относительно анимата (слева/справа или впереди по ходу движения). Сложное поведение «пройти известным маршрутом» было разбито на относительно простые действия типа «обойти ориентир X справа/слева», «двигаться к ориентиру X» и т.д. Эти действия были реализованы с помощью автоматов Мили.

Муравьи используют различные способы мобилизации фуражиров. У муравьев рода *Formica*, например, есть два варианта [Длусский, 1967]: 1) разведчик передает информацию о маршруте фуражирам, и те идут за пищей самостоятельно; 2) разведчик ведет фуражиров за собой. В [Карпова, 2016], [Карпова, 2017] рассматривался первый вариант, теперь необходимо реализовать второй вариант. Для этого процесс мобилизации фуражиров (последователей) должен инициироваться неким сигналом. Роль такого сигнала у муравьев играют обмены пищей (трофаллаксис) и специальные позы, которые принимает разведчик.

В [Московский и др., 2018] описана система зрительного анализатора анимата, которая имеет принципиальную возможность распознавания поз анимата. Но из-за чисто технических сложностей с имитацией и распознаванием поз робототехнического устройства, мы будем инициировать мобилизацию с помощью сигналов. Например, в [Karpov et al., 2015] описана задача стайной охоты. Лидер стаи генерирует некоторый сигнал во время выполнения фиксированной поведенческой процедуры. Иными словами, робот оповещает свое окружение о своем действии или состоянии. Остальные члены группы воспринимают сигнал лидера как призыв и идут за ним. Это можно было бы реализовать на основе подражательного поведения, как описано в [Карпов, 2016b], но это выходит за рамки данной работы. Будем считать, что услышанный сигнал запускает соответствующую поведенческую процедуру, которая является частью пищевого поведения.

Механизм агрессивного поведения. Агрессия является неотъемлемой частью многих видов поведения животных: родительского, территориального, группового (иерархического) и т.д. В [Karpova et al., 2018] была рассмотрена модель агрессивного поведения, которая учитывает опыт предыдущих столкновений (участия в конфликтах), а также имитирует феномен увеличения агрессивности с возрастом анимата и эффект забывания собственного опыта. Кроме того, в [Karpova, 2018] была рассмотрена модель территориального поведения, основанная на агрессии по отношению к «чужакам». Эти модели отвечают за реализацию отношения доминирования и имитацию схватки между особями.

Предложенная в работе [Karpova et al., 2018] модель агрессивности включает два параметра и внутренний сенсор «агрессивность», значение которого влияет на поведение анимата. Параметр A_0 задает начальный уровень агрессивности, а параметр A_c – текущий уровень. A_c определяет текущую склонность анимата к вступлению в конфликт. Значение A_c увеличивается на некую величину δ в каждый такт времени, что имитирует увеличение агрессивности муравьев с возрастом. Кроме того, значение A_c увеличивается после победы анимата ($W=1$) и уменьшается после его поражения ($W=0$). Уровень A_c в случае победы в момент времени t может быть определен с помощью монотонно возрастающей функции с областью определения $[0, 1)$, например:

$$A_c(t) = 1 - e^{-\alpha t}.$$

где α – коэффициент усиления синаптической связи. В случае поражения уровень A_c может быть определен с помощью монотонно убывающей функции с областью определения $(0, 1]$, например:

$$A_c(t) = e^{-\beta t}.$$

где β – коэффициент ослабления синаптической связи.

Фактически, агрессивность описывает меру активности / пассивности анимата. Это условный показатель, которым удобно пользоваться для описания его поведения. При желании агрессивность можно заменить любым другим показателем, или сигналом, или действием. Для нас главное – понять, готов ли анимат подчиниться. У муравьев это зависит в первую очередь от уровня агрессивности. Поэтому мы не будем вводить никаких специальных параметров или сигналов, а воспользуемся именно уровнем агрессивности, который уже был имплементирован в систему управления анимата.

2.2. Новые модели и механизмы

Организация взаимодействия. Для организации совместных действий аниматы должны уметь распознавать друг друга и различать своих и чужих. Пусть каждому анимату соответствует некоторый номер – его идентификатор (Id). Этот номер генерируется автоматически в начале работы. Значения идентификаторов разделены на диапазоны – по одному на группу, и принадлежность значения Id к диапазону определяет принадлежность анимата к группе (т.е. имитирует запаховую метку гнезда). Аниматы при встрече друг с другом генерируют сигнал, значение которого равно Id. Восприняв этот сигнал, они могут понять, кто перед ними: свой или чужой. Более того, величина Id может интерпретироваться как ранг анимата и зависеть от его внутреннего состояния. На основе этого ранга можно определять отношение доминирования между особями.

Механизм подчинения. Для реализации феномена рабовладения нам необходим механизм подчинения. Активный фуражир воспринимает и

пищу, и пассивного муравья другого вида как ресурс. Но он не может изменить другую особь и перевести ее из активного состояния в пассивное: это должна быть инициатива того, кто подчиняется. Поэтому при встрече с агрессором слабый муравей принимает позу подчинения. Для анимата это означает изменение внутреннего состояния, которое приводит к уменьшению его ранга. Пусть величина Id анимата интерпретируется как ранг и зависит от уровня агрессивности. Тогда нам не придется прибегать к дополнительной сигнализации или вводить искусственные приемы для имитации поединка, как в [Karpova, 2018]. Изменение ранга приводит к генерации соответствующего сигнала. Этот сигнал превращает слабого анимата в ресурс, привлекательный для фуражира. И фуражир переносит этот «ресурс» в свое гнездо.

Адаптация в чужом гнезде. Социализация в чужом гнезде достигается за счет приобретения гнездового запаха и снижения уровня агрессивности особи. Нам необходимо имитировать это и, по возможности, простым способом. Пусть после попадания в чужое гнездо анимат меняет значение своего Id на минимальное значение из диапазона этого гнезда. Таким образом, он не только становится своим для обитателей этого гнезда, но и получает минимальный ранг. Это соответствует уровню его «успешности». В дальнейшем его ранг будет увеличиваться в соответствии с увеличением агрессивности муравьев с возрастом.

3. Эксперименты

Для подтверждения работоспособности предложенного метода было проведено имитационное моделирование с использованием системы многоагентного моделирования Kvoqum [Rovbo et al., 2017]. Аниматы, условно разделенные на две группы A и B по N особей, перемещались по полигону (рис. 1). Рассматривалась задача организации рейдов и последующей фуражировки (на рис.1 еда обозначена синими квадратами). У каждой группы аниматов было свое «гнездо» (на рис.1 они обозначены большими квадратами). Были проведены серии экспериментов с перераспределением аниматов между группами. Общее время одного эксперимента – 3000 тактов, $N=10; 20$.

Для ускорения моделирования эксперименты проводились по упрощенной схеме: 1) разведчик первой группы ведет за собой аниматов ко второму гнезду; 2) у второго гнезда происходят «поединки»; 3) подчинившиеся особи второй группы доставляются в первое гнездо; 4) обе группы занимаются фуражировкой.

Аниматы обладали следующими возможностями. Они могли двигаться вперед и назад, поворачиваться налево и направо. Они были оснащены четырьмя ИК-датчиками. Каждый датчик «слышит» сигнал с

определенной стороны (впереди, сзади, слева и справа от него). Область слышимости анимата ограничена. Анимат генерирует широкополосный сигнал, который может быть принят только его близкими соседями.

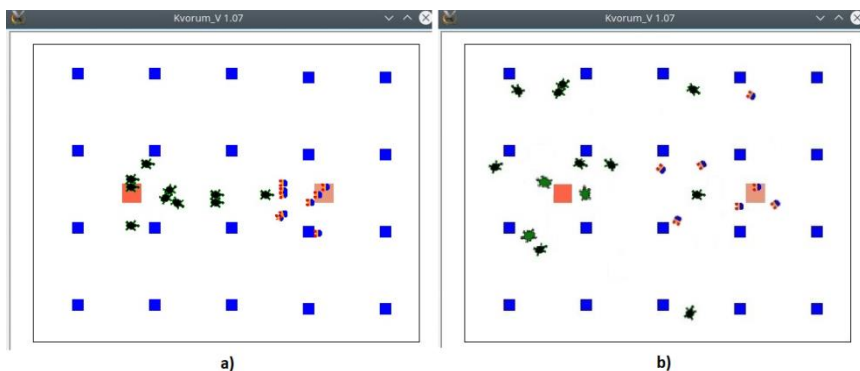


Рис. 1. Примеры экспериментов: а) организация рейда; б) фуражировка после перераспределения аниматов (зеленым обозначены аниматы, перешедшие в другую группу)

Приводить какие-либо статистические данные, полученные в ходе экспериментов, и давать им оценки, по большому счету, не имеет смысла. При моделировании можно установить различные значения параметров модели и получить любые данные: от минимальной подверженности аниматов «порабощению» до полного перехода всех аниматов в одну группу. Но перед этими экспериментами стояла другая задача. Они были призваны подтвердить применимость предложенного подхода и работоспособность разработанных моделей и алгоритмов. Данная цель была достигнута.

4. Заключение

Предлагаемый подход позволяет решить задачу перераспределения аниматов между группами при следующих условиях. Задача решается в условиях локальной коммуникации и без централизованного управления. Аниматы обладают набором потребностей (в доминировании, в самосохранении, в пище), набором процедур, реализующих некоторые виды поведения (пищевое, агрессивное, контагиозное), и набором правил, обеспечивающих переход от одной процедуры к другой. Каждый из них самостоятельно принимает решения о своих действиях, но все вместе они образуют социум и действуют на благо этого социума.

Конечно, для решения задачи перераспределения аниматов между группами можно было бы использовать другой, более простой способ.

Возможно даже, что этот другой способ показал бы лучшую управляемость и высокую эффективность. Но, во-первых, данная работа призвана продемонстрировать, что сложное поведение можно реализовать с помощью ранее созданных моделей, методов и механизмов в рамках моделирования социального поведения. А во-вторых, перспективой применения предлагаемого метода является образование гетерогенных групп роботов.

Благодарности. Автор выражает благодарность Карпову В.Э. и Бургову Е.В. за участие в обсуждении данной работы.

Список литературы

- [Длусский, 1967] Длусский Г.М. Муравьи рода *Формика*. – М.: Наука, 1967. – 233 p.
- [Захаров, 1978] Захаров А.А. Муравей, семья, колония. – М.: Наука, 1978. – 144 с.
- [Захаров, 1991] Захаров А.А. Организация сообществ у муравьев. – М.: Наука, 1991. – 277 с.
- [Карпов, 2016a] Карпов В.Э. Модели социального поведения в групповой робототехнике // Управление большими системами. 2016, № 59. – с. 165-232.
- [Карпов, 2016b] Карпов В.Э. Сенсорная модель подражательного поведения роботов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016): материалы VI междунар. Науч.-техн. Конф. (Минск, 18-20 февраля 2016 г.). – Минск: БГУИР. – с. 471-476.
- [Карпова, 2016] Карпова И.П. К вопросу о представлении маршрута для робота в задаче фуражирования // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016), 3-7 октября 2016, Смоленск, Т.1. – Смоленск: Универсум, 2016. – с. 169-178.
- [Карпова, 2017] Карпова И.П. К вопросу о представлении маршрута мобильного робота на основе визуальных ориентиров // Мехатроника. Автоматизация. Управление. 2017. Вып. 18, № 2. – с. 81-89.
- [Московский и др., 2018] Московский А.Д., Бургов Е.В., Овсянникова Е.Е. Зрительный анализатор анимата как основа семантики сенсорной системы робота // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Вып. 5, № 19. – с. 336-345.
- [Симонов, 1982] Симонов П.В. Потребностно-информационная теория эмоций // Вопросы психологии. 1982, № 6. – с. 44-56.
- [Czechowski, 1977] Czechowski W. Recruitment signals and raids in slave-maker ants / W. Czechowski // *Annales Zoologici*. 1977. Vol. 34. – P. 1-23.
- [D’Ettorre et al., 2001] D’Ettorre P., Heinze J. Sociobiology of slave-making ants // *Acta Ethol*. 2001. Vol. 3. – P. 67-82.
- [Lope et al., 2015] de Lope J., Maravall D., Quiñonez Y. Self-organizing techniques to improve the decentralized multi-task distribution in multi-robot systems // *Neurocomputing*. 2015. Vol. 163. – P. 47-55.
- [Mabelis, 1979] Mabelis A.A. Wood ants wars / A.A. Mabelis // *Neth. J. zool*. 1979. Vol. 29, № 4. – P. 451-626.

- [**Mori et al., 2000**] Mori A., Grasso D.A., Le Moli F. Raiding and foraging behavior of the blood-red ant, *Formica sanguinea* Latr. (Hymenoptera, Formicidae) // *Journal of Insect Behavior*. – 2000. Vol. 13, № 3. – P. 421-430.
- [**Karpov et al., 2015**] Karpov V., Karpova I. Leader election algorithms for static swarms // *Biologically Inspired Cognitive Architectures*. 2015. Vol. 12. – P. 54-64.
- [**Karpov, 2014**] Karpov V.E. Emotions and Temperament of Robots: Behavioral Aspects. Vol. 53. – Pleiades Publishing, Ltd., 2014.
- [**Karpova, 2017**] Karpova I. About Realization of Aggressive Behavior Model in Group Robotics // *Advances in Intelligent Systems and Computing* / eds. A.V. Samsonovich, V.V. Klimov. – Cham: Springer International Publishing, 2018. – P. 78-84.
- [**Karpova et al., 2018**] Karpova I., Karpov V. Some Mechanisms for Managing Aggressive Behavior in Group Robotics // 29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Zadar, Croatia, EU, 24h-27th October 2018. – P. 566-573.
- [**Rovbo et al., 2017**] Rovbo M.A., Ovsyannikova E.E. Simulating robot groups with elements of a social structure using KVORUM // *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 119. – P. 147-156.
- [**Tinbergen, 1953**] Tinbergen N. *Social Behavior of Animals* / N. Tinbergen. – London: Methuen, 1953. – 150 p.
- [**Zakharov, 2015**] Zakharov A.A. Classification of Ant Nest Complexes // *Entomological Review*. 2015. Vol. 95, № 8. – P. 959-971.

Redistributing Animats Between Groups

Irina P. Karpova (*karpova@mail.ru*)

National Research University Higher School of Economics,
101000, 20 Myasnitskaya ulitsa, Moscow

The paper considers the task of redistributing robots between groups. The models and mechanisms that underlie the proposed redistribution method are described. The results of experiments on simulation modeling are given.

Keywords: Group Robotics, Social Behavior Models, Ant Slave-Making, Redistribution of Robots between Groups, Foraging Task, Aggressive Behavior