

ОБ ОДНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ АГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ В ГРУППОВОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ¹

НИУ ВШЭ, Москва, karpova_ip@mail.ru

Данная работа выполнена в рамках фундаментальных исследований по применению моделей социального поведения как единой методологической основы для организации управления в групповой робототехнике (ГРТ) [1-3]. Основное предположение заключается в том, что появление эмерджентных свойств возможно тогда, когда группа роботов образует социальное сообщество. Поэтому требуется изучить и реализовать механизмы и модели, необходимые для создания такого сообщества (когезии, доминирования, контагиозного поведения и т.д.). А с точки зрения этологов агрессивное поведение (АП) является неотъемлемой частью этих моделей социального поведения [4]. Рассмотрим агрессию как способ разрешения конфликтов в рое роботов.

Агрессивное поведение

АП считается одним из ведущих факторов, определяющих формирование сообщества [5], в частности, обеспечивает поддержание территориального гомеостаза с целью обеспечения жизненного пространства, необходимого для существования особи (группы особей).

Для применения в рамках ГРТ агрессия рассматривалась на примере поведения муравьев как представителей эусоциальных насекомых. Проявления и роль АП у муравьев подробно рассмотрены в [6]. Оседлые муравьи с помощью АП защищают свою территорию от представителей других видов. Важную роль при этом играет численность муравьев. Вдали от своих гнезд одиночные охотники мирно расходятся. Но вблизи от гнезда, где численность хозяев велика, чужого фуражира сразу же атакуют, и он вынужден спасаться бегством.

Существует ряд работ, авторы которых используют понятие агрессивного поведения животных для решения некоторых задач робототехники. В работах [7-8] рассматривается задача борьбы за ресурсы и бои между роботами заменяется на демонстрацию агрессии. В работе [9] рассматривается применение понятия агрессии к разрешению конфликтов агентов в многоагентных системах. К сожалению, авторы упомянутых работ, используют понятие агрессии чисто формально, на уровне заимствования терминов. Нам же

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФ 16-11-00018 и РФФИ 16-29-04412.

интересуют биологически обоснованные схемы (модели) АП, которые можно применить к решению конкретных задач ГРТ.

Модель агрессивного поведения

Упрощая реальное положение вещей в природе, будем считать, что АП проявляется при появлении соперника, а уровень агрессии зависит от текущего состояния особи и близости других особей своего вида [10].

Тогда уровень агрессии особи A будет определяться так:

$$A = (C, E_{ob}, N_{other}),$$

где C – "накопленная агрессивность", т.е. тот уровень агрессивности, который есть у особи в текущий момент времени; E_{ob} – наличие объекта агрессии; N_{other} – наличие других особей своего вида (своей семьи). Правомерность учета соседства других особей своего вида подтверждается наблюдениями за муравьями рода Формика [11]. Также у муравьев накопленная агрессивность коррелирует с близостью к центру "своей" территории. Будем считать, что C обратно пропорциональна расстоянию R от своего "муравейника": $C = 1/R$.

Введем следующее правило разрешения конфликта. При обнаружении соперника каждая особь суммирует уровни агрессивности "своих" среди соседей (т.е. тех особей, которые находятся в зоне прямой видимости заданным радиусом X):

$$A_{other} = \sum_{j=1}^m C_j, \quad A = C + A_{other},$$

где C_j – уровни накопленной агрессивности соседних особей, m – количество соседних особей, A – текущая агрессивность i -й особи. Аналогично рассчитывается суммарный уровень агрессивности "чужих" особей A_n . Далее с вероятностью $p=A/(A+A_n)$ особь побеждает в конфликте, а с вероятностью $(1-p)$ – проигрывает.

Модельная задача и результаты экспериментов

В качестве модельной задачи выступила задача охраны территории, аналогичную той, которую решают животные: изгнание со своей территории особей других семейств (стай) своего вида с целью поддержания пространственной структуры популяции [4].

Были проведены две серии экспериментов (с агрессией и без) с помощью системы агентного моделирования Kvorum. На полигоне есть два "муравейника", в каждом из них "живут" особи определенной группы. Они различают своих и чужих, и агрессию проявляют только по отношению к чужим. Соотношение количества особей из разных муравейников ($n_1:n_2$) изменялось от 1:1 до 1:6. Исследуемым показателем было суммарное время, проведенное особями каждой из групп на "чужой" территории (обозначим его T).

Эксперименты первой серии показали очевидные результаты: в отсутствии агрессии время T фактически прямо пропорционально

количеству особей в группе. Результаты второй серии показали, что проявление АП при равном количестве особей резко (примерно в 2–2,5 раза) уменьшает время T . А увеличение численности одной из групп приводит к увеличению времени T для этой доминирующей группы, а также к уменьшению количества особей доминируемой группы, которые проникают на "чужую" территорию.

Заключение

На основе предложенной модели АП была реализована модель территориального поведения. Результаты экспериментов подтвердили, что при равных по численности группах агрессия играет роль стабилизирующего фактора, который позволяет группе отстаивать свою территорию, т.е. обеспечивает поддержание территориального гомеостаза. При изменении соотношения численности групп агрессия приводит к перераспределению территории в пользу большей по численности группы. На практике эта модель АП позволит разрешать конфликты между агентами (роботами) за ресурсы на основе локального взаимодействия.

1. Карпов В.Э. Модели социального поведения в групповой робототехнике // Управление большими системами. 2016. № 59. с. 165–232.
2. Kulinich A.A. A model of agents (robots) command behavior: The cognitive approach // Autom. Remote Control. 2016. Vol. 77, № 3. P. 510–522.
3. Карпова И.П. Псевдоаналоговая коммуникация в группе роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016, № 2. с. 94–101.
4. Tinbergen N. Social Behavior of Animals. London: Methuen, 1953. 150 с.
5. Лоренц К. Агрессия. Москва: Прогресс, 1994. 272 с.
6. Захаров А.А. Муравей, семья, колония. М.: Наука, 1978. 144 с.
7. Brown S. et al. Rational aggressive behaviour reduces interference in a mobile robot team // 2005 Int. Conf. Adv. Robot. ICAR '05, Proc. 2005. P. 741–748.
8. Zhang Y., Vaughan R. Ganging up: Team-based aggression expands the population/performance envelope in a multi-robot system // Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2006. P. 589–594.
9. Scheutz M., Schermerhorn P. The More Radical, the Better: Investigating the Utility of Aggression in the Competition among Different Agent Kinds // From Anim. to Animat. 8. Proc. 8th Int. Conf. Simul. Adapt. Behav. 2004. P. 445–454.
10. Frizzi F. et al. The Rules of Aggression: How Genetic, Chemical and Spatial Factors Affect Intercolony Fights in a Dominant Species, the Mediterranean Acrobat Ant *Crematogaster scutellaris* // PLoS One. Public Library of Science, 2015. Vol. 10, № 10. P. 1–15.
11. Длусский Г.М. Муравьи рода *Формика*. М.: Наука, 1967. 233 с.