

## Литература

1. *State of the Industry* [Electronic resource] / *J.V. Dreunen* – SuperData Digital Goods Measurement, 2016. – Mode of access: <http://www.superdataresearch.com>. – Date of access: 23.02.2016
2. *Lutkepohl, H. New Introduction to Multiple Time Series Analysis* / *H. Lutkepohl*. – Berlin: Springer–Verlag, 2005. – 764 p.
3. *Малюгин, В.И. Методы анализа многомерных эконометрических моделей с неоднородной структурой* / *В.И. Малюгин* – Минск: БГУ, 2014 – 351 с.
4. *Hamilton, J.D. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle* / *J.D. Hamilton* – *Econometrica*, Vol. 57, No. 2, 1989. – 357–384 p.
5. *Krolzig, H.-M. Constructing Turning Points Chronologies with Markov–Switching Vector Autoregressive Models: the Euro–Zone Business Cycle* / *H.-M. Krolzig* – Oxford University, 2003. – 38 p.
6. *Малюгин, В.И. Анализ многомерных статистических моделей с неоднородной структурой в случае скрытой марковской зависимости состояний* / *В.И. Малюгин, А.Ю. Новопольцев* // *Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-мат. наук.* – № 2. – 2015. – С. 26–36.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ

**А. А. Бажанов**

### ВВЕДЕНИЕ

В процессе биологической эволюции возникли чрезвычайно сложные и вместе с тем удивительно эффективно функционирующие живые организмы. Эффективность, гармоничность и согласованность работы «компонент» живых существ обеспечивается биологическими управляющими системами. Но каковы эти управляющие системы? Как и почему они эволюционно возникли? Ответить на все эти вопросы поможет моделирование развития подобных биологических управляющих систем. Результаты изучения и анализа подобных моделей позволяют применять их в самых разных сферах деятельности человека, где требуется система действий, которая не может быть определена строгим математическим алгоритмом.

Основной целью данной работы является разработка архитектуры системы, которая позволила бы моделировать эволюцию некоего «анимата» (от англ. animal + robot = animat) [1], управляемого нейронной сетью и обладающего искусственным интеллектом на подобию биологического.

## НЕЙРОЭВОЛЮЦИЯ

Нейроэволюция – форма машинного обучения, которая использует эволюционные алгоритмы для тренировки нейросети. Этот подход построения нейронных сетей используется в таких отраслях как моделирование искусственной жизни, компьютерные игры и робастное управление [2]. Общая схема построения нейронных сетей с использованием нейроэволюционного подхода представлена на рисунке 1.

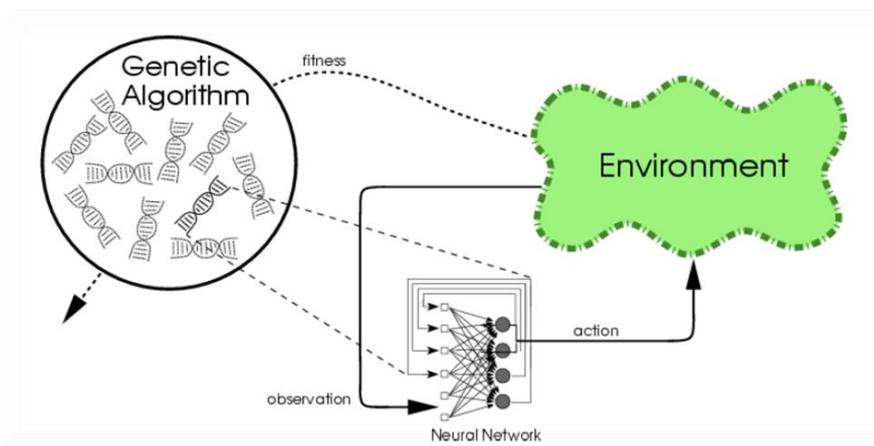


Рис. 1. Схема построения нейронных сетей с использованием нейроэволюционного подхода

## МОДЕЛЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ АНИМАТА

Среда моделирования представляет квадратный полигон со стенками, на котором расположены объекты (кубы), взаимодействующие с аниматом. Кубы разделены на два типа: красные и синие. При соприкосновении анимата с синими кубами, анимат поощряется фиксированным количеством очков. При соприкосновении с красными кубами у анимата отнимается фиксированное количество очков. Эксперимент завершается, когда анимат соприкоснется со всеми синими кубами или по истечении лимита времени. Задача анимата заключается в максимизации суммы очков по завершении эксперимента. Визуальное представление среды можно увидеть на рисунке 2.

В данном эксперименте анимат обладает визуальным восприятием окружающей среды. На нейросервер передаются данные с камеры, установленной на анимате. Управляющий сигнал, вырабатываемый нейросервером, определяет направление и скорость движения анимата.

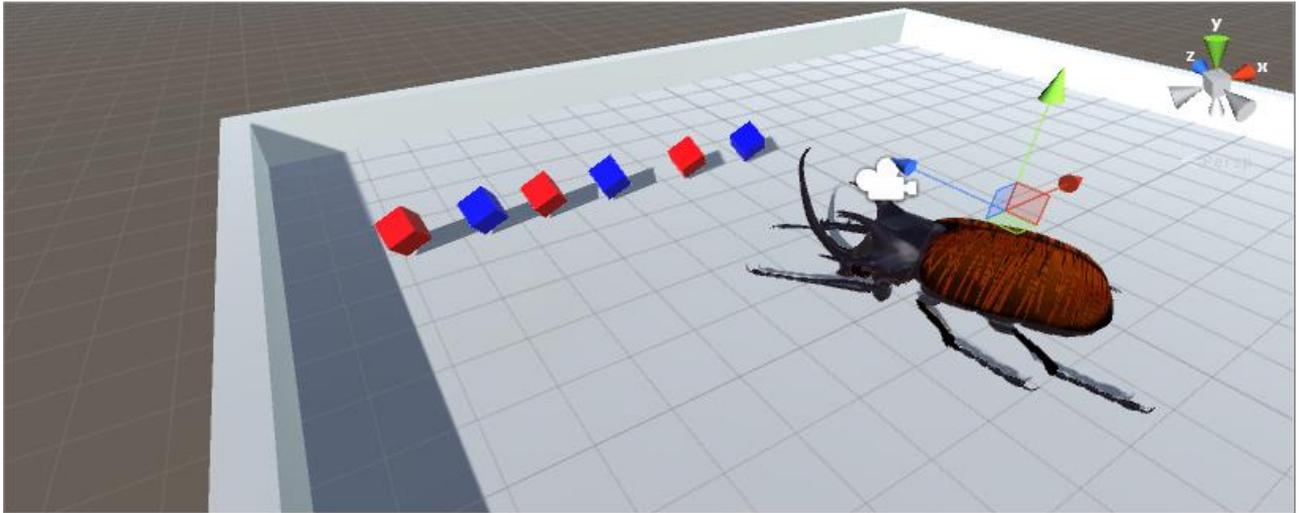


Рис. 2. Визуальное представление среды моделирования

## СИСТЕМА НЕЙРОЭВОЛЮЦИИ

Архитектура системы нейроэволюции, разработанная в ходе данной работы, показана на рисунке 3.



Рис. 3. Архитектура системы нейроэволюции

Данная система состоит из трёх компонент:

- Среда моделирования отвечает за проведение испытаний над аниматами. В ходе каждого испытания среда моделирования отправляет сигналы с сенсоров анимата на нейросервер, принимает сигналы управления с нейросервера и, в ответ на сигналы управления, моделирует поведение анимата в физической среде. Среда моделирования основана на игровом движке Unity, используемого в

качестве физического движка. Коммуникации осуществляются по средствам протокола TCP.

- Нейросервер выполняет две функции: управление аниматором при помощи загруженной нейронной сети для данного испытания и выполнения алгоритма эволюции после окончания серии испытаний для текущей популяции нейронных сетей.

- Репозиторий хранит наборы нейронных сетей из каждой популяции, полученные в результате работы алгоритма эволюции нейросервером.

Также в ходе работы были разработаны:

- алгоритм коммуникации среды обитания и нейросервера;
- алгоритм фильтрации сигнала аниматора (изображения);
- алгоритм распространения сигнала;
- алгоритм эволюции нейронных сетей;
- алгоритм скрещивания нейронных сетей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы над проектом были исследованы вопросы моделирования искусственной жизни, адаптивного поведения, создания нейронных сетей для нейроуправления; была разработана система нейроэволюции аниматоров. Также были проведены первые эксперименты по нейроэволюции с помощью построенной системы. При дальнейших экспериментах, будет произведена настройка алгоритма эволюции, которая позволит системе сгенерировать нейрообраз, удовлетворяющий поставленному критерию качества.

## **Литература**

1. Поведение "аниматоров" как модель поведения животных [Электронный ресурс] // Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук – Режим доступа: <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/RT/Nepomn.htm> - Дата доступа 08.02.2016.
2. Нейроэволюция [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейроэволюция> – Дата доступа 03.04.2016.