

УДК 004.8

## **НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*А.М. Коровин*

Приведены данные о возможностях применения технологий имитационного моделирования для решения задач искусственного интеллекта на примерах с отечественной гибридной системой AnyLogic. Указаны области применения в сфере транспортных и производственных систем, логистики, а также результаты использования для машинного обучения и миграции моделирования в облачные среды.

Ключевые слова: имитационное моделирование, искусственный интеллект, нейронные сети, AnyLogic.

Несмотря на большое количество разработанных примеров применения имитационных моделей (ИМ) в различных социально-экономических сферах, промышленности, коммерции, а также широкое распространение технологий компьютерной симуляции в повседневной практике, в последнее время отмечается некоторое замедление в развитии этого актуального направления аналитической деятельности. Поэтому весьма важными являются появившиеся работы, свидетельствующие о расширении возможностей указанной технологии, среди которых необходимо отметить исследования и инструменты для слияния технологий ИМ с технологиями искусственного интеллекта (ИИ), возможностями геоинформационных систем и ресурсами Интернета.

В работах [1–3] отмечаются ряд возможных и целесообразных направлений применения технологий имитационного моделирования для решения задач искусственного интеллекта.

Так технологии ИМ и соответствующие им программные системы применяются для создания моделей, имитирующих исследуемую ситуацию (например, бизнес-процесс), которые включают в себя набор проверенных и достоверных данных, необходимых в дальнейшем для решения задачи машинного обучения с учителем.

Кроме того, ИМ могут помочь разработчику систем ИИ в решении задачи обучения нейронной сети с подкреплением при помощи ИМ. В данном варианте процесс моделирования временно прерывается для необходимой коррекции обучающегося агента.

Известно также такое направление использования ИМ при решении задач ИИ, как включение ранее обученного алгоритма искусственного интеллекта в имитационную модель для последующего тестирования алгоритма ИИ.

Проект имитационной модели AnyLogic позволяет при создании и исследовании алгоритмов управления вести работу в нижеперечисленных направлениях.

Так на примере оптимизации работы светофора на одном регулируемом перекрестке из [1] можно сделать вывод о том, что задача обучения нейронной сети, управляющей светофором (обучающимся агентом), как вариант задачи глубокого обучения нейронной сети с подкреплением, приводит к вполне успешным результатам. В данном примере модель регулируемого перекрестка была создана в AnyLogic на основе имеющейся в ее составе библиотеки Road Traffic Library. Таким образом, становится возможным перейти от решения указанного простого примера с одним светофором к решению задачи повышения эффективности управления сетью взаимосвязанных управляемых перекрестков. Решение указанной задачи без привлечения ИИ является затруднительным, а создание имитационной модели дает возможность разработчику транспортной сети убедиться в целесообразности решения, выбранного с помощью нейронной сети. О важности решения транспортных задач с привлечением ИИ свидетельствуют ряд работ, в частности [4].

Также возможно применение подхода глубокого машинного обучения с подкреплением обучающихся агентов, управляющих производственным процессом перемещения деталей. Указанный пример свидетельствует о возможности применения ИМ совместно с ИИ и в области широкого круга производственных бизнес-процессов. Кроме того, обосновывается целесообразность создания цифровых двойников производства на основе имитационных моделей с использованием библиотеки производственных систем в AnyLogic [1].

Дальнейшим развитием решений ИМ, в частности для корпоративных клиентов, явилось создание специализированных веб-приложений, с помощью которых создаваемые модели могут быть отделены от десктопных приложений исполнителя. Работа в облаке реализована у таких продуктов имитационного моделирования, как AnyLogic и Simul8. Так для системы многоподходного моделирования AnyLogic было создано приложение AnyLogic Cloud. Размещение имитационных моделей в среде Cloud позволяет минимизировать требования к мощности компьютеров как для членов команды разработчиков, так и для клиентов (заказчика) и проводить компьютерные эксперименты моделирования быстрее и эффективнее. При этом экспорт имитационных моделей в AnyLogic Cloud позволяет ускорить решение задач машинного обучения на основе использования RESTful API на Python, Java или JS, а также получение результатов по многопрогонному моделированию решения задач по методу Монте-Карло [1, 5, 6].

Приход облачных технологий в сферу решения задач ИМ совместно с элементами ИИ приводит к необходимости замены традиционной работы с

заказчиком на технологию удаленного доступа к моделям из офиса заказчика, выполняемой в вэб-браузере. Загрузка модели в облако существенным образом расширяет возможности коллективной работы как разработчиков, так и заказчиков.

Вследствие привлекательности работы в облаке следующим этапом развития технологий ИМ стала разработка продуктов для комплексного моделирования динамических систем в виде вэб-приложений, требующих для решения задач симуляции только выход в Интернет и наличие ВЭБ-браузера. К числу таких продуктов относится отечественная разработка iWebsim. В ней учтены все современные подходы: размещение объектов на ГИС-картах, анимация объектов и др., позволяющие проводить на основе технологий агентного, потокового, дискретно-событийного, системно-динамического моделирования широкий круг имитационных экспериментов в сфере систем массового обслуживания и других бизнес-процессов [7].

Но, однако, остаются вопросы обеспечения информационной безопасности при работе в облаке, которые требуют своего решения.

Следующим шагом в развитии технологий и инструментария ИМ явилось реализация объединения возможностей динамического и аналитического моделирования в едином программном продукте. К таковым относится инструмент anyLogistix (ALX). Указанный продукт предназначен и используется для решения задач анализа логистики и цепей поставок [8]. Так с помощью указанного продукта была решена задача оптимизации большой территориально распределенной логистической сети поставок телекоммуникационной компании ПАО «Ростелеком». С помощью инструментария anyLogistix (ALX) были разработаны ряд сценариев поставок и проведены компьютерные симуляции работы цифровых цепей поставок с одновременным решением задач оптимизации их работы.

При разработке новых версий системы имитационного моделирования AnyLogic осуществлено расширение ее возможностей по интеграции с картами геоинформационных систем (ГИС). Реализация размещения элементов модели на карте востребована при моделировании сетей поставок, логистических задачах. Начиная с версии 7, программа AnyLogic может реализовывать многоподходные модели, в которых действующим агентам предоставлена возможность размещения агентов на карте ГИС, их перемещения по существующей сети дорог, что существенно повышает наглядность и эффективность принимаемых решений.

Решение задач расширения возможностей систем имитационного моделирования для повышения эффективности принимаемых с их участием управленческих решений, по мнению разработчиков указанных систем, связано с определенными трудностями, в том числе в части недостаточной осведомленности потенциальных потребителей этих технологий. Поэтому,

как отмечается в решениях и документах многочисленных конференций, проводимых под эгидой Национального общества имитационного моделирования, требуется привлечение научных и образовательных организаций для широкого внедрения и развития этих важных и актуальных технологий.

#### Библиографический список

1. Борщев, А. Имитационные модели как виртуальная среда для обучения и тестирования искусственного интеллекта для бизнес-приложений / А. Борщев, Arash Mahdavi, А. Жеребцов // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019): тр. конференции, 16–18 октября 2019 г. – Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т., 2019. – С. 20–29.

2. Емельянов, А.А. Экономико-имитационное моделирование с элементами искусственного интеллекта: монография / А.А. Емельянов, О.В. Булыгина, В.Г. Халин. – М.: Неолит, 2018. – 160 с.

3. Машинное обучение и имитационная модель – пример. Блог AnyLogic. – URL: <https://www.anylogic.ru/blog/mashinnoe-obuchenie-i-imitatsionnaya-model-primer/>.

4. Степанова, О.С. Применение нейронной сети для интеллектуального анализа данных в системе антиобледенения поверхности / О.С. Степанова, А.М. Коровин // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: сб. науч. статей III Всероссийской научной конференции с международным участием: 21–23 апреля 2020 г. В 2 ч. – Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2020. – С. 118–128.

5. Монахов, Г.О. AnyLogic Cloud – масштабируемая среда для использования имитационных моделей в оперативной деятельности / Г.О. Монахов // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019): тр. конференции, 16–18 октября 2019 г. – Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2019. – С. 323–326.

6. Борщев, А. Миграция имитационного моделирования в облако / А. Борщев // «Имитационное моделирование. Теория и практика». Восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. (ИММОД-2017). – СПб.: Изд-во НП «НОИМ», 2017. – С. 18–26.

7. Палей, А.Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic: учебное пособие / А.Г. Палей, Г.А. Поллак. – СПб.: Лань, 2019. – 208 с.

8. Проектирование цепей поставок с помощью оптимизации и динамического моделирования: обзор технологий и проекта / С. Суслов, С. Егоров, А. Семенов, А. Машков. – <http://www.anylogistix.ru/upload/iblock/039/03902aa3c8fbdc30975d5dc2ab537b.pdf>

[К содержанию](#)