

планируется реализация прототипа и тестирование в реальных условиях для подтверждения практической применимости. Также перспективными направлениями развития являются адаптация системы для работы в более крупных инфраструктурах и оптимизация предиктивных алгоритмов для более точного прогнозирования сбоев.

Библиографический список

1. Хабаров С. П., Шилкина М. Л. Построение распределенных систем на базе WebSocket: учебное пособие для СПО. — М.: Юрайт, 2021.
2. Дрешер Д. Основы блокчейна. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. — 256 с.
3. Клеппман М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка. — 2-е изд. — М.: ДМК Пресс, 2024. — 512 с.
4. RFC 6455. The WebSocket Protocol [Электронный ресурс]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6455> (дата обращения: 04.01.2025).
5. Мониторинг начинается с метрик. Часть 2: серверное ПО [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/itsumma/articles/657189> (дата обращения: 15.02.2025).

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

С.О. Брезницкий, А.А. Полупанов

Кубанский государственный университет
ул. Ставропольская 149, 350040, Краснодар, Россия

Ключевые слова: агентное моделирование, трёхмерное пространство, Unity3D, математические модели, искусственный интеллект, навигация, групповое поведение, симуляция эвакуации.

Аннотация

Статья посвящена моделированию поведения агентов в трёхмерной среде с применением современных инструментов (Unity3D, PyBullet) и математических методов (модель социальных сил, алгоритмы A*). Разработана экспериментальная сцена эвакуации из здания, выявлено влияние паники на время эвакуации. Результаты подтверждают

эффективность комбинации ИИ-алгоритмов и физической симуляции для прогнозирования коллективного поведения.

Введение. Агентное моделирование представляет собой междисциплинарную область, объединяющую компьютерные технологии, социальные науки, биологию и другие дисциплины. Его главная цель — исследование сложных систем путём изучения взаимодействий автономных агентов и анализа возникающих макроскопических эффектов, а также прогнозирование поведения агентов в различных условиях. В последнее время всё большую популярность набирает моделирование поведения в трёхмерных пространствах, что открывает новые возможности для реалистичных симуляций. Такой подход позволяет учитывать факторы окружения и более точно воспроизводить процессы, протекающие в реальных или виртуальных мирах.

Несмотря на обширный спектр исследований, сохраняются проблемы в точности воспроизведения физических взаимодействий, адаптации ИИ-алгоритмов и масштабируемости симуляций.

Определение агентов и их характеристики. Агент определяется, как автономная сущность, способная воспринимать окружающую среду, анализировать полученную информацию и принимать решения в соответствии с поставленными задачами. Основными характеристиками агента являются автономность, способность к адаптации, реактивность и проактивность.

По уровню автономности различают полностью управляемых агентов, которые действуют строго по заданным инструкциям, и полностью автономных, способных самостоятельно принимать решения.

Модели поведения агентов в динамических системах. Модели поведения агентов можно классифицировать на две основные категории: детерминированные и стохастические. Детерминированные модели предполагают, что действия агента полностью предсказуемы и определяются заранее заданными правилами. Это делает их подходящими для применения в

системах, где требуется высокая точность и надёжность, например, в автоматизированных производственных процессах. В отличие от них, стохастические модели учитывают случайные факторы и неопределённости, что позволяет агентам адаптироваться к изменяющимся условиям среды.

Динамические системы характеризуются изменяющимся состоянием, что требует от агентов способности к адаптации и быстрому принятию решений. В таких системах агенты должны учитывать не только текущие условия, но и предсказывать возможные изменения в будущем [1].

Математическая модель симуляции поведения. Математическая основа разработанной модели включает описание движения, взаимодействий и принятия решений. Рассмотрим ключевые компоненты.

Первая компонента – формализация агента. Каждый агент представляется, как объект с набором параметров:

позиция в пространстве:

$$P(t) = (x, y, z) \quad (1)$$

скорость:

$$V(t) = \frac{dP}{dt} \quad (2)$$

направление: единичный вектор

$$\hat{D}(t) \quad (3)$$

цели: список точек маршрута

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\} \quad (4)$$

Вторая компонента – механика движения. Движение агента описывается дифференциальными уравнениями. Например, модель социальных сил D. Helbing и P. Molnar [2]:

$$F_{total} = F_{goal} + \sum F_{obstacles} + \sum F_{agents} + F_{noise} \quad (5)$$

где $F_{goal} = k_{goal} * (G_{current} - P)$ – сила стремления к цели; $F_{obstacles}$ – силы отталкивания от препятствий; F_{agents} – социальные взаимодействия (например, избегание столкновений).

Третья компонента – алгоритмы навигации. Навигация реализована через алгоритм A* с 3D-сеткой вокселей. Для динамических сред применён RRT (Rapidly-exploring Random Tree), адаптированный под изменение геометрии пространства.

Четвертая компонента – моделирование группового поведения. Для координации множества агентов было решено использовать модифицированный алгоритм Boids с учётом трёхмерного пространства. В основе алгоритма лежат три правила:

разделение (separation): объект (boid) должен избегать столкновений с соседями по стае;

выравнивание (alignment): объект должен корректировать своё направление, чтобы оно совпадало с направлением ближайших соседей;

сплочённость (cohesion): объект должен двигаться в позиции, которую можно назвать средней позицией между позициями ближайших соседей, то есть он должен держаться товарищей [3].

Программная реализация модели симуляции. Для симуляции выбрана платформа Unity3D благодаря поддержке 3D-графики, физического движка NVIDIA PhysX и интеграции с ML-библиотеками. В экспериментах использованы Python-скрипты для обработки данных и нейросетевых моделей (PPO).

Сценарий эвакуации из трёхмерной модели здания включал:

200 агентов с переменной скоростью (1–3 м/с) и радиусом обзора (5–10 м);

динамические препятствия (обрушение стен) и параметр «паника», влияющий на случайный шум F_{noise} .

Заключение. В ходе эксперимента были получены следующие

результаты:

при панике >60% время эвакуации выросло на 40% из-за пробок у выходов.

введение 10% «координаторов» сократило время на 25%.

тепловые карты выявили узкие места (лестницы, дверные проёмы).

Разработанная модель демонстрирует эффективность Unity3D и алгоритмов на основе социальных сил для моделирования агентов в трёхмерном пространстве.

Библиографический список

1) Salamon, T. Design of Agent-Based Models / T. Salamon – Repin : Bruckner Publishing, 2011. – 220 p. – ISBN: 978 -80-904661-1-1.

Helbing, D. Social Force Model for Pedestrian Dynamics / D. Helbing, P. Molnar // arXiv : [сайт]. – 1998. – URL: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/9805244> (дата обращения: 20.03.2025)

Reynolds, C. W. Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model / C.W. Reynolds // ACM Digital Library : [сайт]. – 1987. – URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/37402.37406> (дата обращения: 22.03.2025)

УДК 004.652

ИЗВЛЕЧЕНИЕ И СТРУКТУРИРОВАНИЕ ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИЗ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВКОНТАКТЕ

Д.А. Вербицкий, А.А. Михайличенко

Кубанский государственный университет
ул. Ставропольская 149, 350040, Краснодар, Россия

Ключевые слова: СУБД, SQLite, социальные сети, Python, ВКонтакте, структурирование данных, извлечение данных, vk.com, API

Аннотация

Статья посвящена разработке программы на языке Python для извлечения и структурирования информации о пользователях из социальной сети ВКонтакте. Программа гибко и безопасно извлекает данные, учитывая ограничения API, и сохраняет их в СУБД SQLite.