

УДК 004.922

## МЕТОД СИМУЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ

Юрьев М.Р. (ИТМО)

Научный руководитель – аспирант Богданов М.К.

(ИТМО)

**Введение.** Реалистичное движение транспорта играет ключевую роль в градостроительных симуляторах и играх с открытым миром. Создание оптимизированного решения для симуляции движения агентов позволит улучшить игровой опыт игрока и освободить ресурсы для улучшения визуального качества игры и добавления новых механик. В ходе ранее проведенного исследования, удалось разработать прототип программы для симуляции движения агентов на GPU по заданным траекториям в виде графа кривых Безье [1]. Разработанное решение продемонстрировало следующие проблемы:

- 1) Вариативность поведения агентов сильно ограничена, траектории движения фиксированы.
- 2) Невозможность внесения изменений граф дорог во время симуляции.
- 3) Длина вектора перемещения агентов при неизменной скорости не линейна из-за свойств параметра кривых Безье [2].

Перечисленные проблемы влияют на реалистичность симуляции и ограничивают применимость метода в игровых проектах с проработанной системой принятия решений, такой как, например, в градостроительном симуляторе City Skylines [3]. Новое решение призвано устранить недостатки имеющегося метода, изменив подход к симуляции агентов.

**Основная часть.** Чтобы решить поставленные проблемы, решено разделить систему принятия решений агента на два уровня: глобальный (поиск оптимального пути, следование маршруту) и локальный (движение внутри потока агентов, обгон соседних агентов, перестроение в соседнюю полосу). Новое решение предлагает модель, описывающую движение транспорта на локальном уровне. Модель разработана на базе векторных полей [4]. Каждый агент рассматривается как частица, находящаяся под воздействием поля. Воздействие поля определяет направление движения частиц в зависимости от направления движения на данном участке дороги и ограничений. Агент может находиться в нескольких полях одновременно; в таком случае следует учитывать воздействие каждого из них. Для поиска полей, действующих на частицу (агента), применяется иерархия ограничивающих объемов, которую можно эффективно генерировать на GPU [5]. Агент может принять решение о своем желаемом перемещении и скорректировать его с помощью интерполяции с вектором поля. Изогнутые участки дорог делятся на небольшие сегменты, на протяжении которых перемещение с неизменной скоростью линейно; возможно использование и других методов приближенных вычислений [6]. Модель векторных полей позволяет добавлять новые сегменты дорог в ходе работы программы с помощью локального деления ветвей в древе иерархии ограничивающих объемов.

**Выводы.** В ходе исследования разработан метод симуляции транспорта на GPU, основанный на модели векторных полей. Новый подход позволяет устранить ключевые недостатки предыдущего прототипа: решена проблема нелинейности перемещения агентов при неизменной скорости, обеспечена возможность изменения конфигурации дороги в реальном времени, создана модель принятия решений. Разработанная модель создает основу для масштабирования симуляции поведения агентов.

### Список использованных источников:

1. Юрьев М.Р. Симуляция движения транспорта в играх на GPU при помощи

вычислительного шейдера // Сборник трудов XIV Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 7-11 апреля 2025 г.). – 2025.

2. Muraru C. V. On a Problem of Fitting Data Using Bézier Curves / C. V. Muraru // Brain. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. – 2010. – Vol. 1, [б. н.]. – [б. с.].

3. со\_avanya. Development Diary #2: Traffic AI [Электронный ресурс] / со\_avanya // Paradox Interactive Forums : [сайт]. – 26 Jun 2023. – URL: <https://forum.paradoxplaza.com/forum/developer-diary/development-diary-2-traffic-ai.1591141/>

(дата обращения: 12.02.2026).

4. Ayoo V. Bezier Curve Method for Solving Linear and Nonlinear Fredholm-Volterra Integral Equations / V. Ayoo, T. Aboiyar, S. Swem // IOSR Journal of Mathematics. – 2016. – Vol. 12, No. 2. – P. 48-54. – DOI 10.9790/5728-1202064854.

5. Lauterbach C. Fast BVH construction on GPUs / C. Lauterbach, M. Garland, S. Sengupta [et al.] // Computer Graphics Forum. – 2009. – Vol. 28, No. 2. – P. 375-384. – DOI 10.1111/j.1467-8659.2009.01377.x.

6. Ayoo V. Bezier Curve Method for Solving Linear and Nonlinear Fredholm-Volterra Integral Equations / V. Ayoo, T. Aboiyar, S. Swem // IOSR Journal of Mathematics. – 2016. – Vol. 12, No. 2. – P. 48-54. – DOI 10.9790/5728-1202064854.