

Разработка модели и симуляции распространения эпидемии вируса с использованием игрового движка Unity

С. А. Зори, Н. А. Бездетный

Донецкий национальный технический университет,
ik.ivt.rec@mail.ru, nekoolay@mail.ru

Аннотация

В статье выполнен анализ существующих методов и технологий, средств для компьютерного моделирования и симуляций распространения эпидемии вируса. Представлена реализация модифицированной модели симуляции распространения эпидемии вируса, отличающейся большей точностью, простой и гибкой регуляцией настроек для повышения эффективности процесса моделирования, и применение современных средств трёхмерной компьютерной графики для повышения наглядности процесса симуляции и визуализации его результатов.

Введение

Моделирование и симуляция процессов составляет неотъемлемую часть человеческой деятельности — от имитации простой музыки до комплексных систем запуска спутников в космос. Даже история науки и техники — это история формирования и развития моделируемых явлений, процессов и объектов.

Использование объектных моделей позволяет проводить активные эксперименты, которые невозможны с самим объектом. Необходимость моделирования возникает из-за дорогостоящих и/или невозможных испытаний на реальном объекте, а также из-за длительной продолжительности проведения эксперимента. Поэтому, актуальность моделирования со временем будет только возрастать.

На сегодняшний день проблема вирусной заболеваемости и возникновения эпидемий требует оперативного решения и активно исследуется во всем мире, в том числе - и с использованием математического аппарата. Математическое компьютерное моделирование и симуляция заболеваний — мощный и точный инструмент для исследования механизмов распространения болезни. Такие модели предназначены для прогнозирования и оценки динамики передачи заболеваний. Это позволит анализировать и контролировать ситуацию, связанную с распространением вируса, а также предугадывать серьёзные последствия и принимать соответствующие меры по их устранению [1].

Таким образом, тема данной работы, связанная с разработкой компьютерной симуляции и изучением современных технологий ее реализации, является актуальной.

Анализ методов и технологий для моделирования и симуляции распространения эпидемии вируса

В процессе анализа технологий и средств для моделирования и симуляции распространения эпидемии вируса были описаны и проанализированы различные методы моделирования с применением математического (SIR, SIER и т. п. модели [2]), и компьютерного (агентные, поведенческие и т.п. симуляции) аппаратов (рис. 1).

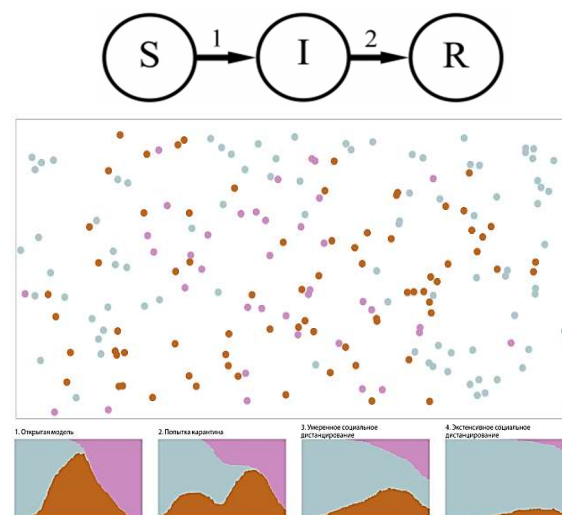


Рисунок 1 – Примеры различных методов моделирования

Проведен заключительный анализ, выделены достоинства и недостатки актуальных моделей и способов моделирования.

Независимо от сложности и реализации моделей, в качестве основных достоинств всех рассмотренных методик, следует выделить следующие - получение набора данных, который впоследствии можно обработать и проанализировать, например, спроецировать на графиках или спрогнозировать поведение ситуации для выработки методов её решения, а также получение достаточно точных данных за довольно короткий промежуток времени, по сравнению с реальными ситуациями.

Однако, как указывалось ранее [3], рассмотренные модели не идеальны и имеют свои недостатки. Основные из них - низкая или вообще отсутствующая наглядная реализация результатов моделирования и визуальной симуляции «реальной жизни», сложность первоначальной настройки модели, так как от этого будет зависеть точность и правильность результатов.

Цели и задачи исследований и разработок

В связи с этим, были определены цели и задачи исследований и разработок:

1. Анализ моделей распространения эпидемии вируса.
2. Анализ реальных факторов для повышения адекватности модели.
3. С учетом выполненного анализа - разработка базовой многофакторной модели распространения эпидемии вируса с повышенной адекватностью к реальности.
4. Разработка стратегии визуальной симуляции распространения эпидемии вируса на основе предложенной модели и средств ее реализации на базе современных технологий игровых движков.
5. На основе предложенных средств - разработка прототипа программной системы для визуальной симуляции распространения эпидемии вируса.
6. Анализ выполненных симуляций с использованием разработанных средств и сравнение их с реальными данными, определение характеристик, достоинств и недостатков предложенной модели и разработанных средств визуальной симуляции.

Разработка модели распространения эпидемии вируса

В качестве основного средства и инструмента для разработки симуляции использован игровой движок Unity. Логика симуляции, реализованная через написание скриптов, осуществляется в среде разработки Visual Studio, при помощи современного объектно-ориентированного языка программирования C#. Визуальная

составляющая симуляции, различные модели и прочая атрибутика будет разработаны при помощи пакета для создания трехмерной компьютерной графики Blender [1].

При проектировании, в разрабатываемой усовершенствованной модели можно выделить следующий список параметров:

1. Параметр модели, связанный с разделением населения, будет базироваться на SIR переменных, описывающий три группы населения, так как он достаточно прост и нагляден для понимания;
2. Виртуальная среда выполнена с применением средств трёхмерной графики в виде одного из районов города, что позволит повысить визуальное восприятие информации и напрямую наблюдать за происходящей симуляцией.
3. Параметр, эмулирующий поведение искусственного агента, абстрактно приближен к реальной жизни. Агенты ходят на работу, домой и в различные места активностей, что позволяет наглядно повторять действия человека из реальной жизни в трёхмерном пространстве.
4. Функционирование вируса связано с предыдущим параметром поведения агента и содержит факторы, влияющие на его распространение, степень заразности и время действия.

5. Симуляция обладает некоторым списком регулируемых параметров, которые влияют на процесс симуляции и её результаты.

Опираясь на приведенное описание модели, можно сформулировать её на математическом или любом другом формализованном языке.

Усовершенствованная модель приведена на рис. 2.

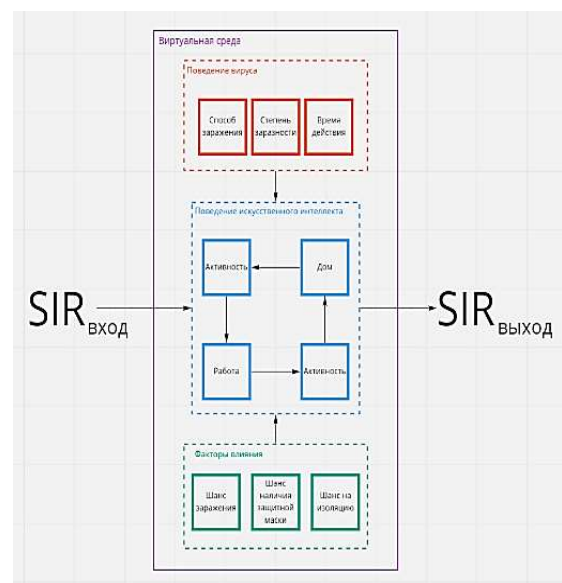


Рисунок 2 – Проектирование модели распространения эпидемии вируса

Формальное описание разрабатываемой модели можно выразить в виде функции от перечисленных параметров (1):

$$SIRm = F(S, I, VI(S \rightarrow I, PM(S \rightarrow I)), SI(I \rightarrow R)), \quad (1)$$
 где S - количество искусственных агентов;
 I - количество зараженных;
 R - количество выздоровевших;
 VI (virus infection)- шанс заражения вирусом;
 PM (protective mask) - шанс наличия защитной маски;
 SI (self-isolation) - шанс остаться на самоизоляции.

Проектирование архитектуры приложения

Прежде чем приступить к разработке программной системы, необходимо продумать архитектуру, которая обеспечит желаемую функциональность и качество. Общая архитектура проекта представляет собой - компоненты системы (прямоугольники); потоки управление (закрашенные стрелки); потоки данных (пунктирные стрелки); актёр (специалист) (рис. 3).

Разработаны различные UML-диаграммы [4]: вариантов использования, деятельности, последовательности.

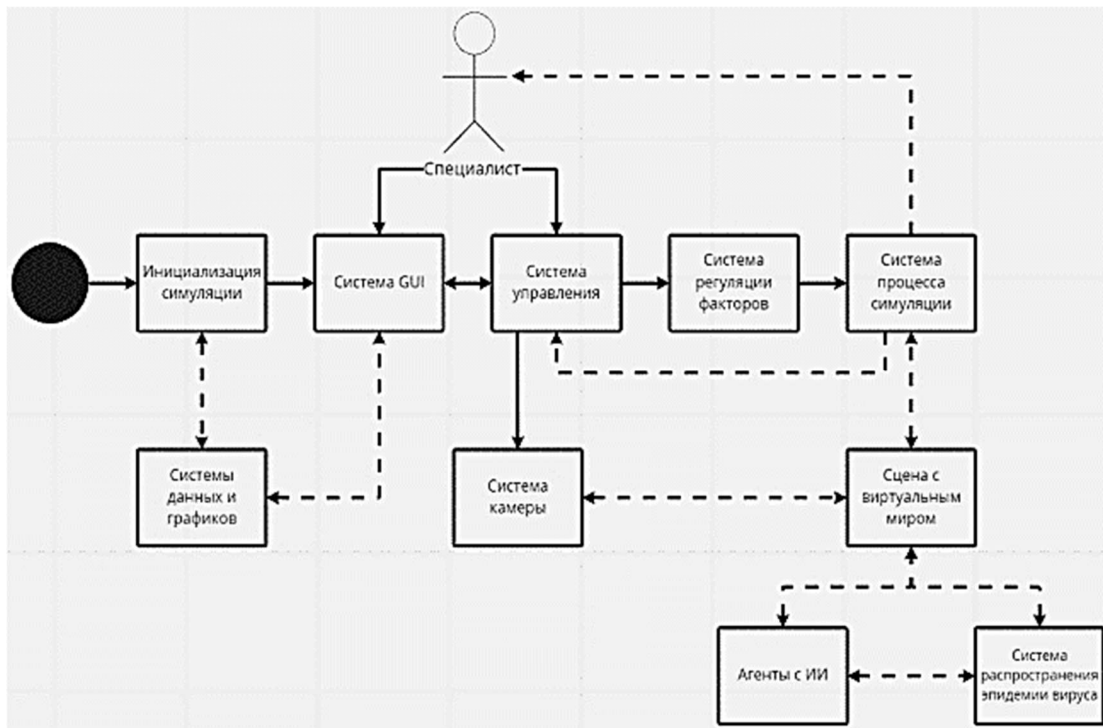


Рисунок 3 – Архитектура программной системы

Разработка программного прототипа системы

В процессе разработки программной симуляции распространения эпидемии вируса создано виртуальное окружение и визуальная составляющая симуляции, настроены трёхмерные модели индивидов, создана специальная камера с различным управлением для взаимодействия с виртуальным миром, показанная на рис. 4.

Для увеличения производительности и стабильности моделирования была произведена оптимизация графики и визуальной составляющей симуляции при помощи таких современных подходов как LOD-группы [5] и Occlusion Culling [6].



Рисунок 4 – Виртуальное окружение

В проекте осуществлена реализация механики поиска путей агентов при помощи встроенной системы Unity – NavMesh, настроена NavMesh-сетка с различными слоями для перемещения агентов, а также применена

технология соединения различных сеток NavMeshLink. Пример механики поиска путей NavMesh показан на рис. 5 [7].



Рисунок 5 – Механика поиска путей NavMesh

Также реализована механика распространения эпидемии вируса, создано взаимодействие между индивидами посредством системы коллайдеров Unity [8], настроены параметры для регуляции и влияния на процесс симуляции (рис. 6).

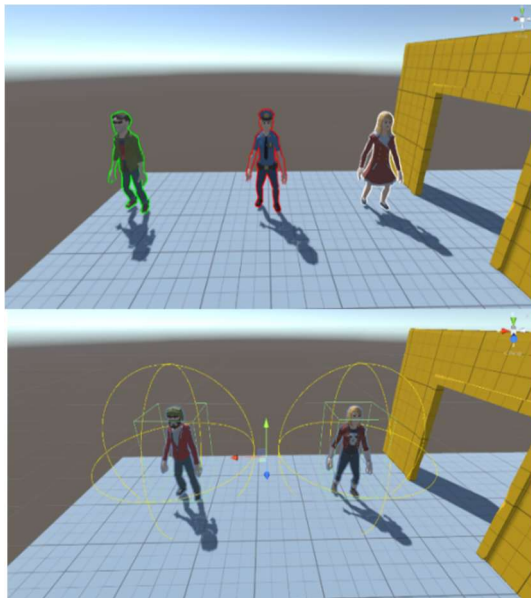


Рисунок 6 – Механика распространения эпидемии вируса

Создан удобный и практичный пользовательский интерфейс для взаимодействия со всеми модулями и системами программной симуляции распространения эпидемии вируса. Все основные действия, связанные с управлением процесса моделирования эпидемии вируса, находятся на вспомогательных панелях интерфейса.

Там же располагалась панель с различными графиками по текущей ситуации в симуляции.

Тестирование и исследование результатов

В ходе выполнения тестирования разработанной программной симуляции были применены такие современные подходы как функциональное и модульное тестирование [9, 10]. По результатам данных тестов все испытания завершились успешно.

В процессе экспериментального исследования и подтверждения адекватности модели, полученные данные сравнивались на релевантность с классической SIR-моделью. В результате правильность разработанной системы подтвердилась. Поэтому на основе разработанной модели были проведены дополнительные эксперименты, разделенные на группы по различным целям. Все результаты, полученные при этих экспериментах, совпали с прогнозируемыми (рис. 7).

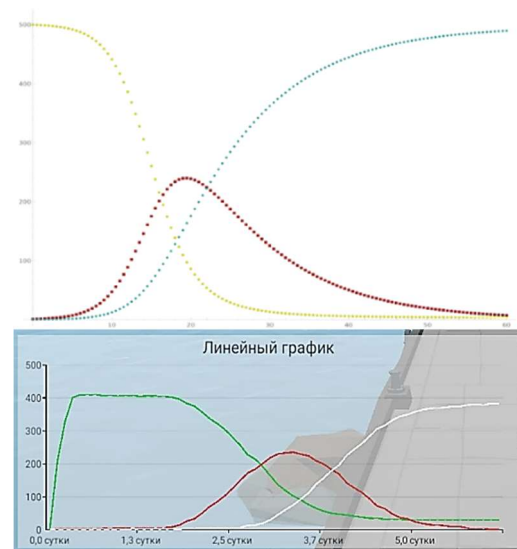


Рисунок 7 – Сравнение полученных результатов на адекватность модели

На представленных графиках (рис. 7) различными цветами отображается изменение переменных SIR-модели: S (susceptible - восприимчивые) – жёлтый/зелёный, I (infected - инфицированные) – красный, R (recovered - восстановленные) – голубой/белый.

При проведении экспериментов полученные данные сравнивались с прогнозируемыми значениями, в результате чего в большинстве случаев они совпали, что подтверждает достаточную точность разработанной модели (рис. 8). Зелёные гистограммы описывают соотношение реальных/ожидаемых значений переменной S при различных экспериментах. А серые – для значений переменной R.

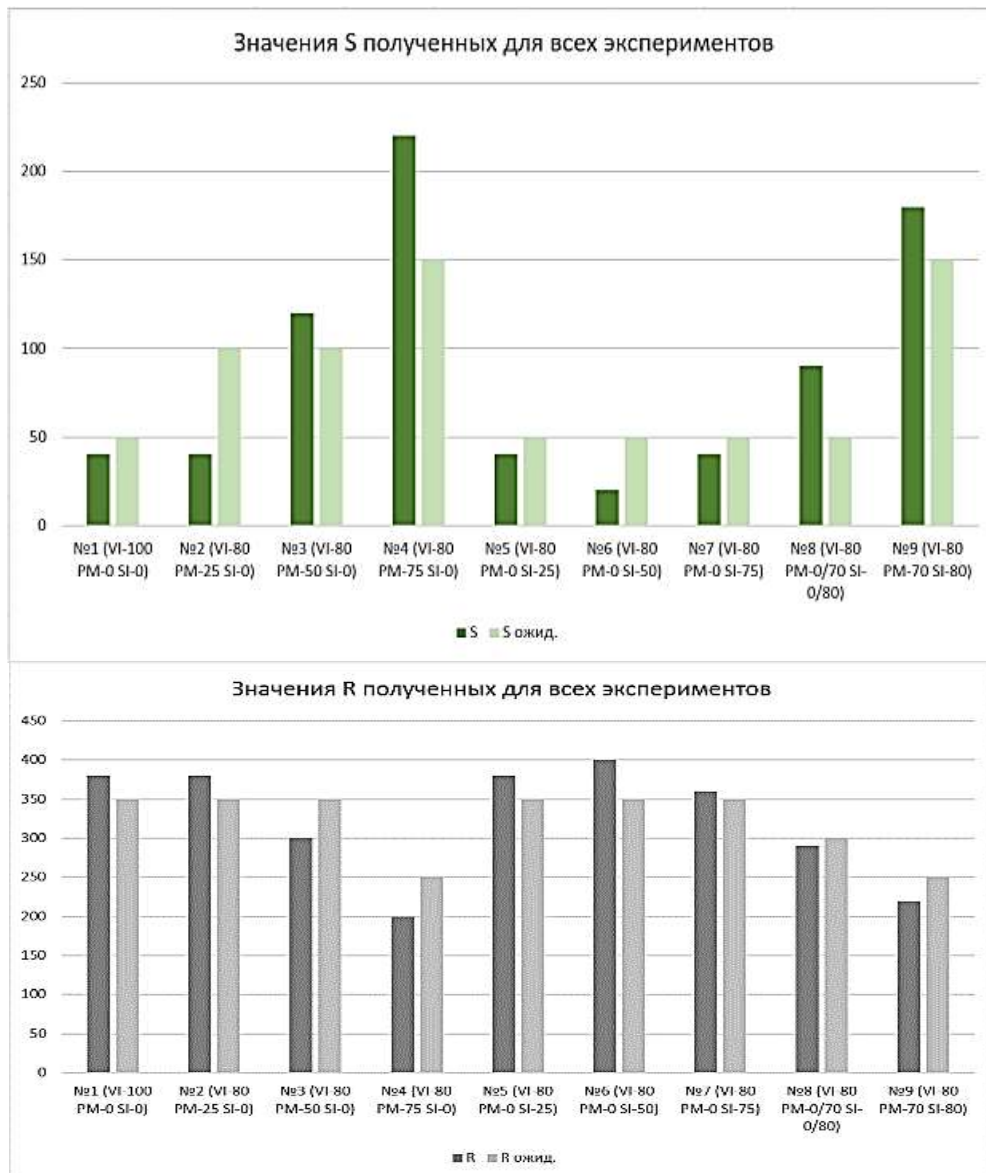


Рисунок 8 – Графики экспериментов

Также, следует отметить повышение гибкости и удобства проведения симуляции за счёт введения визуальной и графической компоненты моделирования с использованием движка, перезапуска и простой регуляции нужных параметров симуляции. Все эти факторы улучшают общее качество настройки и самого процесса симуляции

Выводы

В рамках данного исследования был выполнен анализ существующих методов, технологий и средств для компьютерного моделирования и симуляций распространения эпидемии вируса, спроектирована и реализована усовершенствованная модель для симуляции распространения эпидемии вируса, отличающейся большей точностью, простой и гибкой регуляцией ее настроек для повышения

эффективности процесса моделирования. При разработке программной системы моделирования применены современные технологии трёхмерной компьютерной графики для повышения наглядности процесса симуляции и визуализации его результатов.

Литература

1. Сайт магистров ДоНТУ – Бездетный Николай Артёмович - Реферат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://masters.donntu.ru/2021/fisp/bezdetniy/diss/index.htm> - Загл. с экрана.
2. SIR и разновидности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/blog/sir-i-raznovidnosti-modeli-covid-epidemii-v-rossii/> - Загл. с экрана.
3. Бездетный, Н. А. Методы, технологии и средства для моделирования и симуляции

распространения эпидемии вируса. / Н. А. Бездетный, С. А. Зори // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2020). сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции (студенческая секция). – Донецк: ДОННТУ, 2020. - С. 11-16

4. Как язык UML помогает работе IT-проекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yusmpgroup.ru/kak-yazyk-uml-pomogaet-rabote-it-proekta> - Загл. с экрана.

5. Руководство: LOD Группа - Unity - Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/class-LODGroup.html> - Загл. с экрана.

6. Occlusion culling - Unity - Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://docs.unity3d.com/Manual/OcclusionCulling.html> - Загл. с экрана.

7. Building a NavMesh - Unity – Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/nav-BuildingNavMesh.html> - Загл. с экрана.

8. Colliders - Руководство Unity на Русском [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unityhub.ru/manual/CollidersOverview> - Загл. с экрана.

9. Теоретические основы тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.software-testing.ru/library/testing/general-testing/54-testing> - Загл. с экрана.

10. Горохова, Ю. Тренды тестирования в 2022 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.software-testing.ru/library/testing/general-testing/3918-qa-trends-to-thrive-in-2022>

Зори С. А., Бездетный Н. А. Разработка модели и симуляции распространения эпидемии вируса с использованием игрового движка Unity. В статье выполнен анализ существующих методов и технологий, средств для компьютерного моделирования и симуляций распространения эпидемии вируса. Представлена реализация модифицированной модели симуляции распространения эпидемии вируса, отличающейся большей точностью, простой и гибкой регуляцией настроек для повышения эффективности процесса моделирования, и применение современных средств трёхмерной компьютерной графики для повышения наглядности процесса симуляции и визуализации его результатов.

Ключевые слова: вирус, эпидемия, прогнозирование, моделирование, компьютерная симуляция, SIR-модели, программирование, игровой движок, Unity, C#.

Zori S. A., Bezdetniy N. A. Development of a model and simulation the spread of a virus epidemic using the Unity game engine. In article the analysis of existing methods and technologies, means for computer modeling and simulation of virus epidemic spreading is executed. The realization of the modified model of virus epidemic spreading simulation, differing by more accuracy, simple and flexible regulation of settings for increase of modeling process efficiency, and application of modern means of three-dimensional computer graphics for increase of visibility of simulation process and visualization of its results is presented.

Keywords: virus, epidemic, forecasting, modeling, computer simulation, SIR models, programming, game engine, Unity, C#.

Статья поступила в редакцию 22.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Мальчевой Р. В.