

Рисунок 6 – Тесты на выбор

Тесты имеют разное наполнение и, следовательно, разные типы заданий.

Например, тестовые задания на знание теории. Также в тестах присутствуют задания на различные темы по алгебре и геометрии. При решении теста задания выполняются по порядку. Пользователь не может перейти к следующему заданию, пока не выберет вариант ответа в текущем задании. В тесте так же присутствуют задания без вариантов ответа. Пользователь вписывает ответ самостоятельно. После полного прохождения теста на экране появляется список задач с указанием верно выполненных заданий и итоговый результат.

Литература

- 1 Петцольд, Ч. JavaScript. Программирование для Microsoft Windows 8 / Ч. Петцольд. – 6-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2013. – 1008 с.
- 2 Стефанов, С. React.js. Быстрый старт / С. Стефанов. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 322 с.

УДК 004.94:616-036.21:578.834.1

Н. С. Лукашевич

МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

В статье представлены результаты моделирования процесса распространения вирусной инфекции COVID-19 в закрытой популяции с учетом приобретенного иммунитета. Имитационные модели реализованы в системе AnyLogic. Приводится сравнительный анализ результатов моделирования для системно-динамического и агентного подходов. Базовой моделью при создании эпидемиологической модели была взята SEIRD-модель.

Введение. Предметной областью исследования являлся процесс распространения вирусной инфекции в биологической популяции при заданных параметрах вирулентности вируса и коммуникативности составляющих популяции. В качестве метода исследования был выбран метод имитационного моделирования. Имитационное моделирование – это эффективное средство исследования и проектирования сложных систем, для которых аналитическая модель становится грубым приближением к действительности. Так как

объектом исследования является эпидемиология, то в связи с дорогими или даже невозможными исследованиями над реальным объектом, возникает потребность в имитационном моделировании [1].

В статье излагаются результаты разработки, сравнения и тестирования имитационных моделей, основанных на системно-динамическом и агентном подходе для исследования распространения вирусной инфекции COVID-19. За основу конструирования эпидемиологической модели была взята SEIRD-модель.

Методы моделирования и средства реализации. Подход системной динамики позволяет моделировать сложные системы на высоком уровне абстракции, не принимая в расчет мелкие детали: индивидуальные свойства отдельных продуктов, событий или людей. Это позволяет получить общее представление об исследуемой системе и прекрасно подходит для стратегического планирования. Сложные взаимосвязи встречаются повсеместно, в любых сферах бизнеса и исследований. Системная динамика помогает разобраться в них, отследить результаты внесения изменений в систему, протестировать разные варианты и оценить их эффективность. В системной динамике накопители используются для представления таких объектов реального мира, в которых сосредотачиваются некоторые ресурсы. Это могут быть деньги, вещества, численности (определенных категорий) людей, какие-то материальные объекты и т. п. Накопители задают статическое состояние моделируемой системы. Их значения изменяются с течением времени согласно существующим в системе потокам.

В отличие от метода системной динамики, который в свою очередь является наиболее абстрактным по отношению к остальным, главное достоинство агентного моделирования заключается в акцентировании внимания на индивидуальных участниках системы. В данном типе моделирования сначала создаются агенты, а именно параметры активных объектов, для которых задается их дальнейший образ действия. После этого разрабатываются связи, которые характеризуют их поведение относительно друг друга, таким образом создается окружающая среда и запускается само моделирование. В качестве агентов могут выступать любые объекты: люди, предприятия, организации, системы или даже продукция.

Разработка и тестирование моделей было выполнено с помощью программного обеспечения для моделирования, с использованием системы AnyLogic [2]. AnyLogic является надстройкой над языком Java – одним из самых мощных и в то же время простых современных объектно-ориентированных языков. Интеграция компилятора Java в AnyLogic предоставляет более широкие возможности при создании моделей, а также создание Java-апплетов, которые могут быть открыты любым браузером.

Эпидемиологические модели. Модель SEIRD, вариант модели SIR, относящаяся к классу компартментальных моделей, где S – susceptible (восприимчивые), E – exposed (болезнь находится в инкубационном периоде), I – infectious (больные), R – recovered (выздоровевшие), D – dead (умершие). Отличительной особенностью реализованных моделей является то, что в них учитывался приобретаемый иммунитет человека, который со временем пропадает.

На рисунке 1 представлена построенная модель (системный подход). В модели определены параметры, одновременно связанные с зависимыми накопителями и потоками, заданы желаемые начальные значения. С моделью были проведены имитационные эксперименты.

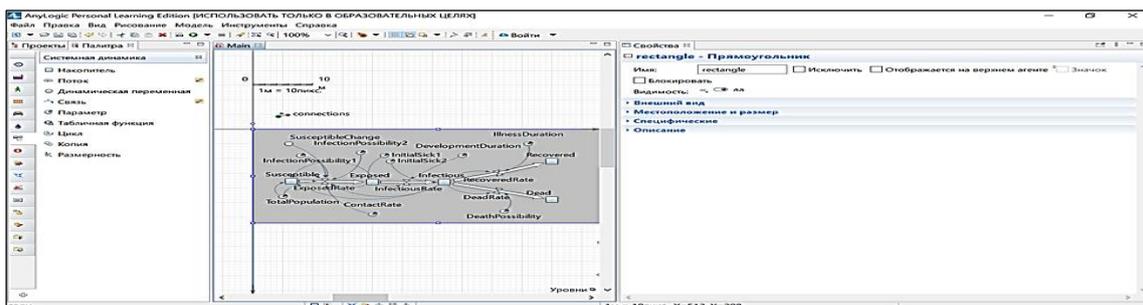


Рисунок 1– Имитационная модель (системная динамика)

В качестве вспомогательной модели может выступать распространение вирусной инфекции в любом транспорте. Данная модель довольно простая (рисунок 2) и разработана для демонстрации возможностей агентного подхода.

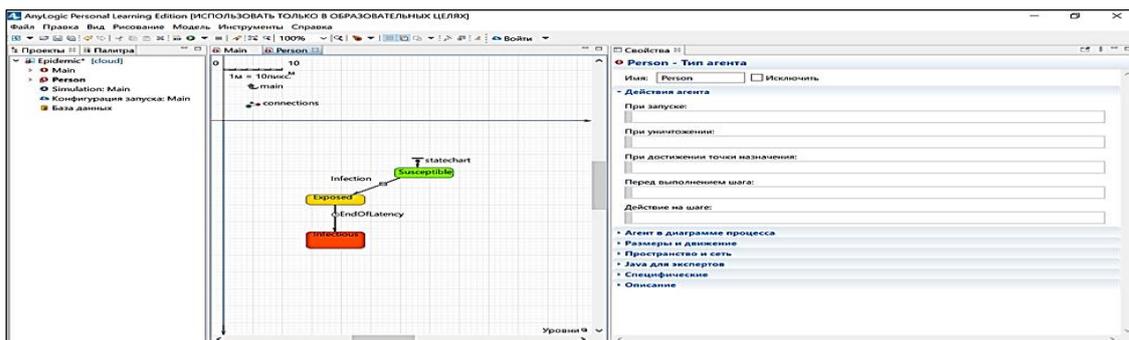


Рисунок 2 – Имитационная модель (агентный подход)

Построенная на системно-динамическом подходе модель была протестирована для вируса COVID-19 (рисунок 3).

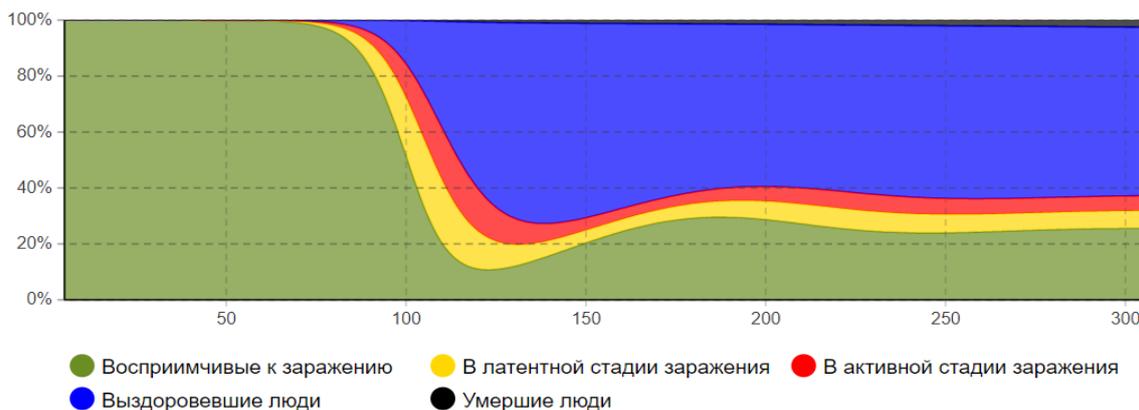


Рисунок 3 – Результат проведения имитационного эксперимента для системно-динамического подхода

Модель показала, что за 120 дней переболело и приобрело иммунитет 72 % населения, не болело – 15 %, болело – 6 % в латентной стадии и 7 % в активной стадии. На 300 день модель показала, что восприимчивых людей – 26 %, людей с иммунитетом – 62 %, в латентной стадии – 6 % и в активной стадии – 5 %.

Результаты модели, построенной на агентном подходе, представлены на рисунке 4.

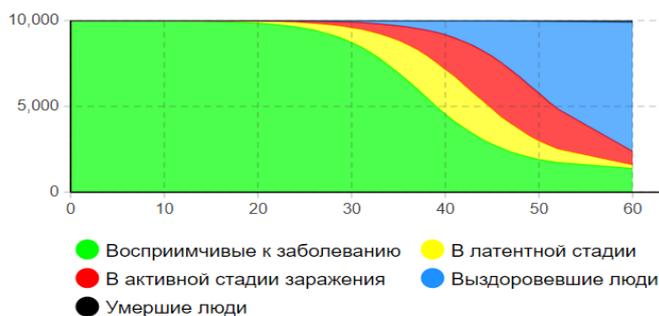


Рисунок 4 – Результат проведения имитационного эксперимента для агентного подхода

Модель показала, что за 60 дней переболело и получило иммунитет 75 % населения, не болело – 14 %, болеет – 8 % в латентной стадии и 2 % в активной стадии.

С использованием реализованных параметризованных моделей могут быть решены типовые задачи моделирования, а именно:

– построение прогнозов распространения вирусной инфекции для заданных параметров вирулентности вируса и коммуникативности составляющих популяции;

– определение параметров модели, при которых распространение вирусной инфекции снижается;

– сравнительный анализ (по выбранному критерию) вариантов распространения вирусной инфекции при различных мерах, снижающих передачу вирусной инфекции.

Заключение. Построенные модели позволяют предсказать динамику распространения и развития вирусного заболевания. Можно наглядно увидеть количество здоровых, зараженных, выздоровевших и умерших людей, продолжительность эпидемии, прогнозировать новые вспышки заболевания.

Литература

1 Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – Москва : Мир, 1978. – 420 с.

2 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.

УДК 519.2

Д. В. Никитенко

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕНДОВ НА РЫНКЕ ФЬЮЧЕРСОВ НА ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ

Работа посвящена исследованию цен фьючерсов на золото и серебро. В результате спектрального анализа выявлена периодичность в данных. Построены адаптивные модели скользящего среднего, экспоненциального скользящего среднего, двойного экспоненциального сглаживания, линейного экспоненциального сглаживания Хольта, модель Хольта-Винтерса, модель со скользящей медианой, модель со скользящими минимумами и максимумами, модель скользящего квантиля. Оценка точности моделирования проводилась на основе показателей MAE и MAPE.

В работе проведено исследование цен фьючерсов на золото и серебро. Выбор данных металлов обоснован их важной ролью в мировой экономике и статусом безрисковых активов. Анализ проводился по историческим данным ежедневных цен на данные металлы в долларах США за период с 02.01.1975 по 14.12.2023 [1, 2, 3]. Данные были преобразованы в логарифмические доходности цен по формуле

$$r_t = \ln \left(\frac{X_t}{X_{t-1}} \right),$$

где r_t – доходность;

X_t – значение временного ряда в момент времени t .

Графики логарифмических доходностей цен фьючерсов на золото и серебро представлены на рисунке 1. Имеют место промежутки высокой волатильности финансовых активов в 1980, 2010 и 2020 годах.