

Н. В. Климина

лицей имени Героя Советского Союза П. И. Викулова городского округа Сызрань Самарской области, Россия

И. А. Морозов

Академия для одаренных детей (Наяновой), г. Самара, Россия

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ И АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ШКОЛЬНОГО КУРСА ИНФОРМАТИКИ*

Аннотация

Для того чтобы изучать процессы и явления, необходимо построить их модели. Наиболее интересными и ценными для анализа определенных ситуаций являются модели, описывающие процессы так, как если бы они происходили в действительности. Это так называемые имитационные модели. Сфера применения имитационных моделей обширна. Наиболее востребованы экономические, социологические и биологические имитационные модели. Актуальность имитационного моделирования очевидна, и закономерно, что тема имитационного моделирования присутствует в содержании школьного курса информатики. В статье приводятся методические рекомендации по изучению в школьном курсе информатики основ моделирования, связанных с созданием и исследованием дискретно-событийной и агентной имитационных моделей. Приводятся примеры задач, рекомендуемых к рассмотрению в IX–XI классах на уроках информатики или во внеурочной деятельности, — это задача на основе информационно-кибернетического подхода, реализуемая в среде PascalABC, и задача с использованием клеточного автомата, реализуемая в среде Cellular.

Ключевые слова: агент, агентное моделирование, вероятностный автомат, имитационное моделирование, мультиагентное моделирование, уровень знаний, коэффициент научения, коэффициент забывания, дискретно-событийное моделирование.

DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-9-4-13

1. Введение

Технологии компьютерного имитационного моделирования стали развиваться с середины прошлого столетия. Основоположниками данных методов представления и исследования объектов и процессов стали Джеффри Гордон и Джей Форрестер. Относительно недавно, в начале XXI века, появилось направление агентного моделирования явлений и процессов. В настоящее время набирает популярность имитационное моделирование на основе виртуальной и дополненной

реальности. В будущем роль и значение компьютерного имитационного моделирования будут только расти [1].

В содержании образовательной программы по информатике присутствует линия «Моделирование и формализация». Цели обучения основам моделирования: сформировать представление о классификации моделей, о видах информационных моделей по форме представления; сформировать навыки построения и исследования компьютерных моделей с использованием различных прикладных программ.

* Материалы к статье можно скачать на сайте ИНФО: http://infojournal.ru/journals/school/school_09-2020/

Контактная информация

Климина Наталья Владимировна, учитель информатики, лицей имени Героя Советского Союза П. И. Викулова городского округа Сызрань Самарской области, Россия; *адрес:* 446001, Россия, Самарская область, г. Сызрань, ул. Степана Разина, д. 1; *e-mail:* natklimina@yandex.ru

Морозов Иван Анатольевич, зам. директора по учебной работе, Академия для одаренных детей (Наяновой), г. Самара, Россия; *адрес:* 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 186; *e-mail:* iamorozov2007@yandex.ru

N. V. Klimina

Lyceum named after the Hero of the Soviet Union P. I. Vikulov of the Syzran Urban District of the Samara Region, Russia

I. A. Morozov

Academy for Gifted Children (Nayanova), Samara, Russia

DISCRETE-EVENT SIMULATION AND AGENT-BASED MODELING IN THE TASKS OF THE SCHOOL INFORMATICS COURSE

Abstract

In order to study processes and phenomena, it is necessary to create their models. The most interesting and valuable for the analysis of current situations are models that describe processes as if they were happening in reality. These are the so-called simulation models. The scope of application of simulation models is extensive. The most in demand are economic, sociological and biological simulation models. The relevance of simulation is obvious, and it is natural that the theme of simulation is present in the content of the school informatics course. The article provides guidelines for studying the basics of modeling in a school informatics course related to the creation and research of discrete-event and agent-based simulation models. Examples of tasks recommended for consideration in the 9–11th grades at informatics lessons or in extracurricular activities are given, these are task based on the information-cybernetic approach, implemented in the PascalABC environment, and the task using a cellular automaton, implemented in the Cellular environment.

Keywords: agent, agent-based modeling, probabilistic automaton, simulation modeling, multi-agent modeling, knowledge level, learning rate, forgetting rate, discrete-event simulation.

Один из видов моделирования, с которым школьники знакомятся на уроках информатики, — имитационное моделирование. Оно интересно своими прикладными возможностями и достаточно большим предложением прикладных программ и сервисов на рынке программного обеспечения, в которых обучающиеся могут создавать и исследовать модели. Имитационное моделирование имеет существенные преимущества в случаях, когда:

- невозможно построить аналитические модели;
- дорого или невозможно исследовать реальный процесс или явление;
- требуется визуализация процесса с целью наглядности представления;
- имеют место случайные события.

Учащиеся строят и исследуют модели, понимая их логическую структуру и особенности поведения системы [2–4].

Для знакомства с имитационным моделированием можно предложить учащимся две задачи: создание и исследование дискретно-событийной модели процесса обучения ученика решению задачи и агентной модели процесса распространения вирусной инфекции. Для реализации первой модели предлагается широко известная среда программирования PascalABC, для реализации второй — известная лишь в узких кругах программистов среда Cellular: <http://www.flipt.org/#cellular>

2. Задача кибернетической педагогики: построение и исследование дискретной модели формирования навыка решения учебной задачи с использованием автоматного подхода [5, 7, 8]

Возраст обучающихся: X—XI классы.

Математическая база: обучающимся должны быть известны основные понятия теории вероятностей.

Условие задачи.

Построить модель стратегий обучения, при которых среднестатистический ученик учится решать задачу, выполняя определенную последовательность действий, методом проб и ошибок. За учеником наблюдает учитель, который может «поощрить» ученика, пересчитывая вероятность правильных действий и вероятность ошибок, или «наказать» ученика, подсказывая верный ход. Сначала ученик совсем не обучен. Вероятность ответить правильно у него мала.

Исходные данные:

- считаем ученика вероятностным автоматом;
- вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) учеником — p ;
- $p_0 = 0,01$ (следует из условия, что ученик совсем не обучен сначала);
- вероятность ошибочного выбора (ошибки): $q = 1 - p$;
- при подтверждении правильности или неправильности выбранного действия ученик учится с коэффициентом научения $\alpha = 0,009$ ($0 < \alpha \ll 1$) (считаем, что темп усвоения знаний самостоятельно обучающегося ученика не является высоким);

- учитываем коэффициент забывания $\beta = 0,003$ ($0 < \beta \ll 1$) (считаем, что забывание только что усвоенных знаний происходит достаточно медленно);
- время обучения — 40 мин;
- уровень усвоенных знаний считаем равным p на момент окончания обучения [7, 8].

Моделируемые ситуации:

- 1) обучение с «поощрением»: при выполнении правильного действия ученика «поощряют», пересчитывая вероятности p и q ;
- 2) обучение с «наказанием»: при ошибочном действии ученика «наказывают», подсказывая правильное действие;
- 3) обучение с «поощрением» и «наказанием»: синтез случаев 1 и 2.

Реализация модели:

- среда PascalABC.

Отчет.

Таблица 1

Анализ дискретно-событийной модели

Параметры модели	Обучение с «поощрением»	Обучение с «наказанием»	Обучение с «поощрением» и «наказанием»
Темп обучения при малых значениях времени			
Уровень знаний			
Темп забывания			
Эффективность			

Решение.

Математическая модель.

Когда ученик не обучен, он выбирает действие совершенно случайно. Учитель подтверждает правильность выбора действия или сообщает, что действие выбрано неверно, и подсказывает правильное действие. Так происходит обучение, результатом которого являются приобретенные знания о связях между выполняемыми действиями.

Вероятность выбора правильного действия необученным учеником из n возможных действий будет равна $p = \frac{1}{n}$. Следовательно, вероятность ошибиться у него будет равна $q = 1 - p$, или $q = 1 - \frac{1}{n}$.

При получении информации от учителя о правильности или неправильности выбора своего действия у ученика происходит усвоение знаний, вероятность правильно ответить закрепляется и увеличивается на величину $\alpha(1 - p) = \alpha q$, т. е. $p = p + \alpha q$, значит, вероятность ошибиться должна уменьшиться на такую же величину, т. е. $q = q - \alpha q$.

При увеличении значения α график будет иметь более высокий пик, а при увеличении значения β — протяженную правую часть.

1. Обучение с «поощрением»:

- вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) увеличивается и рассчитывается как $p = p + \alpha q$; вероятность ошибки уменьшается и рассчитывается как $q = q - \alpha q$;
- программа содержит цикл выбора действия x учеником случайным образом из интервала (0; 1) с помощью генератора случайных чисел и должна включать строку:

$x := \text{random}(1000) / 1000$;

- если число x меньше p , то ученик правильно выполнил действие, если нет — ученик ошибся. Программа должна содержать условие:

$\text{if } (x < p) \text{ and } (t \leq 2400)$

- по истечении 40 минут вследствие забывания вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) уменьшается и рассчитывается как $p = p - \beta p$; уровень ошибки растет и рассчитывается как $q = q + \beta p$.

2. Обучение с «наказанием»:

- вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) при неправильном выборе действия увеличивается (ученику подсказали правильное действие) и рассчитывается как $p = p + \alpha q$; вероятность ошибки уменьшается и рассчитывается как $q = q - \alpha q$;
- программа содержит цикл выбора действия x учеником случайным образом из интервала (0; 1) с помощью генератора случайных чисел и должна включать строку:

$x := \text{random}(1000) / 1000$;

- если ученик ошибся, то x должно быть больше p , программа должна содержать условие:

$\text{if } (x > p) \text{ and } (t \leq 2400)$

- по истечении 40 минут вследствие забывания вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) уменьшается и рассчитывается как $p = p - \beta p$; уровень ошибки растет и рассчитывается как $q = q + \beta p$.

3. Обучение с «поощрением» и «наказанием»:

- вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) при любом выборе действия учеником увеличивается (ученик сам правильно выбирает действие, а при ошибке получает правильную подсказку) и рассчитывается как $p = p + \alpha q$; вероятность ошибки уменьшается и рассчитывается как $q = q - \alpha q$;
- программа должна содержать условие, не зависящее от выбора действия x учеником:

$\text{if } (t \leq 2400)$;

- по истечении 40 минут вследствие забывания вероятность выбора правильного действия (уровень знаний) уменьшается и рассчитывается как $p = p - \beta p$; уровень ошибки растет и рассчитывается как $q = q + \beta p$.

Ниже представлены **компьютерные модели** (программы на PascalABC*) для рассмотренных трех случаев.

1. Обучение с «поощрением» (рис. 1):

```
uses crt, graphABC;
var
  x, p, q, a, y: real;
  t: integer;
begin
  randomize;
  line(0, 480, 1000, 480);
  line(10, 3, 10, 480);
  line(10, 11, 1000, 11);
  p:=0.01;
  q:=1-p;
  a:=0.009;
  y:=0.003;
  t:=0;
  SetPenWidth(10);
  gotoxy(40, 1);
  write('1');
  gotoxy(2, 2);
  write('a=', a, ' y=', y);
  HideCursor;
  Repeat
    t:=t+1;
    x:=random(1000)/1000;
    if (x<p) and (t<=2400) then
      begin
        p:=p+a*q;
        q:=q-a*q;
        PutPixel(10+round(t/10),
          480-round(480*p), clblack);
        gotoxy(22, 2);
        write('p=', p:2:4);
      end;
    Sleep(5);
    p:=p-y*p;
    q:=q+y*p;
    PutPixel(10+round(t/10),
      480-round(480*p), clblack);
  until (t>6000);
end.
```

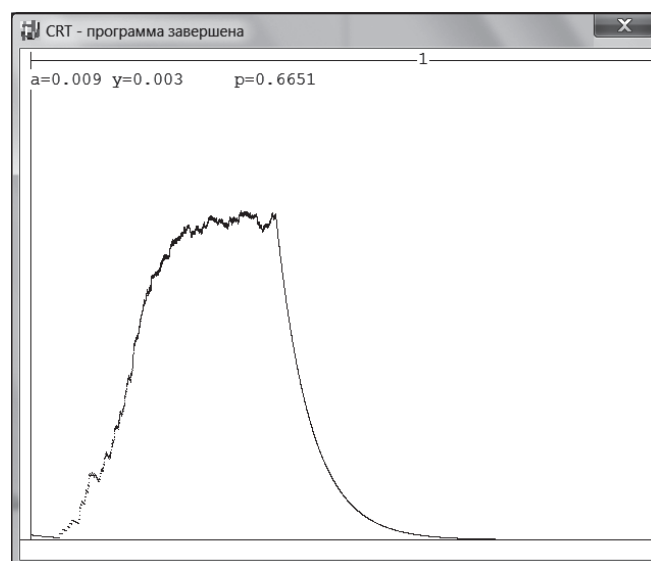


Рис. 1. График ситуации «обучение с «поощрением»»

* Тексты программ можно скачать на сайте ИНФО: http://infojournal.ru/journals/school/school_09-2020/

2. Обучение с «наказанием» (рис. 2):

```

uses crt, graphABC;
var
  x, p, q, a, y: real;
  t: integer;
begin
  randomize;
  line(0, 480, 1000, 480);
  line(10, 3, 10, 480);
  line(10, 11, 1000, 11);
  p:=0.01;
  q:=1-p;
  a:=0.009;
  y:=0.003;
  t:=0;
  SetPenWidth(10);
  gotoxy(40, 1);
  write('1');
  gotoxy(2, 2);
  write('a=', a, ' y=', y);
  HideCursor;
  Repeat
    t:=t+1;
    x:=random(1000)/1000;
    if (x>p) and (t<=2400) then
    begin
      p:=p+a*q;
      q:=q-a*q;
      PutPixel(10+round(t/10),
        480-round(480*p), clblack);
      gotoxy(22, 2);
      write('p=', p:2:4);
    end;
    Sleep(5);
    p:=p-y*p;
    q:=q+y*p;
    PutPixel(10+round(t/10),
      480-round(480*p), clblack);
  until (t>6000);
end.

```

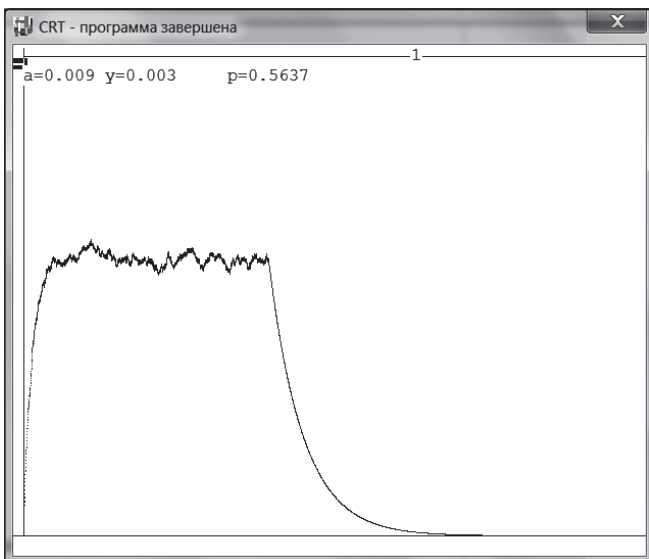


Рис. 2. График ситуации
«обучение с «наказанием»»

3. Обучение с «поощрением» и «наказанием» (рис. 3):

```

uses crt, graphABC;
var
  x, p, q, a, y: real;
  t: integer;
begin
  randomize;
  line(0, 480, 1000, 480);
  line(10, 3, 10, 480);
  line(10, 11, 1000, 11);
  p:=0.01;
  q:=1-p;
  a:=0.009;
  y:=0.003;
  t:=0;
  SetPenWidth(10);
  gotoxy(40, 1);
  write('1');
  gotoxy(2, 2);
  write('a=', a, ' y=', y);
  HideCursor;
  Repeat
    t:=t+1;
    x:=random(1000)/1000;
    if (t<=2400) then
    begin
      p:=p+a*q;
      q:=q-a*q;
      PutPixel(10+round(t/10),
        480-round(480*p), clblack);
      gotoxy(22, 2);
      write('p=', p:2:4);
    end;
    Sleep(5);
    p:=p-y*p;
    q:=q+y*p;
    PutPixel(10+round(t/10),
      480-round(480*p), clblack);
  until (t>6000);
end.

```

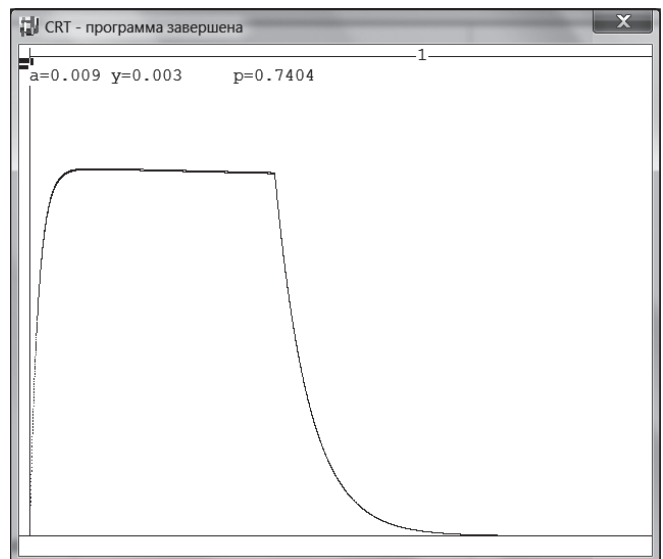


Рис. 3. График ситуации
«обучение с «поощрением» и «наказанием»»

Анализ модели.

Таблица 2

Пример заполнения таблицы анализа модели

Параметры модели	Обучение с «поощрением»	Обучение с «наказанием»	Обучение с «поощрением» и «наказанием»
Темп обучения при малых значениях времени	Растет медленно	Растет быстро за короткое время	Растет быстро за короткое время
Уровень знаний	0,6651	0,5637	0,7404
Темп забывания	Достаточно низкий	Достаточно низкий	Достаточно низкий
Эффективность	Эффективно	Эффективность сомнительна	Эффективно

Вывод.

Наиболее эффективной стратегией обучения решению типовой учебной задачи является стратегия с «поощрением» и «наказанием», когда ученика стимулируют похвалой и заставляют обучаться, подсказывая правильное действие. В этом случае обучение происходит быстрее и уровень знаний достигается высокий, забывание отодвинуто во времени [7, 8].

3. Агентное моделирование: построение и исследование модели распространения вирусной инфекции с использованием клеточного автомата

Возраст обучающихся: X—XI классы.

Основные понятия.

Клеточный автомат — это модель, состоящая из ячеек; каждая ячейка в следующий момент времени должна находиться в одном из конечного множества состояний. Со-

стояние ячейки в следующий момент времени определяется состоянием соседних с ней ячеек. Переходы из одного состояния в другое описываются правилами конкретной задачи.

Агент — активный объект, действующий в виртуальной среде. Агент взаимодействует со средой и с другими объектами среды, в которой он живет. Поведение агентов описывается с помощью правил смены состояний при взаимодействии с соседними объектами (другими агентами) и со средой [6].

Cellular (рис. 4) — это блочная среда программирования с открытым исходным кодом, реализация языка программирования Snap (Scratch). Предназначена для создания агентных моделей. Различные типы агентов взаимодействуют на клетчатом поле с помощью построенных для них кодов-скриптов. Программа использует интерфейс drag-and-drop для создания программного кода. С помощью этой программы можно построить модели поведения колоний муравьев, социологические модели поведения людей в обществе, осуществить моделирование наводнения и пожара и т. п. [10].

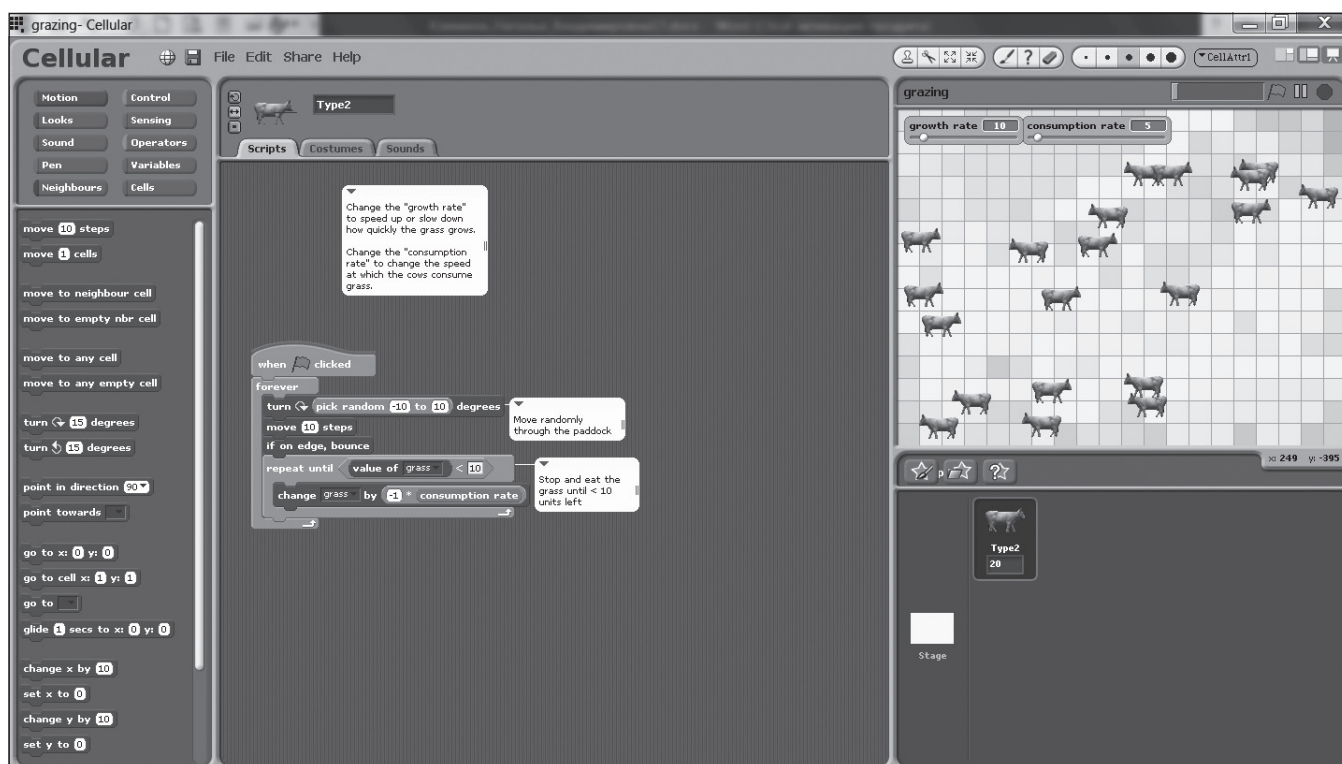


Рис. 4. Интерфейс среды Cellular

Условие задачи.

Построить модель распространения вирусной инфекции на территории определенной площади с определенной численностью населения при заданных условиях взаимодействия между индивидами-агентами. Исследовать время завершения эпидемии, изменяя количество первоначальных источников инфекции, особенности локализации первоначальных источников инфекции и количество агентов-докторов, осуществляющих лечение инфицированных агентов [9].

Исходные данные:

- территория распространения инфекции — 16×12 клеток;
- численность населения — 60 индивидов;
- расположение индивидов по территории — случайным образом;
- одну секунду модельного времени будем считать равной одному реальному дню;
- установим уровни смертности: 0,1 — низкая смертность, 0,2 — высокая смертность;
- количество докторов можно выбрать произвольно.

Правила смены состояния агентов-жителей:

- в каждую единицу времени агент перемещается на любую свободную соседнюю клетку;
- если в окружающих агента восьми клетках присутствуют зараженные агенты в количестве не менее одного, то агент заражается в течение дня;

- зараженный агент при лечении агентом-доктором приобретает иммунитет;
- если зараженный агент не пролечится, то он умирает: при высокой смертности — на следующий день, при низкой смертности — на третий день;
- зараженный агент вылечится, если в любой соседней клетке окажется хотя бы один доктор;
- агентов-докторов считаем отдельно от населения, доктора не заражаются.

Моделируемые ситуации:

- 1) один источник заражения в густонаселенном районе при низкой смертности;
- 2) один источник заражения в малонаселенном районе при низкой смертности;
- 3) один источник заражения в густонаселенном районе при высокой смертности;
- 4) один источник заражения в малонаселенном районе при высокой смертности;
- 5) два или более источника заражения в районах с разной плотностью населения при низкой смертности;
- 6) два или более источника заражения в районах с разной плотностью населения при высокой смертности.

Реализация модели:

- среда Cellular: <http://www.flipt.org/#cellular>

Отчет.

Таблица 3

Анализ агентной модели

Параметры модели	Уровень смертности			
	0,1		0,2	
	Один источник заражения			
Районы	Густонаселенный	Малонаселенный	Густонаселенный	Малонаселенный
Число переболевших				
Число незаразившихся				
Число погибших				
Число индивидов после эпидемии				
Число докторов				
Время завершения эпидемии, дней				
	Два и более источника заражения			
Число источников заражения				
Число переболевших				
Число незаразившихся				
Число погибших				
Число индивидов после эпидемии				
Число докторов				
Время завершения эпидемии, дней				

Решение.**Формализация.**

Каждый агент-житель имеет три костюма (рис. 5)*:

- 1) зеленый — здоровый (health);
- 2) красный — инфицированный (ill);
- 3) оранжевый — переболевший (imunno).



Рис. 5. Возможные состояния агентов — жителей среды

Агент-доктор имеет один костюм (doctor) (рис. 6).



Рис. 6. Возможные состояния агентов — докторов среды

Определим параметры нашей задачи (рис. 7):

- территория модельной ситуации — 16×12 клеток;
- число агентов-жителей — 60;
- число агентов-докторов — 4.

Используем переменные:

- infect — для фиксации первоначально зараженных (инфицированных) агентов;
- virus — для фиксации больных (инфицированных) агентов;
- smert — для отражения уровня смертности (изменяется вручную):
 - 0,1 — низкий уровень смертности от инфекции;
 - 0,2 — высокий уровень смертности от инфекции;
- time — для отсчета времени протекания эпидемии.

При нажатии на клавишу пробела вся территория переходит в начальное состояние — все здоровы, инфицированных и переболевших нет, время отсчета начала эпидемии обнуляется: infect = 0, virus = 0, time = 0.

При щелчке левой кнопкой мыши на агенте он становится зараженным и меняет костюм с зеленого на красный (рис. 8). Переменная числа первоначально

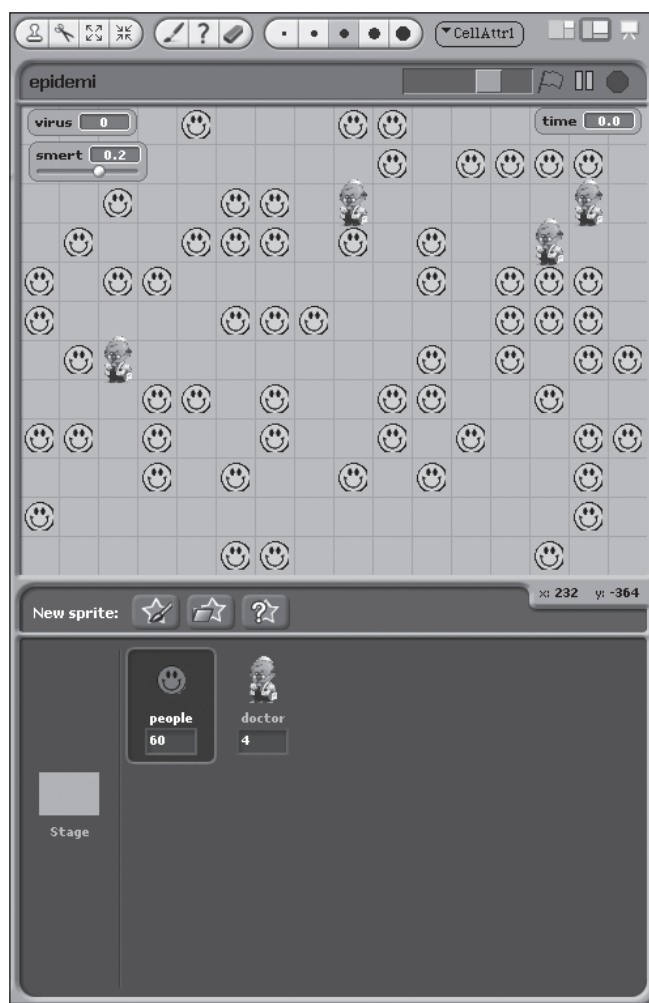


Рис. 7. Первоначальное состояние агентной модели

инфицированных принимает значение, равное числу отмеченных мышкой агентов: infect=infect*n.

При запуске модели нажатием на зеленый флажок переменная числа инфицированных (больных) агентов принимает значение первоначально инфицированных агентов: virus = infect. Агенты-жители начинают перемещаться в свободные соседние клетки случайным образом, взаимодействуют между собой и с агентом-доктором.

Если в соседней со здоровым агентом клетке находится инфицированный (больной) агент, то сам агент заболевает и меняет костюм здорового на костюм инфицированного красного цвета (рис. 9).

Если инфицированный (больной) агент не окажется в соседней клетке с агентом-доктором в течение одного или трех дней, он умирает.

Если в клетке, соседней с инфицированным (больным) агентом, окажется агент-доктор, то инфицированный агент выздоравливает, приобретает иммунитет и меняет красный костюм на оранжевый.

При смерти и излечивании агентов значение переменной virus числа зараженных уменьшается на 1.

Когда число зараженных станет равным нулю (virus = 0), время эпидемии остановится.

Компьютерная модель представлена на рисунках 10, 11.

* Рисунки статьи в цвете можно скачать на сайте ИНФО: http://infojournal.ru/journals/school/school_09-2020/

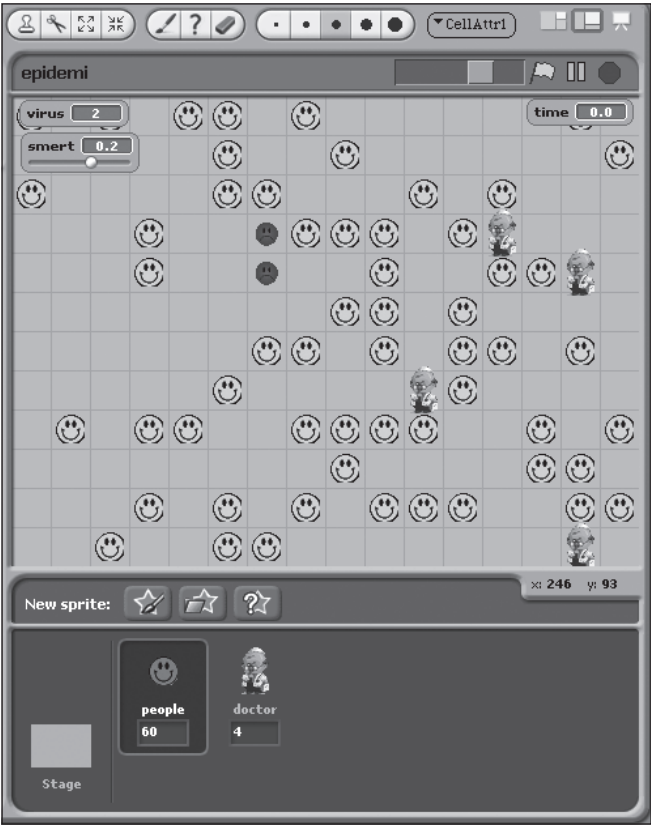


Рис. 8. Момент первоначального инфицирования

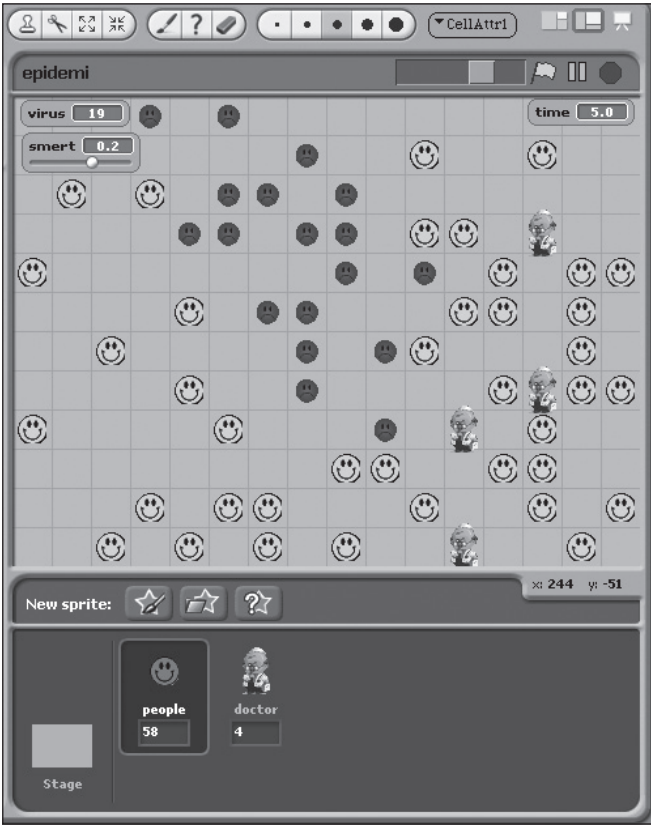


Рис. 9. Работающая модель

Анализ модели.

Таблица 4

Пример заполнения таблицы анализа модели

Параметры модели	Уровень смертности			
	0,1		0,2	
	Один источник заражения			
Районы	Густонаселенный	Малонаселенный	Густонаселенный	Малонаселенный
Число переболевших	3	6	2	1
Число незаразившихся	17	30	14	39
Число погибших	40	24	44	20
Число индивидов после эпидемии	20	36	16	40
Число докторов	4	4	4	4
Время завершения эпидемии, дней	25,2	28,5	25,2	18,6
	Два и более источника заражения			
Число источников заражения	2		2	
Число переболевших	2		4	
Число незаразившихся	35		28	
Число погибших	24		28	
Число индивидов после эпидемии	36		32	
Число докторов	4		4	
Время завершения эпидемии, дней	14,3		18,5	

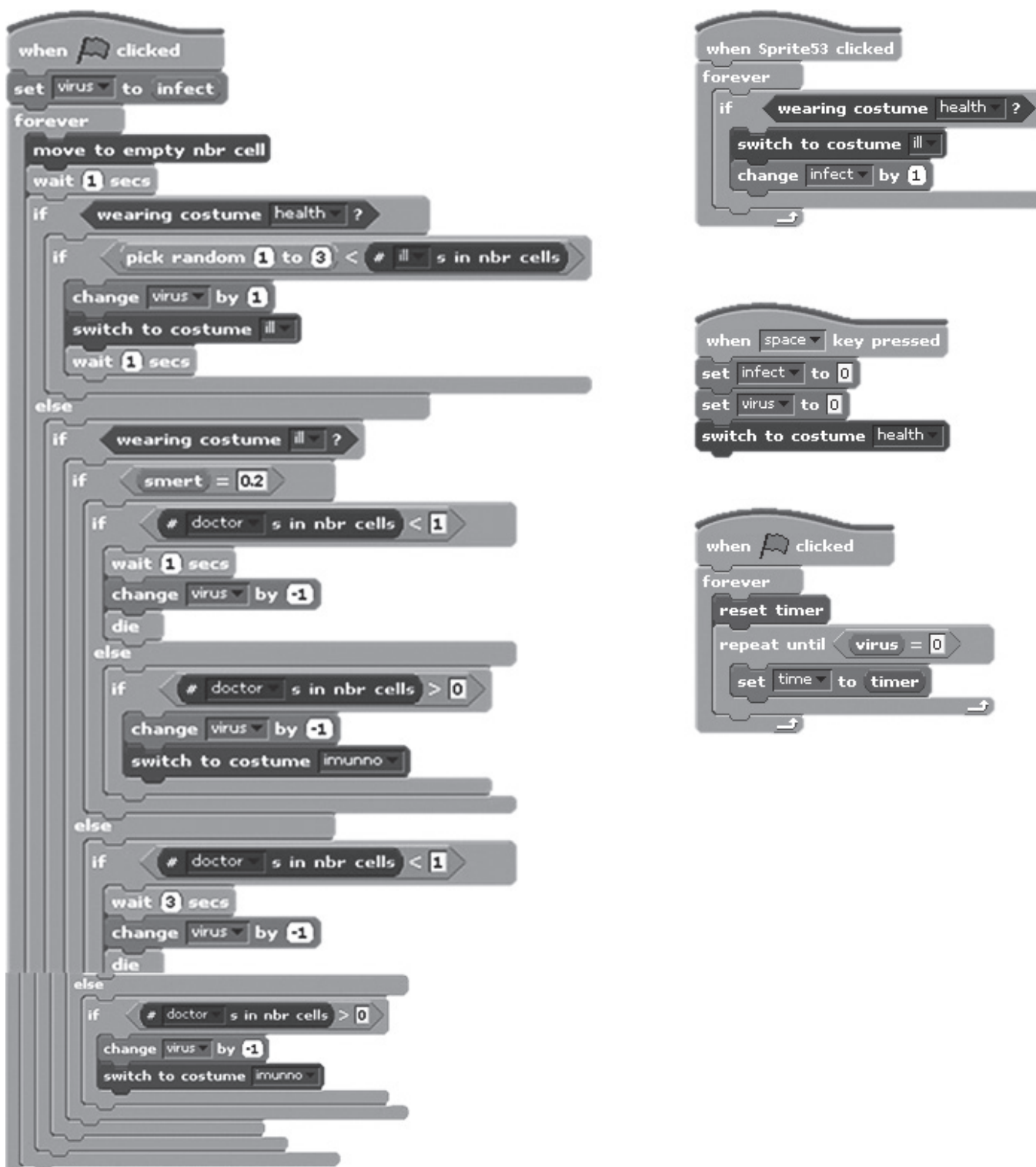


Рис. 10. Программный код агентов-жителей. Параллельные алгоритмы



Рис. 11. Программный код агентов-докторов

Вывод.

Характер протекания эпидемии зависит от:

- восприимчивости индивида к инфекции;
- своевременного обращения к врачу;
- доступности медицинской помощи;
- числа индивидов, взаимодействующих с больным индивидом.

Модель показала общую картину распространения вирусных инфекций. В этой реализации она не привязана к конкретному региону, но это не умаляет ее ценности в части получения общих представлений о характере протекания эпидемий.

4. Выводы

Изучение дискретно-событийных и агентных имитационных моделей повышает эффективность изучения раздела «Моделирование и формализация», развивает умения формулировать учебные цели, выдвигать гипотезы и проверять их, ставить проблемные вопросы к наблюдаемым фактам и явлениям, оценивать исходные данные и прогнозируемый результат. Создание и исследование имитационных моделей помогают понять суть явления, процесса, свойства объекта, выявить причинно-следственные связи между объектами и явлениями.

Список использованных источников

1. Агентное моделирование // Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Агентное_моделирование
2. Векслер В. А. Агентное моделирование в среде NetLogo на уроках информатики // Педагогические науки. 2016. Т. 3. № 44. С. 314–326.
3. Векслер В. А. Мультиагентные среды как инструмент преподавания компьютерного моделирования в школьном курсе информатики // Информационные системы и коммуникативные технологии в современном образовательном процессе: Материалы Международной научно-практической конференции. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова; Центр социально-психологических исследований, 2016. С. 20–24.
4. Глазунов Н. Г. Моделирование социальных процессов: проблемы теории и практики // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2011. № 1. С. 297–301.
5. Ивашкин Ю. А., Назойкин Е. А. Мультиагентное имитационное моделирование процесса накопления знаний // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С. 45–49.
6. Кораблев Ю. А. Имитационное моделирование: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2017. 144 с.
7. Майер Р. В. Задачи, алгоритмы, программы: электронное учебное пособие. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2012. http://maier-rv.glazov.net/ZAP/first_page.htm
8. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения: монография. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2014. 141 с. http://maier-rv.glazov.net/Mayer_Kibern_pedagogika.pdf
9. Epidemic Simulator. <http://tachyondecay.github.io/epidemic-simulator/http://tachyondecay.github.io/epidemic-simulator/>
10. Monarsh University. <http://www.flipt.org/#cellular>

НОВОСТИ**В России более восьми тысяч школ подключили к интернету в 2020 году**

Операторы связи завершили очередной этап подключения образовательных учреждений РФ к высокоскоростному интернету, в рамках которого доступ в сеть получили 8377 школ; Минцифры России в настоящее время проводит приемку работ, сообщил РИА Новости замглавы Минцифры Олег Иванов.

Подключение социально значимых объектов, в том числе школ, к интернету реализуется в рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика РФ». Всего по всей стране подключение в рамках трехлетних госконтрактов обеспечивают 16 операторов связи. Целевая скорость доступа в интернет для городских школ — 100 Мб/с, для сельских — 50 Мб/с.

По словам замглавы Минцифры, в 2019 году, когда министерство приступило к реализации проекта, была собрана информация обо всех школах и колледжах в стране — совокупно их 45,6 тысячи. При этом в части из них параметры подключения соответствовали заданным, поэтому данные учебные заведения были исключены из планов подключения, чтобы избежать двойного расходования средств.

«В результате исследования, проведенного с привлечением регионов и Минпросвещения России, было выявлено, что в подключении нуждаются 26,5 тысячи школ. Все они будут подключены до конца 2021 года. Из них в 2019 году уже подключено 7240 школ, — рассказал Иванов. — Очередной этап подключения социально значимых объектов,

в том числе школ, завершился 30 сентября 2020 года. По итогам 2020 года подключено 8377 образовательных организаций. Минцифры России в данный момент осуществляет прием работ от исполнителей».

Замминистра уточнил, что при приемке учитываются только объективные измерения. «В каждой школе осуществляются инструментальные замеры скорости интернета по методике, которая прописана в контрактах. В комиссию по приемке работ входят представитель региона, представитель подрядчика (в каждом регионе он свой) и представитель образовательного учреждения. Интернет в школах, подключаемых по проекту, оплачивается из федерального бюджета, и тарифы, по которым предоставляется доступ в сеть, едины для всего региона», — рассказал Иванов.

Он добавил, что федеральным проектом предусмотрены спецслужбы по фильтрации трафика, по защите от атак и по защите персональных данных школьников и учителей, а также оплата доступа в сеть для подключенных объектов на период до 2024 года.

Замглавы Минцифры добавил, что в 2021 году доступ в интернет получают еще 10,9 тысячи образовательных организаций. «Таким образом, все школы в стране, в которых ранее не было интернета и которые были включены в план подключения к сети в рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура», получают высокоскоростной доступ в интернет», — заключил замминистра.

(По материалам «РИА Новости»)