

---

ISSN 2306-1561

**Automation and Control in Technical Systems (ACTS)**

2015, No 1, pp. 10-20.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-2

---



## Multi-Agent Simulation in NetLogo Software

**Konstantin Nikolaevich Mezencev**

Russian Federation, Ph. D., Associate Professor, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt,  
64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

[mknpost@rambler.ru](mailto:mknpost@rambler.ru)

**Abstract.** This article discusses approaches to computer modeling of complex systems in various subject areas. The modeling of such systems should be implemented using the technology of agents. Each agent has an individual behavior and can cooperate with other agents to perform certain functions of the system. As a tool of agent-based modelling is considered the NetLogo program distributed under the GNU GPL. Provides information about the NetLogo programming language, discusses the paradigm of agent-based modelling in virtual World NetLogo. Provides information about agent simulation of vehicle movement, discusses the interaction between agents on the principle of "predator-prey", provides information about landscape models provide information for modeling the movement of agents in the network. Agent-based model created in Netlogo, can be equipped with an interface for data input and output parameters of the simulated system.

**Keywords:** agent, modeling, system, NetLogo, virtual.

---

ISSN 2306-1561

**Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)**

2015. – № 1. – С. 10-20.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-2

---



УДК 004.438

## Мультиагентное моделирование в среде NetLogo

**Мезенцев Константин Николаевич**

Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

[mknpost@rambler.ru](mailto:mknpost@rambler.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы к компьютерному моделированию сложных систем в различных предметных областях. Моделирование подобных систем целесообразно выполнять с использованием технологии агентов. Каждый агент обладает индивидуальным поведением и может кооперироваться с другими агентами для выполнения определенных функций системы. В качестве инструментального средства агентного моделирования рассматривается программа NetLogo распространяемая по лицензии GNU GPL. Приводятся сведения о языке программирования NetLogo, обсуждаются парадигмы агентного моделирования в виртуальном Мире NetLogo. Приводятся сведения об агентном моделировании движения транспортных средств, обсуждается взаимодействие между агентами по принципу «хищник-жертва», приводятся сведения о ландшафтных моделях, даются сведения о моделировании движения агентов в сети. Агентная модель, созданная в Netlogo, может оснащаться интерфейсом для ввода исходных данных и вывода параметров моделируемой системы.

**Ключевые слова:** агент, моделирование, система, NetLogo, виртуальный.

### 1. Введение

Компьютерное моделирование получило широкое распространение в различных областях исследовательской деятельности. Особый интерес представляют компьютерные модели больших распределенных систем.

Такие системы состоят из множества связанных между собой элементов. Причем характер формирования этих связей часто носит случайный характер и имеет различную природу. Моделировать поведение таких систем с помощью

формализованных моделей, представляющих собой описание системы в виде определенного набора уравнений, не представляется возможным [1].

Для распределенных систем так же характерно некоторое объединение элементов системы для решения определенной задачи. В процессе решения этой задачи в возникающее объединение могут добавляться новые элементы, либо исключаться имеющиеся. При этом можно говорить о создаваемых человеком распределенных системах с искусственным интеллектом [4].

При исследовании и проектировании распределенных систем выделяют в качестве элемента системы уровня агента. С точки зрения компьютерного моделирования агент представляет собой некоторую программу, которая реализована на определенной программно-аппаратной платформе. Такая программа обладает интерфейсом – набором датчиков (сенсоров) для реагирования на события, происходящие в окружающей ее среде [5].

Агент, входящий в систему взаимодействует с другими агентами для выполнения определенной функции. В результате возникает система взаимодействующих агентов для решения определенной задачи, либо для выполнения определенной инструкции – установки. Такие системы в настоящее время принято называть мультиагентными системами, либо сокращенно МАС.

Если агент обладает функцией принятия решения для своего дальнейшего поведения в рамках МАС, то говорят о наличии «интеллекта» у агента. Мультиагентную систему, состоящую из таких агентов, называют интеллектуальной [7, 19 – 22].

Модели, построенные в виде МАС, позволяют исследовать и планировать распределенные вычисления, поиск информации в глобальной сети Интернет, процессы движения автотранспортных средств и доставки грузов.

Мультиагентные модели позволяют так же изучать процессы, происходящие в социальных системах и биологических сообществах.

Интеллектуальные МАС находят применение при моделировании переговорных процессов, договорных отношений продавец – покупатель, позволяют моделировать спрос и предложения в аукционах [3, 4].

## **2. Программное обеспечение для реализации агентного моделирования**

Наиболее удачным программным решением с точки зрения освоения пользователями агентных технологий и использования их в учебном процессе, на наш взгляд, является программа NetLogo, которая распространяется на основе GPL лицензии.

Данная программа получила широкое распространение в колледжах и университетах Европы и Северной Америки, а так же в ряде стран как среда для компьютерного мультиагентного моделирования процессов и явлений в природных, социальных и технических системах.

Программа представляет собой среду разработки компьютерных моделей на базе кроссплатформенного языка программирования NetLogo, предшественником которого

был язык программирования StarLogo. Новая реализация этого языка и среда программирования была разработана Ури Виленски (Uri Wilensky), преподавателем университета NUE (Northwestern University Evanston) USA. Поддерживается данная программа организацией CCL (Center for Connected Learning), которая является подразделением университета.

### **3. История создания языка программирования и программы NetLogo**

Язык программирования NetLogo является приемником языка StarLogo, который в свою очередь создавался на базе языка Logo.

Язык Logo был создан в шестидесятых годах прошлого столетия Сеймуром Папертом (Seymour Papert). Сферой интересов Паперта были психология и математика. Создавая язык программирования Logo, он стремился создать интуитивно понятный язык, который бы позволил программировать не только специалистам, но и изучать азы программирования школьниками и детьми.

Основным элементом системы программирования являлась «черепашка» – turtle, которая представляла собой курсор, появляющийся в центре монитора. Процесс программирования сводился к «обучению» «черепашки» выполнять разные действия при подаче соответствующей команды. После выполнения ряда действий «черепашкой» их можно было сохранить в оперативной памяти под определенным именем. Это имя становилось идентификатором новой команды, которую могла выполнять «черепашка».

Концепции программирования, предложенные Папертом, легли в основу мультиагентной системы имитационного моделирования, созданной в Массачусетском Технологическом Институте MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Данная система была реализована на основе нового языка имитационного моделирования StarLogo. Однако созданная система была предназначена для компьютеров Macintosh.

В 1999 центром CCL (Center of Connected Learning) США была предложена новая реализация языка программирования и системы агентного моделирования, построенная на кроссплатформенной технологии Java. Система разработки моделей и язык программирования моделей получили наименование NetLogo.

### **4. Виртуальный Мир агентной модели**

Создавая модель в среде NetLogo, разработчик создает виртуальный Мир. Основными элементами этого виртуального мира являются агенты [6, 8, 10 – 18]:

- «Пятная» (Patches);
- «Черепашки»(Turtles);
- «Наблюдатель»(Observer);
- «Связи» (Links).

«Пятна» представляют собой прямоугольные области, совокупность которых представляет собой двухмерный мир, в котором «живут» агенты «черепашки».

«Наблюдатель» – фиксирует изменения, происходящие в виртуальном мире, и может вмешиваться в «жизнь» агентов. Между «черепаками» могут быть установлены связи. Концепция виртуального Мира NetLogo показана на рисунке 1. Связи на рисунке не показаны.

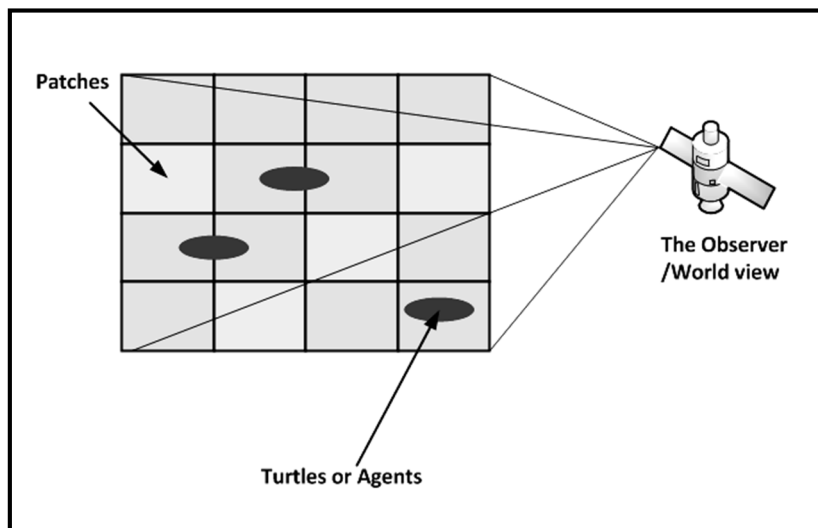


Рисунок 1 – Концепция виртуального мира NetLogo

## 5. Мультиагентные модели в среде NetLogo

### 5.1. Структура интерфейса программы

Программа NetLogo обладает простым функциональным интерфейсом. Главным элементом, которого является окно «виртуального Мира» агентов. На рисунке 2 это окно расположено в центре экрана.

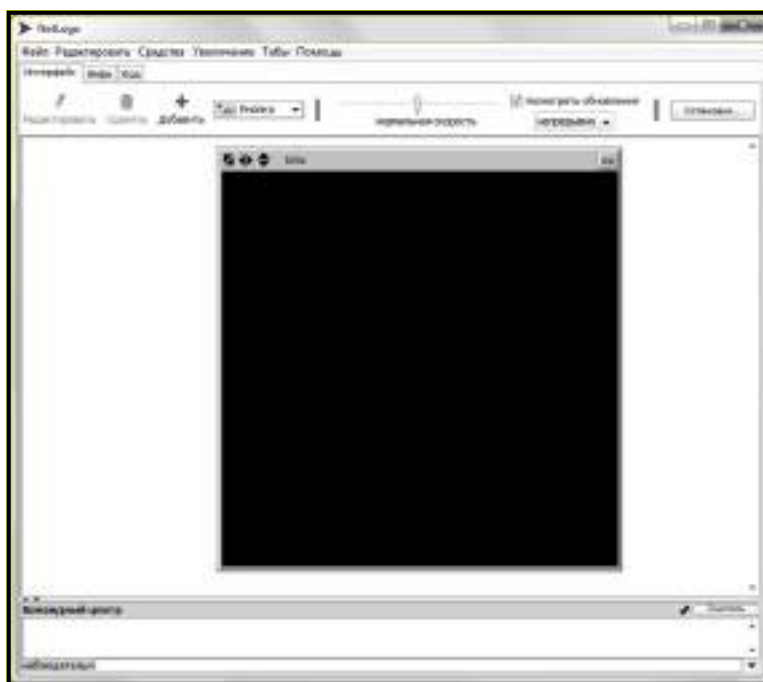
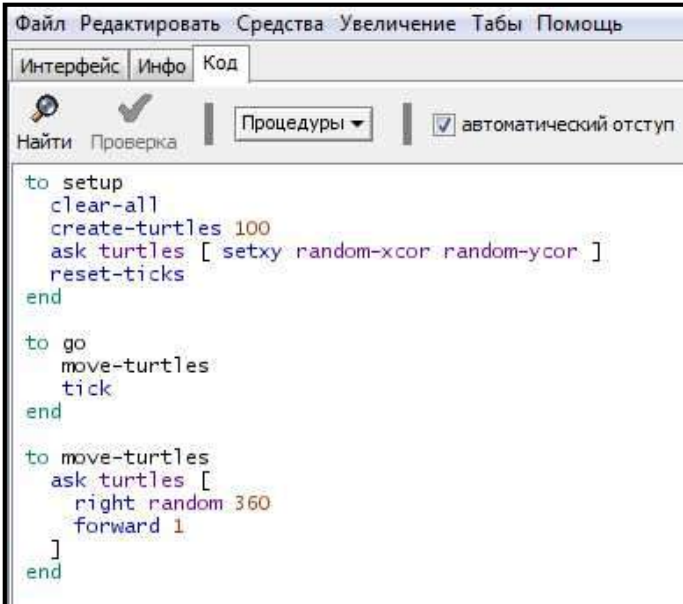


Рисунок 2 – Интерфейс программы

Пользователь и разработчик агентной программы может взаимодействовать с ней в интерактивном режиме, подавая команды в окне «Командного центра», оно расположено в нижней части окна программы. Команды подаются на уровне определенного объекта программы моделирования: «Наблюдатель», «Пятна», «Черепашки» (агенты), «Связи».

Команда – это определенный оператор языка программирования NetLogo. Допускается создание комбинированных моделей, код которых предварительно записан на языке NetLogo, и затем модель исследуется с привлечением командного центра.

Код агентной модели представляет собой набор процедур. Пример кода модели показан на рисунке 3.



```
Файл Редактировать Средства Увеличение Табы Помощь
Интерфейс Инфо Код
Найти Проверка Процедury автоматический отступ
to setup
  clear-all
  create-turtles 100
  ask turtles [ setxy random-xcor random-ycor ]
  reset-ticks
end

to go
  move-turtles
  tick
end

to move-turtles
  ask turtles [
    right random 360
    forward 1
  ]
end
```

**Рисунок 3 – Программный код модели**

В модели всегда должны присутствовать две процедуры setup и go [4]. Первая процедура связывается с командной кнопкой инициализации агентов модели, вторая запускает процесс моделирования.

Движение агентов в виртуальном мире показано на рисунке 4. По умолчанию используется пиктограмма агента в виде направленного острья. Допускается сменить пиктограмму агента на другую из библиотеки ресурсов программы, либо создать собственную пиктограмму, с помощью графического редактора. Графический редактор входит в систему моделирования.

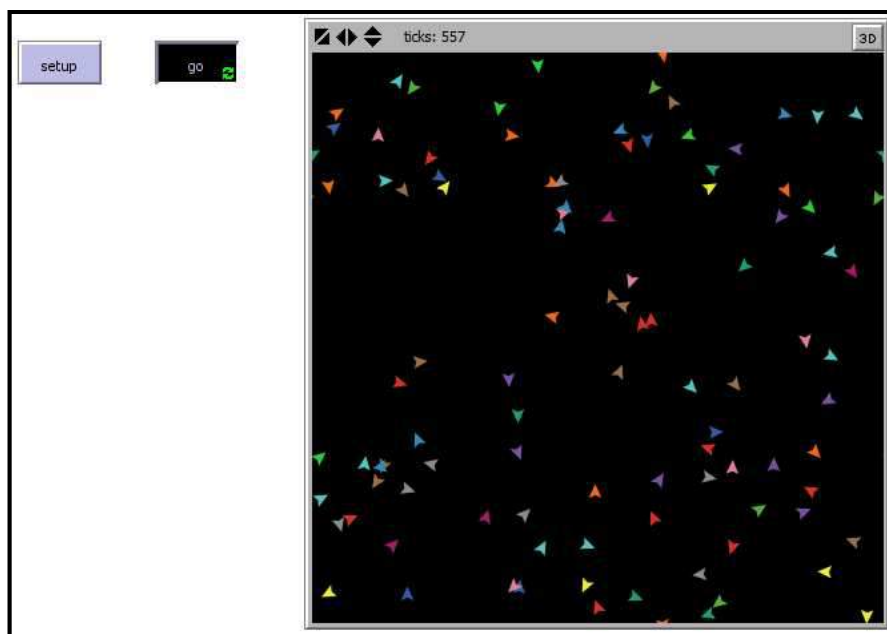


Рисунок 4 – Окно работающей модели

## 5.2. Движение потока транспортных средств

Модель позволяет исследовать поведение транспортного средства в потоке движения, модель позволяет управлять число транспортных средств на полосе движения (numbers-of-cars), контрольное транспортное средство выделяется подсвеченным кругом (рисунок 5) [2].

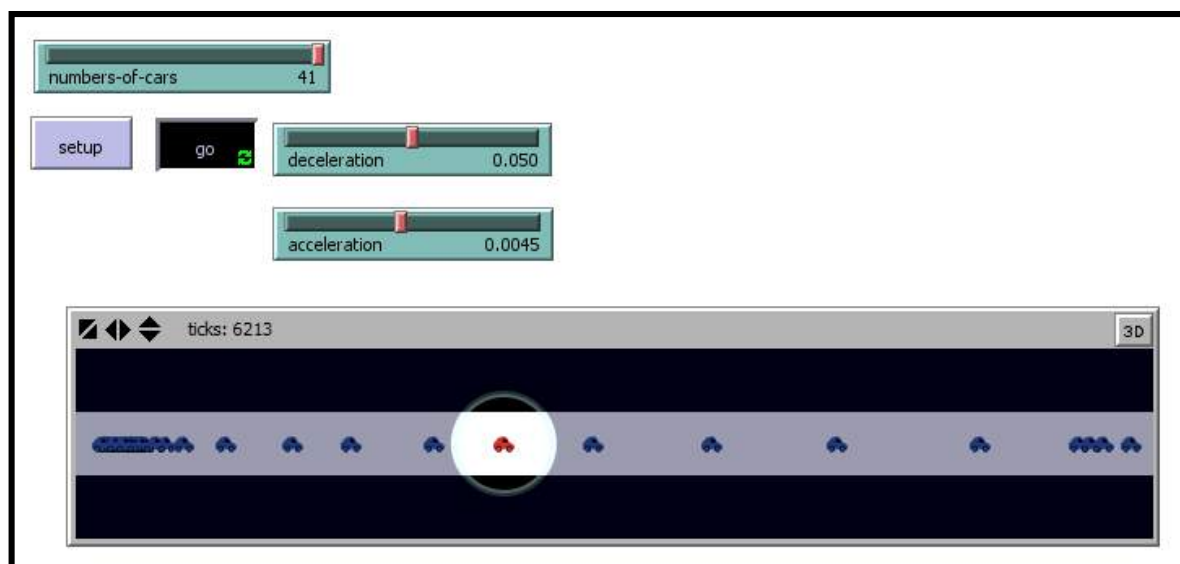


Рисунок 5 – Работающая модель

Кроме того, можно увеличивать скорость движения транспортного средства (acceleration), либо уменьшать (deceleration).

Для наглядного представления результатов работы модели в интерфейс можно поместить график, показанный на рисунке 6.



Рисунок 6 – График движения. Скорости транспортного средства в потоке

### 5.3. Модель «хищник – жертва»

Такой класс моделей позволяет исследовать взаимодействие агентов в виртуальном Мире, где наблюдается конкуренция между агентами. Один класс агентов «хищники», поддерживают свой жизненный потенциал за счет уничтожения других агентов «жертв».

Вид интерфейса работающей модели показан на рисунке 7 [2].

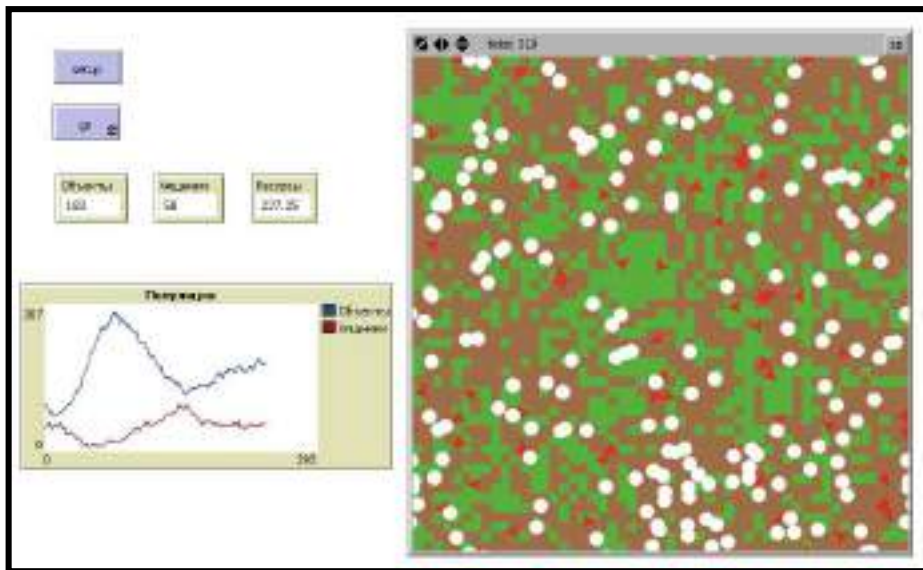


Рисунок 7 – Модель с воспроизводством ресурсов

Агенты обоого типа обладает энергией, если она падает ниже определенного уровня, то агент «умирает». Агенты жертвы поддерживают свою энергию за счет «зеленых пятен», поглощая их, агент хищник поддерживает свою энергию за счет уничтожения жертв. Когда энергия агентов возрастает до определенного уровня, они воспроизводит себе подобных. Это операция клонирования агентов.

Для контроля за состоянием ресурсов используется экран «Ресурсы». Экран отображает число ресурсов – пятен зеленого цвета, ресурсы возобновляются. Из рисунка видно, что популяции «хищников» и обычных агентов имеет пиковые значения, после численность популяции начинает стабилизироваться.



#### 5.4. Модель «Ландшафт»

В данной модели предварительно формирует ландшафт из гор и впадин. Агент должен двигаться на вершину с максимальной высотой. Выбирается ближайшая вершина. Вид виртуального Мира работающей модели показан на рисунке 8 [2].

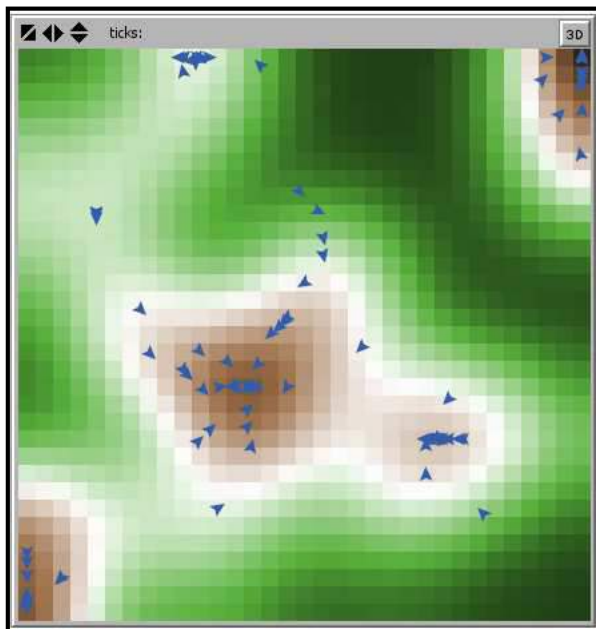


Рисунок 8 – Движение агентов

#### 5.5. Сетевые модели

В таких моделях формируется сеть – граф, узлы которого обозначаются окружностями. В NetLogo можно создавать графы как ориентированные, так и обычного вида. На рисунке 9 показан виртуальный Мир с сетью не ориентированным графом.

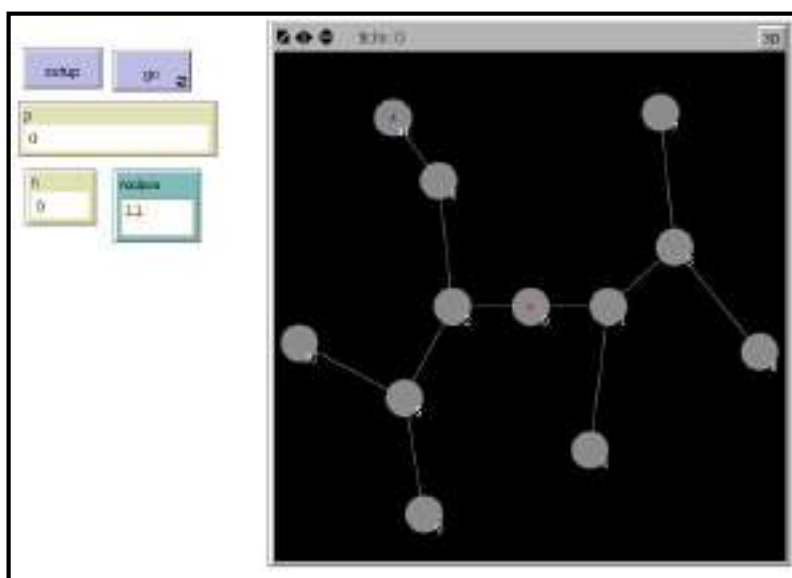


Рисунок 9 – Интерфейс модели

В модели предусмотрено движение по сети двух агентов красного и синего цветов. Интерфейс модели позволяет определить частоту ( $p$ ) посещения синим агентом заданного узла ( $podros$ ). В процессе моделирования выводится  $n$  – число посещений данного узла [2].

## 6. Заключение

Мультиагентные системы могут разрабатываться и исследоваться с использованием кроссплатформенного программного обеспечения. В качестве такого программного средства можно предложить использование среды разработки NetLogo функционирующей на Java платформе и распространяемой по GPL лицензии.

Программа NetLogo позволяет выполнить программирование и взаимодействие с моделью с помощью встроенного высокого уровня языка программирования.

В рамках виртуального Мира NetLogo могут быть реализованы модели взаимодействия агентов, сетевые агентные модели, агентные модели, имитирующие ландшафтную среду обитания.

Модель может быть дополнена графическим интерфейсом для ввода и вывода значений параметров агентов. Эти значения могут как символьными данными, так и числовыми. Допускается отображение изменения параметров агентов в графическом виде.

## Список информационных источников

- [1] Ивашкин Ю. А. Мультиагентное имитационное моделирование больших систем: учеб. пособие / Ю. А. Ивашкин. – М.: МГУПБ, 2008. – 230 с.
- [2] Мезенцев К.Н. Мультиагентное моделирование в среде NetLogo: учеб. пособие /К.Н. Мезенцев. – М.: МАДИ, 2014. – 169 с.
- [3] Мезенцев К.Н. Моделирование в примерах и задачах в среде AnyLogic / К.Н. Мезенцев. – Lap LAMBERT Academic Publishing, 2013 – 205 с.
- [4] Радченко И. А. Интеллектуальные мультиагентные системы: учебное пособие/И.Л. Радченко. Балт. Гос. Техн. Университет. – СПб., 2006. - 88 с.
- [5] Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. Вильямс. 2006 (2007) – 408 с.
- [6] NetLogo. User manuel: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>
- [7] Wooldridge M.J. An Introduction to Multiagent Systems. Wiley. 1996 (2002).
- [8] Vidal J. Fundamentals of Multiagent Systems with NetLogo Examples. [www.multiagent.com](http://www.multiagent.com). 2007.
- [9] Мезенцев К.Н., Джха П. Методы моделирования компьютерных сетей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2. – С. 29-40. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-4.
- [10] Васюгова С.А. Исследование перспектив и проблем интеграции человека с компьютером: искусственный интеллект, робототехника, технологическая сингулярность и виртуальная реальность / С.А. Васюгова, А.В. Остроух, М.Н. Краснянский, А. Самаратунга // Перспективы науки. – Тамбов: «ТМБПринт», 2011. – № 4(19). – С. 109-112.

- [11] Подкосова Я.Г., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 2 (33). – С. 104– 111.
- [12] Краснянский М.Н. Виртуальные тренажерные комплексы для обучения и тренинга персонала химических и машиностроительных производств / М.Н. Краснянский, А.В. Остроух, К.А. Баринов, Д.Л. Дедов, А.А. Руднев // Вестник ТГТУ. – 2011. – Т.17. – № 2. - С.497-501.
- [13] Баринов К.А. Алгоритм проектирования виртуального тренажерного комплекса для переподготовки персонала нефтехимического предприятия / К.А. Баринов, А.В. Остроух, А.Ю. Маламут, М.Н. Краснянский, Г.Г. Ягудаев // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». – 2012. – №2.6 (26). – С.168-174.
- [14] Краснянский М.Н. Алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов технических систем / М.Н. Краснянский, А.В. Остроух, С.В. Карпушкин, Д.Л. Дедов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2012. – №3. – С. 68-75.
- [15] Barinov K.A., Krasnyanskiy M.N., Malamut A.Y., Ostroukh A.V. Algorithm of virtual training complex designing for enterprise personnel retraining // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 24-26.
- [16] Barinov K.A., Krasnyanskiy M.N., Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Application of virtual simulators for training students in the field of chemical engineering and professional improvement of petrochemical enterprises personnel // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 26-28.
- [17] Krasnyanskiy M., Nikolaev A., Ostroukh A. Application of virtual simulators for training students in the field of chemical engineering and professional improvement of petrochemical enterprises personnel. International Journal of Advanced Studies. 2012. Vol. 2. No 3. pp. 4. DOI: 10.12731/2227-930X-2012-3-4.
- [18] Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. Algorithm of Virtual Training Complex Designing for Personnel Retraining on Petrochemical Enterprise. International Journal of Advanced Studies. 2012. Vol. 2. No 3. pp. 6. DOI: 10.12731/2227-930X-2012-3-6.
- [19] Белоусова А.И. Подход к формированию многоуровневой модели мультиагентной системы с использованием миваров / А.И. Белоусова, О.О. Варламов, М.Н. Краснянский, А.В. Остроух // Перспективы науки – Тамбов: «ТМБПринт», 2011. – № 5(20). – С. 57-61.
- [20] Остроух А.В. Автоматизация управления автотранспортными предприятиями. Новый подход на основе интеллектуальных мультиагентных систем / А.В. Остроух, А.В. Воробьева, Н.Е. Суркова. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 117 p. – ISBN 978-3-659-47576-4.
- [21] Остроух А.В. Интеллектуальные системы в науке и производстве / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 312 p. – ISBN 978-3-659-98006-0.
- [22] Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А.В. Остроух – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – 326 с. – ISBN 978-5-906314-10-9.