

О. И. Еськова (oieskova@rambler.ru),

канд. техн. наук, доцент

В. П. Черткова (valeria_chertkova@mail.ru),

студентка

*Белорусский торгово-экономический
университет потребительской кооперации
г. Гомель, Республика Беларусь*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМ СОТРУДНИЧЕСТВА И КОНКУРЕНЦИИ

Описывается имитационная модель поведения сотрудничающих и конкурирующих агентов в социальной или природной системе. Обсуждаются возможные способы исследования этой модели.

Agent-based simulation model of the cooperative and greedy behavior is considered. Possible ways to study this model are discussed.

Проблемам сотрудничества в природе и в обществе уделяли внимание многие исследователи. Особенно значительный вклад в разработку этой проблемы внес Мартин Новак, профессор биологии и математики Гарвардского университета. В своей статье «Почему мы помогаем другим?» (2012) он пишет: «Люди склонны считать, что эволюция – это беспощадная борьба за выживание. В действительности движущей силой эволюции всегда было сотрудничество». Он приводит яркие примеры сотрудничества в природе, рассматривает проблему эволюции сотрудничества.

Профессор М. Новак использовал методы теории игр для изучения парадокса взаимодействия альтруизма и соперничества. Было выделено пять основных механизмов, обеспечивающих возможность сотрудничества у самых разных организмов, от бактерий до людей: прямое взаимодействие, косвенное взаимодействие, сетевое взаимодействие, семейный и групповой отбор. Мартин Новак подчеркивал, что для человеческого общества наиболее важное значение имеет косвенное взаимодействие, основанное на соображениях репутации. Так, успехи компании «Toyota» в 1980-е гг. в конкуренции с другими автомобилестроителями в определенной мере объяснялись ее репутацией благодаря справедливым отношениям с фирмами-поставщиками.

Однако компьютерное моделирование проблемы сотрудничества показало, что сотрудничество в человеческом обществе нестабильно, и периоды успешной кооперации неизбежно сменяются появлением обмана. Различные игровые модели (например, «дилемма узника») показали, что, несмотря на то, что сотрудничество несет общую выгоду для общества, люди часто принимают «умное» решение обмануть. И это в конечном итоге ведет к ухудшению ситуации для всех участников игры. Особенно наглядно это проявляется при решении проблемы сохранения природных богатств: нефти, чистой питьевой воды, озонового слоя земли и др.

В данной статье описывается модель поведения индивидов, которые могут изменять стратегию своего поведения, переходя от сотрудничества к конкуренции и наоборот. Модель основана на основных положениях, изложенных в работах М. Новака, и обобщает такие механизмы сотрудничества, как прямое, косвенное и сетевое взаимодействие.

Модель «Сотрудничество» реализована в приложении NetLogo и является примером агентного подхода в имитационном моделировании систем. Агентное моделирование – это относительно новое направление в имитационном моделировании. Оно появилось в начале 90-х гг. в университетской среде США. Агентное моделирование используется для исследования децентрализованных систем. Суть его состоит в воспроизведении частного поведения отдельных объектов системы и взаимодействия этих объектов для того, чтобы получить представление об общем поведении системы.

Таким образом, в агентно ориентированных моделях достаточно описать алгоритм поведения отдельного агента (например, человека в определенном социуме), наполнить модель определенным количеством таких агентов и запустить процесс моделирования во времени. С каждым шагом модельного времени происходит взаимодействие агентов друг с другом, в результате чего изменяется состояние всей системы и начинают проявляться системные закономерности, которые и являются результатом моделирования.

В приложении NetLogo существует четыре вида агентов:

- *Черепашки* (turtles) – подвижные агенты, способные перемещаться по игровому миру.

- *Участки* (patches). Игровой мир состоит из двухмерной сетки прямоугольных участков – неподвижных объектов, по которым могут перемещаться «черепашки».
- *Связи* (links) – агенты, соединяющие между собой две «черепашки». Связи могут быть направленными (от «черепашки» А к «черепашке» В) или ненаправленными (между «черепашками» А и В).

- *Наблюдатель* (the observer). Его можно представить наблюдающим сверху за всем, что происходит с «черепашками», участками и связями.

В модели «Сотрудничество» используются агенты-«черепашки», которые имитируют отдельных индивидов в обществе и имеют форму человечков. При этом те агенты, которые проводят стратегию сотрудничества, окрашены зеленым цветом, а агенты, проводящие стратегию конкуренции, – красным. Также используется агент-наблюдатель для реализации взаимодействия с пользователем и организации всего процесса моделирования.

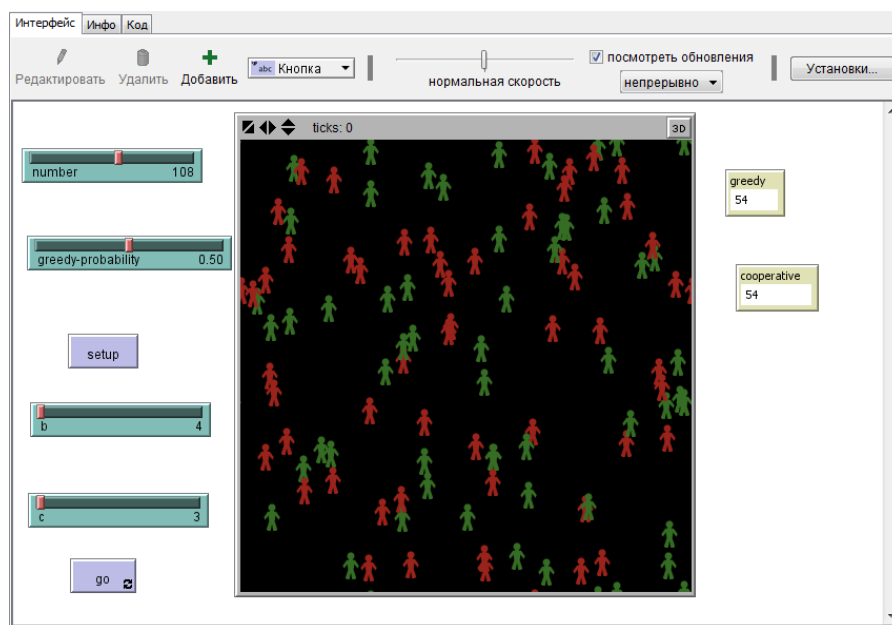
В модели предполагается, что в силу определенной инертности людей они изменяют свою стратегию поведения только при наступлении определенных условий:

- Сотрудничающий агент переходит к стратегии конкуренции, если сумма его расходов на сотрудничество превышает сумму доходов от соседей.
- Конкурирующий агент анализирует благосостояние своих соседей. Он переходит к стратегии сотрудничества, если общий доход его соседей-кооператоров превышает общий доход его соседей-эгоистов.

Изменение состояния модели происходит за два шага модельного времени: на первом шаге каждый агент поворачивается на случайный угол и делает один шаг, после чего обновляется его текущее благосостояние с учетом новых соседей. На втором шаге анализируются состояния объекта и его соседей и принимается решение об изменении (или сохранении) стратегии поведения.

Вид экрана Netlogo в процессе моделирования показан на рисунке.

Окно интерфейса модели «Сотрудничество»



Основную часть окна интерфейса занимает игровое поле, на котором располагаются пиктограммы агентов.

Модель имеет три основных параметра, значение которых может быть задано соответствующими ползунками:

- *number* – количество агентов в системе (очевидно, чем больше это количество, тем выше вероятность встречи и количество соседей у каждого агента);
- *b* – выигрыш, который получает агент от каждого сотрудничающего соседа;
- *c* – затраты на каждого соседа (этот параметр задает затраты только для агентов, избравших стратегию сотрудничества; агенты, избравшие стратегию конкуренции, ничего не тратят).

Кроме того, ползунок *greedy-probability* задает долю конкурирующих агентов при инициализации модели.

Кнопка *setup* служит для инициализации модели. Нажатие этой кнопки приводит к очистке игрового поля и созданию *number*-агентов, каждый из которых с вероятностью *greedy-probability* будет красного цвета (конкурирующая стратегия). Вместе с тем задаются начальные значения глобальных переменных (*greedy* – количество конкурирующих агентов и *cooperative* – количество сотрудничающих агентов). Текущие значения этих переменных выводятся, соответственно, в окнах *greedy* и *cooperative*.

В модели также имеются локальные переменные, характеризующие каждого конкретного агента. Наиболее важные из них:

- *status* (значение этого параметра равно 1, если агент проводит стратегию сотрудничества, и 0 – в противном случае);
- *pay* – затраты данного агента на сотрудничество (если агент конкурирующего типа, то этот параметр равен 0; в противном случае он равен *c*);
- *wealth* – общий выигрыш данного агента (рассчитывается как сумма полученных выигрышей от соседей минус собственные затраты на сотрудничество).

Данная модель позволяет установить взаимосвязь между параметрами модели и результатом, к которому приходит в конечном итоге система (все агенты становятся одного типа).

В модели сетевой взаимности М. Новака устанавливается, что сотрудничество в системе агентов будет наблюдаться, если выполняется соотношение $k < \frac{b}{c}$. При этом *k* – число соседей в сети агентов.

Данная модель отличается тем, что число соседей в ней не является жестко фиксированным, поэтому процесс изменения состояния системы является стохастическим. Однако влияние соотношения $\frac{b}{c}$ на конечный результат, к которому приходит система, может быть изучено путем проведения имитационных экспериментов на модели.

Результаты экспериментов на модели для случая 100 агентов в системе приведены в таблице. Вероятность создания конкурирующих агентов при инициализации модели во всех экспериментах составляла 0,5.

Результаты моделирования

Параметры модели		$\frac{b}{c}$	Результат
<i>b</i>	<i>c</i>		
5	2	2,5	Сотрудничество
5	3	1,7	Конкуренция
4	3	1,3	Конкуренция
4	2	2	Сотрудничество
8	4	2	Сотрудничество
8	5	1,6	Конкуренция
7	4	1,75	Конкуренция
66	33	2	Сотрудничество
66	34	1,9	Конкуренция

Анализ данных этой таблицы позволяет сделать вывод, что сотрудничество при указанной плотности агентов возникает в том случае, когда отношение $\frac{b}{c}$ составляет 2 и более (выигрыш для соседа в два раза превышает затраты на сотрудничество самого индивида). Эти результаты вполне согласуются с выводами М. Новака.

Изменение количества агентов в системе, очевидно, означает изменение и числа соседей каждого агента. Данная модель позволяет исследовать влияние параметра «количество агентов» на результат как при фиксированных значениях *b* и *c*, так и при изменении параметров в комплексе.

Аналогичным образом можно исследовать влияние исходного количества сотрудничающих агентов в системе, изменяя значение параметра *greedy-probability*.

Таким образом, в работе рассмотрена имитационная модель «Сотрудничество», реализованная в приложении NetLogo методом агентного моделирования. Модель позволяет исследовать влияние численности агентов (например, людей) и стоимостных параметров сотрудничества (затраты и выигрыш) на итоговую стратегию, которую в конечном итоге принимают все элементы системы. В работе обсуждаются результаты моделирования и возможности дальнейшего развития модели.