УДК 338.45:519.876.2

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ МОДЕЛИ «СТАРТАП, ИНВЕСТОР-КОРПОРАЦИЯ И ГОСУДАРСТВО» В СИСТЕМЕ ANYLOGIC

Ахмадеев Б.А., Вейнберг Р.Р., Титов В.А.

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com, bulat.a@mail.ru

В данной статье рассматривается реализация модели «Стартап, инвестор-корпорация и государства» в коммерческом решении Anylogic. AnyLogic – инструмент имитационного моделирования, который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно-динамический и агентный, а также любую их комбинацию. Уникальность, гибкость и мощность языка моделирования, предоставляемого AnyLogic, позволяет учесть любой аспект моделируемой системы с любым уровнем детализации. Графический интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широкого спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков. Прежде чем приступить к моделированию в выбранном программном обсепечении, авторы приводят краткую математическую модель выбранных акторов. Далее происходит модернизация разработанной модели и проводится вариативность исходных данных, для разработки отдельных сценариев взаимодействия. Статья будет интересна преподавателям ВУЗов, аспирантам и всем интересующимся моделированием динамических экономических систем.

Ключевые слова: стартап, инвестор, модель «Хищник – Жертва», Anylogic, оптимизация, государство

IMPLEMENTATION OF ADVANCEDMODEL «START-UP, CORPORATION-INVESTOR AND STATE» IN ANYLOGIC

Ahmadeev B.A., Veynberg R.R., Titov V.A.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com, bulat.a@mail.ru

This article examines implementation of «Startup, investor-corporation and state» model in the commercial solution «Anylogic». «AnyLogic» is an imitation modeling tool that supports all approaches for creating simulation models: process-oriented (discrete-event), system-dynamic and agent-based, and any combination of them. The uniqueness, flexibility and power of the modeling language provided by «AnyLogic» allows you to take into account any aspect of the simulated system with any level of detailing. AnyLogic's graphical interface, tools and libraries allow you to quickly create models for wide range of tasks from production line simulation, logistics etc to strategic company development models and markets. Before proceeding with modeling in the selected software, authors provide brief mathematical model of the selected actors. Further, the developed model is modernized and variability of the initial data is carried out, for the development of individual interaction scenarios. The article will be interesting to teachers of universities, postgraduate students and all interested in modeling dynamic economic systems.

Keywords: startup, investor, model «Predator – Sacrifice», Anylogic, optimization, state

Модель Лотки – Вольтерры отражает схему взаимодействия двух видов типа «хищник – жертва», она получила название в честь авторов, предложивших независимо друг от друга модельные уравнения [2, 3].

Эти уравнения применимы при моделировании различных типов взаимодействия между видами, таких как системы «хищник – жертва», «паразит – хозяин», конкуренции и так далее.

В математической форме предложенная система имеет следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y)x,$$

$$\frac{dy}{dt} = (-\gamma + \delta x)y,$$

где x – количество жертв, y – количество хищников, t – время, α, β, γ, δ – коэффициенты, отражающие взаимодействия между видами.

Для данной системы уравнений экспериментальным путем были подобраны значения коэффициентов для того, чтобы экосистема была в равновесии. Значения коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Подборка коэффициентов уравнений

Внешние коэффициенты	Значение
Коэффициент рождаемости жертв	0,05
Коэффициент поедания (поглощения)	0,0002
Коэффициент рождаемости хищников	1
Коэффициент смертности хищников	0,05
Начальная популяция жертв	100
Начальная популяция хищников	50

Модель была реализована в виде программного продукта для имитации модели,

результат равновесной экосистемы представлен на рис. 1.

Можно заметить, что динамика развития популяции хищников и жертв имеет колебательный характер в силу присутствия сильных циклов с обратной связью, показанных на рис. 1. Эти силы заставляют популяции колебаться вокруг набора заданных условий.

Базируясь на модели Лотки – Вольтерры, формализуем процессы слияний и поглощений компаний по аналогии взаимоотношений в экосистеме «хищник – жертва», где хищники – крупный бизнес (транснациональные корпорации, холдинги, институциональные инвесторы), жертвы – малый и средний бизнес (стартапы, МИПы и т.д.) и государство как отдельный актор взаимодействия, осуществляющий свою часть финансирования деятельности стартапов.

Можно заметить, что динамика развития популяции хищников и жертв имеет колебательный характер в силу присутствия сильных циклов с обратной связью, показанных на рис. 1. Эти силы заставляют популяции колебаться вокруг набора заданных условий.

Следующим примером популяционных моделей является модель взаимодействия двух видов, конкурирующих между собой за один общий вид ресурса. В такой системе виды могут и не быть хищниками по отношению к другому виду. Например, несколько видов рыбы могут конкурировать за один источник пропитания, однако не пожирать друг друга. С другой стороны, существуют системы, где два вида конкурируют за один общий источник пропитания, и один вид может пожирать другой, как в примере с львами и гиенами, где они могут также убивать друг друга.

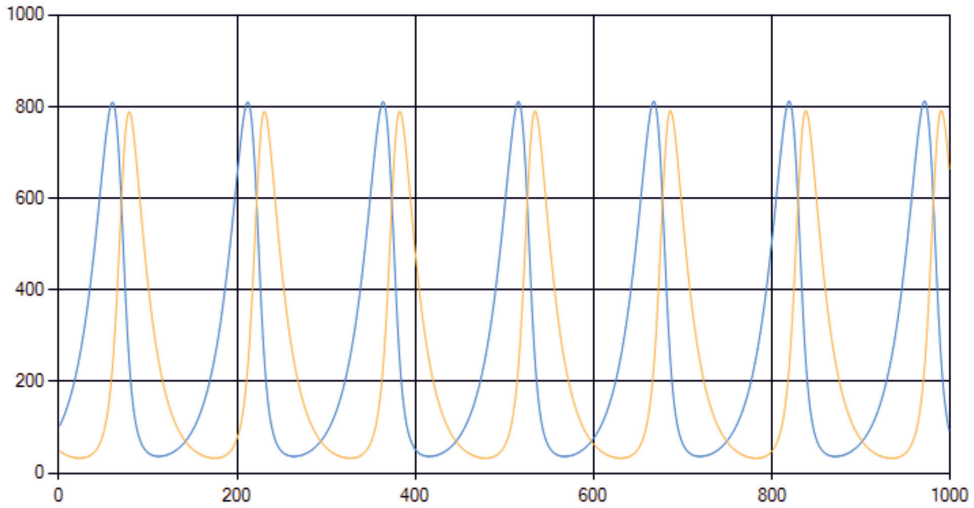

Рис. 1. Результат реализации модели хищник – жертва. По оси абсцисс – время моделирования, по оси ординат – численность популяции

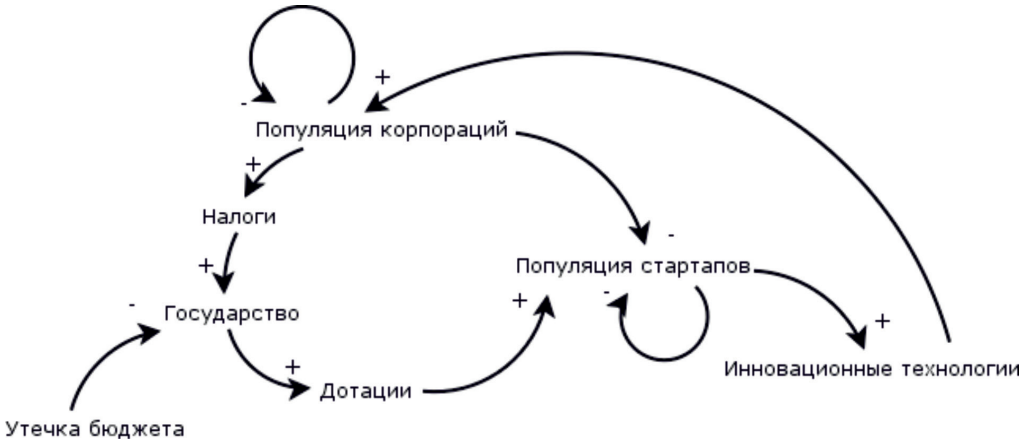

Рис. 2. Причинно-следственные связи в инновационной экосистеме

Модели конкуренции не ограничиваются биологией и экологией. Страны конкурируют между собой за владение большей долей в торговле товарами и услугами, корпорации и фирмы конкурируют за клиентов и долю на рынке, политические партии борются за голоса. Также новые технологии и инновационные решения конкурируют за доступ и открытие новых рынков и распространение на существующих рынках, где, как правило, доминируют существующие старые и сильные технологии и компании.

Итак, в данной модели имеются три вида объектов, сосуществующих и взаимодействующих друг с другом [1, 2]:

а) корпорации-хищники, которые являются большими и успешными компаниями, но имеют свои уязвимые аспекты и упущения, которые они хотят восполнить путем поглощения другой, более мелкой компании;

б) «жертвы» представлены малым бизнесом – стартапами и МИПами. «Жертвы», как правило, незрелые компании, находящиеся в сегменте малого и микро-бизнеса. Они имеют свои сферы специализации, в которых достигли значительного успеха с точки зрения эффективности. Также «жертвы» должны иметь цену продажи достаточно низкую для возможности покупки «хищниками»;

в) государственный регулятор, выраженный в накопленном налоге, который занимается перераспределением средств в данной системе: он облагает «хищников» налогами, таким образом формируя бюджет, из которого осуществляется поддержка малого бизнеса (стартапов и МИПов) в виде дотаций.

Данная модель предполагает наличие специализированного реестра или базы данных малого бизнеса, из которых «хищники» выбирают себе наиболее пригодных «жертв» [5].

Графически данная модель отображена в виде диаграммы причинно-следственных связей, изображенной на рис. 2.

Модернизируем модель с учетом ряда поправочных коэффициентов [4, 6].

Модели Лотки – Вольтерры были модернизированы следующим образом:

1) государство может облагать налогом корпорации (τ) для пополнения бюджета страны;

2) в связи с чем добавляется переменная T, которая вычисляется через дополнительное дифференциальное уравнение;

3) бюджет (T) накапливается благодаря налогам, собранным с корпораций ($y \cdot \tau$);

4) часть бюджетных денег тратится на дотации «стартапам» ($T_{i-1} \cdot x_{i-1} \cdot D$);

Математически данная модель выражена следующим образом:

$$x_i = x_{i-1} + \left(\alpha - \beta \cdot y_{i-1} + T_{i-1} \cdot D\right) x_{i-1},$$

$$y_i = y_{i-1} - \left(\gamma + \tau - \delta \cdot x_{i-1}\right) y_{i-1},$$

$$T_i = \tau \cdot y_{i-1} - T_{i-1} \cdot x_{i-1} \cdot D,$$

x – количество МИПов,
y – количество корпораций,
i – период моделирования,
α – коэффициент рождаемости стартапов,
β – коэффициент поглощения стартапов корпорациями,
γ – коэффициент смертности корпораций,
δ – коэффициент рождаемости корпораций,
τ – налоговая ставка для корпораций,
T – собранные налоги за данный период,
D – дотационная доля бюджета на помощь «стартапам».

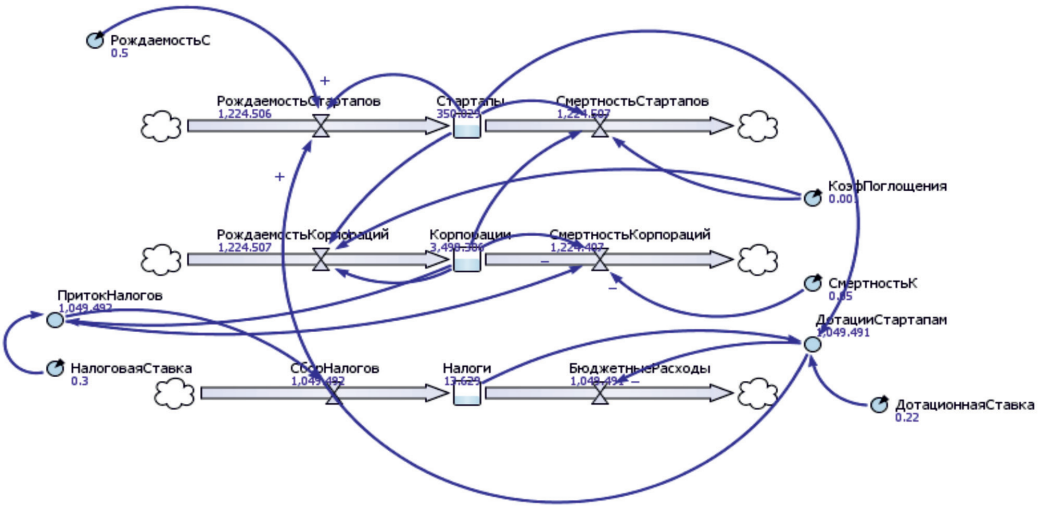

Рис. 3. Диаграмма потоков и накопителей

Для реализации математической модели (формула выше) была разработана имитационная модель в среде моделирования Anylogic (рис. 3).

В данной среде был проведен оптимизационный эксперимент (рис. 4) с автоматическим подбором параметров, приведенных в табл. 2, максимизирующий накопленные значения переменных x и y за все периоды с ограничениями: значения этих переменных не должны быть меньше начальных ($x_{нач}$ = 100 и $y_{нач}$ = 50.

Рис. 4. Оптимизационный эксперимент

Таблица 2

Варьирование параметров при оптимизации и оптимизированные параметры

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение	Шаг	Оптимизированные параметры
Рождаемость «стартапов»	0,001	0,5	0,001	0,485
Коэффициент поглощения	0,001	0,5	0,001	0,009
Налоговая ставка	0,01	0,3	0,01	0,5
Дотации	0,01	0,5	0,01	0,05

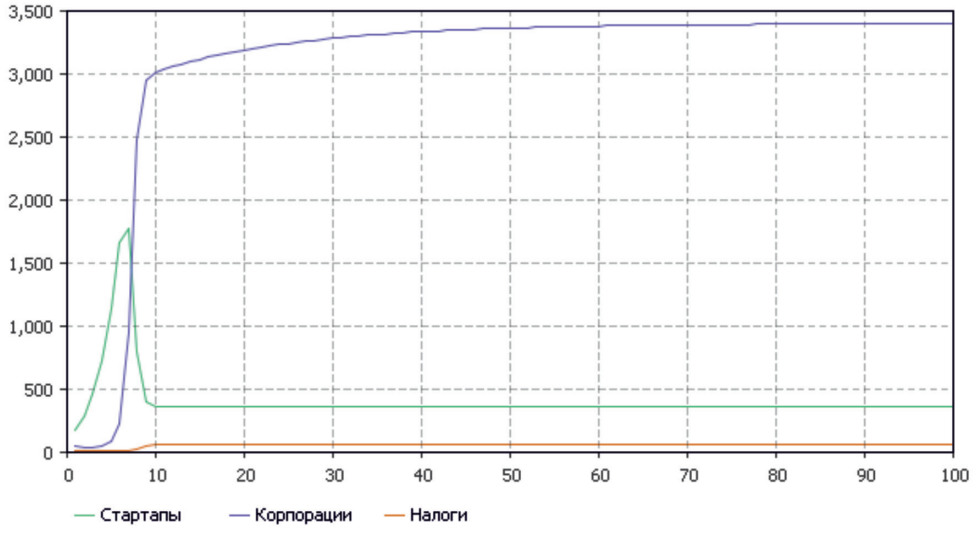

Рис. 5. Поведение системы при оптимизированных параметрах

Равновесие достигается выбором определенного значения параметра, определяющего уровень налогов, собираемых с корпораций (τ), которые впоследствии будут отчислены в пользу «стартапов», а также соответствующего параметра, определяющего уровень субвенций «стартапам» на каждом шаге (D), см. рис. 5.

Учитывая, что данная модель является сильно абстрагированной, не учитывает наличие жизненного цикла развития инновационной идеи, индивидуального поведения и не позволяет сделать конкретные практические выводы применительно к экономике, для более детального определения параметров эффективного взаимодействия, необходимо прибегнуть к созданию многоагентной имитационной модели, моделирующей взаимоотношения «стартапов», венчурных инвесторов и корпораций, что будет описано в следующей части статьи.

Выполнено в рамках научно-исследовательской работы по гранту Президента РФ МК-6249.2016.9 для государственной поддержки молодых российских ученых (Конкурс – МК-2016).

Список литературы

1. Andrade G., Mitchell M., Stafford E. New evidence and perspectives on mergers // Journal of Economic Perspectives. – 2001. – № 15. – P. 103.

2. Carpenter M.A., Sanders W.G. Strategic management: A dynamic perspective // Prentice Hall. – 2007. – P. 512.

3. Гребенкин А.В., Гребенкин А.А. Интеграция бизнес-систем после слияний и поглощений. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета // Научные доклады. Ч.1: Методология анализа и управления слияниями и поглощениями. ГОУ ВПО «Уральский гос. университет им. А.М. Горького», Ин-т упр. и предпринимательства. – 2005. – С. 87.

4. Романов В.П., Ахмадеев Б.А. Моделирование инновационной экосистемы на основе модели «Хищник-жертва» // Бизнес-информатика. – 2015. – № 1 (31). – С. 7–17.

5. Титов В.А., Вейнберг Р.Р. Анализ существующих динамических моделей на базе системы уравнений лотки-вольтерры «хищник-жертва» // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 8–2. – С. 409–413.

6. Титов В.А., Хайрулин И.Г. Влияние согласованности экспертных суждений на принятие решения о выборе инвестиционных проектов по методу анализа иерархий // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10648 (дата обращения: 06.06.2017).