

УДК 330.46

С.Г. Редько, А.А. Федулина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ НА ПРИМЕРЕ ШАБЛОНА «PATH DEPENDENCE» ДЛЯ ПРАКТИКУМА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «ИННОВАТИКА»

S.G. Redko, A.A. Fedulina

USING SYSTEM DYNAMICS MODELS AT EXAMPLE OF «PATH DEPENDENCE» PATTERN FOR THE PRACTICAL COURSE IN PROGRAM «INNOVATIONS»

Проведен анализ зарубежных публикаций по шаблону системной динамики «Зависимость от предшествующего развития/пути» (Path Dependence). Выделены основные понятия, связанные с использованием данного шаблона. Дано обобщенное описание особенностей применения шаблона поведения «Зависимость от пути» для социотехнических систем. Предложена классификация моделей системной динамики, основанных на шаблоне «Path Dependence». Разработаны варианты моделей с использованием данного шаблона в среде программного обеспечения «iThink» для проведения практических занятий по дисциплине «Имитационное моделирование в управлении инновациями».

СИСТЕМНАЯ ДИНАМИКА, ШАБЛОН ПОВЕДЕНИЯ, ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО ПУТИ, ОБУЧЕНИЕ, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

In the article there's represented an analysis of foreign publications about system dynamics pattern of behavior called «Path Dependence». The basic concepts about using this one are distinguished. The general description of «Path dependence» application features for socio-technical systems is given. System dynamics models based on «Path dependence» pattern are classified. Some variants of «Path dependence» pattern models are developed in software «iThink» for practical training in the discipline «Simulation in the innovation management».

SYSTEM DYNAMICS, PATTERN OF BEHAVIOR, PATH DEPENDENCE, STUDYING, SIMULATION.

В России в наше время руководителю компании необходимо учитывать влияние существующих положений, тенденций и собственных решений на будущую динамику развития организации. Для реализации долгосрочных стратегических целей и планов стало популярным и полезным использование моделей системной динамики, что позволяет менеджменту не только улучшить свое системное мышление, но и проиграть с помощью моделей различные варианты сценариев «что, если...», увидеть общую картину, оценить доминирующие показатели.

В то же время самой большой проблемой в использовании системной динамики, как счи-

тает Дж. Форрестер [1], основатель данного научного направления, является нехватка образования. Для появления консультантов в сфере моделирования динамики систем необходимо вводить основы теории и практики в процесс обучения, всячески расширять вовлеченность студентов в их более углубленное изучение. С принятием во внимание данных фактов, актуальным является создание практикума в рамках дисциплины «Имитационное моделирование» по направлению «Инноватика» для обучения навыкам исследования поведения систем.

Одна из главных предпосылок в системной динамике – наличие определенного

Т а б л и ц а 1

Модели шаблона поведения «Path Dependence»

№	Название модели и вид зависимости	Иллюстрации на примере физической модели урны
1	Модель Бернулли, независимая	В урне находятся черные и белые камни. Каждый раз из урны вытягивается случайно один шар и кладется обратно. Вероятность вытягивания черного шара равна $C/(C+B)$, аналогично определяется вероятность белого в каждый период. Никакой зависимости от предыдущих состояний не наблюдается
2	Модель Поля, Path Dependence: множественное равновесие	Изначально в урне находятся один черный камень и один белый. Если вытягивается черный камень, то он кладется обратно и в урну добавляется еще один черный камень. Аналогично с белыми камнями. Процесс может сойтись к любому варианту равновесия: 80% черных или 63% черных и т. д.
3	Балансирующая модель, Path Dependent, одно равновесие	Изначально в урне один черный камень и один белый. Из урны случайно вытягивается один камень и кладется обратно с камнем противоположного цвета. После многих итераций будет складываться отношение около 50/50. И оно будет тем единственным равновесием, от которого система не может отклониться
4	Балансирующая модель Поля, Path Dependent Equilibria, нет возрастающей отдачи	Сочетание предыдущих моделей. Изначально в урне по одному камню четырех цветов: черный, белый, красный и зеленый. Если вытягивается черный камень, то в урну кладется обратно черный и к нему добавляется красный камень и наоборот (если красный, добавляется черный). Если вытягивается белый, то он также кладется обратно в урну и добавляется зеленый, и наоборот. Процесс, где нет возрастающей отдачи, но есть зависимость от предшествующего выбора, но без зависимости от порядка
5	Модель Biased Поля, возрастающая отдача, уникальное равновесие	Изначально в урне один черный камень и один белый. Если выбран черный камень, то он кладется обратно вместе с одним черным и одним белым камнем. Если выбран белый, то он кладется обратно вместе с двумя белыми камнями. Вероятность добавления белого камня равна единице. Для обоих камней существует эффект возрастающей отдачи, но процесс будет сходиться к 100% белых камней
6	Модель «сильный» Path Dependent, Path Dependence, может не сходиться	Изначально в урне по одному камню двух цветов: черного и белого. Вытаскиваем камень из урны в период t и кладем его обратно вместе с $2(t-1)$ камнями этого же цвета. Можно проследить, что любое событие кардинально изменит результат, то есть - это сильная зависимость от предшествующего пути. Процесс не сходится к какому-либо варианту равновесия, постоянно и резко меняется
7	Модель «Суть истории», Path Dependent, сходится	Изначально в урне один белый камень и один черный. В период t выбирается камень и кладется обратно с дополнительным камнем того же цвета. Также в данный период кладется еще $2(t-s)-2(t-s-1)$ камней цвета, выбранного в предыдущий период $s < t$. Первый камень определяет цвет половины камней, второй камень – цвет четверти камней и т. д. Процесс сходится к единственному равновесию
8	Модель «Основатель», зависимость от начального исхода	Изначально в урне черный и белый камни. Если выбирается черный камень, то он кладется обратно, а белый камень вынимается. Аналогично и с белым камнем. Первое решение определит исход всего эксперимента
9	Модель «Каскад», ранняя Path Dependent	Изначально в урне белый и черный камни. Камень вытягивается и кладется обратно до тех пор, пока не будут последовательно три раза вытасканы камни одного и того же цвета. Когда это происходит, камень другого цвета исключается

Т а б л и ц а 2

Виды моделей для изучения шаблона «Зависимость от предшествующего пути»

Название модели	Краткая характеристика	Варианты модели
Модель урны и камней	Объект: камни разных цветов Иллюстрирует: различные под- типы зависимости от пути раз- вития, приведенные в табл. 1	Модель Поля Балансирующая модель Модель Biased Поля Модель «сильный» path Dependent Модель Поля с 3 камнями
Конкуренция на рынке. Вброс продукта	Объект: конкурирующие фирмы, выводящие на рынок новый продукт. Иллюстрирует исполь- зование шаблона поведения для захвата рынка	Учет только сетевого эффекта Учет сетевого эффекта и продолжительности жизни продукта Учет сетевого эффекта и наличия сопутствующих товаров Учет сетевого эффекта и эффекта рекламы Учет сетевого эффекта и дифференциации продукта
Политические партии	Объект: политические партии. Иллюстрирует применение шаблона в социальной сфере	—

количества шаблонов поведения (архетипов), различные комбинации которых описывают сложные системы. Существует шесть базовых шаблонов: экспоненциальный рост, затухание, S-образный рост, колебания, рост с затухающим колебанием, взлет и коллапс. Исследователями и основоположниками данного научного направления выделены на базе этих шаблонов более широкие и специфичные для предприятий системные эффекты, имеющие свойство повторяться от организации к организации [2].

В статье в качестве такого объекта выбран шаблон, известный в системной динамике как Path Dependence (Зависимость от предшествующего пути). Впервые был описан Полом Дэвидом в 1985 году в статье «Clio and Economics of QWERTY» [3].

Понятие Path Dependence переводится как зависимость от предшествующего пути (или зависимость от предшествующего развития). Для возникновения в системе такой модели поведения, как зависимость от предшествующего пути, необходимы три составляющих: неустойчивое равновесие, случайные события в истории и устойчивое равновесие, из которого уже трудно выбраться.

В терминах системной динамики этот механизм описывается двумя петлями – положительной и отрицательной – и носит название «запирающий механизм». Таким образом, сис-

тема разгоняется, используя положительную петлю, и блокируется на отрицательной петле.

Исследование разгоняющих и блокирующих петель в системах с шаблоном поведения Path Dependence провел Джон Штерман [4] на примере моделей различных фирм, действующих на рынке. Он выявил, по аналогии с шаблонами поведения, связанные с ними типовые разгоняющие петли, которые могут быть характерны для зависимости от развития: осведомленность о продукте, сетевые эффекты и комплементарные товары, дифференциация продукта, разработка нового продукта, слияния и поглощения и др.

Виды зависимости от предшествующего пути. Зависимость от предшествующего развития может проявлять себя в трех видах, которые впервые описывает Скотт Пейдж в своем эссе о существовании и причинах возникновения зависимости от предшествующего развития [5]. Далее используем оригинальные названия: state dependence, phat dependence и path dependence.

State dependence – процесс, будущие исходы которого зависят от положения в настоящем и не зависят от того, как система в этой положение пришла. По сути это не является одним из шаблонов зависимости от предшествующего развития, такие процессы также называют марковскими.

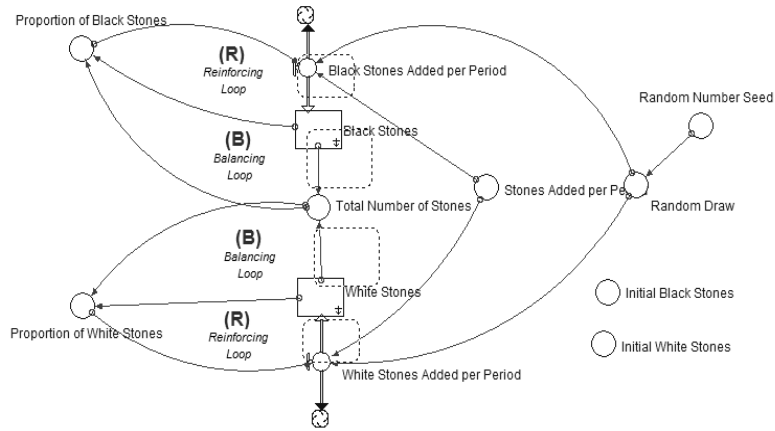


Рис. 1. Модель урны. Вариант модели Поля

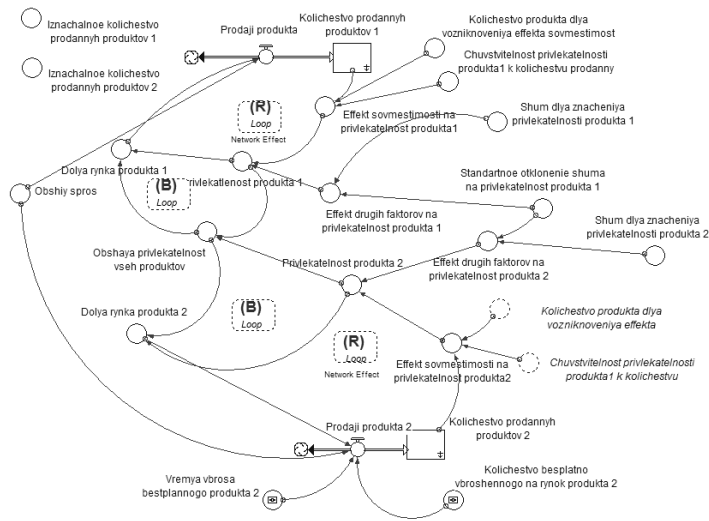


Рис.2. Модель «Конкуренция на рынке. Вброс продукта» (упрощенный вариант)

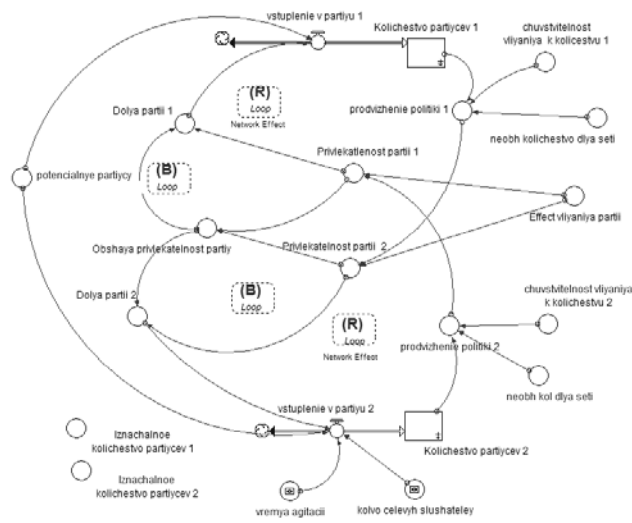


Рис.3. Модель «Политические партии»

Phat dependence – будущий исход зависит от событий, которые уже произошли в прошлом, но не зависит от порядка, в котором они происходили.

Path dependence – определяет зависимость будущего исхода от событий, которые произошли ранее, и от порядка, в котором они происходили.

На основании этих трех (а фактически двух) видов можно предложить следующую классификацию моделей (табл. 1). Равновесие в модели – это ограничивающее распределение исходов в системе. Оно может быть уникальным (единым) или множественным. Все модели различаются разным сочетанием механизмов, которые приводились ранее, и равновесий, которые получаются на исходе. Чтобы объяснить каждый тип модели, используется известная физическая модель с разноцветными камнями и урной [5].

На основании представленной классификации моделей в среде программного обеспечения *iThink* были разработаны три типа моделей: модель урны и камней, модель действия на рынке 2-х компаний «Конкуренция на рынке. Вброс продукта», модель «Политические партии». Общая информация о моделях приведена в табл.2.

Модель урны. Модель урны основана на выборе камней разного цвета из урн и добавлении новых. На ее основе возможно изучение основных типов шаблона поведения «Зависимость от предшествующего развития», в результате чего у обучаемого приобретается навык распознавания типа поведения системы по динамике, отраженной на графике модели. Это позволит определить ее конечное состояние (множественное или уникальное равновесие) и характер (path dependence или phat dependence).

В целях проведения практикума разработаны пять вариантов моделей для различных подтипов зависимости от предшествующего пути: «Модель Поля», «Балансирующая модель», «Модель Biased Поля», «Сильная зависимость», «Модель Поля с несколькими камнями». Поточковая диаграмма одного из вариантов модели представлена на рис. 1.

Модель «Конкуренция фирм на рынке. Вброс продукта». Принимая во внимание

особенности обучения по направлению «Инноватика», целесообразно сделать упор на работу с такими системами, как компания и рынок. Поэтому следующая группа моделей основана на взаимодействии двух организаций, которые борются за долю на рынке, выводя на него новый (инновационный) продукт.

На рынке выпускают новый продукт две организации. Продукт несовместим с продуктом-аналогом, поэтому доля рынка здесь зависит не от установленной базы клиентов, а от относительной привлекательности продукции. Структура упрощенного варианта модели приведена на рис. 2.

Особенности данной модели:

входные параметры: момент вывода продукта на рынок и количество вброшенного продукта;

выходные параметры: соотношение долей рынка каждой из фирм;

варианты модели: учет только сетевого эффекта, учет сетевого эффекта, оттока продуктов и повторных покупок; учет сетевого эффекта и наличия сопутствующих товаров; учет сетевого эффекта и эффекта рекламы; учет сетевого эффекта и дифференциации продукта.

Модель «Политические партии». Скот Пейдж, один из исследователей шаблона Path Dependence, приводит множество примеров проявления зависимости в социальных сферах [5]. Инноватика также в свою очередь не замыкается только на рынке продуктов. Для практикума разработана модель, основанная на поведении людей в обществе в сфере политики.

Для реализации модели используется тип зависимости «Балансирующая модель Поля» (см. табл. 1). Структура потоковой диаграммы модели приведена на рис. 3.

Выводы. Любая сфера деятельности человека является частью сложной системы, как и сам человек, следовательно, системный подход и системное мышление важно для применения повсеместно. Необходимо создать навык работы в комплексе взаимодействующих и взаимосвязанных объектов и умение влиять на среду через ее структуру. Это и составляет цель исследования данной статьи.

В результате проведенного анализа лите-



ратуры по шаблону Path Dependence впервые в отечественной литературе предложена классификация видов и подвидов моделей для данного шаблона. На основе предложенной классификации и ряда известных моделей разработан комплекс моделей для обучения.

Полученные результаты могут быть использованы для обучения навыкам системного

мышления и системного подхода студентов различных направлений науки, техники, экономики и управления. Приведенный практикум и теоретическая часть используются при изучении основ системной динамики в программе дисциплины «Имитационное моделирование в управлении инновациями» кафедры управления проектами СПбГПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Forrester J.W.** System dynamics the next fifty years. *System Dynamics Review*. 2007. Vol. 23 № 2 – 3. P.359 – 370.

2. **Сенге П.** Пятая дисциплина. М.: Олимп-бизнес. 2003, 408с.;

3. **David P.A.** Clio and Economics of QWERTY // *American Economic Review*. – 1985. Vol.75, №2. p.332-337.

4. **Sterman J.D.** *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World.*- USA.: The McGraw-Hill Companies, Inc.2000 - 984с.

5. **Page S.E.** An Essay on The Existence and Causes of Path Dependence // *Quarterly Journal of Political Science*. 2006. №1. P. 87 – 115.

6. **Нуреев Р.М., Латов Ю.В.** Что такое зависимость от предшествующего развития, причинная связь и экономическая политика // *Экономический вестник Ростовского государственного университе-*

та – 2004 – Т. 2. № 4 - С. 228-253.

7. **Янсен Ф.** Эпоха инноваций: пер. с англ. – М.: ИНФРА-М – 2002 – 308 с.

8. Он-лайн симуляторы Гарвардской бизнес-школы // [Официальный сайт] URL: <http://hbsp.harvard.edu/list/simulations> (5/02/2013).

9. Материалы по системной динамике от Сообщества системной динамики Университета штата Аризона // [Официальный сайт] URL: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDRes.htm> (дата обращения: 20/02/2013).

10. Программный пакет iThink // [Официальный сайт] URL: <http://www.iseesystems.com/software/Business/ithinkSoftware.aspx> (дата обращения: 30/04/2013).

11. **Туккель И.Л., Сурина А.В., Культин Н.Б.** Управление инновационными проектами. - СПб.: БХВ-Петербург – 2011 – 416 с.

REFERENCES

1. **Forrester J.W.** System dynamics the next fifty years. *System Dynamics Review*. 2007. Vol.23 № 2 – 3. p. 359 – 370.

2. **Senge P.** *Pyataya disciplina.* – M. Olimp-biznes. 2003, 408s.

3. **David P.A.** Clio and Economics of QWERTY // *American Economic Review*. – 1985. Vol.75, №2. P. 332-337.

4. **Sterman J.D.** *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World.*- USA.: The McGraw – Hill Companies, Inc.2000 – 984с.

5. **Page S.E.** An Essay on The Existence and Causes of Path Dependence // *Quarterly Journal of Political Science*. 2006, №1. p.87–115

6. **Nureyev R.M., Latov Yu.V.** Chto takoye zavisimost ot predshestvuyushchego razvitiya, prichinnaya svyaz i ekonomicheskaya politika // *Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosudarstven-*

nogo universiteta – 2004 – Т. 2. № 4 - s. 228-253.

7. **Yansen F.** *Epokha innovatsiy: per. s angl.* – M.: INFRA – M – 2002 – 308s.

8. On-layn simulyatory Garvardskoy biznes-shkoly // [Ofitsialnyy sayt] URL: <http://hbsp.harvard.edu/list/simulations> (5/02/2013).

9. Materialy po sistemnoy dinamike ot Soobshchestva sistemnoy dinamiki Universiteta shtata Arizona // [Ofitsialnyy sayt] URL: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDRes.htm> (data obrashcheniya: 20/02/2013).

10. Programmnyy paket iThink // [Ofitsialnyy sayt] URL: <http://www.iseesystems.com/software/Business/ithinkSoftware.aspx> (data obrashcheniya: 30/04/2013).

11. **Tukkel I.L., Surina A.V., Kultin N.B.** *Upravleniye innovatsionnymi proyektami.* – SPb.: BKhV-Peterburg – 2011 - 416 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

РЕДЬКО Сергей Георгиевич – заведующий кафедрой управления проектами, доктор технических наук, старший научный сотрудник. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: redko@acea.neva.ru

REDKO Sergey G. – Head of Department Project Management, St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: redko@acea.neva.ru

ФЕДУЛИНА Алена Алексеевна – студент магистратуры по направлению «инноватика» кафедры управления проектами Санкт-Петербургского государственного политехнического университета; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alekseevnaf@gmail.com

FEDULINA Alyona Alekseevna – graduate in the field of Innovations of Department Project Management, St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: alekseevnaf@gmail.com