

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ВЛАСТЬ-ОБЩЕСТВО-ЭКОНОМИКА»
НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА¹

М.Е. Степанцов (Москва)

В данном докладе рассматривается обобщение дискретного стохастического варианта модели «власть-общество» [1] на систему «власть-общество-экономика» с элементами коррупции.

В непрерывной детерминированной модели А.П. Михайлова «власть-общество» [2], модифицированной для описания динамики распределения власти в иерархии с учетом экономического развития в условиях наличия коррупции [3], рассмотрена властная иерархия, состоящая из упорядоченных по старшинству инстанций. Будем придерживаться высказанных там предположений и допущений. Динамика модели определяется системой дифференциальных и алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_1}{dt} = (k_1(p_2 - p_1) + F_1(p_1, t)) \frac{\gamma}{c} \\ \frac{dp_i}{dt} = (k_i(p_{i+1} - 2p_i + p_{i-1}) + F_i(p_i, t)) \frac{\gamma}{c} \\ \frac{dp_n}{dt} = (k_n(p_{n-1} + p_n) + F_n(p_n, t)) \frac{\gamma}{c} \\ L = L_0 e^{\nu t} \\ \frac{dK}{dt} = -\mu K + \rho(1 - a - \omega P - m_1 Q P) X \\ X = (A_1 P - A_2 P^2)(1 - m_2 Q) K^\alpha L^{1-\alpha} \\ c = (1 - \rho)(1 - a - \omega P - m_1 Q P) \frac{X}{L} \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь использованы стандартные обозначения классической модели «власть-общество» и модели Солоу с макроэкономической производственной функцией Кобба-Дугласа: p_i - количество власти на i -м уровне иерархии, k_i и F_i - соответствующие коэффициент перетекания власти и функция реакции общества, L - количество занятых в экономике, L_0 - его значение в момент времени, выбранный в качестве начального, ν - коэффициент прироста населения, K - объем основных производственных фондов, X - валовый выпуск, a - коэффициент прямых затрат, ρ - норма накопления, α - эластичность производственной функции по фондам, c - уровень потребления на одного работающего.

Также введены обозначения: P - суммарное количество власти в иерархии и Q - объем коррупции. Коэффициенты γ , ω и $m_{1,2}$ задают, соответственно, влияние уровня потребления на динамику власти, долю продукта, идущую на нужды властной иерархии и влияние коррупции на экономическое производство.

Дискретную стохастическую модель, учитывающую социально-экономическое развитие и коррупцию будем строить аналогично [1], для пирамидальной трехуровневой иерархии, отражающая принятую в России структуру органов власти: федеральный центр, регионы и муниципалитеты.

¹ Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, проекты 15-06-07926 и 15-01-06192

В качестве поля данного автомата, как и ранее [1] примем ортогональную сетку, на которой каждый муниципалитет соответствует клетке клеточного автомата, а регион – связному множеству некоторого количества таких клеток. Для описанных ниже вычислительных экспериментов использовалось поле размерности 10 на 10 клеток; таким образом, моделируемая система состояла из 100 муниципалитетов, объединенных в 5 регионов. В данной работе окрестность клетки задавалась по правилу фон Неймана (4 смежные клетки).

Каждая клетка (муниципалитет) характеризуется следующими параметрами.

1. Номер региона, к которому относится данный муниципалитет.
2. Набор параметров, характеризующих реакцию общества. Примем гипотезу о том, что общественное сознание имеет биполярный характер, при котором существуют два устойчивых распределения власти. Одно из них отличается большим (p_3), а другое – меньшим (p_1) количеством власти у соответствующей инстанции. Функция реакции общества тогда имеет вид:

$$F(p) = -k_1(p - p_1)(p - p_2)(p - p_3), \quad (2)$$

где параметры p_1, p_2, p_3 ($p_1 < p_2 < p_3$) характеризуют конкретную инстанцию, в данном случае – конкретный муниципалитет.

3. Население муниципалитета.
4. Объем основных производственных фондов муниципалитета.
5. Уровень коррупции в муниципалитете.

Перечисленные параметры задаются натуральными числами из некоторого заданного интервала, поскольку являются характеристиками состояния клетки.

Помимо этого, рассмотрим вспомогательные характеристики каждой клетки: объем произведенного в муниципалитете продукта и удельное потребление. Эти величины представляют собой действительные числа. Время в данной модели предполагается дискретным. Переменная $p(t)$, характеризующая каждый конкретный муниципалитет в каждый момент времени, имеет смысл количества власти, реализуемого администрацией данного муниципалитета.

В модели «власть-общество» динамика определяется двумя факторами: перераспределением власти между инстанциями и влиянием гражданского общества. В детерминированной модели этим факторам соответствуют различные слагаемые в дифференциальных уравнениях. В модели на основе клеточного автомата это приводит к тому, что каждый шаг динамики автомата состоит из следующих этапов.

1. Изменение объема власти инстанции ввиду потоков власти между соседними иерархическими уровнями (аналогично использованному в модели «власть-общество» [1], с той разницей, что интенсивность потоков увеличивается в $\frac{\gamma}{c}$ раз)
2. Изменение объема власти инстанций за счет влияния общества также происходит по аналогии с [1], а уровень потребления влияет на вероятность, отражающую степень реакции общества через множитель $\frac{\gamma}{c}$.

Моделирование динамики экономических и коррупционных величин основывается на следующей схеме изменения социально-экономических показателей в модели Солоу (рисунок 1).

На рисунке 1 крупными стрелками показано перераспределение произведенного продукта. Тонкие стрелки отображают влияние уровня потребления на интенсивность потоков власти и объема власти на коэффициент в макроэкономической

производственной функции.

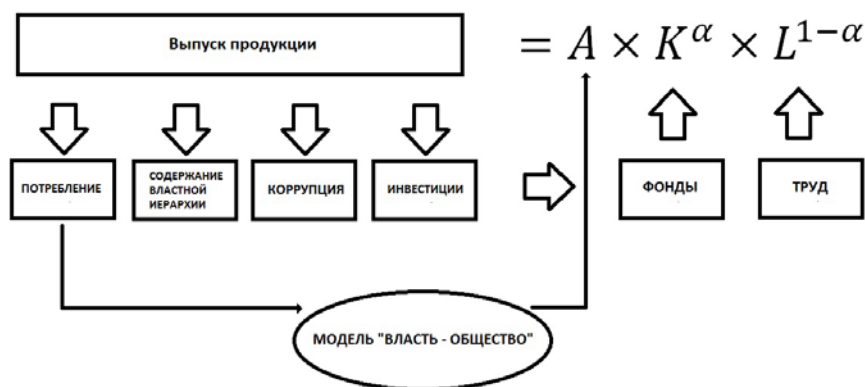


Рис.1. Взаимное влияние факторов в модели «Власть-общество» с добавленными социально-экономическими показателями и коррупцией.

Припишем каждой муниципальной клетке автомата некоторое значение уровня коррупции Q , а также уже упомянутых величин K , L , X и c . При этом значения Q , K и L будем рассматривать как дополнительные характеристики состояния клетки (следовательно, они будут задаваться целыми числами из некоторого выбранного интервала), но X и c не будем включать в состояние клеток, эти величины будут рассчитываться в соответствии с формулами (1).

3. Изменение численности трудоспособного населения, (которая, в отличие от непрерывной модели, задана целым числом), определяется через отображение:

$$L' = L(1 + v)$$

4. Для каждой муниципальной клетки рассчитывается объем продукции, который может быть направлен на инвестиции, округленный в нижнюю сторону до целого числа:

$$I = [\rho(1 - a)X]$$

После этого для каждой единицы потенциальных инвестиций разыгрываются варианты ее использования: затраты на поддержку властной иерархии, потери на коррупцию или собственно инвестиции.

Для пробных численных экспериментов рассматривалась модель системы «Власть-общество-экономика-коррупция» с пятью регионами и 100 муниципалитетами, случайно распределенными по этим регионам.

Как и в базовой модели, для всех клеток значения параметров функции реакции общества, заданной формулой (2), были взяты равными $p_1 = 2, p_2 = 5, p_3 = 7$. Были использованы следующие значения параметров модели Солоу: $v=0,02, a=0,5, \rho = \alpha = 0,3$ (оптимальная по Солоу норма накопления), $A_1 = 10, A_2 = 1$ (что дает оптимальное количество власти 5, то есть значение, соответствующее неустойчивой равновесной точке в функции реакции общества). Начальные значения переменных модели были приняты $K=1000$ и $L=1000$ в каждом муниципалитете, доля расходов на поддержание властных структур была принята $\omega = 0,04$ (при максимальном объеме власти 10 это соответствует доле ВВП, идущей на государственные расходы, равной 40%).

В ходе вычислительных экспериментов задавался различный уровень коррупции, а также менялись некоторые приведенные выше начальные значения переменных и параметров. Для каждого набора начальных данных проводилась серия из 50 экспериментов, каждый из которых продолжался в течение 100 шагов по времени.

Разумеется, без калибровки модели на основании реальных статистических данных и привязки ее к географической реальности нельзя говорить о каких-либо количественных результатах. Однако некоторые из экспериментов дали интересные качественные результаты, которые изложены ниже.

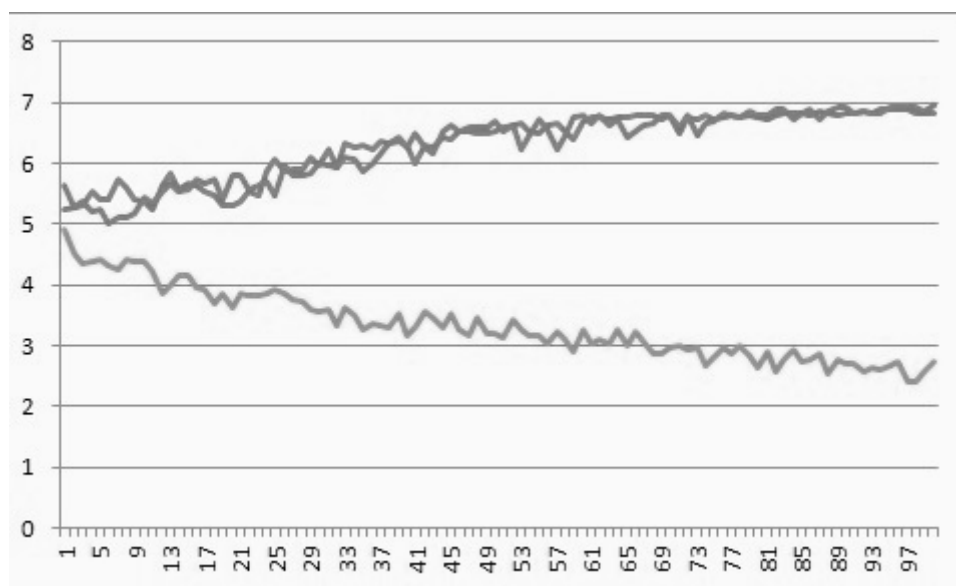


Рис. 2. Динамика количества власти в системе без коррупции. По вертикальной оси отложено количество власти, по горизонтальной – время.



Рис. 3. Динамика количества власти в системе с коррупцией. По вертикальной оси отложено количество власти, по горизонтальной – время.

1. Сравнивая динамику среднего значения количества власти в системе при случайном начальном распределении количества власти в отсутствие коррупции и при наличии коррупции на уровне $Q=0,3$, получаем следующую типичную картину (рисунки 2 и 3).

Наличие достаточно высокого уровня коррупции, как видно, приводит сильным изменениям количества власти в системе, которая в каком-то смысле «мечется» между устойчивыми состояниями. Отсюда можно сделать вывод, что коррупция отрицательно влияет на стабильность ситуации в системе управления.

2. В параметры исходной модели были внесены изменения, касающиеся коэффициентов прироста населения. В двух регионах этот коэффициент был повышен до значения $\nu=0,04$, а в трех остальных – понижен до значения $\nu=0,01$. После этого исследовалась динамика системы в случаях различных начальных распределений количества власти. В ходе этих вычислительных экспериментов была обнаружена следующая особенность: если вначале количество власти во всех муниципалитетах было равно 2, а количество власти на региональном и федеральном уровнях – 7, то в большинстве случаев высокий уровень количества власти устанавливался почти во всех муниципалитетах с быстро растущим населением, в то время как в остальных муниципалитетах преимущественно сохранялся низкий уровень количества власти, равный 2. Также в случае, когда в муниципалитетах изначально было задано количество власти 7, а на региональном и федеральном уровнях – 2, в большинстве случаев муниципалитеты с быстро растущим населением быстро переходили в состояние с количеством власти 2.

Таким образом, можно сделать вывод, что в моделируемой системе территории с более высоким коэффициентом прироста населения являются более восприимчивыми к тому подходу к управлению, который задается верхними уровнями иерархии. Отличительной чертой предлагаемого подхода к моделированию системы «Власть–общество» при помощи клеточных автоматов является его значительная гибкость. Он не подразумевает того, чтобы ограничиваться при построении имитационных систем рассмотренными выше переменными и параметрами, и в заключение хотелось бы указать еще несколько направлений его усовершенствования. Помимо уже упомянутого, в данную модель могут быть непосредственно введены, например, возможность миграции населения внутри системы или за ее пределы, зависимость коэффициента прироста населения от социально-экономической ситуации или зависимость уровня коррупции от структуры и количества власти. Последнее, правда, станет возможным только в случае построения сколь-нибудь адекватной социологической модели взаимного количественного влияния системы власти и коррупции в ней.

Литература

1. Петров А.П., Степанцов М.Е. Дискретная распределенная модификация модели «власть–общество» на основе клеточного автомат. Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2014, №100.
2. Михайлов А.П. Моделирование системы «власть–общество». М.: Физмат-лит, 2006 – 144 с.
3. Дмитриев М.Г., Павлов А.А., Петров А.П. Модель «власть–общество–экономика» для случая слабо коррумпированной дискретной иерархии // Математическое моделирование, 2012. Т.24. №2. С.120-128.