

УЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ И МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В МОДЕЛИ «ВЛАСТЬ-ОБЩЕСТВО» НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА¹

М.Е. Степанцов (Москва)

В данной работе рассматривается модель А.П. Михайлова системы «власть-общество» [1], описывающая динамику распределения власти в иерархии, и модифицированная другими исследователями [2] так, чтобы учитывать экономические факторы и наличие коррупции.

Автором была предложена аналогичная дискретная стохастическая модель [3, 4], основанная на клеточном автомате, макродинамика которой соответствует исходной непрерывной модели. При этом дискретная модель позволяет без существенного увеличения вычислительной сложности осуществлять различные модификации с целью рассмотрения различных социально-экономических факторов, влияющих на динамику объема власти.

Здесь рассмотрим такую модель для пирамидальной трехуровневой иерархии, отражающей принятую в России структуру органов власти: федеральный центр, регионы и муниципалитеты. Она представляет собой клеточный автомат, клетка которого изображает муниципалитет. Каждый муниципалитет относится к определенному региону связанному множеству некоторого количества клеток; при этом вертикальные потоки власти имеют место между центром и регионами, а также между регионом и входящими в него муниципалитетами. В разных муниципалитетах и регионах функции реакции общества [1], экономические, социальные и иные параметры могут быть различными.

В [4] модель изложена более подробно, при этом указана возможность ее модификации путем учета экономических связей между регионами и муниципалитетами, а также миграции населения внутри системы или за ее пределы. Рассмотрению этих дополнений к модели и посвящена данная работа.

Вначале рассмотрим учет такого фактора как транспортное сообщение между муниципалитетами. Здесь следует напомнить, что экономика каждого муниципалитета в рассматриваемой модели описывается производственной функцией от основных фондов и трудовых ресурсов $X=F(K,L)$ и соответствующей моделью Солоу. В непрерывной модели используется функция Кобба-Дугласа, в предлагаемой дискретной такого ограничения общности нет, может рассматриваться любая производственная функция, в том числе заданная не аналитически.

В дискретной модели динамика объема основных производственных фондов K определена следующим образом. 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 [4] (в данной работе рассмотрим только затраты на поддержку властной иерархии и собственно инвестиции).

В пробных расчетах будем считать все регионы одинаково привлекательными для инвестиций. В таком предположении модифицируем приведенный выше алгоритм следующим образом. Если объем продукции, не предназначенной к потреблению, в клетке выше, чем в среднем среди ее соседей, то каждая целая единица излишка с некоторой заданной вероятностью θ передается одной из соседних клеток и используется в ней в качестве инвестиций. Модель предполагает возможность ввести для каждого муниципалитета свой уровень инвестиционной привлекательности, задав матричный параметр (θ_{ij}) , но в рамках представленного исследования эта величина была принята постоянной $\theta=0,2$.

¹ Работа поддержана РФФИ, проекты 15-01-06192а и 15-06-07926а.

Следует указать на возможность модификации предлагаемой модели, где экономические потоки между клетками описываются не таким примитивным образом, а на основе подхода, изложенного в [5].

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

Для всех клеток значения параметров функции реакции общества, заданной формулой $F(p) = -k_1(p-p_1)(p-p_2)(p-p_3)$, 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), Начальные значения переменных модели были приняты $K=3000$ 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.

В качестве показателя экономической успешности муниципалитета или региона рассмотрим среднее потребление на одного занятого в экономике. Типичная динамика этого показателя приведена на рис. 1.

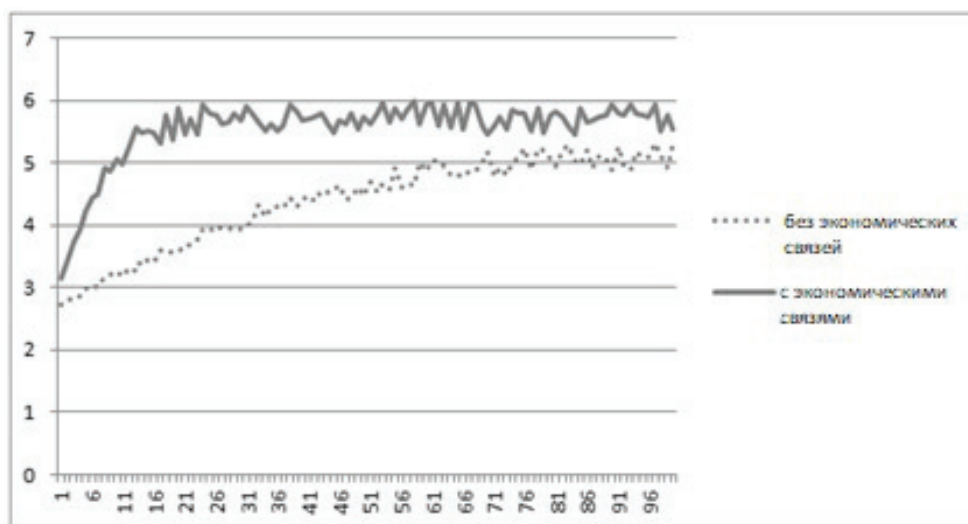


Рис. 1. Динамика среднего уровня потребления. По вертикальной оси отложен уровень потребления, по горизонтальной – время

Здесь видно, что наличие экономических связей между муниципалитетами существенно улучшает положительную динамику социально-экономического развития моделируемой системы.

Теперь рассмотрим возможность моделирования миграции населения. Ранее в модели изменение численности трудоспособного населения (которая, в отличие от непрерывной модели, задана целым числом) было в соответствии с моделью Солоу задано через отображение:

$$L' = L(1 + \psi)$$

с округлением полученного результата до целого числа.

Для моделирования миграции введем для каждой клетки параметры ψ – коэффициент, характеризующий склонность населения к миграции и L_0 – численность населения,

принципиально не готового к переезду. В качестве показателя привлекательности места жительства возьмем уже использованное ранее среднее потребление на одного занятого в экономике c .

Теперь для каждой клетки введем следующее правило: если хотя бы у одного соседа клетки величина c выше, чем у данной клетки, то для каждого из $L L_0$ жителей данной клетки, готовых мигрировать, разыгрывается перемещение в соседнюю клетку с наибольшим значением c , с вероятностью

$$p = \psi \frac{c_1 - c}{c_{max} - c_{min}},$$

где c_{max} и c_{min} берутся по всему множеству клеток.

Поскольку обычно $L \gg 1$, вместо розыгрыша судьбы каждого отдельного жителя проще задать такое перемещение для $p(L L_0)$ жителей.

Для вычислительных экспериментов была построена неполная имитационная система, в которой рассматривалась только экономическая динамика, а влияние распределения количества власти в иерархии на нее было исключено. Были использованы значения параметров модели Солоу: $\rho = \alpha = 0,3$, $A=1$. Начальные значения переменных модели были приняты $K=3000$ и $L=1000$, естественный прирост населения не рассматривался.

Были проведены две серии экспериментов.

В первой в одном из регионов, включавшем 9 муниципалитетов из 64 входивших в систему, был изначально задан более высокий уровень производства за счет его масштаба ($A=1,2$).

Во второй серии в этом же регионе уровень производства был повышен за счет того, что оно было более технологичным ($\alpha = 0,5$). В обоих вариантах уровень жизни в выделенном регионе изначально оказывался более высоким, чем в остальных.

В ходе экспериментов измерялась динамика доли населения и относительный показатель уровня жизни в более благополучном регионе. В обоих случаях доля населения растет, асимптотически приближаясь к стационарному значению (0,36 в первом случае и 0,27 во втором). Динамика уровня жизни показана на рис. 2 и рис. 3.

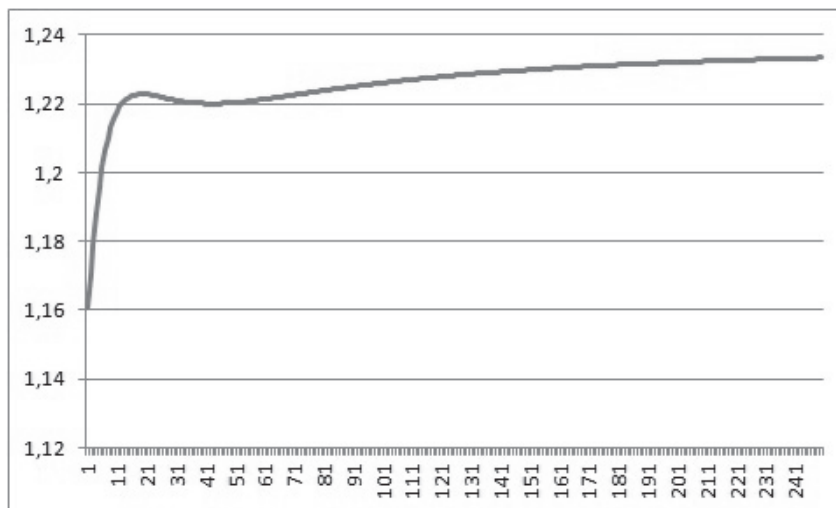


Рис. 2. Динамика среднего уровня потребления более в регионе, где более высокий уровень производства достигнут за счет его масштаба. По вертикальной оси отложен уровень потребления, по горизонтальной – время

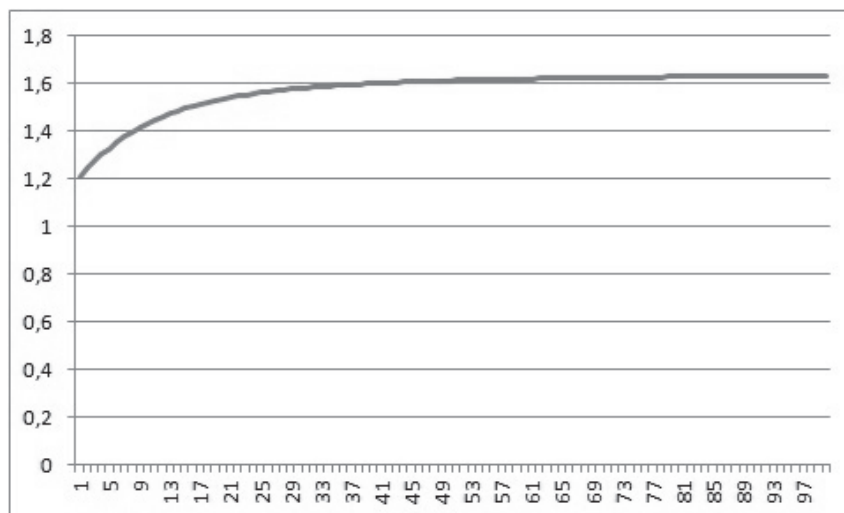


Рис. 3. Динамика среднего уровня потребления в регионе, где более высокий уровень производства достигнут за счет технологии. По вертикальной оси отложен уровень потребления, по горизонтальной – время

В эксперименте, где лучшее экономическое положение региона существовало за счет масштаба производства после начального бума, вызванного притоком трудовых ресурсов, возникает избыток последних, и уровень жизни (по сравнению с о средним по экономике) на некоторое время снижается, а затем выходит на стационарное значение. В случае, когда преимущество было достигнуто за счет более технологичной экономики, такого провала не наблюдалось.

Дальнейшее развитие модели предполагается в направлении интеграции описанных систем в исходную дискретную модель «власть-общество», которая после этого будет учитывать как экономическую динамику и коррупцию, так и экономические связи и миграцию между регионами.

Литература

1. **Михайлов А.П.** Моделирование системы «власть-общество». М.: Физмат-лит, 2006. 144 с.
2. **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.
3. **Степанцов М.Е.** Моделирование системы «власть-общество-экономика» на основе клеточного автомата // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015). Труды конференции. 21-23 окт. 2015 г., Москва: в 2 т. М.: ИПУ РАН, 2015. Т.1. С. 168–172.
4. **Степанцов М.Е.** Моделирование системы «власть-общество-экономика» с элементами коррупции на основе клеточных автоматов // Математическое моделирование, 2017. Т. 29, №9. С. 101–109.
5. **Степанцов М.Е.** О возможной модификации дискретной математической модели динамического развития транспортной сети // Компьютерные исследования и моделирование, 2013. Т.5, №3. С. 395–401.