

В. С. Шмаков¹, Ю. С. Сердюкова²

¹ Институт философии и права СО РАН
ул. Николаева, 8, Новосибирск, 630090, Россия

² Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: ¹ shmakov@philosophy.nsc.ru; ² serdukova@ieie.nsc.ru

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛА *

В статье сделана попытка математического моделирования процессов социальной адаптации населения села к изменениям социально-экономических условий жизнедеятельности. Предложены методологические подходы к созданию многоагентной имитационной модели социального развития сельских локальных сообществ. Впервые используется метод агентного моделирования социальных систем.

Ключевые слова: модернизация, локальные сообщества, адаптация, моделирование социальных процессов, имитационная модель.

Практически все исследователи, занимающиеся социологией села, обращают внимание на необходимость понять суть и динамику развивающихся социально-экономических процессов, поскольку без понимания динамики невозможно осмыслить современное состояние российской деревни и перспектив ее развития, что приобретает стратегическое значение в контексте продовольственной безопасности страны. Научное сообщество единодушно в том, что российское село, как и российское общество в целом, в настоящий исторический момент переживает период глубокой трансформации.

Кризисные явления в мировой экономике 2008 г. актуализируют задачу поиска научно-обоснованных подходов к обеспечению социальной стабильности. В условиях реализации приоритетных национальных проектов Российской Федерации в агропромышленном комплексе, образовании и демографии возрастает потребность в качественном анализе, прогнозировании, моделировании и разработке индикаторов для выявления неравномерностей развития социально-экономической ситуации в сельскохозяйственных регионах России с целью

принятия эффективных мер по их исправлению.

Применение методов математического моделирования дает возможность разработать математические модели социальных процессов сельских локальных сообществ, их стратегии адаптации к процессам модернизации. В качестве основного метода исследования социально-экономических процессов мы применяем метод имитационного моделирования, который основан на использовании динамических математических моделей экономических объектов в режиме имитации и наиболее современный метод исследования – агентное моделирование. В условиях современных информационных технологий под имитацией принято понимать изучение объектов путем проведения экспериментов с программной реализацией (подробнее см.: [Шмаков, Сердюкова, 2009]). Главная особенность имитационного исследования заключается в том, что в нем проводятся эксперименты не с реальным объектом / процессом, а с его математической моделью. В рамках нашего исследования использовались методы многоагентного моделирования, которые позволяют из совокупности поведений отдельных агентов

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-06-00390).

вывести характеристики целого (множества агентов), что является принципиально новым методом имитационного моделирования социальных процессов, с использованием принципов кластерного и факторного анализа. Кластерный анализ является описательной процедурой, он не позволяет делать никаких статистических выводов, но дает возможность провести своеобразную разведку – изучить структуру совокупности объектов. С использованием факторного и кластерного анализа в целях построения прогнозных моделей можно выделить типы сельских сообществ, которые характеризуются определенными поведенческими и адаптационными стратегиями, и выявить какие факторы имеют сильное или напротив незначительное влияние на жизнь сельского населения (см.: [Сердюкова и др., 2007; Шмаков, 2008б]).

Разработанная модель включает базу данных, в которой отражены различные виды социальных коммуникаций сельских сообществ, интегрированных с конкретными историко-культурными моделями и фактами, вместе с соответствующими программными реализациями для имитационных экспериментов. Нами используется два различных уровня системы: 1) уровень модели, позволяющий строить серию моделей, вложенных друг в друга; 2) уровень наблюдателя, который рассматривает модель (или семейство вложенных моделей) как уникальный объект для взаимодействия в целях получения результатов и дальнейшей визуализации и использования последних.

При моделировании социальных процессов несомненным преимуществом обладает подход, при котором используется имитационная многоагентная модель с применением современных информационных технологий (подробнее см.: [Сердюкова и др., 2007. С. 231–246]). Применяемое нами агентное моделирование в качестве метода исследования является относительно новым направлением в имитационном моделировании, которое получило развитие в 1990–2000 гг. и используется для исследования децентрализованных систем, когда глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. В настоящее время агентное моделирование признается одной из наиболее адекватных для изучения комплексных социальных систем. Наиболее признанным

является определение агента как некой сущности, обладающей активностью, автономным поведением, способностью принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

Нами предлагается концептуальная модель, которая представляет собой одну из возможных моделей оценки последствий социально значимых решений, принимаемых органами управления. В модели выделены возможные действия органов власти (например, увеличение или уменьшение размера пенсии, детских пособий, пособий по безработице и т. д.), направленные на изменение ситуации в регионе. В зависимости от процентного соотношения различных групп населения и фактической социальной напряженности в регионе (фоновая, заметная, серьезная, опасная, катастрофическая) принимаемые решения могут по-разному влиять на выбор стратегий адаптации населения на селе. При рассмотрении процессов социальной адаптации сельского населения особое внимание уделяется соотношению доходов со структурой расходов семьи на селе, а также связи расходов с проблемой демографии и образования. В процессе исследования были подробно изучены вопросы, связанные со структурой денежных доходов сельского населения: структуры потребительских расходов семьи, уровня расходов на образование, типы адаптационных реакций в контексте статусного и материального положения индивида. Для целей моделирования первоначально были определены типы агентов, которые могут возникать в такой специфической для моделирования среде как социальные процессы для дальнейшего использования характеристик взаимодействий между агентами и их внешней средой [Сердюкова, Ефремов, 2008]. В рамках модели среди представителей сельских локальных сообществ (СЛС) на основании данных обработки анкет были выделены следующие группы агентов по типу доходов: Р – пенсионеры; S – учащиеся; W – имеющие постоянную работу; U – безработные; С – дети; Н – индивиды, ведущие хозяйство; I – индивиды, ведущие промысел. На основе типов индивидов СЛС и типов доходов была составлена матрица доходов агентов для каждого типа индивида:

Типы агентов	Виды доходов						
	P	S	W	U	C	H	I
P	+	-	+	-	-	+	+
S	-	+	+	-	-	-	-
W	+	-	+	-	-	+	+
U	-	-	-	+	-	+	+
C	-	-	-	-	+	-	-
H	+	-	+	+	-	+	+
I	+	-	+	+	-	+	+

В матрице знаком «+» обозначена допустимость типа дохода из множества {P – пенсия, S – стипендия, W – заработная плата на постоянном месте работы, C – детские пособия, H – доход в натуральном или денежном выражении от ведения хозяйства, I – доход в натуральном или денежном выражении от ведения промысла} для данного типа индивида из множества {P = пенсионеры; S = учащиеся; W = имеющие постоянную работу; U = безработные; C = дети; H = ведущие хозяйство; I = промысел}. Знак «-» указывает на отсутствие данного типа доходов у индивида.

Совокупный доход в рамках модели оценивался в денежном выражении. При этом доход индивидов, ведущих хозяйство и промысел в натуральной форме, оценивался в денежном выражении с учетом среднерыночной цены. При расчете уровня потребительских расходов сельского населения для целей моделирования была использована типология расходов по приоритетным направлениям в соответствии с пирамидой потребностей Маслоу. Данная типология определяет первоочередные потребности и представляет собой некую иерархию потребностей человека.

Для оценки доходов индивидов ведущих одно хозяйство (одна семья) будем учитывать совокупный доход каждого члена семьи. Таким образом, функция расходов будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} PACX = \sum_{j=\text{упорядоченные типы расходов}} \sum_{i=\text{индивиды}} \text{расх}(j, i) \\ \text{расх}(j, i) = 0, \text{ при } PACX_j > \text{DOX} \end{cases} \quad (1)$$

В процессе определения потребительских расходов сельского населения исходили из следующих предположений: 1) потребительские расходы для средней семьи определялись с учетом типов индивидов-членов семьи; 2) расходы упорядочены в соответствии с иерархией потребностей.

Определение совокупных потребительских расходов сельского населения проводилось по следующей процедуре:

- составляем потребительские корзины для каждого типа индивида

$$VB(T) = (p_1, \dots, p_N),$$

где T из {P, S, W, U, H, I, C}, p_i – продукт, упорядоченный внутри корзины по приоритету;

- добавляем в корзину для каждого индивида самый приоритетный продукт из потребительской корзины, соответствующей его типу;

- проверяем соотношение текущих расходов и совокупный доход семьи;

- переходим к следующему типу расходов до тех пор, пока разница между совокупным доходом и потребительскими расходами семьи не приблизится к минимальному значению.

Кроме того, введем дополнительное ограничение по модели в виде минимального уровня *потребительских доходов*. В случае если семья на селе будет располагать таким уровнем доходов, который будет равен данному граничному условию или будет ниже заданного уровня, то возникает угроза продолжения существования индивида: голод, болезнь, смерть.

В процессе создания агентов необходимо контролировать их популяцию по закономерностям, близким к российским регионам, поэтому в модели для определения стратегий адаптации предусмотрено помимо типологии агентов по типам доходов введение типологии агентов по возрастному составу, для этого была использована следующая зависимость:

$$\begin{aligned} ut + ua - \Delta u + \lambda(x, t, a)u + uBu = \\ = f(x, t, a). \end{aligned} \quad (2)$$

В уравнении $u(x, t, a)$ представляет собой численность индивидов одного возраста, в точке x ареала обитания в момент времени t , есть ограниченная область пространства Rn . При этом t может принимать значения в интервале $0 < t < T < +\infty$, где T – период наблюдения. В уравнение вводим число A , которое может находиться в интервале $0 < a < A < +\infty$, и означает число, превышающее предельно возможный возраст индивидов данной популяции.

В уравнении функция $\lambda(x, t, a)$ и линейный нелокальный оператор B характеризуют

процессы рождения и смертности индивидов, а также взаимодействия индивидов различного возраста. При определении функции рождения и смертности агентов основывались на предложениях, изложенных в работе А. И. Кожанова (см.: [Кожанов, 2007. С. 38–49]).

Целью социальной адаптации выступает такая мобилизация всех имеющихся у индивидов ресурсов, в результате которой ресурсы, в целом соответствуя содержанию и целям жизненных стратегий индивидов, могут в то же время наиболее эффективно реализовываться в сложившейся институциональной среде. Выделены следующие типы адаптационных стратегий:

а) единичная занятость, при которой основным источником средств к существованию оказывается заработная плата, обеспечивающая достаточно высокий и стабильный доход на единственном рабочем месте;

б) самозанятость, предполагающая, что, используя собственные ресурсы и возможности, индивид сам организывает для себя рабочее место и источник получения дохода (фермерство, предпринимательство);

в) множественная занятость, основанная на совмещении нескольких работ, имеющая, как правило, нестабильный характер и ориентированная на разовые приработки;

г) занятость в личном подсобном хозяйстве, при которой получаемые доходы имеют преимущественно натуральный характер и выполняют функцию основного источника выживания;

д) ориентация на получение государственных социальных трансфертов в виде различных пенсий и пособий.

Выделенные адаптационные стратегии взаимосвязаны и взаимообусловлены, являясь различными сторонами одной адаптационной модели.

При этом сам процесс адаптации включает в себя несколько составляющих.

1. Институциональная среда, определяющая выбор возможных моделей развития государства, которые различаются в зависимости от уровня и степени контроля государства в экономической сфере. Выбранная модель коррелируется с уровнем социальной поддержки государством различных слоев общества. Выбор может осуществляться между либеральной, социаль-

но-демократической, патерналистской и другими моделями развития.

2. Результаты адаптационных стратегий индивидов, которые могут иметь материальное (связанное с увеличением материальных ресурсов) и статусное (связанное с изменением социального положения) выражение [Шмаков, 2008а].

Для территориального аспекта размещения типов агентов важное значение имеют структурные связи между индивидами. В рамках исследования были выделены два основных типа связи: внутренние – тип связей, возникающий внутри сельских локальных сообществ; внешние – характеризующие отношения с внешней средой (например, с государственными органами).

Для формализации принадлежности агента к данному сельскому локальному сообществу S в местности R – SR можно выделить «семейные связи» – F , «деловые связи» – B , «коммуникативные связи» – C , «дружественные связи» – FR , «связи с представителями органов муниципальной и региональной власти» – G (администрация района, налоговая инспекция, милиция, социальные институты и т. д.)

Данные структурные связи могут изменяться с течением времени в рамках функционирования имитационной многоагентной модели. Например, миграция индивида из заданного района СЛС будет означать удаление связи типа SR . В процессе моделирования особое значение приобретает формализация описания структурных характеристик агентов и граничных условий существования агентов, а также их признаков и свойств.

Методы статистического наблюдения социально-экономического развития административно-территориального образования являются главным, а порой и единственным средством оценки эффективности протекающих на его территории экономических явлений и процессов. В рамках статистической обработки эмпирических данных по сельским локальным сообществам был проведен кластерный и факторный анализ [Сердюкова, Ефремов, 2008]. В результате были получены 156 типов агентов (один индивид или группа индивидов, объединенных по типу «Семья»). Тип агента указывает на его принадлежность по статусу и определяет возможные типы доходов, которые может

получать один индивид. Соответственно, один агент включает в себя столько индивидов, сколько указано пар значений, заключенных в круглых скобках. Квадратные скобки означают наличие альтернативных вариантов дохода для данного индивида.

Так, например, агент типа $A26 = (W + P + N)$ характеризует семью, состоящую из одного человека, находящегося на пенсии, имеющего постоянную работу и ведущего хозяйство, агент типа $A23 = (U) + (U + I)$ характеризует семью из двух человек, которые не имеют постоянной работы и один из которых ведет промысловую деятельность, агента типа $A56 = (P + I) + (P + [I])$ следует интерпретировать как семью, состоящую из двух человек, находящихся на пенсии, не имеющих других источников заработков, кроме промысловой деятельности, при этом один член семьи может заниматься промыслом только в случае неблагоприятных изменений величины совокупного дохода семьи; агент типа $A124 = (W + I) + (W + [I]) + (S) + (C) + (P + I) + (P + [I])$ характеризует семью, состоящую из шести человек, два из которых имеют постоянную работу и занимаются промыслом, одного ребенка дошкольного возраста и одного учащегося, двух пенсионеров, занятых промысловой деятельностью. Для целей моделирования дохода агентов использовались следующие виды ограничений: E1 – доход за последние 30 дней составлял 1000 р. и менее; E2 – доход за последние 30 дней составлял от 1001 до 3000 р.; E3 – доход за последние 30 дней составлял более 3001 р. По результатам обработки анкет было определено ограничение по количеству членов семьи агента (N), которое находится в интервале от 1 до 12.

Помимо описания структурных связей и типов агентов по статусу и виду доходов необходимо определить *жизненный цикл агента* (индивида или группы индивидов), который будет содержать основные состояния, а также переходы между ними, которые может принимать агент в течение функционирования модели.

Результатом исследования является формализованное представление имитационной многоагентной модели адаптационных процессов сельских сообществ.

Таким образом, многолетние наблюдения за процессами, происходящими в сельских районах Сибири, позволяют сделать вывод о

том, что тип адаптации сельских сообществ к модернизационным реформам определяется не только адаптационным потенциалом конкретного домохозяйства или сельского локального сообщества, но и более широким контекстом: состоянием рынка труда в конкретном сельском районе / регионе, экономическими, социокультурными особенностями исследуемых регионов и т. д. Сходные явления в развитии социальной сферы сельских сообществ разных регионов свидетельствуют о наличии общих тенденций, проявляющихся независимо от региональных особенностей и других факторов, определяющих специфику того или иного сельского локального сообщества.

В настоящее время процесс адаптации к новым социально-экономическим условиям в российском селе еще не завершен. Прошедшие годы социально-экономических преобразований привели к тому, что основные формы адаптации на селе (натурализация, ориентация на черный рынок, деструкция) в какой-то степени действительно устоялись и стабилизировались. Однако сам характер этих форм таков, что не позволяет определенно говорить о каких-либо стратегиях развития села на долгосрочную перспективу. В этих условиях решающим для дальнейшего развития села оказывается фактор государства, а основным направлением деятельности государства в отношении села – переход от стратегии поддержки через неформальные практики (крупхозы и черный рынок) к продуманной и дифференцированной социальной политике, учитывающей специфику сельского образа жизни. Внимание к условиям развития российского села, к проблемам адаптации сельского населения к условиям рынка, особенно в условиях экономического кризиса, не должно ослабевать. Иначе стратегии поведения сельского населения, несмотря на реально существующее многообразие вариантов их реализации, вернутся к «ориентации на выживание, а не на развитие». Матрицы доходов и расходов сельской семьи показывают, что грань между «выживанием» и «развитием» весьма тонка. Это выражается в консервации всех основных процессов, определяющих жизнь села: снижении трудовых мотиваций, низкой товарности домашнего хозяйства, спаде демографических показателей, резком сокращении уровня потребления.

В заключение можно отметить, что разработанная нами методология позволяет выйти на уровень прогнозирования социальных процессов в сельских сообществах, в том числе с точки зрения оценки социальной напряженности и определения системы взаимодействия научных и управленческих кругов в формировании рабочих программ социального развития сельских регионов.

Список литературы

Кожанов А. И. Об одной задаче динамики популяций // Математические заметки ЯГУ. Июль-декабрь. 2007. Т. 12, вып. 2. С. 38–49.

Сердюкова Ю. С., Ефремов Д. В. Моделирование адаптационных реакций сельских локальных сообществ в условиях многоагентных коммуникационных взаимодействий // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты: Сб. науч. тр. / Под ред. Е. А. Коломак, Л. В. Машкиной. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008. Вып. 9.

Сердюкова Ю. С., Ефремов Д. В., Сиковский Д. Ф. Методические подходы к математическому моделированию социальных процессов в сельских локальных сообществах // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты: Сб. науч. тр. / Под ред. Е. А. Коломак, Л. В. Машкиной. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2007. Вып. 8. С. 231–243.

Шмаков В. С. Акторы адаптации населения села // Северный регион: наука, образование, культура. 2008а. № 1. С. 65–75.

Шмаков В. С. Моделирование процессов социальной модернизации сельских локальных сообществ // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Философия. 2008б. Т. 6, вып. 1. С. 87–91.

Шмаков В. С., Сердюкова Ю. С. К проблеме моделирования социальных процессов // Гуманитарные науки в Сибири. 2009. № 1. С. 46–49.

Материал поступил в редколлегию 12.02.2009

V. S. Shmakov, Ju. S. Serdjukova

MATHEMATICAL METHODS OF THE ANALYSIS OF PROCESSES OF SOCIAL ADAPTATION OF THE POPULATION OF VILLAGE

In this article an attempt of mathematical modeling of processes of social adaptation the population of village to changes of social and economic conditions of ability to live is made. Also, the algorithm of construction multi-agent imitating model of social development of rural local communities is offered.

Keywords: modernization, local communities, adaptation, modelling of social processes, imitating model.