

Учреждение Российской академии наук
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
CENTRAL ECONOMICS AND MATHEMATICS INSTITUTE

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES

Е.Д. Сушко

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНА:
КОНЦЕПЦИЯ, КОНСТРУКЦИЯ
И РЕАЛИЗАЦИЯ

Препринт # WP/2012/292

МОСКВА
2012

Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация / Препринт # WP/2012/292. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012. – 54 с. (Рус.)

Описывается агент-ориентированная модель, имитирующая социально-экономическое состояние региона на основе реконструкции его внутренней структуры, а также структуры и поведения действующих на его территории самостоятельных экономических агентов. Основное внимание уделено структуре личности агентов-людей и обусловленному ей поведению таких агентов в качестве участников производства.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, апробация региональной политики, структура личности, поведение человека в социально-экономической среде, трудовой потенциал.

Sushko E.D. Multiagent Model of the Region: the Concept, Design and Implementation / Working paper # WP/2012/292. – Moscow, CEMI Russian Academy of Science, 2012. – 54 p. (Rus.)

This paper describes the agent-based model that simulates the socio-economic condition of the region based on the reconstruction of its internal structure, as well as the structure and behavior in its territory of independent economic agents. Emphasis is placed on the personality structure of agents-people and conditioned her behavior such agents as participants in the production process.

Key words: agent-based modeling, testing of the regional policy, the structure of personality, human behavior in socio-economic environment, the labour potential.

Рецензенты: д.э.н. А.Р. Саяпова, д.т.н. С.И. Паринов.

ISBN 978-5-8211-0590-5

© Сушко Е.Д., 2012 г.

© Учреждение Российской академии наук Центральный экономико-математических наук РАН, 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ	7
Демография	7
Трудовой потенциал человека.....	8
Поведение человека.....	9
Структура занятости и рынок труда	13
Производство	15
Формирование и распределение бюджета	17
2. КОНСТРУКЦИЯ МОДЕЛИ	18
Назначение модели и ее управляемые параметры	18
Программный продукт	20
3. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА	27
Характеристики агента.....	27
Оценка агентом-работником своего положения.....	31
Действия агента	34
4. АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ	38
Калибровка модели.....	38
Примеры экспериментов.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
ЛИТЕРАТУРА	50
ПРИЛОЖЕНИЕ. СТРУКТУРА ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	53

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является создание достаточно реалистичной компьютерной модели, имитирующей поведение субъекта Российской Федерации (региона) и правила его функционирования как сложной социально-экономической системы на основе реконструкции его внутренней структуры. Создаваемая модель предназначена для апробации различных вариантов управляющих воздействий на уровне региона. Кроме того, модель должна позволять проводить эксперименты, варьируя также множество параметров внешней для региона среды, то есть, рассматривая не только различные комбинации управляющих воздействий, но и различные сценарии развития экономики страны в целом.

Очевидно, что для правомерности использования компьютерной модели в качестве своего рода тренажера, необходимо, чтобы она была максимально приближена к реальности с тем, чтобы позволять распространять выводы, полученные в результате компьютерных экспериментов, на существующий в действительности объект моделирования. Главной отличительной особенностью таких крупных экономических акторов как регионы является то, что они представляют собой объекты мезоуровня, то есть, большие социально-экономические системы со сложной иерархией множества включенных в них более мелких экономических субъектов – от «наноуровня» (жители региона) и микроуровня (предприятия и организации) до мезоуровня (муниципальные образования, а также различные группы предприятий, в которые они объединяются по отраслевому, территориальному и/или функциональному принципу). Таким образом, регионы являются активными системами (Бурков, 1989), так как эти более мелкие экономические субъекты на территории региона самостоятельны – они обладают собственными ресурсами и действуют в своих интересах в рамках общепринятых норм.

Кроме того, в модели должны быть точно отражены реальные полномочия субъектов РФ в достижении ими своих целей, а также специфицированы те параметры внешней по отношению к региону среды, которые оказывают существенное влияние на его социально-экономическое состояние и/или оценку этого состояния при принятии управленческих решений.

Все перечисленное выше наложило определенные требования к постановке задачи моделирования региона, методам ее решения и инструментальным средствам реализации. В последнее время для моделирования подобных активных систем все шире применяется особый вид имитационного моделирования, а именно –

агент-ориентированное (Бахтизин, 2008; Handbook of Research on Agent-Based Societies..., 2009). Агент-ориентированная (мультиагентная) модель представляет собой искусственное общество, состоящее из взаимодействующих между собой самостоятельных агентов, каждый из которых обладает заданным набором личностных характеристик («ресурсов»), целевой функцией («интересами») и подчиняется правилам поведения, предопределяющим его реакцию в различных ситуациях, затрагивающих сферу его интересов. Важной особенностью агент-ориентированных моделей является то, что конкретные значения характеристик агентов могут различаться. Именно эта особенность позволяет использовать мультиагентные модели для воссоздания внутренней структуры больших социально-экономических систем, и тогда полученное искусственное общество состоит не из неких усредненных «типичных представителей» сообщества моделируемого, а из множества самых разнообразных его представителей, встречающихся действительности. Реальное общество неоднородно, и изменения макроэкономических параметров, так же, как и изменения социальной и/или экономической политики властей, по-разному влияют на состояние и поведение различных экономических субъектов, а также их групп, действующих на территории региона. И это представляется существенным при моделировании поведения региона как сложного экономического субъекта в нестабильной среде, а также при разработке и апробации методов регулирования экономики «с учетом наноэкономических аспектов» (Клейнер, 2004, с. 93).

В создаваемой модели региона присутствуют агенты следующих типов, соответствующих основным указанным выше видам экономических субъектов: 1) агенты – физические лица (люди – жители региона); 2) агенты – юридические лица (предприятия, организации); 3) агенты – муниципальные районы. Типы агентов в модели образуют снизу вверх следующую иерархию: агенты-люди → предприятия (организации), на которых люди трудятся, → муниципальные районы, на территории которых находятся предприятия и проживают люди, → регион-субъект РФ, к которому относятся муниципальные районы.

Каждый тип агентов обладает определенным набором характеристик, часть из которых сохраняют постоянное значение, а часть – изменяются во времени и/или вследствие каких-либо процессов, происходящих в модели. Конкретные значения характеристик для каждого агента выбираются при запуске модели случайным образом из допустимого для той или иной характеристики множества (вид распределения этих случайных величин обусловлен содержательно, поэтому индивидуален для каждой такой характеристики). Поскольку агентов много, то каждый

агент наделяется уникальной комбинацией значений этих характеристик, то есть, обладает уникальной «личностью».

Активность агентов выражается в их поведении, то есть, способности совершать в течение модельного времени действия (самопроизвольно изменять свои характеристики), что служит основой имитации экономической жизни региона с позиций поведенческой экономики (Канеман, 2003; Делавинья, 2011(а-в)). Идеологической основой процедуры, реализующей поведение агентов в модели, является описание структуры поведенческого акта из теории функциональных систем физиолога П.К. Анохина (Судаков, 1990).

Очевидно, что самым важным из таких экономических субъектов является человек, живущий на территории региона, участвующий в производстве, производящий и потребляющий общественные блага. Важным – потому, что, с одной стороны, улучшение качества жизни и повышение удовлетворенности ею людей является критерием успешности региональной политики, а с другой стороны, именно трудовая деятельность людей является «ресурсом» для экономических субъектов других уровней и служит средством реализации любой политики. В модели характеристики (состояние) агентов-жителей, являющихся для агентов вышестоящих уровней фактором их успешного функционирования, называемым трудовым потенциалом, влияют на состояние агентов других типов.

В свою очередь, характеристики агентов вышестоящих уровней иерархии, таких как организации, муниципальные районы и регион в целом, также влияют на состояние включенных в них агентов нижестоящих уровней через параметры внешней для этих агентов среды. Таким образом, в соответствии с общепринятой терминологией (Bloomquist, 2006), описываемая модель относится к классу SNP^n -моделей (*Social Norm Promotion with n Influential Groups*) – агент-ориентированных моделей поощрения социальных норм с n группами влияния, где $n = 3$.

Структура препринта включает описание концепции модели, ее конструкции, принципов и технологии реализации; характеристику модельных экспериментов на примере выбранного региона – Вологодской области, а также анализ и интерпретацию полученных в результате экспериментов данных о состоянии региона в целом и различных экономических агентов на его территории.

1. КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ

Основой всей экономической жизни в модели служит деятельность агентов-людей, реализующих свой трудовой потенциал. Агенты в модели рождаются, взрослеют, учатся, выбирают сферу деятельности (предприятие, организацию) и место жительства (муниципальный район), работают, выходят на пенсию, умирают. На каждом шаге работы модели (временном интервале, соответствующем одному году в реальной действительности) агенты потребляют блага, созданные ранее (в том числе, пользуются услугами систем здравоохранения и образования); агенты же трудоспособного возраста, кроме того, вносят свой вклад в общественное производство в соответствии со своим трудовым потенциалом и получают заработную плату, зависящую от их квалификации.

Трудовой потенциал агентов следующих уровней, таких как предприятия, муниципальные районы или же регион в целом, является совокупностью трудовых потенциалов включенных в них агентов-людей. В модели он вычисляется с помощью процедур агрегирования и влияет на другие характеристики агентов вышестоящих уровней, такие как объем и эффективность производства. Производство (реальный сектор), в свою очередь, служит источником бюджетных доходов, которые на следующем шаге распределяются по статьям расхода, в том числе и на социальную сферу.

Очевидно, что для адекватного моделирования трудового потенциала региона, его развития и использования, модель должна включать:

- процедуру прогнозирования демографической ситуации на территории региона и отдельных его муниципальных районов;
- модель трудового потенциала одного агента-человека и его поведения как работника;
- структуру занятости и модель рынка труда;
- модель производства;
- модель формирования и использования бюджета.

Рассмотрим, как эти составляющие элементы сконструированы в модели.

Демография

Наиболее точными демографическими прогнозами, по мнению экспертов, являются перспективные расчеты населения, проведенные методом передвижки

возрастов. При этом методе возрастная структура начального периода продвигается на ряд лет вперед с учетом сокращения численности отдельных возрастных групп, которое будет вызвано предполагаемым порядком вымирания. В специальной литературе также описан компонентный метод демографического прогноза, предполагающий использование в качестве исходной информации кроме половозрастной структуры населения и отчетных показателей о рождаемости, смертности и миграции, еще и гипотезы о будущем развитии этих отдельных компонентов движения населения: рождаемости, смертности, миграции (Бахметова, 1982).

В модели для прогноза демографической ситуации в регионе реализована процедура перспективного исчисления численности населения, сочетающая метод передвижки возрастов с компонентным методом, а именно: отдельно прогнозируются темпы изменения таких компонентов воспроизводства населения как рождаемость и смертность (без учета миграции), а результаты включаются в расчет демографического прогноза методом передвижки.

Процедура основана на использовании в качестве исходной информации данных из форм 1-РН и 2-РН статистической отчетности за ряд лет:

- Численности населения на начало года по полу и возрасту;
- Количества родившихся детей;
- Половозрастной структуры умерших.

На этой исходной базе рассчитываются половозрастные вероятности умереть, коэффициенты рождаемости, а также фактические темпы изменения этих коэффициентов за несколько отчетных лет.

Трудовой потенциал человека

Агенты-жители региона обладают набором характеристик, обуславливающих их ценность с точки зрения участия в общественном производстве. Можно сказать, что в модели агенты-люди наделяются «личностью», структуру которой, в основе своей, составляют так называемые «исходные черты» факторной теории личности Р. Кеттела, соответствующие «...реальным унитарным силам – физиологическим, темпераментальным факторам; степеням динамической интеграции; открытости социальным институтам...» (Холл, 2008).

Выделены следующие группы характеристик агентов этого типа:

- ***Психофизиологические***: возраст, пол, состояние здоровья, уровень способностей (отдельно – способность к творчеству), темперамент. Так как «темпера-

мент – это характеристика индивида со стороны его динамических особенностей: интенсивности, скорости, темпа, ритма психических процессов и состояний» (Симонов, 1983), то и в модели наделение агента определенным типом темперамента (флегматик, меланхолик, холерик или сангвиник) определяет такие его свойства, как активность, скорость реакции и способность к адаптации в изменяющихся условиях внешней среды.

- **Профессиональные:** образование, сфера деятельности, опыт работы.

- **Личностные:** отношение к труду, личностная направленность агента на внешний или же на внутренний мир (экстраверсия – интроверсия). С этими характеристиками связана и «система ценностей» агента, под которой понимается приоритетность его основных жизненных устремлений и соответствующих критериев оценки удовлетворенности своим положением. В модели предусмотрены такие критерии как уровень дохода, уверенность в завтрашнем дне (стабильность), карьерный рост и самореализация – то есть, учитываются разного рода индивидуальные предпочтения агентов (Ерзнкян, 2010).

Кроме того, привычное понятие трудового потенциала (Гулин, 2009) как совокупности возможностей участия в производственном процессе, которыми обладают люди, дополнено показателем их мотивированности, готовности к труду. В модели характеристикой мотивированности агента служит его состояние, которое выражается в терминах «удовлетворенность», «недовольство», «возмущение», является производной от всех перечисленных выше характеристик и, в свою очередь, влияет на отношение агента к труду, его *поведение*. Согласно теории личности Р. Кеттела, поведение является функцией структуры личности и внешних обстоятельств человека.

Поведение человека

При разработке процедуры, реализующей в модели поведение человека, автор ориентировался на структуру поведенческого акта из теории функциональных систем физиолога П.К. Анохина (Судаков, 1990). По Анохину, функциональные системы – это динамические, саморегулирующиеся организации, избирательно объединяющие структуры и процессы организма для достижения полезных ему приспособительных результатов (то есть, ведущим системообразующим фактором здесь является полезный результат). Функциональные системы, использующие внешнее звено саморегуляции (функциональные системы второго типа), обеспечи-

вают приспособительный эффект благодаря выходу за пределы организма через связь с внешним миром, через изменения поведения. Именно функциональные системы второго типа лежат в основе различных поведенческих актов. При этом соотношения индивида со средой носят циклический характер: в интервале между стимулом со стороны среды и реакцией на этот стимул выделяются процессы, образующие стандартную последовательность:

- *Афферентный синтез* (от лат. *afferens* – приносящий). Идентификация ситуации взаимодействия с внешней средой как требующей принятия каких-либо мер. Содержание афферентного синтеза определяется влиянием нескольких факторов: на основе взаимодействия мотивационного и обстановочного возбуждения, а также и механизмов памяти формируется готовность к определенному поведению. Затем под влиянием пусковых раздражителей эта готовность трансформируется в целенаправленное поведение.

- *Принятие решения*. Определение типа и направленности поведения. Реализуется через специальную и очень важную стадию поведенческого акта – формирование аппарата акцептора результатов действия. Это аппарат, программирующий результаты будущих событий. Непосредственное отношение к формированию цели поведения имеют ведущие эмоции – как отрицательные, так и положительные. Ведущие эмоции с отрицательным знаком сигнализируют индивиду о значимости тех отклонений, которые совершаются в его внутренней среде.

- *Эфферентный синтез* (от лат. *efferens* – выносящий). Программа действия – действие уже сформировано, но внешне оно еще не реализуется.

- *Формирование действия*. Выполнение программы поведения.

- *Оценка достигнутого результата*. Благодаря аппарату акцептора результатов действия, в котором программируется цель и способы поведения, индивид имеет возможность сравнивать их с поступающей афферентной информацией о результатах и параметрах совершаемого действия, т.е. с обратной афферентацией. Именно результаты сравнения определяют последующее построение поведения – либо оно корректируется, либо оно прекращается, как в случае достижения желаемого результата.

П.К. Анохин распространил содержание поведенческого акта на структуру любого целенаправленного поведения, то есть, поведения, направляемого опережающим отражением действительности.

К целенаправленному поведению агента-человека как работника в модели относятся самопроизвольные изменения его характеристик, такие как поступление

на учебу, перемена места жительства, смена/выбор места работы, изменение усердия в труде. Для того чтобы обеспечить эту самопроизвольность, необходимо было включить в модель процедуры, имитирующие процесс целеполагания агента, а также выполнение всех основных стадий поведенческого акта, начиная от афферентного синтеза (включая «эмоции» агента, интерес к роли которых в принятии экономических решений в последнее время растет (Калмыкова, 2006)) и кончая обратной связью.

Поведение агента-человека формируется следующим образом:

- формализуется система целей, то есть, разрабатывается набор критериальных показателей и правила вычисления их относительной значимости (система ценностей);
- разрабатываются правила определения целевых значений критериальных показателей (целеполагание как уровень притязаний агента);
- разрабатываются правила, по которым оценивается степень достижения каждой из целей (удовлетворенность агента);
- разрабатываются правила агрегирования разнородных (относящихся к различным целям агента) показателей, с учетом различной значимости (приоритетности) как критериальных показателей, так и самих целей. При этом уровень приоритетности различных целей зависит, в свою очередь, от величины разрыва между достигнутыми и желательными значениями целевых показателей. Приоритетным показателем, вызывающим «ведущую эмоцию» (отрицательную) и служащим пусковым раздражителем, становится тот, удовлетворение которого находится в минимуме;
- разрабатывается качественная (лингвистическая) шкала, соответствующая состояниям агента;
- разрабатываются правила, по которым агент (в зависимости от своих возможностей, склонностей и уровня притязаний) оценивает занимаемое им место в обществе, что отражается на уровне его удовлетворенности и однозначным образом выражается в терминах шкалы состояний;
- разрабатываются правила выбора наилучшего при имеющихся характеристиках действия из перечня доступных агенту в пределах его полномочий;
- задается способ реализации выбранного действия.

На каждом шаге работы модели агенты трудоспособного возраста анализируют доступную им информацию о характеристиках среды и собственном положении в ней, и в соответствии со своей системой ценностей переходят в то или иное

состояние. Если состояние какого-либо агента отлично от «удовлетворенности», то это побуждает его к реакции, причем, эта реакция будет зависеть не только от самого состояния, но и от значений остальных характеристик агента, а также от возможностей, которые предоставляет ему внешняя среда. Так, агент – активный молодой человек может пойти учиться, сменить вид деятельности или место жительства. Агент же более консервативный выберет менее радикальные меры.

Между выбором агентом действия и его реализацией предусмотрен некоторый лаг (число шагов работы модели), величина которого зависит как от степени ведущей отрицательной эмоции, так и от темперамента агента – скорости его реакции на внешние раздражители.

Таким образом, поведение каждого агента в модели описывается дискретной функцией реакции на состояние, определяемое на каждом шаге в соответствии со структурой личности и жизненными обстоятельствами агента, что согласуется с подходом теории личности Р. Кеттела. Схема поведения агентов в модели представлена на рис. 1.

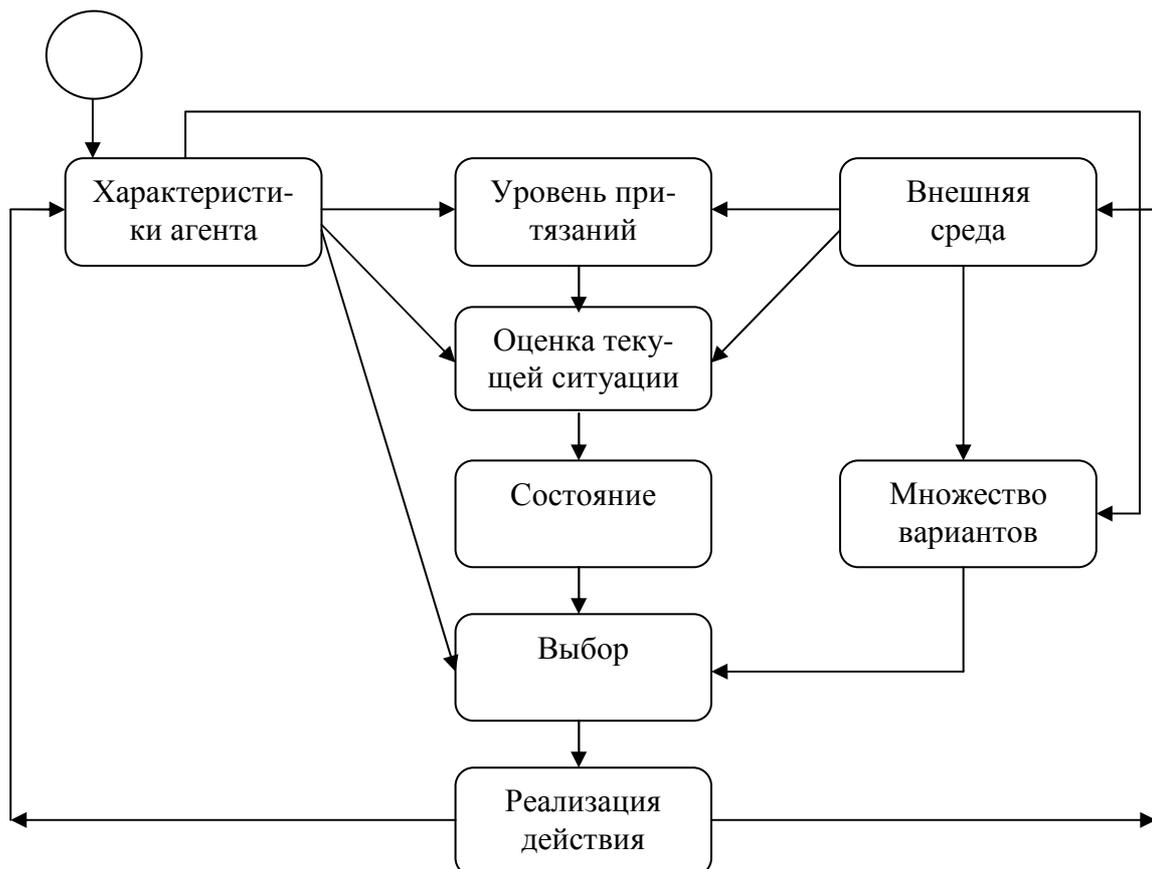


Рис. 1. Схема поведения агента

Структура занятости и рынок труда

В модели не учитывается безработица, считается, что все агенты трудоспособного возраста или являются студентами высших/средних учебных заведений, или заняты какой-либо деятельностью из следующего перечня:

- Государственное управление;
- здравоохранение;
- Образование;
- Наука, культура;
- Промышленное производство, группа «А»;
- Промышленное производство, группа «Б»;
- Сельское хозяйство;
- Инфраструктура.

Фактически, указанные виды деятельности – отрасли на территории каждого муниципального района – выступают в модели в качестве организаций (предприятий) и являются агентами второго уровня, выполняющими в обществе (и в модели) определенные функции и обладающие характерными организационными особенностями. Для описания этих особенностей обратимся к понятию организационной культуры как специфическому для каждой организации набору целей и соответствующих критериев эффективности деятельности, а также ключевых факторов, определяющих эту эффективность.

При разработке этого блока автор отталкивался от «рамочной конструкции конкурирующих ценностей» (Камерон, 2001), разделяющей все возможные показатели эффективности деятельности организаций на четыре группы в соответствии с двумя измерениями: первое отделяет критерии эффективности, подчеркивающие гибкость, дискретность и динамизм, от критериев, акцентирующих стабильность, порядок и контроль; второе – отделяет критерии эффективности, которые подчеркивают внутреннюю ориентацию, интеграцию и единство, от критериев, ассоциируемых с внешней ориентацией, дифференциацией и соперничеством. Эти два измерения образуют четыре квадранта, каждому из которых присвоены код и символическое название в соответствии с его «образом» (системой ценностей), определяющим также особенности менеджмента и требования к личностным качествам работников, особенно лидеров, как показано на рис. 2.

Организационная культура существующих в реальной действительности предприятий, как правило, сочетает черты типов организационной культуры из

всех квадрантов, но в разных пропорциях, то есть, можно говорить о профиле организационной культуры каждой конкретной организации.

В модели для описания агентов второго уровня – видов деятельности – используются такие характеристики их организационной культуры, как:

- стабильность;
- значимость творчества работников для успеха организации;
- скорость карьерного роста работников.

Гибкость и дискретность		Внешний фокус и дифференциация
А. Клан	В. Адхократия	
<p><u>Критерии эффективности:</u> Сплоченность, Моральный климат, Развитие человеческих ресурсов</p> <p><u>Тип лидера:</u></p> <p>Пособник. Лидерство основано на вовлечении людей в принятие решений и разрешении проблем. Активно поощряются участие в бизнесе и открытость.</p> <p>Наставник. Лидерство основано на взаимном уважении и доверии. Активно поощряются следование моральным принципам и преданность делу.</p>	<p><u>Критерии эффективности:</u> Результат на передовом рубеже, Творчество, Рост</p> <p><u>Тип лидера:</u></p> <p>Новатор. Лидерство основано на предвидении лучшего будущего и поддержке в этом других. Активно поощряются новаторство и приспособляемость к изменяющимся условиям.</p> <p>Провидец. Признак этого стиля лидерства – стратегическое планирование и непрерывное совершенствование текущей деятельности.</p>	
Д. Иерархия	С. Рынок	
<p><u>Критерии эффективности:</u> Рентабельность, Своевременность, Гладкое функционирование</p> <p><u>Тип лидера:</u></p> <p>Инструктор. Лидерство основано на управлении информацией. Активно поощряются документирование и информационный менеджмент.</p> <p>Координатор. В основании его влияния лежат инжиниринг по ситуации, управление календарными графиками, размещение ресурсов и т.д. Активно поощряются стабильность и контроль.</p>	<p><u>Критерии эффективности:</u> Рыночная доля, Достижение цели, Поражение конкурентов</p> <p><u>Тип лидера:</u></p> <p>Боец. Достижение победы – доминирующая цель, фокус внимания – на внешних конкурентах и позиции на рынке.</p> <p>Постановщик проблем. Лидерство основано на настойчивой и разумной аргументации в пользу доведения дела до конца. Активно поощряется продуктивность.</p>	
Стабильность и контроль		
Внутренний фокус и интеграция		

Рис. 2. Рамочная конструкция конкурирующих ценностей и роли лидеров в культуре разных типов

Очевидно, что каждый агент-вид деятельности обладает уникальным профилем организационной культуры, что отражается как в требованиях к личностным свойствам агентов-работников, так и в предоставляемых им условиях работы. И здесь важную роль играют такие характеристики видов деятельности, как распределение работников по уровню образования, а также дифференциация их заработной платы в зависимости от уровня образования («отдача от образования» (Лукьянова, 2010), (Ощепков, 2011)). На этой основе в модели имитируются основные моменты взаимодействия агентов двух уровней – организаций и их работников, такие как заключение трудового контракта, повышение зарплаты (карьерный рост), добровольный уход агента-работника на другое место работы или же его увольнение.

Наиболее простой процедурой взаимодействия является поступление агента в высшее или среднее учебное заведение. Механизм, реализованный в модели, аналогичен поступлению на учебу по результатам ЕГЭ с тем отличием, что ранжирование абитуриентов осуществляется в соответствии с их трудовым потенциалом («абсолютным»).

Отношения агента-человека с организацией, в которой он уже работает, или с которой он только собирается заключать договор, также строятся на основе его трудового потенциала, но с учетом требований данной организации, для чего вводится понятие относительного трудового потенциала. Относительный потенциал агента-человека получается путем умножения его абсолютного потенциала на коэффициент, учитывающий наличие у него таких качеств как активность и способность к творчеству, а также востребованность этих качеств в данной организации. Таким образом учитываются способности агентов к различным видам деятельности (Макаров, 2010, с. 200), а также то, что максимально реализовать свои способности в выбранном ими виде деятельности агенты могут только при соответствующем профиле организационной культуры. От значения относительного трудового потенциала агента-человека зависят его шансы при приеме на работу и вероятность увольнения, это же значение используется при определении вклада агента в общий результат и расчете уровня его заработной платы.

Производство

Агенты третьего уровня – муниципальные образования – являются в некотором роде социально-производственными комплексами (Глазырин, 2007), в кото-

рых каждый из включенных в них описанных выше агентов второго уровня выполняет некоторую функцию, а все его работники составляют определенный социальный слой. Перечень этих слоев отличается от перечня социальных кластеров В.Л. Макарова (Макаров, 2010), однако основные функции в нем представлены.

Такие виды деятельности как промышленное и сельскохозяйственное производство выпускают товары, вся сфера услуг отнесена к виду деятельности, названному инфраструктурой, – а занятых в этих сферах работников можно отнести к кластеру деловых людей. Государственное управление в модели выполняет функции как управления, так и защиты Отечества, а работники этого вида деятельности объединяют два кластера – служителей и защитников Отечества. Роль систем здравоохранения, образования, науки и культуры очевидна, а функция воспитания и поддержания в обществе нравственности в модели отнесена к ведению системы образования.

Работа системы здравоохранения в модели влияет на состояние здоровья населения, которое является одним из элементов трудового потенциала, а система образования обеспечивает необходимый уровень квалификации работников, то есть, также влияет на величину их трудового потенциала. Качество выполнения этими системами своих функций оценивается по степени обеспечения нормативов финансирования: для здравоохранения – на одного жителя муниципального образования, а для образования – на одного учащегося.

Кроме того, каждый вид деятельности (организация) оказывает влияние на благополучие собственных работников, выплачивая им заработную плату и предоставляя (или не предоставляя) условия для удовлетворения других своих потребностей, таких как уверенность в завтрашнем дне, карьерный рост и самореализация. Оценкой благополучия является состояние агентов-людей, которое, в свою очередь, влияет на их трудовой потенциал. Так, если недовольному агенту не удастся улучшить свое положение, то снижается его усердие в труде (Делавинья, 2011(б), С. 61) и, как следствие, – трудовой потенциал.

Ответное влияние движения трудового потенциала на объем производства отраслей реального сектора или же качество работы отраслей социальной сферы может имитироваться (за неимением полноценных производственных функций) с помощью экспертно заданных условных коэффициентов, учитывающих вклад труда для каждого вида деятельности.

Формирование и распределение бюджета

В модели формируется консолидированный бюджет региона с выделением бюджетов агентов третьего уровня – входящих в регион муниципальных образований. Доходы бюджетов складываются из налоговых отчислений предприятий реального сектора и налога на доходы физических лиц – 13% от заработной платы работающих во всех отраслях. «Ставки» налоговых отчислений как доли от объема произведенной продукции, а также пропорции распределения налоговых поступлений между бюджетами двух уровней задаются отдельно для каждого вида деятельности.

Кроме того, за счет части налоговых поступлений образуются два фонда, используемые для выравнивания бюджетной обеспеченности различных муниципальных образований: «Региональный фонд финансовой поддержки муниципальных районов (городских округов)» и «Региональный фонд компенсаций». Процедуры формирования и распределения средств этих фондов между муниципальными образованиями региона в модели соответствуют существующему законодательству в сфере межбюджетных отношений (Закон Вологодской области № 1308-ОЗ, 2005).

Далее поступившие в бюджет средства распределяются между такими видами деятельности как государственное управление, образование, здравоохранение, наука и культура. В модели эти сферы полностью финансируются из бюджета в соответствии с нормативами бюджетных расходов:

- Государственное управление – заданная доля от бюджета, %;
- Здравоохранение – расходы на 1 жителя в год, тыс. руб.;
- Образование – расходы на 1 учащегося в год, тыс. руб.;
- Наука, культура – заданная доля от бюджета, %.

Оставшиеся средства бюджетов муниципальных районов направляются на «Инфраструктуру», а средства регионального бюджета, кроме того, могут вкладываться и в другие виды деятельности реального сектора.

2. КОНСТРУКЦИЯ МОДЕЛИ

Назначение модели и ее управляемые параметры

Поскольку создаваемая модель предназначена для апробации различных вариантов управляющих воздействий (стратегий) на уровне субъекта Российской Федерации, а также для исследования зависимости ожидаемых результатов стратегии от начального состояния системы и изменений внешней среды, она, в первую очередь, должна быть максимально приближена к реальности, с тем, чтобы позволять распространять выводы, полученные в результате компьютерных экспериментов, на существующий в действительности объект моделирования. Другими необходимыми качествами модели являются ее функциональность и способность к локализации.

Достоверность модели обуславливается как реалистичностью лежащей в ее основе описанной выше концепции агентов разного уровня, их иерархии и взаимодействия, так и свойствами информационного обеспечения модели. Во-первых, в качестве исходной информации модель, в основном, использует данные официальной статистики, а также показатели, производные от нее, что обеспечивает как доступность, так и актуальность информации, необходимой для работы модели. Перечень исходных показателей для видов деятельности, муниципальных районов и субъекта РФ в целом представлен в приложении. Во-вторых, информированность самих агентов при принятии ими решений в ходе работы модели ограничена, так же, как и в жизни, что учтено в процедурах взаимодействия агентов. Так, люди не могут обладать точной информацией о трудовом потенциале других людей, к тому же склонны переоценивать собственные возможности (Делавинья, 2011(б), С. 65), а организации могут использовать результаты тестирования претендентов и собственных работников, но не оценивают точно вклад каждого работника в общий результат. Поэтому в модели агенты-люди несколько завышают уровень притязаний, а агенты-организации при расчете предложения по заработной плате соискателю работы сравнивают его относительный трудовой потенциал со средним по группе собственных работников с образованием такого же уровня и предлагают претенденту зарплату, более близкую к нижней границе уровня зарплаты в данной группе.

Вторым необходимым качеством модели после реалистичности является ее функциональность, практичность, понимаемая как настроенность на решение конкретных прикладных задач возможным пользователем (не автором модели) в ком-

фортном для него режиме. В качестве такой задачи выбрано управление доходами и расходами бюджетов двух уровней: бюджета области и бюджетов муниципальных районов. Модель настроена на апробацию различных стратегий управления, а также различных вариантов межбюджетных отношений при некоторых предположениях о развитии общей экономической ситуации в стране. Кроме того, автоматами в модели являются только агенты первого уровня – люди, а агенты всех остальных типов к самостоятельному поведению не способны, и изменение их характеристик также должно быть доступно пользователю-эксперту. Отсюда и выбор управляемых параметров модели:

1. Уровень области в целом:

- Доля объема производства отраслей-доноров, отдаваемая в качестве налоговых отчислений в бюджет области, %.
- Доля налоговых отчислений отраслей-доноров, оставляемая в бюджетах муниципальных районов, %.
- Нормативы бюджетных расходов на государственное управление, здравоохранение, образование, науку, руб.
- Суммы бюджетных расходов на поддержание промышленности, сельского хозяйства, инфраструктуры, млн. руб.
- Индекс рождаемости.
- Индекс смертности.

2. Уровень муниципального района:

- Распределение бюджетных средств по статьям расхода, млн руб.

3. Уровень организации:

- Прогнозируемая численность занятых, чел.
- Прогнозируемый уровень заработной платы, руб.
- Прогнозируемые объемы производства для организаций реального сектора (отраслей-доноров), млн руб.
- Характеристики организационной культуры: признак стабильности и признак востребованности творческих способностей работников.

Единственным автоматическим действием, которое в модели предусмотрено для агентов-организаций, является увольнение работников, причем вероятность увольнения конкретного работника находится как разность между единицей и значением его относительного трудового потенциала, а общая численность увольняемых рассчитывается от численности занятых с учетом такой характеристики организационной культуры, как стабильность. Используемые в модели исходные зна-

чения показателей организационной культуры разных видов деятельности даны в табл. 1.

Таблица 1

Код	Вид деятельности	Стабильность	Значимость творчества	Скорость карьерного роста
1	Государственное управление	1	0	1
2	Здравоохранение	1	0	2
3	Образование	1	1	2
4	Наука	1	1	1
5	Промышленность «А»	1	0	2
6	Промышленность «Б»	0	0	3
7	Сельское хозяйство	1	0	1
8	Инфраструктура	0	1	3

Комфортность работы пользователя с моделью обеспечивается развитым и дружелюбным интерфейсом, позволяющим варьировать параметры модели и отслеживать их влияние на результаты ее работы, в качестве которых рассматривается динамика таких показателей, как агрегированный трудовой потенциал агентов разных типов, а также уровень удовлетворенности своим положением включенных в них агентов-жителей региона.

Общая схема работы модели представлена на рис. 3.

Программный продукт

Модель реализована на примере Вологодской области в виде пользовательского программного продукта, разработанного в среде AnyLogic и названного «Агент-ориентированная Региональная Модель (АРМ) «Губернатор».

Среда разработки AnyLogic основана на объектно-ориентированном подходе (рабочий язык программирования Java), при котором объекты реального мира заменяются их моделями, то есть определенными формальными конструкциями («классами»), представляющими их в программной системе. Эти модели включают не только характеристики объектов реального мира, важные для поставленной в модели задачи, но и программные блоки, реализующие присущие данным объектам функции («методы»). Кроме того, классы могут образовывать иерархию, то есть экземпляры одного класса могут включать множество экземпляров другого класса. Агент-ориентированные модели являются объектно-ориентированными, поэтому именно подобные среды идеально подходят для воплощения мультиагентных моделей в программных средствах.



Рис. 3. Общая схема работы мультиагентной модели региона

Применение объектно-ориентированного подхода позволяет разрабатывать хорошо структурированные, надежные в эксплуатации и достаточно просто модифицируемые программные системы. В нашем случае последнее свойство особенно важно, так как модель создается как типовая, то есть, имитирующая основные социально-экономические конструкции любого региона России, а также механизмы управления, общие для всех них. Механизмы управления, реализованные в модели, соответствуют существующему законодательству в этой сфере (Закон Вологодской области № 1308-ОЗ, 2005). И эта типовая модель должна допускать локализацию, то есть адаптацию к условиям любого конкретного региона с наименьшими затратами и с такой последующей настройкой (калибровкой), чтобы статистические данные, рассчитанные для агентов каждого уровня, совпадали с реальными данными, отраженными в официальной статистике этого региона.

Необходимая гибкость достигается:

- архитектурой модели, в которой реакции агентов на различные ее состояния заложены как функции, привязанные к соответствующим классам, а значит, локализованы изменения, которые могут потребоваться для развития модели;
- выбором показателей, информация по которым используется для построения и калибровки модели – большая их часть взята из официальных сборников Росстата, то есть, гарантировано наличие этих данных для каждого субъекта РФ, а также обеспечен регламент актуализации этой информации;
- вынесением исходной информации в собственную базу данных, структура которой соответствует классам агентов – база состоит из трех таблиц в формате Excel: данные 1) о муниципальных районах, 2) о видах деятельности и 3) демографические показатели, характерные для региона в целом;
- выбором параметров, допускающих управление в процессе работы модели, – они или соответствуют полномочиям агентов разных классов, а значит, позволяют апробировать разные стратегии этих агентов; или же характеризуют факторы, оказывающие существенное влияние на состояние региона, но неподвластные ему, а значит, помогают проводить сценарные расчеты при различных предположениях о динамике этих факторов.

Интерфейс модели, настроенный на решение задачи управления доходами и расходами бюджетов двух уровней: бюджета области и бюджетов муниципальных районов, включает два соответствующих рабочих окна, вид которых показан на рис. 4, 5.

На рис. 4 представлен скриншот главного (уровня региона) рабочего окна модели, на котором на карте-схеме Вологодской области видна группировка муниципальных районов по удельным бюджетным доходам после распределения Регионального фонда поддержки муниципальных районов и Регионального фонда компенсаций (после проведения процедуры выравнивания бюджетной обеспеченности районов). Кроме того, интерфейс модели позволяет осуществлять на базе этой же карты группировки районов по значениям таких расчетных характеристик, как:

- самообеспеченность бюджета – доля собственных доходов в общих доходах бюджета муниципального района (в процентах);
- уровень удовлетворенности населения – доля работающих агентов-жителей муниципального образования, удовлетворенных своим положением, в общей численности занятых (в процентах);
- общая демографическая нагрузка – численность агентов-жителей муниципального образования моложе и старше трудоспособного возраста, приходящихся на 1000 агентов трудоспособного возраста.

Индексы рождаемости и смертности варьируются с помощью указателя («бегунка»), а для остальных перечисленных выше параметров уровня области можно задавать значения в полях редактирования.

Поля «Расчет будущих доходов бюджета», «Расчет расходов по нормативам», «Расчет бюджета на предстоящий год» и «Принять бюджет» являются кнопками, нажатие на которые запускает соответствующие процедуры при текущих значениях варьируемых параметров модели. Последняя кнопка играет особую роль – она вызывает процедуры балансировки и принятия бюджетов всех муниципальных районов, а затем уже – бюджета области в целом. Если баланс по области в целом равен нулю, то происходит переход к следующему году (следующему шагу работы модели), в противном случае остаток средств должен быть распределен по статьям расхода пользователем.

Кнопками также являются области, изображающие на карте муниципальные районы в пределах их границ, – нажатие на них влечет переход к окну интерфейса соответствующего района.

На рис. 5 представлен скриншот рабочего окна муниципального района, на котором видна структура доходов районного бюджета и другие социально-экономические характеристики района в текущем году, а также динамика возрастной структуры населения района. В этом окне представлен и интерфейс организаций, расположенных на территории района.



Рис. 4. Интерфейс модели. Главное рабочее окно

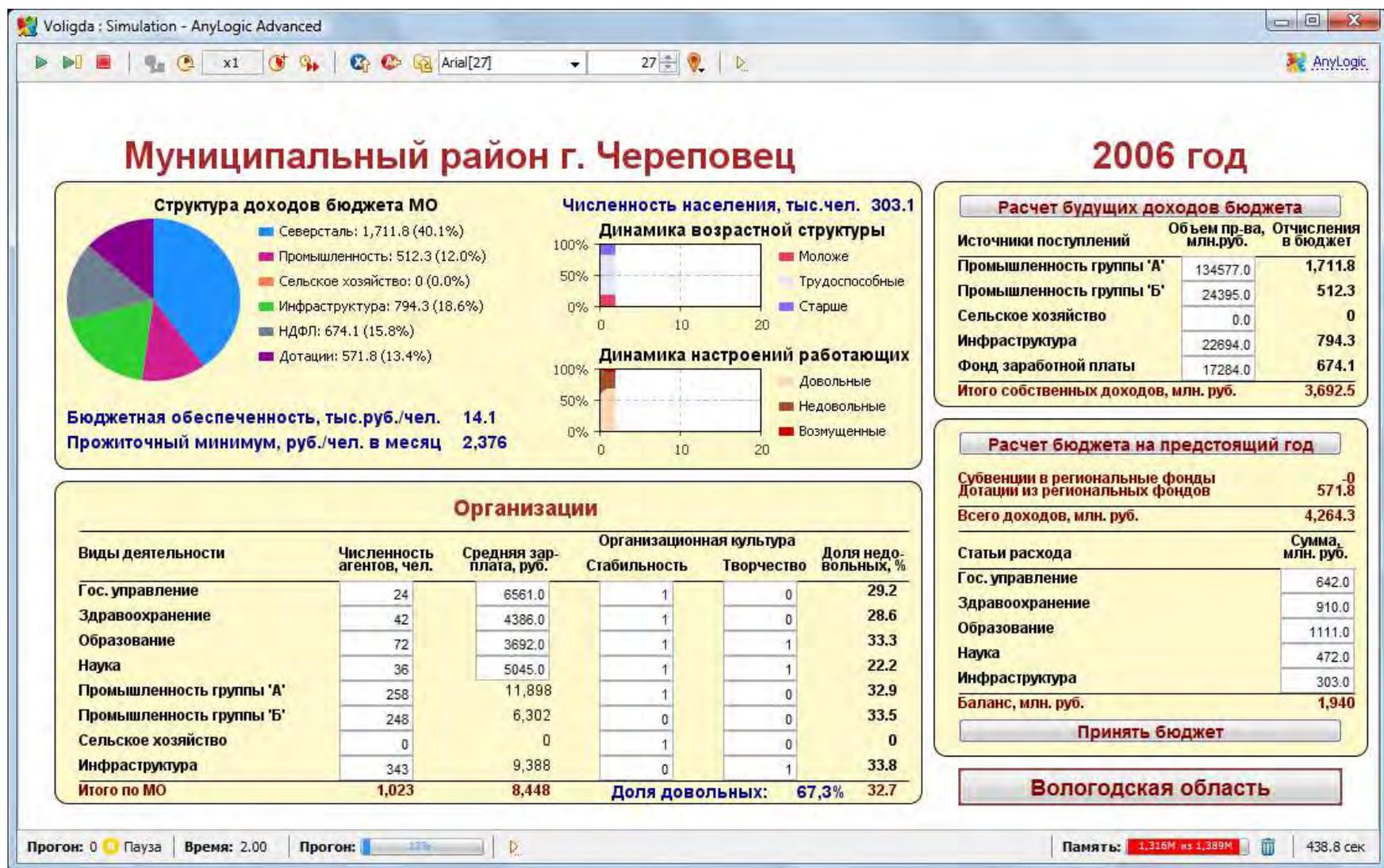


Рис. 5. Интерфейс муниципального района

Значения всех указанных выше управляемых параметров муниципального района и организаций на его территории можно задавать в соответствующих полях редактирования.

Поля «Расчет будущих доходов бюджета», «Расчет бюджета на предстоящий год» и «Принять бюджет» являются кнопками, нажатие на которые запускает соответствующие процедуры для данного муниципального района при текущих значениях варьируемых параметров. Последняя кнопка вызывает процедуру балансировки и принятия бюджета района. Если баланс не равен нулю, то происходит перераспределение остатка средств в пользу последнего вида деятельности – инфраструктуры. Поле «Назад» также является кнопкой и служит для возврата к главному окну модели.

Таким образом, с помощью процедур расчета параметров бюджетов двух уровней, процедур расчета состояний агентов-жителей региона и их действий в качестве работников, а также механизмов последующего агрегирования их трудовых потенциалов, выстраиваются цепочки влияния действий пользователя на выходные параметры модели. В качестве результата управляющих воздействий рассматривается динамика трудового потенциала и уровня удовлетворенности населения области и отдельных муниципальных образований – выходные показатели модели, также представленные в ее интерфейсе.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА

Агенты в модели рождаются и умирают, что происходит по следующим правилам:

- **Рождение.** Новые агенты создаются в соответствии с данными статистики о рождаемости и о численности женщин фертильного возраста в каждом районе.
- **Смерть.** Агенты удаляются случайным образом с вероятностями, соответствующими данным статистики о смертности людей соответствующего пола и возраста.

Характеристики агента

a. **Личный номер агента (ИНН).** Присваивается при создании агента и соответствует его порядковому номеру (счетчик сквозной). Сохраняет постоянное значение в течение модельного времени до момента смерти агента.

b. **Место жительства.** Принимает значение номера муниципального района по классификатору. Первоначально агенты создаются в районах, затем агент в течение модельного времени может менять место жительства. История его перемещений сохраняется в виде двумерного массива (первый элемент – номер района, второй – год переезда).

c. **Возраст.** Принимает целочисленные значения от 0 до 100. Первоначально задается случайным образом в соответствии с данными статистики о возрастной структуре населения муниципальных районов, и в течение модельного времени увеличивается на каждом шаге на единицу (шаг модельного времени соответствует одному году).

d. **Пол.** Принимает значение «мужской» или «женский» (0 или 1). Первоначально задается случайным образом с помощью распределения Бернулли в соответствии с данными статистики и сохраняет постоянное значение в течение модельного времени. Доли мальчиков и девочек в общей численности новорожденных являются постоянными величинами и равны 0,512 и 0,488 соответственно (Шахотько, 1999). Ниже в табл. 2 приводятся вероятности присвоения 1 (женского пола) в зависимости от возраста агента (рассчитано на реальных данных по г. Уфе).

Таблица 2

№ п/п	Возраст, лет	Доля женщин
1	0 лет	0,488
2	1–15	0,491
3	16–35	0,500
4	36–49	0,532
5	50–59	0,556
6	60–69	0,636
7	70–79	0,727
8	80–89	0,822
9	90–99	0,875
10	100	0,939

е. **Здоровье.** Принимает значения «слабое», «практически здоров» и «отличное» (1, 2, 3). Первоначально задается случайным образом с вероятностями 0,15; 0,7 и 0,15 соответственно. Убывает в течение модельного времени (с увеличением возраста агента), а также при сокращении норматива расходов на услуги по здравоохранению (в качестве норматива принимается обеспеченность одного жителя в базовом году).

ф. **Способности.** Уровень способностей принимает значения «низкий», «средний» и «высокий» (1, 2, 3). Первоначально задается случайным образом с вероятностями 0,2; 0,7 и 0,1 соответственно и сохраняет постоянное значение в течение модельного времени.

г. **Способность к творчеству.** Признак, принимающий значение 0 или 1. Присваивается с помощью распределения Бернулли с вероятностью 0,15.

h. **Темперамент.** Принимает значения «флегматик», «меланхолик», «холерик» и «сангвиник» (1–4). Первоначальное распределение зависит от пола агента, как представлено в табл. 3, где даны соответствующие вероятности.

Таблица 3

Тип темперамента	Пол	
	Мужской	Женский
Флегматик	0,2	0,05
Меланхолик	0,3	0,45
Холерик	0,3	0,45
Сангвиник	0,2	0,05

Тип темперамента однозначно определяет значения таких характеристик агента как *активность*, *скорость реакции* и *адаптивность* (используется шкала уровней, где 1 означает низкий уровень, 2 – нормальный, а 3 – высокий), а также

определяет «направленность» как степень *экстраверсии* (для флегматика-интроверта уровень принимается равным 0), как представлено в табл. 4.

Таблица 4

Показатель / Тип темперамента	Активность	Скорость реакции	Адаптивность	Экстраверсия
Флегматик	2	1	1	0
Меланхолик	1	1	2	1
Холерик	3	3	2	2
Сангвиник	3	2	3	3

i. *Импульсивность*. Производная величина, первоначально приравниваемая к <Скорости реакции>. Может уменьшаться в течение модельного времени при достижении возраста агента пороговых значений (в 30, 40 и 50 лет).

j. *Отношение к труду*. Принимает значения «лентяй», «работник» и «трудоголик» (1, 2, 3). Первоначально распределяется в следующем соотношении: 0,15; 0,70 и 0,15. В течение модельного времени может изменяться («Поведение») в зависимости от мотивированности агентов (их <Состояния>).

k. *Образование*. Принимает значения по шкале: «без образования», «среднее / начальное профессиональное», «среднее профессиональное», «высшее» (0, 1, 2, 3). Первоначально распределяется в соответствии с возрастом и имеющимися статистическими данными о наличии специалистов. Изменяется с течением модельного времени в соответствии с повышением агентами квалификации.

1. *Трудовой стаж*. Принимает значение количества отработанных лет. Первоначально считается как разность между возрастом и суммарной длительностью обучения агентов в соответствии с уровнем образования, стандартным возрастом поступления в школу, а также с принятыми сроками обучения в ВУЗах (5 лет) и колледжах (3 года). Считается, что обучение проходит с отрывом от производства. Изменяется с течением модельного времени в соответствии с количеством отработанных лет.

m. *Вид деятельности*. Принимает целочисленные значения, соответствующие номеру вида деятельности по классификатору:

0. Ребенок;
1. Государственное управление;
2. здравоохранение;
3. Образование;
4. Наука, культура;
5. Промышленное производство, группа «А»;

6. Промышленное производство, группа «Б»;
7. Сельское хозяйство;
8. Инфраструктура;
9. Студент вуза;
10. Студент техникума, колледжа;
11. Пенсионер.

Первоначально распределяется в соответствии с возрастом агента, а также с данными статистики о структуре занятости в базовом году по видам деятельности в пределах районов и распределении работников по уровню образования в пределах одного вида деятельности. В течение модельного времени меняется вследствие изменения возраста агента и/или в результате его *поведения*.

п. Трудовой потенциал. Принимает значение от 0 до 1. Является интегральной характеристикой, определяющейся двумя группами характеристик агента:

1. *Характеристики энергетического потенциала*, к которым относятся *<Здоровье>*, *<Способности>*, *<Способность к творчеству>* и *<Активность>*.

2. *Характеристики социального потенциала*, к которым относятся *<Квалификация>* (состоящая из *<Образования>* и *<Трудового стажа>*) и *<Отношение к труду>*.

Каждый показатель группы переводится в шкалу от 0 до 1:

$$x' = \frac{x - \min_{x \in X} (x)}{\max_{x \in X} (x) - \min_{x \in X} (x)}, \quad (1)$$

где x – исходное значение показателя у агента, x' – нормированное, а X – множество всех возможных значений данного показателя.

По каждой из групп показателей определяется соответствующий потенциал как среднее арифметическое нормированных значений показателей группы, а интегральное значение трудового потенциала определяется как среднее геометрическое из двух полученных групповых потенциалов. В описанной методике использован подход, представленный в (Гулин, 2009).

Трудовой потенциал агента изменяется в течение модельного времени с изменением частных характеристик.

о. Относительный трудовой потенциал. Является интегральной характеристикой, определяющейся как возможностями самого агента в качестве работника, так и востребованностью его достоинств со стороны «работодателя» – конкретной организации. Рассчитывается умножением *<Трудового потенциала>* агента на коэффициент k :

$$k = (1 + 0,125 * (SpeedCareer - 1) * (<Активность> - 1) + 0,5 * CreativWeight <Способность к творчеству>),$$

где *SpeedCareer* – скорость карьерного роста, а *CreativWeight* – ценность творчества для организации-места работы агента.

р. **Зарботная плата.** Первоначально задается случайным образом на интервале, границы которого определяются в соответствии с размерами заработной платы для вида деятельности агента, причем интервалы дифференцируются с учетом места жительства и уровня образования агента. Распределяется в соответствии со статистическими данными для базового года. В течение модельного времени меняется в соответствии с финансовыми результатами и кадровой политикой работодателя, а также с изменением трудового потенциала агента.

д. **Позитивное событие.** Принимает целочисленное значение, соответствующее году последнего позитивного изменения в карьере (для работающих агентов). Первоначально устанавливается равным году устройства на работу (<Базовый год> – <Трудовой стаж>). Если же зарплата агента больше средней по его референтной группе, то рассчитывается дата последнего повышения с учетом такой характеристики организационной культуры места работы агента, как скорость карьерного роста. В качестве референтной берется группа агентов, работающих в той же организации и имеющих тот же уровень образования. Изменяется в течение модельного времени при наступлении следующих событий: повышение уровня образования, устройство на новую работу и повышение зарплаты.

Оценка агентом-работником своего положения

1. Система ценностей:

Приоритетность основных критериев оценки агентом успешности жизни:

1. Уровень дохода;
2. Стабильность занятости (уверенность в завтрашнем дне);
3. Карьерный рост;
4. Самореализация.

Означает значимость каждого из критериев и представляет собой одномерный массив четырех чисел, каждое из которых есть вес соответствующего критерия (сумма весов равна 1). Массив заполняется следующим образом:

- Первоначально определяется номер приоритетного (ведущего) критерия. Так как критерий самореализации – особенно редко встречающийся, то распреде-

ление начинается с него. Если у агента *<Способность к творчеству>* = 1 и нормальное *отношение к труду* (> 1), то присваивается 4. Для остальных агентов номер приоритетного критерия зависит от темперамента: так, номера критериев 2 и 3 присваиваются агентам случайным образом с вероятностями соответственно $0,1 * (4 - \langle \text{Адаптивность} \rangle)$ и $0,1 * \langle \text{Экстраверсия} \rangle * \langle \text{Активность} \rangle$. По умолчанию номер приоритетного критерия равен 1.

- **Вес приоритетного критерия** задается случайным образом с помощью бета-распределения на интервале $[0,5, 1,0)$. Вес следующего критерия задается также с помощью бета-распределения на интервале $(0, 0,99 - \langle \text{Вес приоритетного критерия} \rangle)$. Вес третьего критерия – на интервале $(0, 0,99 - \langle \text{Вес приоритетного критерия} \rangle - \langle \text{Вес предыдущего критерия} \rangle)$. Для последнего оставшегося критерия вес вычисляется как разность между единицей и суммой весов остальных критериев.

2. Уровень притязаний:

Для всех критериев, составляющих *<Систему ценностей>*, устанавливаются пороговые значения, с которыми будут сравниваться текущие значения критериев.

Для критерия № 1 – минимально допустимый агентом уровень заработной платы, вычисляемый как доля от средней для агентов референтной группы. Таким образом, на пороговое значение данного критерия влияют как собственная характеристика личности агента – *<Образование>*, так и характеристики двух агентов внешней среды: *места работы* и *места жительства*.

Для критерия № 2 – признак потребности в стабильности, которая обусловлена только структурой личности. Равен 1, если *<Адаптивность>* = 1.

Для критерия № 3 – устанавливаются несколько пороговых значений:

- уровень образования, на который претендует агент, – «высшее» с вероятностью, равной $0,3 * \langle \text{Способности} \rangle$. По умолчанию – то, какое есть;
- зарплата, на которую претендует агент, составляющая 90% от средней в организации – месте работы агента для агентов с уровнем образования, на который он претендует;
- максимально допустимый срок, в течение которого не происходит положительных изменений в карьере – повышения зарплаты на службе или повышения уровня образования (если этот уровень не максимальный). Вычисляется по формуле: $3 * (4 - \langle \text{Импульсивность} \rangle)$.

Таким образом, на пороговые значения данного критерия влияют как собственные характеристики личности агента – *<Способности>*, *<Образование>*,

<Импульсивность>, *<Зарботная плата>*, а также динамика заработной платы, так и характеристики двух агентов внешней среды: *места работы* и *места жительства*.

Для критерия № 4 – признак наличия творческих способностей, обусловленный только структурой личности. Равен *<Способность к творчеству>*.

3. Состояние:

Принимает значения по шкале: «удовлетворенность», «недовольство», «возмущение» («готовность к действию») (0–2). Первоначально приравнивается к нулю, а затем рассчитывается на каждом шаге модельного времени по следующей схеме:

1) определяется *<Вектор неудовлетворенности>*;

2) вычисляется скалярное произведение двух векторов: *<Системы ценностей>* и *<Вектора неудовлетворенности>*.

3) полученная величина используется в качестве вероятности увеличения *<Состояния>* на 1.

Определение *<Вектора неудовлетворенности>*:

1. Текущая зарплата агента сравнивается с прожиточным минимумом в муниципальном районе – месте проживания агента. Если *<Зарплата>* ниже прожиточного минимума, а *<Состояние>* не достигло максимального значения (равного 2), то *<Состояние>* увеличивается на 1.

2. Определяется уровень неудовлетворенности по каждому из критериев (*<Вектор неудовлетворенности>*):

1) если *<Зарботная плата>* ниже порогового значения, то 1;

2) если *<Потребность в стабильности>* агента $>$ *<Признака стабильности>* для места его работы, то 1;

3) а) определяется уровень неудовлетворенности агента отдельными составляющими карьеры:

- образование (U^1). Если уровень образования ниже уровня притязаний, то $U^1 = 1$;

- зарплата (U^2). Если *<Зарботная плата>* ниже порогового значения, то $U^2 = 1$;

- карьерный рост (U^3). Если срок, в течение которого не произошло положительных изменений в карьере, больше максимально допустимого, то $U^3 = 1$.

б) определяется уровень неудовлетворенности агента карьерой в целом, который приравнивается 1 с вероятностью $(0,25 * U^1 + 0,25 * U^2 + 0,5 * U^3)$.

4) если *<Способность к творчеству>* агента $>$ *<Признака значимости творчества>* для места его работы, то 1.

Если *<Состояние>* увеличивается на 1, то устанавливается значение таймера состояния (срока ожидания):

(4 – *<Импульсивность>*),

(которое затем на каждом шаге модельного времени будет уменьшаться на 1).

Если же уровень недовольства максимальный, а срок ожидания истек, то агент совершает *действие (поведенческий акт)*.

Действия агента

Результатом выбора агентов могут являться следующие действия:

- a. *Поступление агента на учебу в вуз или колледж.*
- b. *Выбор места работы.*
- c. *Смена вида деятельности.*
- d. *Смена места жительства.*
- e. *Повышение или понижение усердия в труде.*

Функция полезности, которую максимизирует агент в процессе выбора действия, имеет вид: $(1 - (\text{Вектор недовольственности}))$. Рассчитывается по описанной выше схеме для организаций того района, в котором агент проживает, или во всех районах области – в зависимости от того, что является предметом выбора – место работы или место жительства.

Для расчета *<Вектора недовольственности>* используются данные о предлагаемых условиях на возможном месте работы агента:

1. Предложенная организацией зарплата, переведенная в шкалу от 0 до 1 по формуле (1);
2. *<Признак стабильности>* организации;
3. *<Скорость карьерного роста>* организации;
4. *<Признак значимости творчества>* организации.

При попытке реализовать выбранное действие агенты-жители региона сталкиваются с действиями других агентов и с предпочтениями экономических агентов следующего уровня иерархии – организациями, что приводит к конкуренции на рынке труда. Ниже в табл. 5 представлены условия выбора агентом различных вариантов действий, характеристики агента, которые изменяются в результате успешного выполнения каждого действия, а также указаны и альтернативные действия агента, если попытка оказывается безуспешной.

Таблица 5

№ п/п	Действие	Правила выбора	Изменяемые характеристики агента	Альтернативное действие
	Поступление на учебу	<ol style="list-style-type: none"> 1. $18 \leq \langle \text{Возраст} \rangle < 35$; 2. $\langle \text{Вид деятельности} \rangle = 0$ или $\langle \text{Состояние} \rangle = 2$ и <i>таймер состояния</i> = 0 3. наличие учебного заведения по $\langle \text{Месту жительства} \rangle$ или 4. $\langle \text{Активность} \rangle > 1$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\langle \text{Место жительства} \rangle$ • $\langle \text{Вид деятельности} \rangle$ • $\langle \text{Состояние} \rangle$ • <i>таймер состояния</i> устанавливается на срок обучения 	Устройство на работу
	Устройство на работу / Смена вида деятельности	<ol style="list-style-type: none"> 1. $18 \leq \langle \text{Возраст} \rangle < 60$ (55) 2. $\langle \text{Вид деятельности} \rangle = 0$ или 3. $\langle \text{Состояние} \rangle = 2$ и <i>таймер состояния</i> = 0 	<ul style="list-style-type: none"> • $\langle \text{Вид деятельности} \rangle$ • $\langle \text{Зарботная плата} \rangle$ • $\langle \text{Позитивное событие} \rangle$ • $\langle \text{Состояние} \rangle$ 	Изменение отношения к труду
	Смена места жительства	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\langle \text{Возраст} \rangle \geq 18$; 2. $\langle \text{Вид деятельности} \rangle > 0$. 3. $\langle \text{Адаптивность} \rangle > 1$; 4. недовольство по нескольким критериям 	<ul style="list-style-type: none"> • $\langle \text{Место жительства} \rangle$ • $\langle \text{Вид деятельности} \rangle$ • $\langle \text{Зарботная плата} \rangle$ • $\langle \text{Позитивное событие} \rangle$ • $\langle \text{Состояние} \rangle$ 	Смена вида деятельности
	Изменение отношения к труду	<ol style="list-style-type: none"> 1. $18 \leq \langle \text{Возраст} \rangle < 60$; 2. $\langle \text{Вид деятельности} \rangle > 0$ и имеет самый высокий ранг по значению функции полезности 3. $\langle \text{Состояние} \rangle = 2$ и <i>таймер состояния</i> = 0 	<ul style="list-style-type: none"> • $\langle \text{Состояние} \rangle$ • $\langle \text{Отношение к труду} \rangle$ • <i>таймер состояния</i> 	
		<ol style="list-style-type: none"> 1. $18 \leq \langle \text{Возраст} \rangle < 60$; 2. $\langle \text{Вид деятельности} \rangle > 0$ и имеет самый низкий ранг 3. $\langle \text{Состояние} \rangle = 2$ и <i>таймер состояния</i> = 0 	<ul style="list-style-type: none"> • $\langle \text{Состояние} \rangle$ • $\langle \text{Отношение к труду} \rangle$ • <i>таймер состояния</i> 	

1. Алгоритм поступления на учебу.

Создается ранжированный по убыванию потенциала агентов список абитуриентов, общий для всех районов области, в которых есть вузы и колледжи / техникумы (здесь подразумевается, что предпочтения учебных заведений одинаковы). Иными словами, абитуриенты «подают заявления» во все учебные заведения области.

Муниципальные образования ранжированы таким образом, что на первом месте город Вологда, на втором – город Череповец, а дальше муниципальные районы в соответствии с номером по классификатору. То есть, считается, что предпочтения абитуриентов одинаковы.

Далее учебные заведения по очереди, соответствующей их рангу, рассматривают абитуриентов последовательно, по убыванию их потенциала. Вероятность поступления агента-абитуриента зависит как от его потенциала, так и от места жительства. Сначала абитуриентов отбирают вузы, затем колледжи. Процедура зачисления абитуриентов позволяет устанавливать пары «студент – учебное заведение» за одну итерацию, что отличает ее как от алгоритма «отложенного принятия» (Gale, 1962), так и от алгоритма выбора вузов абитуриентами, описанного в (Кисельгоф, 2011).

2. Алгоритм устройства на работу / Смены вида деятельности.

В каждом районе создается список агентов, ищущих работу.

Организации района (виды деятельности), в которых есть вакансии, ранжируются по средней зарплате работников. После чего они создают свои списки агентов-претендентов, ранжированные по их относительному потенциалу. Затем для каждого агента из списка рассчитывают предложения по зарплате, соответствующие уровню образования и потенциалу агента, а также зарплатам собственных работников той же категории по следующим правилам:

- Если относительный потенциал агента-претендента равен нулю, то назначается минимальная в данной организации зарплата для работников с таким же образованием, что и у претендента.
- Если потенциал выше максимального для данной категории работников, то претенденту предлагается зарплата на 10% выше максимальной по данной категории.
- Если потенциал претендента меньше среднего потенциала для данной категории работников, то предлагаемая претенденту зарплата определяется вероятностным образом с помощью бета-распределения на интервале от минимальной до средней зарплаты для данной категории; если же потенциал выше средней, – то на интервале от средней до максимальной.

Агенты оценивают предложения организаций по значению функции полезности. Если у агента место работы имеется, то он удаляет те предложения, для которых значение функции полезности меньше, чем в его организации.

Вакансии заполняются в несколько этапов: на первом этапе на наиболее привлекательную для них работу устраиваются самые конкурентоспособные аген-

ты. Реализовано это следующим образом: просматриваются организации в порядке убывания их ранга, а внутри организаций – претенденты, также в порядке убывания их ранга. Если значение функции полезности данной организации для претендента $> 0,7$, то между ними заключается контракт.

Если в списке ищущих работу остались агенты, то запускается процедура второго этапа, на котором рассматриваются только претенденты, уже имеющие место работы.

Такой агент занимает первую вакансию, привлекательность которой выше привлекательности его места работы не менее чем на 10%. Если вакансия имеется только на собственном месте работы агента, то его зарплата повышается на 20%, а вакансия при этом сохраняется. В том случае, когда вакансий нет, с вероятностью $(0,25 * \langle \text{Адаптивность} \rangle)$ назначается вид деятельности «*Инфраструктура*», альтернатива – «*Изменение отношения к труду*».

На третьем этапе оставшиеся претенденты, не имеющие пока никакой работы, устраиваются на любую, где есть вакансия. Если вакансий нет, то назначается вид деятельности «*Инфраструктура*».

3. Алгоритм смены места жительства.

Процедура аналогична процедуре для действия «*Смена вида деятельности*», но рассматриваются организации разных районов того же вида деятельности, что у агента, причем те, для которых значение функции полезности в 1,5 раза больше, чем у организации агента. Такой порог отражает особенности нашего менталитета – слабую мобильность.

Место жительства агенты в модели могут менять и после окончания учебы в вузе или колледже – тогда часть из них возвращается в те районы, в которых они родились, а там уже ищут место работы по описанному выше алгоритму.

4. Изменение отношения к труду.

Если недовольному агенту не удалось улучшить свое положение с помощью перемены вида деятельности, но при этом его место работы в сравнении с другими оказалось самым привлекательным (имеет самый высокий ранг по значению функции полезности), то агент пытается улучшить свое положение в собственной организации и повышает усердие в труде – $\langle \text{Отношение к труду} \rangle$ умножается на повышающий коэффициент, равный 1,5. Если же его место работы имеет самый низкий ранг, но устроиться на другую работу ему не удастся, то агент «халтурит» – $\langle \text{Отношение к труду} \rangle$ умножается на понижающий коэффициент, равный 0,5.

4. АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ

Калибровка модели

Для калибровки модели использованы данные о состоянии Вологодской области в базовом (в качестве которого выбран 2004 год) и последующих годах, представленные в сборнике Росстата (Регионы России, 2009). Кроме того, использованы также данные, приведенные в (Амелин, 2006), в том числе результаты социологических опросов о социальных настроениях жителей Вологодской области.

Число агентов-муниципальных образований в модели 28: 26 муниципальных районов и два крупных города – Вологда и Череповец. Каждое агент-муниципальное образование включает восемь агентов-организаций – по числу видов деятельности, всего в модели содержится 224 агентов этого типа. При определении необходимого числа агентов-жителей учитывалось то, что таких агентов должно быть как можно больше из соображений максимального правдоподобия модели, так как присвоение свойств агентам этого типа осуществляется с помощью вероятностных распределений, обеспечивающих устойчивый результат только на больших множествах. В итоге при существующих ограничениях на объем оперативной памяти используемого компьютера было создано 7476 агентов этого типа из расчета шесть агентов от каждой тысячи жителей Вологодской области в базовом 2004 году (численность населения 1246 тыс. чел.).

Для расчета показателей общей налоговой нагрузки на различные отрасли и долей уплаченных ими налогов, оставляемых в бюджете муниципальных образований, использовались данные о вкладе отдельных отраслей в общий объем налоговых поступлений консолидированного бюджета области (Регионы России, 2009), а также данные о собственных доходах и расходах муниципальных районов и об объемах производства отраслей на их территории (Амелин, 2006, с. 65, 48, 49). Полученные коэффициенты представлены в табл. 6.

Таблица 6

Код	Налоговая база	Налоговая нагрузка, %	Доля, оставляемая в бюджете МР, %
1	Объем промышленного производства (группа «А»)	6,36	20
2	Объем промышленного производства (группа «Б»)	7	30
3	Объем сельскохозяйственного производства	6	60
4	Оборот отраслей инфраструктуры	7	50
5	Заработная плата работающих	13	30

Используемые в модели исходные значения индексов изменения рождаемости и смертности рассчитывались как среднее геометрическое соответствующих индексов за период с 2004 по 2008 годы, как показано в табл. 7.

Таблица 7

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Среднее геометрическое
Рождаемость	10,4	10,7	10,5	10,9	11,6	12,0	
Индекс рождаемости		1,029	0,981	1,038	1,064	1,034	1,029
Смертность	19,8	19,1	18,8	17,1	15,9	16,3	
Индекс смертности		0,965	0,984	0,910	0,930	1,025	0,962

Модель откалибрована таким образом, чтобы статистические данные, рассчитанные на множестве агентов, совпадали с реальными данными официальной статистики о численности населения каждого муниципального района и его половозрастном составе, а также о структуре занятости по видам деятельности, полу, возрасту и уровню образования работников с соответствующей дифференциацией заработной платы.

При определении размеров заработной платы агентов-людей использовались ее средние значения для занятых в различных отраслях, а также коэффициенты дифференциации заработной платы относительно средней для работников разного уровня образования. Коэффициенты, представленные в табл. 8, рассчитаны по данным 2004 года из сборника Росстата (Труд и занятость в России, 2007).

Таблица 8

Код	Вид деятельности	Общее	Среднее профессиональное	Высшее профессиональное	Руководители
1	Гос. управление	0,53	1,00	1,40	1,79
2	Здравоохранение	0,53	1,00	1,40	1,78
3	Образование	0,43	0,74	1,25	1,79
4	Наука	0,66	1,23	1,53	2,86
5	Промышленность «А»	0,66	1,16	1,35	1,44
6	Промышленность «Б»	0,66	1,10	1,23	1,73
7	Сельское хозяйство	0,82	1,20	1,35	1,73
8	Инфраструктура	0,82	1,45	1,89	2,64

Так как при установке начального состояния модели для присвоения численных значений характеристик агентов широко используются вероятностные распределения, то при анализе точности калибровки модели использовались усредненные по нескольким экспериментам данные.

В табл. 9 приведено сравнение полученной в результате работы модели динамики численности населения Вологодской области с официальными данными Росстата.

Таблица 9

	Численность населения, тыс. чел.				
	2004	2005	2006	2007	2008
Результат работы модели	1246	1227	1218	1213	1208
Данные статистики	1246	1235	1228	1223	1218
Отклонение, %	0,00	-0,65	-0,81	-0,82	-0,82

Средняя зарплата агентов в модели составила в базовом 2004 году 7010,1 руб. при официальном уровне в 6970,6 руб. (отклонение 0,57%).

При анализе адекватности отражения в модели уровня удовлетворенности жизнью жителей Вологодской области использовались данные, полученные в результате социологических опросов об их настроениях, проводившихся ВНКЦ ЦЭМИ РАН (Амелин, 2006, с. 78). При этом процент удовлетворенных своим положением агентов в модели сравнивался с процентом жителей, которые на вопрос анкеты «Что Вы могли бы сказать о своем настроении в последние дни?» выбрали вариант ответа «Нормальное состояние, прекрасное настроение». В табл. 10 показано это сравнение на данных базового 2004 года.

Таблица 10

Объект	Данные опроса, %	Результат работы модели, %	Отклонение, %
Вологодская область	56,0	57,1	1,96
г. Вологда	57,2	56,0	-2,10
г. Череповец	57,3	57,4	0,17

Правда, следует заметить, что эти данные можно использовать лишь в качестве ориентира, так как в модели оценивается состояние только занятого населения, а не настроения репрезентативной выборки, как при проведении опроса.

Таким образом, полученная модель достаточно точно отражает существенные для данной постановки задачи особенности социально-экономического состояния выбранного региона и может быть использована для его имитации.

Примеры экспериментов

С использованием модели «Губернатор» были проведены численные эксперименты по имитации динамики состояния населения Вологодской области, ее му-

ниципальных районов и предприятий на их территории при разных значениях управляемых параметров модели.

Эксперимент 1. Управление распределением доходов консолидированного бюджета между бюджетами двух уровней. Управляемые параметры – доли налоговых поступлений, собираемых на территории муниципальных образований, остающихся в их бюджете. Общая налоговая нагрузка на предприятия различных отраслей, а также на работающих жителей области не увеличивается, но поступающие в виде налогов средства по-разному распределяются между бюджетами двух уровней.

Базовый (первый) вариант распределения в 2004 году представлен выше в таблице 6. Во втором варианте в бюджет муниципальных районов поступает 50 % от налога на доходы физических лиц. Третий вариант увеличивает до 60 % (до уровня, предусмотренного для сельского хозяйства) долю бюджетов муниципальных районов во всех собираемых налогах, кроме налога отрасли «Промышленность группы «А», доля для которой оставлена на прежнем уровне в 20 %.

Целью эксперимента было проследить влияние перераспределения налоговых поступлений на такие характеристики муниципальных районов, как самообеспеченность их бюджетов и бюджетная обеспеченность на 1 жителя (итоговая, то есть, после распределения дотаций). Результаты представлены в табл. 11.

Таблица 11

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Бюджетная обеспеченность на 1 жителя, тыс. руб.			
Средняя	11,02	12,13	13,94
Минимальная	8,0	8,9	9,7
Максимальная	14,3	15,2	19,9
Самообеспеченность бюджетов, %			
Средняя	61,6	65,1	67,5
Минимальная	42,8	48,2	49,6
Максимальная	87,4	88,1	91,0

Из данных табл. 11 видно, что хотя средний объем бюджета муниципальных районов, приходящийся на одного жителя, возрастает во втором и в третьем варианте (на 10,1 и 26,5 % соответственно), но одновременно возрастает и дифференциация районов по этому показателю. Кроме того, в последнем варианте областной бюджет получается дефицитным, то есть, нет возможности поддерживать вложения регионального бюджета в промышленность и сельское хозяйство на за-

данном (фактическом) уровне за счет собственных средств, как это было предусмотрено в первых двух вариантах.

Именно по этим причинам не рассматривались варианты с увеличением доли отчислений в бюджеты районов для отрасли «Промышленность группы «А», так как к ней относится единственное предприятие области – Череповецкий металлургический комбинат, обеспечивавший в 2004 году 39% всех налоговых поступлений Вологодской области. Очевидно, что тогда и дифференциация районов была бы еще больше, и дефицит регионального бюджета еще ощутимее.

Что касается показателя самообеспеченности бюджетов, то рассмотренные варианты отличаются как доходами, так и расходами бюджетов районов. Более показательным было бы сопоставить разные варианты доходов в предположении, что расходы остаются на уровне первого варианта распределения налоговых поступлений. Соответствующее сопоставление показано на рис. 6. На рисунке 6 видно, что при третьем варианте доходы семи муниципальных образований превышают расходы базового варианта (самообеспеченность бюджетов свыше 100%), а доходы бюджетов еще пяти районов почти покрывают расходы (самообеспеченность больше 90 %). Однако даже и такое перераспределение налоговых поступлений большинству муниципальных районов не позволяет обойтись без дотаций.



Рис. 6. Сопоставление самообеспеченности расходов варианта 1 при разных вариантах доходов

Эксперимент 2. Управление бюджетными расходами на здравоохранение. Управляемый параметр – норматив бюджетных расходов на здравоохранение в расчете на одного жителя области. В модели здоровье агентов-жителей может принимать значения «слабое», «нормальное» и «отличное» (1, 2, 3). Причем, первоначально заданное значение для агентов старше девятнадцати лет может убывать с увеличением их возраста, а также при сокращении норматива расходов бюджета на услуги по здравоохранению. Считается, что эти факторы вносят равный вклад в вероятность ухудшения здоровья агента p , рассчитываемую по формуле:

$$p = 0,011 * (<Возраст> - 20) + 0,5 * (1 - NormHealth / BegNormHealth),$$

где $NormHealth$ – норматив расходов бюджета на услуги по здравоохранению в текущем году, а

$BegNormHealth$ – этот же норматив в базовом 2004 году.

Целью эксперимента было проследить влияние снижения норматива бюджетных расходов на такие интегральные характеристики, как доля практически здоровых среди занятого населения ($<Здоровье>$ агентов > 1), а также удельный трудовой потенциал. Для этого были проведены сценарные расчеты на периоде от 2004 до 2008 года при следующих вариантах социальной политики:

- Вариант 1 (базовый) – норматив оставался одинаковым на протяжении всего периода;
- Вариант 2 – норматив в 2005 году был снижен на 5%, а в последующие годы оставался на том же уровне;
- Вариант 3 – норматив так же, как и во втором варианте, однократно был снижен в 2005 году на 11%.

Сопоставление полученных результатов представлено в табл. 12.

Таблица 12

	2005	2006	2007	2008
Доля практически здоровых агентов, %				
Вариант 1	71,2	70,1	69,8	70,2
Вариант 2	69,6	69,4	68,6	68,8
Вариант 3	66,0	66,7	66,9	67,0
Удельный трудовой потенциал агентов				
Вариант 1	0,392	0,388	0,386	0,3865
Вариант 2	0,39	0,3855	0,383	0,384
Вариант 3	0,389	0,3855	0,3825	0,385

В этом эксперименте предполагается, что нормативы заданы в ценах базового года. Поэтому снижение норматива во втором и в третьем вариантах можно

считать инфляцией, причем третий вариант примерно соответствует уровню инфляции 2005 года.

Из данных табл. 12 видно, что доля практически здоровых работников снижается в каждом последующем варианте, то есть, снижение финансирования системы здравоохранения в модели приводит к ухудшению состояния здоровья населения. Поскольку показатель здоровья входит составной частью в трудовой потенциал агентов, то и среднее значение трудового потенциала должно снижаться при ухудшении их здоровья. В табл. 12 удельный потенциал для разных вариантов отличается незначительно, однако сравнение поведения индексов этого показателя относительно значения в начальной точке (рис. 7) свидетельствует о влиянии финансирования здравоохранения на работоспособность агентов.

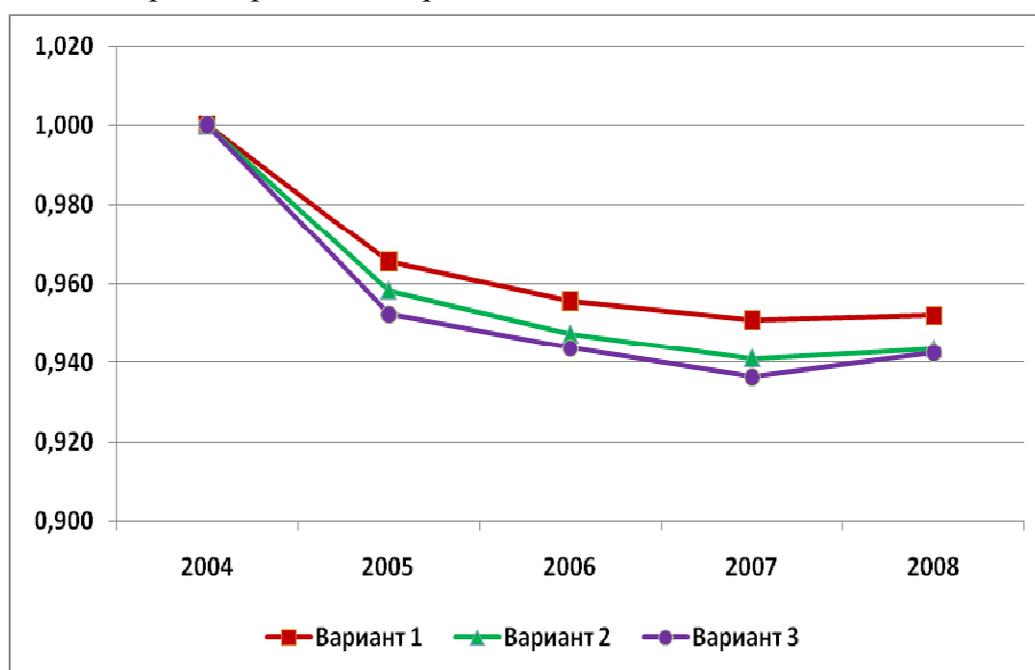


Рис. 7. Сопоставление динамики индекса удельного трудового потенциала

Эксперимент 3. Управление взаимоотношениями организаций и их работников. Управляемые параметры – характеристики организационной культуры видов деятельности, такие как ценность творчества работников и скорость их карьерного роста. В модели принимается, что вклад каждого агента-работника в общий результат пропорционален его относительному потенциалу, который, как описано выше, зависит и от возможностей самого агента в качестве работника, и от востребованности его активности и креативности со стороны его организации-работодателя. Таким образом, изменение соответствующих параметров организационной культуры агентов-предприятий должно влиять на относительный потенциал их работников.

Кроме того, для оценки степени использования трудового потенциала работников вводится вспомогательная характеристика максимального трудового потенциала агента, который рассчитывается по формуле относительного потенциала при следующих предположениях:

- здоровье агента сохранено на уровне, полученном им при рождении;
- отношение агента к труду не ухудшалось;
- организационная культура такова, что максимально востребованы и креативность, и активность агентов-работников.

Тогда уровень использования трудового потенциала агента-человека оценивается отношением фактически реализованного им трудового потенциала к максимальному. Аналогично оценивается и уровень использования агрегированного трудового потенциала для агентов вышестоящих уровней.

Целью эксперимента было проследить влияние изменений в организационной культуре предприятий на такие интегральные характеристики агентов второго типа и Вологодской области в целом как доля работников, удовлетворенных жизненными обстоятельствами; удельный относительный потенциал работников, а также степень использования этого потенциала. Для этого на данных 2004 года были проведены расчеты при следующих вариантах изменения характеристик организационной культуры:

- Вариант 1 (базовый) – первоначальные значения характеристик всех видов деятельности, представленные в таблице 1;
- Вариант 2 – характеристика *<Ценность творчества>* у вида деятельности «**Промышленность группы “А”**» повышается до 1;
- Вариант 3 – в дополнение к варианту 2 у вида деятельности «**Промышленность группы “А”**» характеристика *<Скорость карьерного роста>* повышается до 3;
- Вариант 4 – в дополнение к варианту 3 у вида деятельности «**Промышленность группы “Б”**» характеристика *<Ценность творчества>* повышается до 1.

Сопоставление полученных результатов представлено в табл. 13.

Из данных табл. 13 видно, что каждый следующий вариант характеристик организационной культуры промышленных предприятий увеличивает и средний по отрасли относительный потенциал, и степень его использования, и долю работников, удовлетворенных своим положением. Причем, так как численность агентов, занятых в этих отраслях, достаточно велика, то эти же тенденции наблюдаются и для региона в целом, хотя там рост не столь значителен – уровень удовлетво-

сти работников в четвертом варианте по сравнению с первым увеличился на 5%, потенциал на 4%, а использование потенциала – на 2,8%.

Таблица 13

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Промышленность группы «А»				
Средний относительный потенциал	0,467	0,525	0,575	0,575
Использование потенциала, %	82,0	88,6	100,0	100,0
Уровень удовлетворенности, %	64,4	70,0	72,6	72,6
Промышленность группы «Б»				
Средний относительный потенциал	0,547	–	–	0,593
Использование потенциала, %	92,9	–	–	100,0
Уровень удовлетворенности, %	50,0	–	–	61,1
Вологодская область в целом				
Средний относительный потенциал	0,525	0,535	0,533	0,546
Использование потенциала, %	91,9	92,4	93,1	94,5
Уровень удовлетворенности, %	56,5	56,5	57,5	59,4

На рис. 8 показано сопоставление индексов всех трех показателей, полученных при разных вариантах управляющих воздействий для Вологодской области в целом относительно их значений в базовом (первом) варианте.

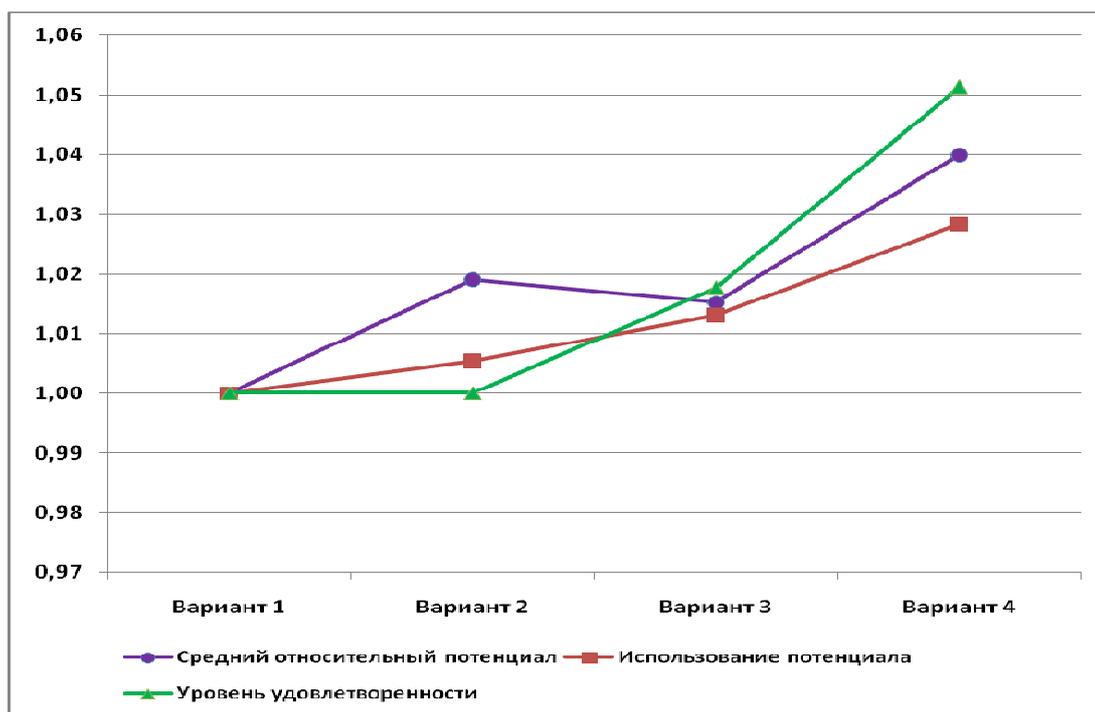


Рис. 8. Сравнение выходных характеристик рассмотренных вариантов изменения организационной культуры с базовым вариантом

По данным табл. 13 прирост удельного относительного потенциала в четвертом варианте по сравнению с базовым для промышленных предприятий группы

«А» составил 23,1%, а для группы «Б» – 8,4%. Очевидно, что это должно вызывать и прирост объемов производства, хотя эта связь зависит от отраслевых особенностей, к тому же и не линейна. В целом, можно сказать, что изменение организационной культуры промышленных предприятий, поощрение творческой активности их работников, в модельном эксперименте улучшает настроение этих работников, позволяет им более полно реализовать свои возможности и повысить производительность труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение хочется подчеркнуть, что разработанная мультиагентная модель представляет собой попытку создания инструмента для апробации механизмов регионального управления с учетом человеческого фактора. Вот те основные особенности модели, которые делают ее таким инструментом:

В первую очередь, это моделирование структуры региона как сложной иерархической системы, включающей самостоятельных экономических агентов разного уровня, где основой служат агенты – жители региона.

Во-вторых, это моделирование структуры личности и поведения агентов с учетом их дифференциации, что позволяет отследить различное влияние управленческих мер на отдельных агентов и группы таких агентов. Общество неоднородно, и это может оказаться существенным для прогнозирования его реакции на изменение экономической ситуации и/или правил игры, задаваемых сверху. Это перекликается с подходом поведенческой экономики, а, по мнению Делавиньи, «нужно шире применять идеи поведенческой экономики в государственной политике» (Делавинья, 2011(в), С. 106)

И, в-третьих, – это построение цепочек зависимостей, позволяющих смоделировать также и ответное влияние состояния и трудовой деятельности агентов-людей на показатели региона. В модели такое влияние учитывается с помощью различных процедур агрегирования характеристик агентов нижестоящих уровней для получения характеристик агентов следующих уровней.

Таким образом, с помощью процедур расчета параметров бюджетов двух уровней, процедур расчета состояний агентов-жителей региона и моделирования их поведения в качестве работников, а также механизмов последующего агрегирования их трудовых потенциалов, выстраиваются цепочки влияния действий пользователя на выходные параметры модели. Фактически, такой подход позволяет моделировать причинно-следственные связи, лежащие в основе построения сбалансированной системы показателей (ССП или “Balanced ScoreCard” (Каплан, 2003)). И хотя СПП была разработана Д. Нортон и Р. Капланом для управления устойчивым развитием корпораций, но в последние годы этот подход применяется и для управления развитием территорий, например, при разработке системы мониторинга реализации стратегии социально-экономического развития региона (Сушко, 2010(а)).

Представленная разработка носит практическую направленность, поэтому большое значение имеют характеристики программной реализации модели, такие как возможность ее адаптации к условиям разных регионов, удобный интерфейс, надежная информационная база. Важнейшим же свойством мультиагентной модели региона является ее способность служить платформой для имитации самых разнообразных социально-экономических процессов, в которых участвуют люди, а значит, и для постановки самых разнообразных задач управления этими процессами.

ЛИТЕРАТУРА

- Амелин Д.Е. Местное самоуправление в региональном развитии / Д.Е. Амелин. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2006. – 182 с.
- Бахметова Г.Ш. Методы демографического прогнозирования. М.: Финансы и статистика, 1982.
- Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики / А.Р. Бахтизин. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2008. – 279 с.
- Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. – 128 с.
- Глазырин М.В. Инновационный социально-производственный комплекс на уровне муниципального образования / М.В. Глазырин ; Центр. эконом.-математ. ин-т РАН. – М. : Наука, 2007. – 307 с. – ISBN 5-02-034327-7 (в пер.).
- Гришина Е.Н., Лаптева И.П., Трусова Л.Н. Применение непараметрических методов изучения взаимосвязи в технологии оценки персонала // Вопросы статистики, М., 2010. – №10 – С. 50-52.
- Гулин К.А. Трудовой потенциал региона [Текст] / К.А. Гулин, А.А. Шабунова, Е.А. Чекмарева; под рук. д.э.н., проф. В.А. Ильина. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. – 84 с.
- Делавинья С. (а) Психология и экономика: результаты эмпирических исследований. Часть I. Нестандартные предпочтения // Вопросы экономики, М., 2011. — №4 – С. 47-77.
- Делавинья С. (б) Психология и экономика: результаты эмпирических исследований. Часть II. Общественно ориентированные предпочтения и нестандартные убеждения // Вопросы экономики, М., 2011. — №4 – С. 56-74.
- Делавинья С. (в) Психология и экономика: результаты эмпирических исследований. Часть III. Нестандартное принятие решений и реакция рынка // Вопросы экономики, М., 2011. — №4 – С. 82-106.
- Ерзнкян Б.А. Индивидуальные предпочтения в сложных социально-экономических системах / Препринт #WP/2010/273. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – 78 с. (Рус.).
- Закон Вологодской области № 1308-ОЗ от 4 июля 2005 года «О межбюджетных трансфертах в Вологодской области».
- Здравоохранение в России. 2007: Стат.сб. / Росстат. – М., 2007. – 355 с.
- Инновационное развитие региона: потенциал, институты, механизмы / под общ. ред. Г.Б. Клейнера, С.С. Мишурова. – Иваново : Иван. гос. ун-т, 2011. – 200 с. – ISBN 978-5-7807-0894-0.

- Калмыкова И.Ю., Юдкевич М.М. Экономика и эмоции // Психология. Журнал Высшей школы экономики, М.: ГУ ВШЭ, 2006. – Т. 3, №3. – С. 61-87.
- Камерон К., Куинн Р. Диагностика и измерение организационной культуры. – СПб.: Питер, 2001.
- Канеман Д., Тверски А. Рациональный выбор, ценности и фреймы // Психологический журнал. – 2003. – Т. 24. – №4. – С. 31-42.
- Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: Олимп-Бизнес, 2003 г., 304 с.
- Кисельгоф С.А. Выбор вузов абитуриентами с квадратичной функцией полезности : препринт WP7/2011/01 [Текст] / С.А. Кисельгоф ; Высшая школа экономики. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 44 с.
- Клейнер Г.Б. Нанозкономика // Вопросы экономики, 2004. – №12. – С. 70-93.
- Лукьянова А.Л. Отдача от образования: что показывает метаанализ : Препринт WP3/2010/03/. – М.: Издательский дом Государственного университета – Высшей школы экономики. – 60 с.
- Макаров В.Л. Социальный кластеризм. Российский вызов / М.: Бизнес Атлас, 2010. – 272 с.
- Образование в России. 2003: Стат.сб. / Госкомстат России. – М., 2003. – 414 с.
- Ощепков А.Ю. Неравенство в заработках: роль профессий : препринт WP3/2011/03/ [Текст]/ А.Ю. Ощепков ; Высшая школа экономики. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 84 с.
- Промышленность России. 2008: Стат.сб. / Росстат – М., 2008. – 381 с.
- Рамперсад Х.К. Универсальная система показателей деятельности: Как достигать результатов, сохраняя целостность. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: Стат. сб. / Росстат. – М., 2009. – 990 с.
- Симонов П.В., Ершов П.М. Темперамент. Характер. Личность. М., 1983.
- Судаков К.В. Общие принципы построения поведенческих актов на основе теории функциональных систем // Системные механизмы поведения / Под ред. К.В. Судакова, М. Баича. М., 1990.
- Суслова О.М. Теоретико-методологические вопросы исследования человеческого капитала // Экономическая наука современной России, 2011, – №1, С. 72-82.
- Сушко Е.Д. (а) Система мониторинга как необходимое условие реализации стратегии социально-экономического развития региона / Теория и практика институциональных преобразований в России / Сборник научных трудов под ред. Б.А. Ерзнкяна. Вып. 16. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – С. 137-145.
- Сушко Е.Д. (б) Трудовой потенциал в агент-ориентированной модели региона / Системное моделирование социально-экономических процессов : труды 33-й Международной

- научной школы-семинара, Звенигород, 1-5 октября 2010 г. : в 3 ч. / под ред. В.Г. Гребенникова, И.Н. Щепиной, В.Н. Эйтингона. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. – С. 300-301.
- Сушко Е.Д. Поведение людей и трудовой потенциал в имитационной модели региона // Вестник университета. – М.: Издательский дом ФГБОУВПО «Государственный университет управления», 2011. – №3. – С. 183-186.
- Сушко Е.Д. Взаимодействие и взаимное влияние экономических агентов разного уровня в мультиагентной модели региона / труды 34-й Международной научной школы-семинара, Светлогорск, Калининградская обл., 26 сентября – 1 октября 2011 г. : в 2 ч. / под ред. В.Г. Гребенникова, И.Н. Щепиной, В.Н. Эйтингона. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, Часть 1. – 2011. – С. 197-201.
- Труд и занятость в России. 2007: Стат.сб. / Росстат. – М., 2007. – 611 с.
- Указ Президента РФ от 28 апреля 2008 года №607 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов».
- Указ Президента РФ от 28 июня 2007 года №825 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации».
- Шахотько Л.П., Терещенко С.М. Компьютерное решение задачи построения демографических прогнозов // Вопросы статистики, 1999, – № 10, С.57-65.
- Холл Кэлвин С., Линдсей Гарднер. Теории личности / Холл К., Линдсей Г.; пер. с англ. – М.: Изд-во Института психотерапии, 2008. – 672 с.
- Bloomquist K.M. A comparison of agent-based models of income tax evasion / Social Science Computer Review, 24 (2006), 4, pp. 411-425
- Gale D., Shapley L.S. College Admissions and the Stability of Marriage / American Mathematical Monthly, vol. 69 (Jan., 1962), 9-14 pp.
- Handbook of Research on Agent-Based Societies: Social and Cultural Interactions / Goran Trajkovski and Samuel G. Collins, editors. – New York: Information Science Reference Hershey, 2009. – 412 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Структура исходной информации

1. Показатели для области в целом:

- 1) Прожиточный минимум, руб./мес.
- 2) Средняя заработная плата работающих, руб./мес.
- 3) Средний размер начисленных пенсий по старости, руб./мес.
- 4) Число рождений на 1 женщину фертильного возраста в год.
- 5) Индекс рождаемости.
- 6) Численность мужчин по возрастам, тыс. чел.
- 7) Численность женщин по возрастам, тыс. чел.
- 8) Смертность мужчин по возрастам.
- 9) Смертность женщин по возрастам.
- 10) Индекс смертности.

2. Показатели муниципальных районов:

- 1) Код района по классификатору.
- 2) Название района.
- 3) Площадь территории, тыс. км².
- 4) Численность населения, тыс. чел.
- 5) Средняя заработная плата, руб./мес.
- 6) Доля населения моложе трудоспособного возраста, %.
- 7) Доля населения трудоспособного возраста, %.
- 8) Доля населения старше трудоспособного возраста, %.
- 9) Производство промышленной продукции (крупные предприятия), млн руб.
- 10) Производство промышленной продукции (остальные предприятия), млн руб.
- 11) Производство сельскохозяйственной продукции, млн руб.
- 12) Оборот остальных отраслей-доноров, млн руб.
- 13) Численность занятых по видам деятельности, тыс. чел.
- 14) Прием в вузы, тыс. чел.
- 15) Прием в техникумы, колледжи, тыс. чел.
- 16) Собственные доходы бюджета, млн руб.
- 17) Расходы бюджета, млн руб.

3. Показатели организаций:

- 1) Код вида деятельности по классификатору.
- 2) Название вида деятельности.
- 3) Численность занятых, тыс. чел.
- 4) Доля женщин, %.
- 5) Объем производства, млн руб.
- 6) Доля налоговых отчислений в консолидированный бюджет, % (от объема производства).
- 7) Доля налоговых отчислений в бюджет муниципального района, % (от общего размера налоговых отчислений).
- 8) Среднемесячная заработная плата работников, руб.
- 9) Распределение занятых по уровню образования, % (от общей численности).
- 10) Коэффициенты дифференциации зарплаты в зависимости от уровня образования работников, % (от средней зарплаты).
- 11) Вес трудового потенциала работников.
- 12) Признак стабильности.
- 13) Признак востребованности творческих способностей работников.
- 14) Скорость карьерного роста.