

0- 810687

На правах рукописи



**Пичугин Артем Олегович**

**Исследование, моделирование и анализ эффективности децентрализованных  
социально-экономических систем**

Специальность 08.00.13 – Математические  
и инструментальные методы экономики

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

**Москва – 2015**

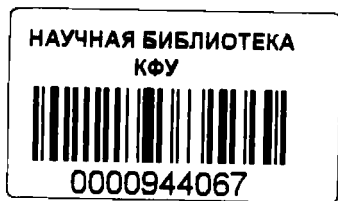
Работа выполнена на кафедре Прикладной математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)»

**Научный руководитель:**

кандидат экономических наук  
**Романников Александр Николаевич**

**Официальные оппоненты:**

**Терелянский Павел Васильевич**  
доктор экономических наук, кандидат  
технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО  
«ВолгГТУ», заведующий кафедрой  
Информационных систем в экономике



**Тихомиров Николай Петрович**  
доктор экономических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»,  
заведующий кафедрой Математических  
методов в экономике

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки «**Центральный  
экономико-математический институт  
Российской Академии Наук**»

Защита состоится «27» мая 2015 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.151.01 на базе МЭСИ по адресу: 119501, г. Москва, ул. Нежинская, д.7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте МЭСИ  
<http://www.mesi.ru>.

Автореферат разослан «3/» марта 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

И.Н. Мастяева

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Социально-экономические системы являются необходимым и обязательным компонентом современного мироустройства. На сегодняшний день ни один экономический субъект не способен быть эффективным, находясь вне взаимодействия с другими экономическими субъектами. На этой логике базируются принципы разделения труда, принципы мировой торговли и в целом товарно-денежных отношений.

Социально-экономические системы являются основой прогресса во всех сферах жизни человека. Это означает, что эффективность этих систем определяет скорость, направление и качество этого прогресса, обуславливает уровень жизни отдельного взятого агента. Разработка путей повышения эффективности социально-экономических систем в таком случае является перспективным и важным направлением для науки.

Любая система, в том числе и социально-экономическая, состоит из элементов и связей между ними. При фиксированном наборе таких элементов изменить эффективность системы можно только через изменение взаимосвязей, а также изменение функций отдельных элементов. И по этим двум параметрам социально-экономические системы можно разделить на два типа: централизованные (иерархические) и децентрализованные.

Современная наука достаточно хорошо продвинулась в изучении социально-экономических систем именно иерархического типа, в том числе выделив отдельные функции, которыми характеризуется управление в этом типе систем. В этих системах всегда присутствует элемент, который осуществляет управление системой, а именно выполняет функции: планирования, организации, мотивации, контроля, координации. Эти функции могут быть делегированы и другим элементам системы для управления отдельными подсистемами, однако ответственность за управление целиком всей системой лежит на одном элементе, который является высшим уровнем иерархии, центром принятия решений.

Децентрализованные системы с этой точки зрения являются более сложными: в них отсутствует элемент, ответственный за управление всей системой. Каждый ее элемент принимает решения самостоятельно и не имеет формальных оснований навязывать их другим элементам системы, хотя в ней и могут возникать лидеры. В этом типе систем представляет сложность и понимание того, каким образом представлены классические функции управления, применимые в иерархических системах.

Поскольку тип социально-экономической системы образуется за счет взаимодействия самих элементов системы (не устанавливается извне), то описанные

сложности в понимании функционирования децентрализованных систем делают их гораздо менее привлекательными для внедрения, чем иерархические, которые обладают относительной простотой.

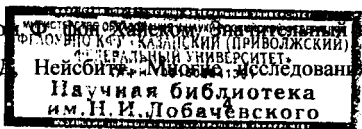
При этом изучение децентрализованных систем не было бы актуальным, если бы они не обладали определенными преимуществами: высокой адаптивностью, высокой структурной устойчивостью, большей защищенностью от некомпетентности.

Описанные выше достоинства могли бы обладать значительной привлекательностью для социально-экономических систем, характеризующихся соответствующими целями функционирования и другими особенностями. На текущий момент ряд компаний и проектов используют в своей деятельности именно децентрализованные системы управления: Valve, 37Signals, WM Gore, Zappos, свободно распространяемая ОС Linux. Однако дальнейшее их распространение затруднено из-за недостаточно высокой степени проработанности этого направления науки.

В дополнение к этому современное развитие информационных технологий и все большее распространение сети Интернет среди населения снижают транзакционные издержки, в частности издержки по координации и контролю реализации определенных договоренностей между элементами социально-экономических систем. Именно эти транзакционные издержки создают значительную проблему в функционировании децентрализованных социально-экономических систем. Снижение этих издержек еще больше повышает привлекательность такого типа систем и обуславливает актуальность проведения исследований в области анализа их функционирования и их эффективности.

**Степень разработанности темы.** Основы и понятия теории систем были заложены в работах Н. Винера, У. Эшби, Л. Бергаланфи, С. Бира, Х. фон Ферстера, А. Умова, Е. Седова, Дж. фон Неймана, Н. Кобринского. Многими из перечисленных авторов были заложены основные общесистемные принципы и законы. В частности, У. Эшби был сформулирован первый фундаментальный закон кибернетики, имеющий название «закона необходимого разнообразия», а Е. Седовым закон иерархических компенсаций. Однако эти основополагающие законы не рассматривались в комплексе и при анализе социально-экономических систем. Среди современных ученых, внесших значительный вклад в этой области, стоит отметить Попкова Ю.С., Дятлова С.А., Циреля С.В., Кретова С.И., Лагошу Б.А., Месаровича М., Мако Д., Такахару И.

Многие авторы занимались изучением децентрализованных социально-экономических систем. Их основы были заложены А. Смитом и существенно развиты нобелевским лауреатом Р. Коудом. Вклад также внесли Л. Кор, Д. Белл, Э. Тоффлер, Д. Нейбит, М. Миллер. Исследования в этой области посвящены



проблемам перехода из централизованных социально-экономических систем к децентрализованным, однако, очень мало исследований посвящено обратному переходу: из децентрализованных систем к централизованным. Малое внимание также в работах уделяется ключевым особенностям иерархических систем, которые делают их устойчивыми и стабильными даже в условиях повышенного давления со стороны внешней среды. Среди современных ученых в этой области, стоит отметить Тренёва Н.Н., Мамченко О.П., Шаброва О.Ф.

Описанные выше обстоятельства определили выбор темы исследования, его цель, задачи и научную новизну.

#### **Цель и задачи исследования.**

Целью диссертации является исследование, моделирование и анализ эффективности децентрализованных социально-экономических систем.

Для достижения сформулированной цели в диссертационной работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Провести исследование социально-экономических систем макроуровня на примере института государства с точки зрения реализации иерархического и децентрализованного подходов, классифицировать виды государственного устройства по степени централизации и воздействия на социально-экономические подсистемы, выявить общую тенденцию развития государств по отношению к централизации управления.
2. Проанализировать социально-экономические системы мезоуровня на примере отраслевой структуры экономики с точки зрения реализации иерархического и децентрализованного подхода, выявить эффективность взаимодействия рыночных структур с окружающей средой, классифицировать системы по критерию централизации управления и соответствию потребностям внешней среды.
3. Провести анализ социально-экономических систем микроуровня на примере функционирования фирмы с точки зрения реализации иерархического и децентрализованного подхода, классифицировать организационные структуры по степени централизации, выявить зависимость эффективности системы от соответствия структуры ее целям и задачам.
4. Разработать математическую модель эффективности социально-экономических систем, основанную на критерии соответствия разнообразию внешней среды.

5. Смоделировать процесс принятия решения о выборе типа социально-экономической системы с позиции взаимодействия агентов экономической деятельности.
6. Построить математическую модель механизма взаимодействия элементов внутри децентрализованных систем, дать рекомендации с целью повышения их устойчивости.
7. Провести анализ эффективности взаимодействия государства и общества с точки зрения построенной модели повышения эффективности социально-экономических систем.
8. Провести анализ эффективности функционирования отрасли образования с точки зрения построенной модели эффективности социально-экономических систем, разработать концепцию развития системы ВПО.
9. Провести апробацию модели эффективности децентрализованных социально-экономических систем на примере некоммерческого образовательного проекта и разработать методику оценки его эффективности.

**Объектом исследования** выступают социально-экономические системы, их виды и цели.

**Предметом исследования** являются методы и модели оценки эффективности социально-экономических систем.

**Область исследования.** Работа выполнена в соответствии с п. 1.9 «Разработка и развитие математических методов и моделей анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов общественной жизни: демографических процессов, рынка труда и занятости населения, качества жизни населения и др.», а также в соответствии с п. 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений» паспорта специальностей ВАК при Министерстве образования и науки РФ (экономические науки) по специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики».

**Теоретико-методологическая основа исследования.** Теоретическую базу исследования составили работы отечественных и зарубежных авторов в области общей теории систем, микроэкономической теории, теории институциональной экономики, теории права и государства, педагогики.

Методологической основой проведения исследования являются системный анализ, методы оптимизации, методы агентного моделирования, дизайн механизмов, теория игр, теория вероятности, аппарат актуарных расчетов.

Сбор, обработка данных и имитационное моделирование осуществлялись при помощи следующего программного обеспечения: MS Excel, NetLogo.

**Информационную базу исследования** составили материалы периодических печатных и электронных изданий в области анализа и моделирования социально-экономических систем, в области образовательных технологий, материалы научно-практических конференций, публичные данные информационных агентств, законодательные акты РФ и проекты стратегий развития отраслей РФ.

**Научная новизна исследования.** В диссертационном исследовании разработаны математические модели и общая методика их применения для анализа эффективности социально-экономических систем, в результате чего формулируется концепция развития системы и ее взаимодействия с внешней средой через аспект централизации/децентрализации, а также формулируется теоретическая основа для анализа эффективности и выбора уровня децентрализации в условиях обеспечения выполнения целей и задач социально-экономической системы.

Наиболее существенными результатами, полученными автором самостоятельно, являются:

1. В работе построена энтропийная модель эффективности социально-экономических систем, основанная на теории Эшби-Седова, в рамках которой был впервые сформулирован парадокс «контролируемости-эффективности» социально-экономических систем в условиях равновесного состояния системы с точки зрения критерия разнообразия. Данный парадокс свидетельствует о том, что невозможно одновременно улучшать оба показателя системы, в то время как в ранних исследованиях предполагалось, что с повышением контролируемости, растет и эффективность социально-экономической системы.
2. Разработана математическая модель принятия решения о типе социально-экономической системы, которая впервые показала возможность перехода от иерархической системы к децентрализованной с изменением функций контролирующего элемента и без разрушения системы. Таким образом, продемонстрирована возможность эволюционного перехода к децентрализации. В ранних исследованиях предполагалось, что существует возможность такого перехода только в условиях разрушения системы и создания ее новой формации.

3. Разработан механизм взаимодействия элементов в условиях конфликта в рамках децентрализованной системы, при котором система находится в условиях порядка. В ранних исследованиях предполагалось исключительно хаотическое взаимодействие со случайной эффективностью.
4. Разработана методика анализа эффективности взаимодействия государства и общества с использованием нового разработанного критерия эффективности. Отличие этой методики от других заключается в использовании модели эффективности социально-экономических систем с точки зрения критерия разнообразия.
5. Разработана методика анализа социально-экономической системы на примере взаимодействия системы образования и рынка труда РФ. Данная методика отличается от ранее предлагаемых методик тем, что формирует эффективные стратегии модернизации образовательной системы на основе системного анализа и за счет критерия востребованности формируемых компетенций.
6. Разработана технология обучения студентов в рамках системы с ограниченным контролем и децентрализованным взаимодействием. Отличие этой технологии заключается в том, что она синтезирует различные подходы и дает новый взгляд на проблему неопределенности, мотивации, контроля, координации в обучении студентов.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в математическом обосновании парадокса «контролируемости-эффективности» систем, позволяющем формировать новое понимание функционирования социально-экономических систем и их новые методики анализа; а также в развитии теории анализа и трансформации социально-экономических систем, в формировании нового видения системы образования РФ, в обосновании существования децентрализованных систем в условиях упорядоченного взаимодействия агентов.

**Практическая значимость исследования** заключается в новых методах анализа эффективности социально-экономических систем. Результаты исследования могут быть положены в основу развития российского образования и взяты на вооружение отдельными образовательными учреждениями различных форм собственности и направлений обучения. Также практическая значимость заключается в возможности применения разработанных моделей анализа социально-экономических систем для реинжиниринга рынков различных товаров и услуг. Помимо этого, практический интерес представляет механизм координации игроков в динамической игре в децентрализованной системе,



который позволяет планировать переговорный процесс между хозяйствующими субъектами.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования были доложены, обсуждены и одобрены на следующих конференциях: конференция «Дни студенческой науки» кафедры Прикладной математики (Москва, 2013 г.), III Международная научно-практическая конференция «Социально-экономическое развитие регионов России (Москва, 2013 г.), Международная научно-практическая конференция «Ценности и интересы современного общества» (Москва, 2013 г.), Международная научно-практическая конференция «Ценности и интересы современного общества» (Москва, 2014 г.).

Результаты научного исследования используются в практической деятельности ООО «Матметоды» для формирования стратегии развития компании и управления персоналом, а также в рамках деятельности некоммерческого образовательного проекта «Школа матметодов» для максимального раскрытия потенциала студентов.

**Публикации.** Основные положения и выводы диссертационного исследования представлены в 8 опубликованных работах, включая 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Общий объем публикаций 6,26 п. л. (из них авторских 5,33 п. л.).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа общим объемом 154 страницы машинописного текста состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка. Работа содержит 11 таблиц, 18 рисунков.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ**

### **1. Парадокс «контролируемости-эффективности» социально-экономических систем**

Принципиально все системы можно разделить на два больших класса по степени распределения функций среди элементов систем: централизованные системы и децентрализованные системы.

Изучением общих закономерностей получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах занимается кибернетика. У. Эшби сформулировал первый ее фундаментальный закон (закон необходимого разнообразия), гласящий, что система считается неуправляемой, если энтропия входа системы оказывается меньше энтропии выхода системы. Исходя из этого закона, вытекает, что целью управления является снижение энтропии системы. В таком случае в

качестве показателя эффективности управления можно взять отношение энтропии, поданной на вход, и энтропии, поданной на выход:

$$E(u) = 1 - \frac{H(y)}{H(x)}, \quad (1)$$

где  $E(u)$  – эффективность управления,

$H(x)$  – энтропия входа,

$H(y)$  – энтропия результатов деятельности.

При этом энтропия результатов деятельности  $H(y)$  определяется по формуле:

$$H(y) = H(x) - H(u) + H(u | x) \quad (2)$$

Уточнение закона необходимого разнообразия Эшби для иерархических систем сделал в свое время российский кибернетик Е. Седов (закон иерархических компенсаций). Он отметил, что «действительный рост разнообразия на высшем уровне обеспечивается его эффективным ограничением на предыдущих уровнях». Из этого также вытекает и обратный вывод, что «рост разнообразия на нижнем уровне [иерархии] разрушает верхний уровень организации».

Закон Седова и закон Эшби несут в себе значительные выводы о взаимодействии иерархических систем с внешней средой, если рассмотреть их в комплексе.

Предположим, что есть иерархическая система  $S$ , состоящая из нескольких уровней, и существует внешняя среда  $\epsilon$ , с которой эта система взаимодействует. Взаимодействие осуществляется путем формирования запросов или сигналов к системе, в ответ на которые система должна совершать правильные ответные реакции, соответствующие поданным запросам.

Согласно закону Эшби, взаимодействие системы с внешней средой будет считаться управляемым, если энтропия внешней среды после взаимодействия с системой будет становиться меньше. В таком случае в качестве показателя эффективности взаимодействия системы с внешней средой можно взять следующее:

$$E_s = 1 - \frac{H(Y)}{H(\epsilon)}, \quad (3)$$

где  $E_s$  – эффективность взаимодействия системы с внешней средой,

$H(Y)$  – разнообразие (энтропия) внешней среды после взаимодействия,

$H(\epsilon)$  – разнообразие (энтропия) внешней среды до взаимодействия.

При этом, исходя из (2),  $H(Y)$  определяется по следующей формуле:

$$H(Y) = H(\epsilon) - H(S) + H(S | \epsilon) \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в (3), получим следующее:

$$E_s = \frac{H(S) - H(S|\epsilon)}{H(\epsilon)}, \quad (5)$$

Сделаем предположение, что система стремится максимизировать свою эффективность взаимодействия. Это означает, что  $E(S)$  должно равняться единице. Тогда, приравняв выражение (5) к единице, получим следующее:

$$H(S) - H(S|\epsilon) = H(\epsilon), \quad (6)$$

Условие (6) является необходимым условием достижения системы максимальной эффективности. Разнообразие системы за вычетом уровня незнания системой внешней среды должно быть равно разнообразию внешней среды. Поскольку именно нижние уровни иерархии непосредственно взаимодействуют с внешней средой, то получается, что разнообразие системы определяется разнообразием нижних уровней иерархии.

Однако повышать уровень разнообразия нижних уровней до бесконечности верхние уровни не могут, так как в какой-то момент утратят контроль и понимание того, что происходит. И по закону Седова, это будет означать, что верхний уровень иерархии перестает быть востребованным.

В результате возникает парадокс между эффективностью и контролируемостью иерархической системы. Для того чтобы повысить эффективность взаимодействия системы с внешней средой, необходимо снизить ее контролируемость. Для того чтобы повысить контролируемость системы, необходимо снизить ее эффективность.

Формально контролируемость системы можно описать при помощи отношения разнообразия верхнего уровня иерархии и нижнего уровня иерархии:

$$C_s = \frac{H(top)}{H(bottom)} = \frac{H(top)}{H(S)}, \quad (7)$$

где  $C_s$  – контролируемость системы,

$H(top)$  – разнообразие (энтропия) верхних уровней иерархии,

$H(bottom)$  – разнообразие (энтропия) нижних уровней иерархии.

Если выразить  $H(S)$  из (5), то получим следующее выражение:

$$H(S) = H(\epsilon) \cdot E_s + H(S|\epsilon). \quad (8)$$

Подставив выражение (8) в (7), получим следующую формулу нахождения контролируемости системы:

$$C_s = \frac{H(top)}{H(\epsilon) \cdot E_s + H(S|\epsilon)}. \quad (9)$$

Таким образом, в выражении (9) наглядно видно, что контролируемость системы и ее эффективность находятся в обратной зависимости.

## 2. Математическая модель принятия решения о выборе типа системы

Если представить, что внешняя среда является обществом, то отсюда следует, что она является децентрализованной системой.

Сложность взаимодействия внешней среды с иерархической системой второго типа заключается в самом факте, что внешняя среда должна постоянно оказывать давление.

$$z = H(\varepsilon) \cdot (1 - E_s) \cdot r, \quad (10)$$

где  $z$  – давление, оказываемого внешней средой,

$r$  – это средний ущерб, который причиняет внешняя среда в ответ на неправильные действия системы в отношении поданного запроса или сигнала.

Применительно к описываемой внешней среде, давление на систему может относиться к проблеме общественных благ. Часть индивидов решает осуществить коллективное действие  $Z$  для достижения соответствующей эффективности системы  $E_s$ . Система в ответ на давление повышает эффективность. И новый повышенный уровень эффективности предлагается всем индивидам, находящимся во внешней среде, вне зависимости от того, участвовали они в коллективном действии или нет.

$$\begin{aligned} E_s(Z) &\rightarrow \max \\ Z &= \sum_{i=1}^n z_i \\ \max\{z_i\} &\ll Z \end{aligned} \quad (11)$$

В этой игре индивиду выгодно не совершать каких-либо своих индивидуальных действий, он вправе ожидать с определенной вероятностью, что может наступить случай, когда он получит выгоду, не понеся никаких издержек. Такой вид поведения называется поведением безбилетника. Чтобы избавиться от этого эффекта, необходимо трансформировать общественное благо в другой вид благ, например, в клубное благо.

Индивиду предлагается поучаствовать в игре. Стоимость игры равна  $z_i$ . С вероятностью  $p(Z)$  индивид может получить выигрыш  $h(E_s') - h(E_s)$ . Стоит ли индивиду вступать в эту игру?

Индивид, обладающий нейтральным отношением к риску, составит для себя следующее условие:

$$M = p(Z) \cdot [h(E_s') - h(E_s) - z_i] + (1 - p(Z)) \cdot (-z_i) > 0 \quad (12)$$

где  $M$  – математическое ожидание игры,

$p(Z)$  – вероятность того, что будет достигнуто  $Z$ .

Выразив из (12) вероятность того, что коллективное действие составит  $Z$ , получаем следующее выражение:

$$p(Z) > \frac{z_i}{h(E_S') - h(E_S)} \quad (13)$$

Выражение (13) является необходимым условием участия индивида в коллективном действии  $Z$  относительно клубного блага  $E_S$ . Из него видно, что чем выше уровень давления, требуемый от индивида, тем большую вероятность должно иметь достижение  $Z$ .

Децентрализованные системы могут обладать существенными транзакционными издержками: затраты на контроль и борьбу с «безбилетниками», затраты на координацию.

Это означает, что выражение (12) примет следующий вид:

$$M = p(Z) \cdot [h(E_S') - h(E_S) - z_i - C_{\beta} - C_{zi}] + (1 - p(Z)) \cdot (-z_i - C_{\beta} - C_{zi}) > 0 \quad (14)$$

где  $C_{\beta}$  – затраты на борьбу с «безбилетниками» в расчете на 1 индивида,

$C_{zi}$  – затраты на координацию в расчете на 1 индивида.

Представим, что есть некоторое окружение  $O$ , в котором иерархической системы  $S$  не существует, а существует только внешняя среда  $\varepsilon$ , которая является децентрализованной системой, включающей в себя  $N$  автономных членов. Перед внешней средой стоит задача создания клубного блага, которое повысит эффективность, а значит, и увеличит полезность от его наличия.

Каждый из автономных членов оценивает, выполняется ли при создании этого клубного блага выражение (14). Если оно не выполняется, то он готов будет рассмотреть альтернативные варианты создания клубного блага.

Принятие решения индивидом будет осуществляться исходя из следующего соотношения:

$$\frac{M_d}{h(E_S')} = \frac{p(Z) \cdot [h(E_S') - h(E_S) - z_i - C_{\beta} - C_{zi}] + (1 - p(Z)) \cdot (-z_i - C_{\beta} - C_{zi})}{h(E_S'')} \quad (15)$$

где  $M_d$  – математическое ожидание от использования децентрализации,

$h(E_S')$  – выгоды от клубного блага, созданного с использованием иерархии,

при  $h(E_S'') < h(E_S')$ .

Если выражение (15) оказывается больше 1, тогда индивид принимает решение о присоединении к децентрализованной системе. В случае если это выражение оказывается меньше 1, тогда индивид присоединяется к иерархической системе.

При оттоке индивидов из децентрализованной системы в ней снижаются издержки, связанные с координацией. Однако при этом снижается и вероятность достижения  $Z$ , поскольку снижается потенциальное количество участников, а значит, повышается

индивидуальный вклад индивида  $z_i$ . Децентрализованная система будет иметь право на жизнь только в том случае, если:

$$\frac{dC_{-i}}{dN_d} > \frac{dp(Z)}{dN_d} [h(E'_s) - h(E_s)] \quad (16)$$

где  $N_d$  – количество индивидов в децентрализованной системе.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что окружение  $O$  можно описать в виде пары значений  $\{\alpha; 1-\alpha\}$ , где  $\alpha$  есть доля людей, пользующихся децентрализованной системой, а  $(1-\alpha)$  есть доля людей, пользующихся иерархической системой. Снижение транзакционных издержек является главным условием повышения привлекательности децентрализованных типов устройства социально-экономических систем.

### **3. Механизм разрешения конфликтов в условиях децентрализованной социально-экономической системы**

Основной проблемой, которая мешает эффективности системы взаимодействия, является недостаток координации и кооперации игроков.

Рассмотрим дискретную динамическую игру с неполной информацией. Предположим, что в настоящий момент эта игра является антагонистической, что означает в общечеловеческом понимании ситуацию острого конфликта: потери одного игрока являются приобретениями другого.

Основная задача состоит в том, чтобы разработать такой механизм, который бы обеспечивал создание таких условий этой игры, при которых бы достигался максимум эффективности системы взаимодействия игроков.

Разработка любого продукта начинается с формулирования требований к этому продукту. В данном случае требования будут выглядеть следующим образом.

#### *1. Игроки должны желать координации*

Это требование означает, что разрабатываемый механизм должен обеспечить существование непустого множества стратегий игроков, приводящих к заданному уровню эффективности системы взаимодействия. Формально это требование выглядит следующим образом:

$$v_i(x^*) \leq v_i(x^e) - c_i(x^e) \quad (17)$$

где  $v_i$  – полезность игрока  $i$ ,

$c_i$  – затраты игрока  $i$ ,

$x^*$  – текущая оптимальная стратегия,

$x^e$  – эффективная стратегия.

#### *2. Игроки должны выбирать сходящиеся стратегии*

Это требование означает, что разрабатываемый механизм должен обеспечить сходимость стратегий игроков к достижению согласия относительно новых условий исходной игры. Формально это требование выглядит следующим образом:

$$\lim_{t \rightarrow T} (C_t - C_{t-1}) = 0 \quad (18)$$

где  $C_t$  – предложение игрока в период времени  $t$ .

Иными словами, каждая последующая стратегия игрока должна приводить к все меньшим колебаниям предлагаемых условий игры вплоть до полного согласия относительно последней их версии.

### 3. Игроки должны быть уверены в соблюдении новых условий игры

Это требование означает, что разрабатываемый механизм должен обеспечить выгоду использования новых условий игры в каждый из последующих моментов времени для всех игроков. Формально это требование выглядит следующим образом:

$$v_i^T(x^*) \leq v_i^T(x^e) - c_i^T(x^e) \quad (19)$$

где  $v_i^T$  – полезность игрока  $i$  в постпереговорный период,

$c_i^T$  – затраты игрока  $i$  в постпереговорный период.

Иными словами, механизм должен иметь систему стимулов (как отрицательных, так и положительных), обеспечивающих использование новой системы правил вплоть до достижения заданного уровня эффективности системы взаимодействия.

В соответствии с этими требованиями был разработан механизм, представленный в виде принципиальной схемы на рисунке 1.

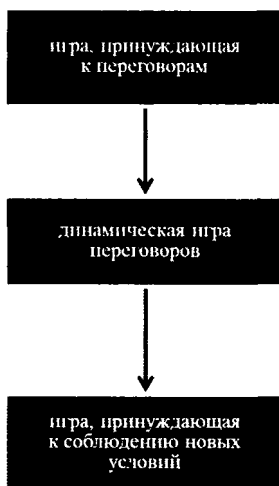


Рисунок 1 – Принципиальная схема механизма координации игроков

Стоит еще раз обратить внимание на то, что описанный алгоритм, является работающим только в условиях наличия дисконтирующего фактора, так как именно он обеспечивает сходимость стратегий игроков.

#### **4. Методика анализа эффективности взаимодействия государства и общества**

Государство является социально-экономической системой, взаимодействующей с обществом, выступающим в данном случае в роли внешней среды. Эта внешняя среда обладает определенным уровнем разнообразия, формирующего разнообразие запросов, которое общество посылает государству. Согласно полученным результатам, чем большему разнообразию потребностей общества будет удовлетворять государство, тем большей эффективностью оно будет обладать. Для анализа эффективности взаимодействия будет использоваться именно этот критерий.

Одним из инструментов определения потребностей общества является институт выборов. Он является своего рода механизмом синхронизации ценностей общества и государства. Синхронизация ценностей общества и государства позволяет снизить антагонизм в системе их взаимодействия, что приводит к их консолидации, кооперации, а значит, и более высокой эффективности их деятельности. Государство удовлетворяет запросам общества, общество удовлетворяет запросам государства.

Однако для того чтобы этот механизм был функционирующим, необходимо выполнение определенных требований к выборам:

1. Конкурентность.
2. Отсутствие искусственных барьеров для регистрации кандидатов и общественных организаций.
3. Нефальсифицируемость.

Такого рода анализ может быть проведен при помощи инструментария теории игр. В данном случае существует игра  $G = \langle I, S, u \rangle$ , где  $I$  – множество игроков  $I = \{\text{государство}\} \cup \{\text{общество}\}$ , общество в данном случае выступает в качестве Природы, так как в данном случае сложно сказать, что общество может осознанно выбирать свое состояние; элемент  $S$  есть множество подмножеств стратегий игроков,  $S = \{S_g, S_o\}$ .

В множестве  $S_g$  у игрока Государство имеется две стратегии:  $S_{g1}$  – фальсифицировать результаты выборов и  $S_{g2}$  – не фальсифицировать результаты выборов. У общества есть два состояния:  $S_{o1}$  – результат реализации стратегии государства замечен и  $S_{o2}$  – результат реализации стратегии государства не замечен.



Множество  $u$  является профилем функций выигрышей игроков. Функция выигрыша игроков присваивает каждому профилю стратегий  $S$  какой-то выигрыш  $u_i$ .  
Ниже в таблице 1 представлена платежная матрица такой игры.

Таблица 1 – Платежная матрица принятия решения о фальсификации выборов государством

	Общество заметило	Общество не заметило
Фальсифицировать	$u_1$ , <i>нарастание антагонизма</i>	$u_2$ , <i>подстройка ценностей общества под ценности государства</i>
Не фальсифицировать	$u_3$ , <i>рост доверия</i>	$u_4$ , <i>статус-кво</i>

Несмотря на то, что исходы представлены в качественном, а не в количественном виде (в виде значения полезности), их можно ранжировать по степени приоритетности для государства.

$$u_2 > u_3 > u_4 > u_1 \quad (20)$$

Исходя из этой системы приоритетов видно, что для государства ни одна из стратегий не является доминирующей, и конечный выбор стратегии будет основан на вероятности того или иного состояния общества. Чем выше вероятность обнаружения обществом реализации стратегии государства, тем чаще государство будет использовать стратегию фальсификации, в противном случае: при росте вероятности обнаружения государство будет вынуждено принимать стратегию нефальсификации.

Таким образом, эффективность взаимодействия государства и общества с точки зрения описанного подхода характеризуется качеством выборного процесса. Общество имеет возможности повысить эффективность государственного взаимодействия через повышение своей гражданской активности. Модель разнообразия на макроуровне показывает, что это единственный путь, поскольку государство представлено иерархической системой второго типа.

## 5. Методика анализа эффективности системы образования и рынка труда в РФ

Представим, что внешняя среда ( $\epsilon$ ) является множеством потребителей благ, а система ( $S$ ) является множеством производителей благ. Как было показано во второй главе, для эффективного взаимодействия системы с внешней средой необходимо, чтобы энтропия системы максимально соответствовала энтропии внешней среды:

$$E_s = \frac{H(S) - H(S | \epsilon)}{H(\epsilon)}, \quad (21)$$

Для расчета энтропии внешней среды рынка труда была проанализирована база вакансий российского портала для поиска сотрудников, для расчета энтропии системы образования был проанализирован общероссийский классификатор специальностей по образованию.

Тогда в таком случае энтропия рынка труда в России составит величину, равную:

$$H(\varepsilon) = \log_2 N_\varepsilon = \log_2 567 = 9,15 \quad (22)$$

Для расчета энтропии системы образования воспользуемся той же формулой:

$$H(S) = \log_2 N_S = \log_2 192 = 7,58 \quad (23)$$

При условии, что система профессиональной подготовки обладает минимальным уровнем незнания о внешней среде, ее эффективность будет равна:

$$E_S = \frac{H(S) - H(S | \varepsilon)}{H(\varepsilon)} = \frac{7,58}{9,15} = 0,83 \quad (24)$$

Стоит отметить, что значение, полученное в (24) является верхней границей эффективности системы профессиональной подготовки. Оно достигается лишь в том случае, если система из всего набора существующих вакансий выбрала ограниченное множество и осуществляет подготовку профессионалов только в соответствии с имеющимися требованиями к этим вакансиям.

Помимо этого, видно, что государство пытается увеличить разнообразие системы для лучшего соответствия рынку труда вместе с ростом количества различного рода стандартов. А как было показано ранее, эти две цели являются противоположными, образуя парадокс. Стратегия развития, основанная на парадоксе эффективности и контролируемости системы, является заведомо ошибочной. Исходя из теоретических конструкций, разработанных во второй главе, можно предложить два принципиальных пути развития системы профессионального образования в нашей стране.

1. Децентрализация – снижение контролируемости системы и повышение разнообразия конечного продукта для рынка труда.
2. Централизация – увеличение контролируемости вместе с отказом от создания конечного продукта для рынка труда.

Наибольший интерес представляет второй вариант ввиду того, что позволяет добиться разделения труда, а именно через присутствие на рынке и иерархической, и децентрализованной системы.

В этом варианте система образования занимает нишу обучения фундаментальным знаниям и навыкам для дальнейшего обучения студентов в учебных заведениях, осуществляющих уже профессиональную подготовку. То есть это будет означать

перераспределение функций в пользу тех учреждений, которые в настоящий момент занимаются дополнительным профессиональным образованием. Именно на них будет лежать ответственность за создание конечного продукта для рынка труда, тем более что они и так сейчас с этим справляются, компенсируя низкую эффективность существующей системы образования.

Общая схема процесса удовлетворения спроса на рынке труда представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема удовлетворения спроса рынка труда в рамках предлагаемой системы образования

Также в диссертационной работе была предложена концепция информационной системы, которая бы позволила снизить транзакционные издержки для участников рынка, а также снизить энтропию среды для конечного пользователя. Таким образом, анализ с использованием разработанной модели эффективности социально-экономических систем позволил найти принципиально новые подходы к развитию системы образования.

#### **6. Технология обучения студентов в рамках децентрализованного подхода к управлению организацией**

На микроуровне социально-экономических систем будет проанализирована эффективность использования децентрализованных форматов взаимодействия внутри образовательной организации. В случае предоставления образовательных услуг обучающихся, помимо того, что они являются внешней средой для образовательного проекта, можно рассматривать еще и как сотрудников компании. В иерархическом подходе к образовательному процессу студенты «подчиняются» преподавателю. Он говорит им, что делать, как делать; он диктует требования и стандарты выполнения определенных операций; он осуществляет контроль и проверку выполнения указаний. Такой подход полностью копирует иерархический подход в менеджменте организации.

В диссертационной работе рассматривается опыт запуска некоммерческого образовательного проекта под названием «Школа матметодов».

Изначально проект исходил из двух предпосылок:

1. студенты хотят участвовать в студенческих конференциях, только им в этом нужно помочь;
2. на студенческих конференциях качество работ и выступлений является низким.

Проект «Школа матметодов» был запущен в феврале 2013 г. Его результат выражается в количестве участников конференции. Численность участников

соответствующего курса увеличилась на время существования среди этого курса участников проекта «Школа матметодов» (см. рисунок 3).

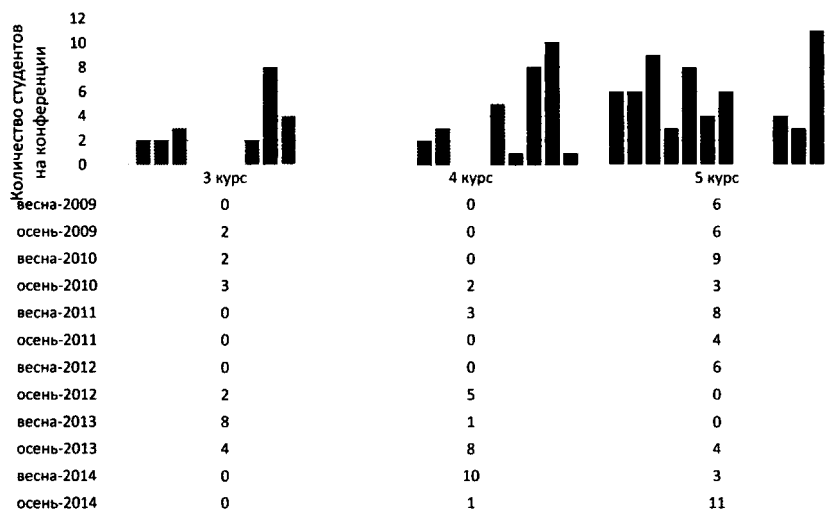


Рисунок 3 – Динамика численности студентов на конференции в разрезе курсов

На рисунке 3 красным цветом отмечены те периоды времени, когда среди участников соответствующего курса находились участники «Школы матметодов».

Также для оценки эффективности проекта была разработана экономическая модель, оценивающая его через трудозатраты преподавателей. Ниже представлена модель расчета общих трудозатрат преподавателей:

$$C_T = T_A \cdot m \cdot S \cdot p + T_I \cdot \sum_{j=1}^S n_j, \quad (25)$$

где  $C_T$  – общие трудозатраты (человеко-часы),

$T_A$  – количество аудиторных часов в двухнедельном цикле (ак. ч.),

$m$  – количество двухнедельных циклов в семестре,

$S$  – количество семестров, в течение которых длился проект,

$p$  – количество преподавателей, участвовавших в проекте,

$T_I$  – среднее количество часов индивидуальных консультаций на студента, участвующего в конференции (ак. ч.),

$n_j$  – количество студентов, участвовавших в  $j$ -ом семестре в конференции.

При этом преподаватели могут рассчитывать на своего рода «окупаемость», поскольку публикационная активность студентов и участие в конференциях дает вклад в трудовые часы преподавателя, которые подлежат оплате университетом:

$$R = k \cdot \sum_{j=1}^S n_j, \quad (26)$$

где  $R$  – трудовые часы, начисленные преподавателю за участие в конференциях и публикации студентов (человеко-часы),

$k$  – ставка в расчете на одного студента, участвовавшего в конференции и опубликовавшего статью (ак. часы).

### III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате выполненного диссертационного исследования получены следующие результаты:

1. Разработанные в диссертации математические модели и общая методика их применения для анализа эффективности социально-экономических систем продемонстрировали возможность через аспект централизации/децентрализации формулировать концепцию развития системы и ее взаимодействия с внешней средой, а также сформировали теоретическую основу для поиска оптимального уровня децентрализации в условиях обеспечения выполнения целей и задач социально-экономической системы.
2. Математическое обоснование парадокса «контролируемости-эффективности» социально-экономических систем, разработанное в диссертации, продемонстрировало ключевую проблему систем иерархического типа и сформировало понимание причин, почему у современных социально-экономических систем наблюдается тенденция к росту децентрализации.
3. Математическая агентная модель принятия решения о выборе типа социально-экономической системы смогла дать понимание того, почему, несмотря на существующую тенденцию к децентрализации, системы этого типа не обладают повсеместной распространенностью. Также эта модель указывает, что дальнейшее развитие децентрализованных социально-экономических систем должно быть связано со снижением транзакционных издержек.
4. Разработанный в диссертации механизм разрешения конфликтов в децентрализованных системах вносит свой вклад в снижение транзакционных издержек этого типа систем, демонстрирует возможность существования организационного порядка без существования центрального элемента системы, ответственного за разрешение конфликтов.
5. Использование парадокса «контролируемости-эффективности» социально-экономических систем при анализе эффективности взаимодействия государства и

общества показало, что ключевым элементом этого взаимодействия является выборный процесс и его качество. Причем уровень эффективности взаимодействия зависит от давления внешней среды, в качестве которой в данном случае выступает общество.

6. Применение парадокса «контролируемости-эффективности» социально-экономических систем для анализа эффективности взаимодействия системы образования РФ и рынка труда показало, что вузам следует полностью сконцентрироваться на фундаментальном образовании и отказаться от создания конечного продукта для рынка труда, которым займутся непосредственно организации, целью которых будет обучение профессиональному образованию.
7. Апробация децентрализованных подходов в управлении организацией и обучении студентов продемонстрировала их как социальную эффективность, так и экономическую эффективность. Социальная эффективность характеризуется высоким уровнем участия студентов на конференциях, высоким качеством статей и повышенным развитием различных когнитивных навыков. Экономическая эффективность характеризуется с точки зрения соотношения трудозатрат преподавателей и оплаты труда, возникшего для обеспечения социальной эффективности.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Публикации в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определенного ВАК:**

1. Пичугин А.О., Романников А.Н. Дизайн механизма координации игроков в динамической игре с целью максимизации эффективности системы их взаимодействия. // Экономика, Статистика и Информатика, №4. – М.: Вестник УМО, 2014 г. – С. 163-166. – 0,83 п.л. (авт. 0,41 п.л.).
2. Пичугин А.О. Энтропийный подход к анализу социально-экономических систем. Парадокс «контролируемости-эффективности». // Интернет-журнал «Науковедение», - 2014 г. – №5 (24). – 1,00 п.л.
3. Пичугин А.О. Модель трансформации организации систем. // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2014 г. – №10 (70). – 0,98 п.л.
4. Пичугин А.О. Модель модернизации системы образования РФ на основе энтропийного подхода и ограниченной контролируемости. // Экономика и предпринимательство. 2014. №11 (ч.2). – С. 89-94. – 1,15 п.л.

5. Пичугин А.О. Новые методики образования как необходимое условие развития эффективности экономики. // Экономика и предпринимательство. 2014. №11 (ч.2). – С. 713-719. – 1,26 п.л.

Публикации в других изданиях:

6. Пичугин А.О., Романников А.Н. Анализ и моделирование влияния элиты на национальную экономику. // III Международная научно-практическая конференция «Социально-экономическое развитие регионов России» - Материалы конференции. Москва. 2013. – С. 176-179. – 0,42 п.л. (авт. 0,21 п.л.).
7. Пичугин А.О., Романников А.Н. Выборы как инструмент синхронизации ценностей общества и государства. // Международная научно-практическая конференция «Ценности и интересы современного общества» - Материалы конференции. Москва. 2013. – С. 46-49. – 0,33 п.л. (авт. 0,16 п.л.).
8. Пичугин А.О., Романников А.Н. Формирование спроса и предложения на ценности в современном обществе. // Международная научно-практическая конференция «Ценности и интересы современного общества» - Материалы конференции. Москва. 2014. – С. 258-261. – 0,29 п.л. (авт. 0,15 п.л.).

102

Подписано в печать 27.03.2015 г.

Формат А5

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Тираж 100 Экз.

Типография ООО "Ай-клуб" (Печатный салон МДМ)

119146, г. Москва, Комсомольский пр-кт, д.28

Тел. 8-495-782-88-39