

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ МАТЕМАТИКИ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ  
В МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ СОСТОЯНИЙ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 01.04.01 Математика  
очной формы обучения, группы 12001732  
Синько Александры Александровны

Научный руководитель  
д.т.н., профессор  
Аверин Г.В.

Рецензент  
к.ф.-м.н. Шевцова М.В.

БЕЛГОРОД 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ_____	3
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА_____	7
1.1 Методы математического моделирования процессов развития социально-экономических объектов_____	7
1.2 Индикаторы и индексы для оценки развития социально-экономических объектов_____	13
1.3 Объекты исследования и данные_____	20
1.4 Выводы и задачи исследования_____	24
2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СТРАН МИРА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ_____	26
2.1 Основные гипотезы и методы исследования_____	26
2.2 Анализ существующих данных и выбор переменных состояния для моделирования социально-экономических объектов_____	32
2.3 Разработка математических моделей для описания социально-экономического состояния и развития стран мира_____	35
2.4 Выводы_____	39
3 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ И РАЗВИТИИ СТРАН МИРА_____	40
3.1 Формирование системы показателей для статистического анализа_____	40
3.2 Первичный статистический анализ данных_____	44
3.3 Кластерный анализ стран мира по показателям экономики и энергетики_____	54
3.4 Эмпирические зависимости для оценки состояния и развития стран мира_____	56
3.5 Выводы_____	64

4	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРАН МИРА_____	67
4.1	Формирование системы показателей для анализа финансово-го состояния стран_____	67
4.2	Анализ взаимосвязей курса валют и социально-экономического положения стран _____	71
4.3	Рекомендации по использованию результатов работы _____	76
4.4	Выводы _____	77
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ _____	79
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ _____	80

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы связана с использованием методов социофизики и построением математических моделей описания коллективного развития стран мира по показателям экономики и энергетики.

Современные методы прогнозной аналитики лежат в основе изучения процессов развития стран мира. Прогнозирование и комплексная оценка состояния и развития стран являются крайне важными составляющими принятой в мире системы стратегического планирования. Социально-экономические оценки и прогнозы определяют количественные показатели и качественные характеристики объектов прогнозирования, которые в большинстве случаев окончательно оцениваются на этапе принятия решений экспертным путем. За последние десятилетия наукой было рождено множество методов и технологий стратегического прогнозирования и комплексной оценки: классическая прогностика, включающая набор фактографических и экспертных методов; функционально-стоимостной и причинно-следственный анализ; построение деревьев целей или матриц взаимного влияния; модели системной динамики; экономико-математическое моделирование; имитационно-прогностические компьютерные модели; стратегическая оценка и технологическое предвидение; GAP-анализ и SWOT-анализ; форсайт; комплексная оценка с использованием индикаторов; циклическое прогнозирование и прогнозирование по критериям стратегических рисков и т.д. – все это не полный перечень инструментов исследователя для составления прогнозов, изучения путей и сценариев развития общества [23-24, 26-27, 31, 33, 37-38]. Стратегическое прогнозирование и комплексная оценка социально-экономических систем обычно представляют собой очень трудоемкую процедуру из-за наличия большого количества показателей, отражающих самые разные аспекты развития систем и требующих анализа [23-24, 32-33, 39, 46, 53]. Может быть поэтому сегодня не так уж и много широко известных научных прогнозов и комплексных оценок развития регионов и отдельных стран,

при составлении которых задействованы известные коллективы исследователей. Среди них следует выделить модель Форрестера, модель Месаровича – Пестеля, прогноз PricewaterhouseCoopers «Мир в 2050 году», долгосрочную модель развития энергетики и состояния окружающей среды ЕС – VLEEM, прогноз Дж. Ф. Коутса «2025: Сценарии развития США и мирового сообщества под воздействием науки и технологий», прогнозы глобальных и региональных социальных, климатических и экологических изменений и т.д. [26-27, 33, 37]. Последние годы быстро развивается область системных исследований, основанная на применении естественнонаучных и физических методов в экономических и социальных науках [2, 3, 6, 10, 16, 19, 22, 39]. Самые последние тенденции исследований в области прогнозной аналитики связаны с прогнозированием развития и поведения групп однотипных объектов, которые характеризуются множеством показателей. Исследования в сфере системной динамики и социофизики ведутся постоянно, так как признано, что в этих науках могут быть получены важные фундаментальные результаты в области моделирования и прогнозирования общественных процессов [44].

Цель работы – построение математических моделей для оценки состояния и развития стран мира по многомерным статистическим данным в области экономики и энергетики.

Объект исследования – страны мира, показатели их состояния и развития.

Предмет исследования – математическое моделирование социально-экономического и финансового положения стран мира в многомерных фазовых пространствах состояний.

Задачи исследования:

- создание базы данных развития стран мира в областях экономики и энергетики на основе информации Central Intelligence Agency (ЦРУ) [1];
- выбор переменных состояния для оценки положения стран мира;
- статистический анализ данных и анализ корреляционных связей;

- разработка математических моделей для оценки состояния и развития стран мира по многомерным статистическим данным на основе использования методов социофизики;
- установление закономерностей развития стран мира в области экономики и энергетики;
- получение регрессионных уравнений для курса валют в зависимости от показателей экономики и энергетики стран мира;
- установление рангов стран мира в сфере экономики и энергетики на основе методов многомерного ранжирования.

**Структура магистерской диссертации** состоит из введения, четырёх разделов, а также заключения и списка используемой литературы.

В первом разделе работы изучены методы математического моделирования процессов развития социально-экономических объектов, дан анализ существующих индикаторов и индексов для оценки развития объектов исследования.

Во втором разделе рассмотрены основные гипотезы и методы исследования, проведен анализ существующих баз данных для разработки математических моделей социально-экономических объектов.

В третьем разделе выполнен статистический анализ данных о состоянии и развитии стран мира.

В четвертом выполнено математическое моделирование финансово-экономического положения стран мира.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Методы математического моделирования процессов развития социально-экономических объектов

В настоящее время широко используется в различных сферах человеческой деятельности термин «модель». Он может подразумевать множество смысловых значений. Под «*моделью*» будем понимать искусственно созданный образец в определенном виде (схема, физическая конструкция, знаковая форма, формула), который будет подобен исследуемому объекту (явлению) – сможет отобразить и воспроизвести в более простом и огрубленном виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами этого объекта.

*Моделирование* – это исследование объектов познания на моделях. Можно построить и изучить модели реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснения этих явлений, а также для того, чтобы предсказать явления, интересующие для исследования. Из-за многозначности понятия «модель» в науке и технике классификацию проводят по параметрам моделей, по характерам моделируемых объектов и по сферам приложения моделирования.

*Математическая модель* – это математическое представление реальности. Это вариант модели как системы, исследуя которую можно получить информацию о некоторой другой системе. Процесс создания и изучения таких моделей называется математическим моделированием.

*Большими данными* называют структурированные и неструктурированные данные огромных объемов и значительного многообразия, которые эффективно обрабатываются горизонтально масштабируемыми программными инструментами (с конца 2000-х годов) и альтернативно традиционны-

ми системами управления базами данных. «Большие данные» называют социально-экономическим феноменом, так как в связи с появлением технологических возможностей можно анализировать огромные массивы данных, а некоторых проблемных областях – весь мировой объем данных.

*Социальная физика (социофизика)* – это общественная наука, которая использует количественные характеристики. Она изучает проверяемые, математически описываемые связи между информацией и потоком идей с одной стороны и поведением людей – с другой. Социофизика помогает разобраться с идеями, которые распространяются от человека к человеку посредством механизма социального обучения. В итоге определяются нормы, степень продуктивности и креативной производительности компаний, городов и обществ. С помощью социофизики можно предсказать продуктивность небольших групп, отделов компании и даже целых городов и стран мира.

*Вероятность* – это степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события. В теории вероятности и математической статистики понятие «вероятности» формируется как числовая характеристика – *вероятностная мера* (ее значение) – мера на множестве событий (подмножеств множества элементарных событий), принимающих значения от 0 до 1. Классическое определение вероятности основывается на понятии *равновозможных исходов* – если некоторое событие может произойти с равной вероятностью в любой точке (число точек бесконечно) некоторой ограниченной области пространства (плоскости), то вероятность того, что оно произойдет в некоторой части этой допустимой области равна отношению объема (площади) этой части к объему (площади) области всех возможных точек. Определение вероятности «эмпирическое» связано с частотой наступления события исходя из того, что при достаточно большом числе испытаний частота должна стремиться к объективной степени возможности этого события.

Вероятностное описание тех или иных явлений получило широкое распространение в современной науке, в частности

в эконометрике, статистической физике макроскопических (термодинамических) систем, где даже в случае классического детерминированного описания движения частиц детерминированное описание всей системы частиц не представляется практически возможным и целесообразным. В квантовой физике сами описываемые процессы имеют вероятностную природу.

Феноменологическая теория — формулировка закономерностей, определяющих взаимосвязь между различными наблюдениями явлений (феноменов) в соответствии с фундаментальной теорией, но непосредственно из этой теории не следующих.

Феноменологические теории представляют только наблюдаемые свойства объектов и не рассматривают их внутренние механизмы [23], например, рассматривают переходы из одного состояния в другое без детального рассмотрения механизма этих переходов [31]. Такие связи входных и выходных состояний называют эффектами или явлениями (феноменами). Феноменология связана с описанием феноменов, что отделяет её от эксперимента и от теории. Фактически возникает в результате обработки экспериментов, результаты которых пока не могут быть описаны существующими теориями.

Феноменологические теории развиваются в тех случаях, когда наблюдаемые явления не могут быть объяснены общими законами природы, либо вследствие отсутствия должного математического аппарата, либо из-за незнания соответствующих законов.

При изучении более сложных систем используются различные методы. Одними из таких являются методы системной динамики. Например, социально-экономические показатели могут быть описаны множеством системно-динамических форм. Для построения модели используются только фактические данные. Среди существующих социально-экономических систем известны некоторые неустойчивые в математическом понимании. Социальные и экономические объекты в высшей степени нелинейны и большую часть времени противодействуют ограничениям, связанным с сокращением

денежных ресурсов, недостатком рабочей силы и т.д. Поэтому не обязательно системно-динамическая модель должна быть устойчивой.

Работы Д.Форрестера, П.Анохина, Р.Уиттекера и др. внесли значительный вклад в технологию построения моделей биологических и экологических систем, прикладного математического и компьютерного моделирования сложных социально-экономических систем. Первые работы Д.Форрестера по системной динамике были посвящены построению моделей развития городов и глобальным моделям мировой динамики [10]. За последние 30 лет методы системной динамики получили распространение при описании сложных социально-экономических и природно-антропогенных систем. Это направление в моделировании связано с системным анализом и теорией систем и отражено в работах многих авторов [22].

В данный момент времени большое внимание в социально-экономическом моделировании уделяется созданию моделей коллективного поведения [33]. Существуют примеры построения микроскопических и кинетических моделях на финансовых рынках, агентных моделей экономических взаимодействий, кинетических моделей обмена активами в торговых сетях, использования адаптивных моделей коллективного выбора и формирования мнений, применения методов равновесной статистической механики в социально-экономических науках, применения гидродинамических моделей и моделей самоорганизации движения пешеходов и транспорта и т.д. Данные подходы являются актуальными разделами социофизики и продолжают активно развиваться.

При моделировании социально-экономического положения и развития регионов, городов и территорий используется многоагентное моделирование сложных объектов, модели городов и регионов как эволюционных систем в случайных средах, гибридные географические модели региональной и городской пространственной структуры, моделирование микродинамики городских систем в континуальных пространствах, нейросетевые модели и симуляционные модели развития городов на основе агентов или клеточных авто-

матов, способы моделирования многомерных событий в многоуровневых системах городского хозяйства, применяются методы фрактальной геометрии для измерения и моделирования городских систем, методы структурно-когнитивного подхода описания городов и территорий и т.д. [22].

Основным недостатком системной динамики и системного анализа являются сложность принятия в процессе моделирования множества допущений и необходимость составления исчерпывающих списков элементов, входящих в структуру региональной или городской системы и ее подсистем. При этом наличие социальных и антропогенных факторов формирует сетевую запутанность функциональных и системообразующих связей и обеспечивает в поведении элементов и системы в целом.

Это все приводит к сложности моделей и проблемам, которые связаны с их использованием при описании природно-антропогенных систем и урбанизированных территорий. Но последние теоретические разработки в области системной динамики позволяют создавать количественные модели, которые можно будет реализовать с использованием вероятностных принципов обработки информации и дают возможность предложить методы описания опытных данных, содержащихся в базах данных [1, 14-15]. В указанных моделях на первое место выходят данные, которые определяют весь ход исследований и построения моделей.

В области мониторинга природных и антропогенных систем накоплены базы данных, позволяющие вести речь об установлении феноменологических закономерностей и разработке комплексных моделей систем и объектов. Данное направление исследований уже вполне позволяет поставить задачу оценки вероятностей состояний систем, исходя из сложных событий одновременного наблюдения нескольких показателей, характеризующих различные природно-антропогенные системы. Следует также отметить, что исследования в этом направлении основываются на распространении феноменологических методов естественных наук в область исследований экологических и социальных процессов и явлений. Многие авторы считают, что это одно из

перспективных направлений изучения природно-антропогенных систем, которое имеет теоретическое обоснование и тесно связано со структурно-логической схемой построения моделей, которая принята в термодинамике и физике сплошных сред, а также с методологией оценки устойчивости сложных систем, основанной на теории неравновесной термодинамики [10].

В связи с тем, что в сфере изучения развития городов, регионов и стран, в области загрязнения окружающей среды, оценки воздействия на биологические объекты и т.п. накоплен огромный опытный материал, то вполне возможно использовать при моделировании феноменологические методы анализа и описания данных, которые получены в процессе наблюдения или опыта. Для этого существует несколько причин:

- ✓ имеются массивы опытных и статистических данных в виде временных рядов показателей природно-антропогенных систем и данные о негативных воздействиях факторов опасности на различные объекты;

- ✓ существует феноменологические закономерности и зависимости, описывающие опытные данные и возможность применения апробированных естественнонаучных методов к совокупности результатов наблюдений или опыта в области изучения природно-антропогенных систем;

- ✓ имеются реальные примеры разработки многомерных системодинамических моделей систем, состояния которых описываются комплексом природных, экологических, технологических и социальных показателей. Подобные модели позволяют предложить аналитические методы комплексной оценки систем, исходя из вероятностного анализа имеющихся опытных и статистических данных, характеризующих процессы изменения и развития систем [13, 16, 26].

Все это указывает на реальность получения на основе многомерных данных математических моделей сложных систем, где наблюдаются процессы социально-экономического, экологического и техногенного развития, а также изменения, связанные с антропогенными воздействиями.

## 1.2 Индикаторы и индексы для оценки развития социально-экономических объектов

Природно-антропогенную систему многие авторы рассматривают как системный набор абиотических и биотических компонентов, которые взаимосвязаны между собой потоками вещества и энергии в процессе функционирования. К таким системам относятся страны, промышленно-городские агломерации, города и населенные пункты, мегаполисы, отдельные крупные промышленные предприятия и индустриальные зоны, гидротехнические сооружения с водными объектами, энергетические природно-технические комплексы др.

Классификация природно-антропогенных систем дана в таблице 1.1.

В любой момент времени природно-антропогенная система находится в некотором состоянии. Под состоянием системы можно понимать совокупность значений ее показателей, характеризующих структуру и процессы функционирования систем в определенный момент времени. Каждый объект в природном, антропогенном и техногенном отношении может характеризоваться множеством показателей, свойственным только данному виду природно-антропогенных систем. Для характеристики самых разных аспектов систем в мировой практике разработаны комплексы показателей и индикаторов, которые приняты к использованию научным обществом [22].

Основные компоненты стран и регионов мира, изучаемые при комплексной оценке, приведены в таблице 1.2.

**Таблица 1.1 – Классификация  
природно-антропогенных и урбанизированных систем**

<b>Природно-антропогенные системы</b>	<b>Занимаемые территории и пространства</b>
Страны, крупные регионы, административные единицы государств	Природно-антропогенные и природные территории стран, штатов, областей, регионов, земель, округов и т.д.
Промышленно-городские агломерации и мегаполисы	Природно-промышленные территории нескольких близлежащих городов, населенных пунктов и крупных промышленных предприятий
Города и населенные пункты	Территории городов, городских советов, урбанизированных районов, селитебные, коммерческо-деловые и промышленно-складские зоны городской застройки, территории по усадебной и многоквартирной застройкой, земли объектов обслуживания (школы, больницы, культурные заведения), водные пространства и зеленые зоны и т.д.
Сельскохозяйственные земли с сельскими поселениями	Природно-антропогенные и природные территории сельскохозяйственных районов и лесопокрытых пространств
Природно-промышленные и природно-технические объекты	Территории крупных предприятий и техногенных объектов с зонами их влияния: шахты, карьеры, рудники, гидротехнические сооружения с водными пространствами, энергетические природно-технические комплексы, металлургические и химические предприятия, транспортные системы и объекты, места складирования отходов, объекты жилищно-коммунального хозяйства и системы распределения электроэнергии, тепла и газа и т.д.
Природно-антропогенные объекты	Территории рекреационных объектов, ландшафтно-рекреационные, заповедные и охраняемые зоны

**Таблица 1.2 – Компоненты, характеризующие  
состояние и развитие природно-антропогенных систем**

<b>Группы показателей для комплексной оценки</b>	<b>Основное количество показателей для оценки</b>
Социально-экономическая сфера	10-20
Инфраструктура, градостроительство и техногенная деятельность	15-20
Здравоохранение и здоровье населения	8-15
Образование	10-15
Жилищно-коммунальное хозяйство	10-15
Производство и потребление	6-10
Промышленность и энергетика	10-20
Транспорт	5-8
Сельское хозяйство	10-15
Безопасность граждан	5-10
Качество атмосферного воздуха	15-20
Водопользование и качество вод	10-15
Природа и биоразнообразие	10-20
Изменение климата	4-6

Основные показатели для комплексной оценки по компонентам развития приведены в источниках [10, 22]. Кроме перечисленных показателей по каждому из компонентов можно использовать дополнительные индикаторы, которые рекомендуются различными источниками (нормативно-методической документацией, имеющимися нормативами и нормами, проектной документацией и т.д.).

Выбор показателей и индикаторов для комплексной оценки может быть расширен, однако для практического применения количество индикаторов часто ограничивают числом не более 5 – 10 показателей по каждому компоненту социально-экономических систем. В настоящее время имеется множество работ, в которых рассматривается стандартизация индексов и индикаторов для комплексной оценки стран и регионов мира [22].

Для оценки развития стран используются различные индексы:

- индексы качества и безопасности жизни;
- индекс глобальной конкурентоспособности;
- индекс экономической свободы;
- индекс нестабильности стран;
- индекс экологической эффективности;
- индекс экологических достижений;
- индекс экологического следа;
- индекс восприятия коррупции;
- индекс свободы прессы;
- индекс демократии;
- индекс глобализации;
- индекс образования;
- индекс счастья;
- индекс качества жизни и другие.

Индексы представляют полученную информацию в интегрированном виде, чем помогают обнаружить сложные явления или дать однозначные оценки. *Индексом* называют меру отклонения системы по комплексу свойств от уровня, принятого за базовый [18]. В настоящее время распространены научные работы в области исследования индикаторов и индексов в рамках общей теории систем Берталанфи. В результате совместных усилий ученых многих стран мира при активном участии 58-го комитета СКОПЕ (ISEM, г. Найроби, Кения) при UNEP и Комиссии по устойчивому развитию (CSD) научной общественности удалось достичь согласия относительно общих базовых свойств, которыми должны обладать индикаторы и индексы. Таковыми приняты чувствительность, способность к агрегированию, простота интерпретации и научная обоснованность [22].

На экспертных методах основываются методики расчета интегральных индексов [24].

Методики расчетов индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП), индекса оценки нищеты населения (ИНН), индекса развития оценки экологического следа и многие другие методики, могут использовать множество показателей, которые составляют в группы.

Методическая оценка индексов чаще проводится на основе нормирования показателей. Например, метод, используемый для вычисления ИРЧП предполагает следующую последовательность вычислений:

Перевод любого показателя  $x$  в индикатор, значение которого заключено между 0 и 1 (это позволит складывать различные показатели), осуществляется по формуле:

$$x = \frac{x - \min x}{\max x - \min x}, \quad (1.1)$$

где  $\min x$  и  $\max x$  являются минимальным и максимальным значениями показателя  $x$  среди всех исследуемых объектов.

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) зависит от трёх следующих показателей [18]:

- Индекс ожидаемой продолжительности жизни  $LEI = \frac{LE-20}{85-20}$ ;
- Индекс образования  $EI = \frac{MYSI+EYSI}{2}$ ;
- Индекс средней продолжительности обучения  $MYSI = \frac{MYS}{15}$ ;
- Индекс ожидаемой продолжительности обучения  $EYSI = \frac{EYS}{18}$ ;
- Индекс дохода  $II = \frac{\ln(GNIpc)-\ln(100)}{\ln(75000)-\ln(100)}$ ;

ИРЧП является средним геометрическим этих трёх индексов:

$$HDI = \sqrt[3]{LEI \times EI \times II}, \quad (1.2)$$

где  $LE$  – ожидаемая продолжительность жизни,  $MYS$  – средняя продолжительность обучения населения в годах,  $EYS$  – ожидаемая продолжительность обучения населения, еще получающего образование, в годах,  $GNIpc$  – ВВП на душу населения по ППС в долларах США.

Аналогичным образом рассчитываются индексы нищеты населения (ИНН-1, ИНН-2). Средний уровень достижений измеряет ИРЧП, а уровень бедности населения измеряет ИНН-1:

$$\text{ИНН} - 1 = \left( \frac{1}{3} (p_1^\alpha + p_2^\alpha + p_3^\alpha) \right)^{1/\alpha}, \quad (1.3)$$

где  $p_1$  – доля населения, которая, как ожидается при рождении, не доживет до 40 лет, %;  $p_2$  – доля неграмотного взрослого населения, %;  $p_3$  – невзвешенное среднее арифметическое доли населения, не имеющего устойчивого доступа к улучшенным источникам воды (или доли детей с пониженной для своего возраста массой тела), %;  $\alpha = 3$ .

Все вышеуказанные индексы сформулированы экспертами, исходя из общепринятого соглашения между специалистами.

Таблица 1.3 – Некоторые международные индексы  
для оценки развития стран мира

Название	Краткая характеристика	Адрес доступа
Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП)	Составной индекс, ежегодно определяемый Программой развития ООН и представляемый на докладе о человеческом развитии	<a href="http://hdr.undp.org/en/">http://hdr.undp.org/en/</a>
Всемирный индекс благотворительности World Giving Index (WGI)	Индекс активности населения в сфере благотворительности	<a href="http://www.cafarussia.ru">http://www.cafarussia.ru</a>
Индекс восприятия коррупции (Transparency International)	Индекс оценки уровня коррупции на глобальном и региональном уровнях	<a href="http://www.transparency.org/cpi2012/">http://www.transparency.org/cpi2012/</a>
Международный индекс счастья (Happy Planet Index)	Индекс, отражающий благосостояние людей и состояние окружающей среды	<a href="http://www.happyplanetindex.org/">http://www.happyplanetindex.org/</a>
Индекс развития информационно-коммуникационных технологий	Индекс достижения стран мира в развитии информационно-коммуникационных технологий	<a href="http://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info">http://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info</a>
Индекс свободы прессы Агентства «Репортеры без границ»	Рейтинг стран на индивидуальном опросе журналистов	<a href="http://en.rsf.org/press-freedom-index-2011-2012,1043.html">http://en.rsf.org/press-freedom-index-2011-2012,1043.html</a>
Индекс глобализации (Globalization Index)	Индекс составлен консалтинговой компанией А.Т. Kearney	<a href="http://www.atkearney.com/research-studies">http://www.atkearney.com/research-studies</a>
Глобальный индекс миролюбия (Global Peace Index)	Индекс, характеризующий миролюбие стран мира, измеряя уровень насилия внутри государства и уровень агрессивности его внешней политики.	<a href="http://visionofhumanity.org">http://visionofhumanity.org</a>

Таблица 1.4 – Некоторые показатели и индикаторы  
для комплексной оценки стран и регионов

№	Показатель или индикатор	Рекомендуемое значение
Социально-экономическая сфера		
	Численность населения, тыс. чел.	опр. спецификой задачи
	Территория, тыс. км <sup>2</sup>	-
	Валовой внутренний продукт на душу населения, \$	max
	Экспорт товаров, млрд. \$	опр. спец-ой задачи
	Импорт товаров, млрд. \$	опр. спец-ой задачи
	Уровень безработицы, %	min
	Уровень инфляции (потребительские цены)	min
Промышленность и энергетика		
	Общее потребление энергии (в тоннах нефтяного эквивалента на душу населения), т.н.э./чел.	опр. спец-ой задачи
	Потребление электроэнергии, ГВт в час	опр. спец-ой задачи
	Использование природного газа, млрд. м <sup>3</sup> ; %	-
	Использование нефтепродуктов, тыс. т.; %	-
	Количество экспортируемой и импортируемой электроэнергии, ГВт в час	-

Изучим сложные события, связанные с наблюдением статистических показателей. При добыче нефти (газа), выработке электроэнергии и т.д. в момент записи соответствующих показателей реализуется событие, связанное с определением количества добытых природных ископаемых, как характеристической величины данного события. Наблюдения осуществляются применительно к различным странам и все последовательности наблюдений представляются временными рядами событий, каждое из которых относится к определенному объекту - стране. Все события являются несовместными, т.к. привязаны к различным годам.

Для случайной величины вероятность события, что в определенный момент времени наблюдаемая величина  $C$  меньше некоторого заданного значения  $c$ , определяется из функции распределения  $P(c) = P(C < c)$ , которая находится по данным наблюдений. Эта функция распределения для показателей стран мира чаще всего подчиняется логарифмически-нормальному закону распределения.

В одной стране все подобные наблюдаемые события (за год, месяц, сутки и т.д.) образуют полную группу. Для дискретных событий  $\sum_{i=1}^k P_i = 1$ , для непрерывных случайных величин  $\int_0^{\infty} f(c)dc$ , где  $i$  – текущий номер наблюдения событий в разные моменты времени,  $k$  – количество наблюдений, а  $f(c)$  – функция распределения случайной величины, причем  $c \geq 0$ .

Если происходит наблюдение одной величины на нескольких точках наблюдения (в пределах одной страны на территории городов-производителей), то все события также образуют полную группу или их вероятности могут быть нормируемы. Для дискретных событий  $\sum_{i=1}^k P_i = 1$ , для непрерывных случайных величин  $\int_0^{\infty} f(c)dc$ , где  $i$  – номер объекта наблюдений,  $c$  – среднегодовое значение наблюдаемой величины,  $m$  – количество объектов наблюдения, а  $f(c)$  – функция распределения случайной величины, которая оценивается по данным для всех объектов. Все события в

указанном случае можно рассматривать как совместные, так как они привязываются к одному и тому же моменту времени – годам.

При событийной оценке нескольких величин (нефть, газ, каменный уголь) на одном объекте (в определенной стране) реализуется совместное событие одновременного наблюдения указанных величин.

Для данного совместного события, в случае если все события независимы, вероятность сложного события равна произведению вероятностей более простых событий:

$$P_n(c) = P(c_1) * P(c_2) * \dots * P(c_n), \quad (1.4)$$

где  $c_1, \dots, c_n$  – количественное значение показателей для различных природных ископаемых.

Для зависимых событий вероятность сложного события будет равна

$$P_n(c) = P(c_1) * P_{c_1}(c_2) * \dots * P_{c_{n-1}}(c_n), \quad (1.5)$$

где условные вероятности  $P_{c_{i-1}}(c_i)$  вычисляются в предположении, что все предыдущие события, связанные с добычей полезных ископаемых, произошли. Вероятности таких событий могут быть оценены по опытным данным путем определения распределений вероятности сложных и более простых событий и изучения взаимосвязей между ними.

### 1.3 Объекты исследования и данные

В данной работе используется разработка методов комплексной оценки и анализа рисков различных событий для стран мира, а также моделирование процессов, связанных с изменениями состояний данных систем [22].

В различных направлениях сфер жизни населения, техногенной и экологической безопасности, социально-экономического развития городов, регионов и стран накоплены обширные базы данных. С полученным объемом информации можно говорить об установлении феноменологических законо-

мерностей для различных урбанизированных объектов и систем и разработке для них методов событийной оценки и многопараметрического ранжирования [22]. В настоящее время существует множество источников информации, которые содержат в себе данные о компонентах и аспектах развития стран и регионов мира.

В связи с тем, что для расчета оценки и построения моделей необходимы массивы данных показателей и индикаторов состояния и развития был выполнен анализ существующих данных для различных видов таких систем. В результате анализа было установлено, что для создания архивов структурированных статистических данных в виде массивов информации можно использовать данные наблюдений Международных организаций, которые перечислены в таблицах 1.3 и 1.4.

Для стран мира, на основе имеющихся статистических данных, а также информации открытых источников различных организаций, известных и общедоступных Web-ресурсов были сформированы массивы структурированных социально-экономических данных (см.Рисунок 1.1).

The image shows a complex spreadsheet with multiple tables. The top table has columns for 'Страна' (Country), 'Показатель' (Indicator), and 'Год' (Year). Below it, there are several smaller tables, each representing a different country or region, with columns for various indicators and their values over time. The data is organized in a grid format, with rows representing different indicators and columns representing different years or categories.

Рисунок 1.1 – Массивы структурированных темпоральных данных.

Данные представлены следующим образом: по столбцам – наименования показателей, по строкам – название страны, одна таблица отвечает за один год.

Соответствующая информация разделена на группы показателей:

География (15 показателей);

Население (79 показателей);

Экономика (43 показателя);

Энергетика (24 показателя);

Транспорт (7 показателей);

Связь и Интернет (4 показателя);

Военная мощь (7 показателей);

При изучении развития стран мира использовались: база данных Программы развития ООН, база данных стран мира Всемирного банка, база данных международного Интернет-ресурса Trading Economics, экологическая база данных стран Европы, справочник ЦРУ «Книга фактов» по странам мира и т.д.

Таблица 1.3 – Некоторые статистические базы данных  
о развитии стран и регионов мира

Название	Краткая характеристика	Адрес доступа
Статистика ВТО	База данных статистики для стран мира по торговой политике, доступам на рынки, экспорту и импорту	<a href="https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/statis_e.htm">https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/statis_e.htm</a>
Статистика ООН	Статистика глобального и национального уровня, собранная ООН по различным аспектам развития стран	<a href="http://data.un.org">http://data.un.org</a>
Статистика Всемирного банка	Более 2000 показателей развития стран мира ретроспективной на 50 лет	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a>
Книга фактов ЦРУ по странам мира	Подробная статистика и фактическая информация по всем странам мира	<a href="https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/">https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/</a>
Статистика статистической службы ЕС	Базы статистических данных по странам Евросоюза	<a href="http://ec.europa.eu/eurostat/help/new-eurostat-website">http://ec.europa.eu/eurostat/help/new-eurostat-website</a>
Базы данных Trading economics	Статистические данные по 196 показателям для 300 000 показателей	<a href="http://tradingeconomics.com">http://tradingeconomics.com</a>

**Таблица 1.4 – Некоторые международные индексы и рейтинги  
для оценки развития стран**

<b>Название</b>	<b>Краткая характеристика</b>	<b>Адрес доступа</b>
Индекс развития человеческого потенциала (UNDP)	Составной индекс, ежегодно определяемый Программой развития ООН	<a href="http://hdr.undp.org/en/data">http://hdr.undp.org/en/data</a>
Индекс восприятия коррупции (Transparency International)	Индекс оценки уровня коррупции на глобальном и региональном уровнях	<a href="http://www.transparency.org/cpi2012/">http://www.transparency.org/cpi2012/</a>
Индекс свободы прессы Агентства «Репортеры без границ»	Рейтинг стран основан на индивидуальном опросе журналистов	<a href="http://en.rsf.org/pressfreedom-index-2011-2012,1043.html">http://en.rsf.org/pressfreedom-index-2011-2012,1043.html</a>
Индексы и рейтинги демократии (Freedom House)	Рейтинги, составленные Freedom House	<a href="https://freedomhouse.org/reports">https://freedomhouse.org/reports</a>
Индекс уровня глобализации городов (Global Cities Index)	Индекс составляется политологическим журналом Foreign Policy совместно с компанией A.T. Kearney и институтом The Chicago Council on Global Affairs	<a href="http://www.atkearney.com/research-studies/globalcities-index">http://www.atkearney.com/research-studies/globalcities-index</a>
Индекс демократии (Economist Intelligence Unit)	Индекс оценки демократии по 60 показателям, сгруппированных в 5 категорий	<a href="http://www.eiu.com/public/topical_report.aspx?campaignid=DemocracyIndex2011">http://www.eiu.com/public/topical_report.aspx?campaignid=DemocracyIndex2011</a>
Индекс ведения бизнеса Всемирного Банка (Doing Business)	Глобальное исследование Всемирного банка по показателю свободы ведения бизнеса	<a href="http://www.doingbusiness.org/">http://www.doingbusiness.org/</a>
Индекс Глобализации (Globalization Index)	Индекс составлен консалтинговой компанией A.T. Kearney	<a href="http://www.atkearney.com/research-studies">http://www.atkearney.com/research-studies</a>
Индекс глобальной конкурентоспособности	Индекс отражает условия ведения бизнеса и общую конкурентоспособность экономик 140 стран мира	<a href="http://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2014-2015">http://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2014-2015</a>
Рейтинг репутации стран мира (The Country Rep Trak)	Рейтинг международной консалтинговой компании Reputation Institute, оценивающий репутацию различных стран мира	<a href="http://www.reputationinstitute.com/thought-leadership/country-retrak">http://www.reputationinstitute.com/thought-leadership/country-retrak</a>
Рейтинг военных армий государств мира	Рейтинг 106 стран по 50 показателям вооруженных сил	<a href="http://www.globalfirepower.com">http://www.globalfirepower.com</a>
Рейтинг стран мира по уровню развития электронного правительства	Рейтинг оценивает возможности государственных структур в 190 странах в использовании ИТ-технологий для предоставления гражданам услуг	<a href="http://www.un.org/en/development/desa/publications/connecting-governments-to-citizens.html">http://www.un.org/en/development/desa/publications/connecting-governments-to-citizens.html</a>

## 1.4 Выводы и задачи исследования

В социофизике существует множество методов моделирования социально-экономических процессов, в частности применяется классическая прогностика, включающая набор фактографических и экспертных методов; функционально-стоимостной и причинно-следственный анализ; построение деревьев целей или матриц взаимного влияния; модели системной динамики; экономико-математическое моделирование; имитационно-прогностические компьютерные модели; стратегическая оценка и технологическое предвидение; GAP-анализ и SWOT-анализ; форсайт; комплексная оценка с использованием индикаторов; циклическое прогнозирование и прогнозирование по критериям стратегических рисков и т.д.

В этом плане вероятностные методы событийной оценки имеют существенные преимущества, так как позволяют разрабатывать математические модели социально-экономических систем.

Для оценки стран мира используется целый набор различных показателей и индикаторов. Применяются также более 14 различных индексов для оценки состояния и развития стран мира в различных аспектах их описания. В работе в качестве объектов исследования приняты страны мира, соответствующая информация о которых сведена в 8 групп показателей, которые содержат 375 переменных. Информация о данных переменных была взята из справочника ЦРУ Книга фактов. Таким образом, сформулированы подходы и собрана информационная база для проведения дальнейших исследований.

Исходя из сказанного выше в результате были поставлены следующие задачи:

- Создание базы данных развития стран мира в областях экономики и энергетики на основе информации Central Intelligence Agency (ЦРУ);
- Выбор переменных состояния для оценки положения стран мира;
- Статистический анализ данных и анализ корреляционных связей;

- Разработка математических моделей для оценки состояния и развития стран мира по многомерным статистическим данным на основе использования методов социофизики;
- Установление закономерностей развития стран мира в области экономики и энергетики;
- Установление регрессионных уравнений для курса валют в зависимости от показателей экономики и энергетики стран мира;
- Анализ положения стран мира в сфере экономики и энергетики на основе методов многомерного ранжирования.

## 2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ СТРАН МИРА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ

### 2.1 Основные гипотезы и методы исследования

Определения, которые будут использоваться при дальнейшем исследовании:

*Страна* – территория, имеющая политические, физико-географические, культурные или исторические границы, которые могут быть четко определенными и зафиксированными, так и размытыми.

*Событийная оценка* – это анализ состояния и развития сложных систем на основе наблюдений, регистрации и изучения событий и их апостериорных вероятностей.

*Состояние объекта (территории)* – совокупность наблюдаемых значений показателей, формирующиеся под действием внутренних условий и внешних воздействий среды в конкретный момент времени.

*Событие* – основная категория теории вероятностей, характеризующаяся как любой факт, который может произойти или не произойти.

Сложные события представляют собой комбинации простых событий.

*Вероятность события* – степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события.

*Риск* – сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий.

При исследовании рассматривается некоторое множество однотипных объектов природно-антропогенного вида, которые можно считать объектами одного класса, например, страны, регионы, города и т.д.

*Урбанизированная территория* – это участок природной территории, занятый поселением городского типа и связанными с ним производственными, транспортными, общественными и инженерными сооружениями. Такие

территории непосредственно относят к урбанизированным и природно-антропогенным территориям.

Множество значений наблюдаемых показателей часто представляется в виде массива данных, которые характеризуются совокупностью однотипных объектов при изменении их состояний во времени [8, 10-11, 22]. Эти данные называются *темпоральными* и имеют они вид многомерных временных рядов. Далее массивы дискретных данных представляют в таблицах в виде «объекты-показатели», причем все таблицы упорядочены во времени. В темпоральных массивах в качестве однотипных классов выступают объекты, которые по свойствам относятся к реальным объектам. Различные физико-химические, социальные, экономические и энергетические величины, имеющие количественное измерение, выступают в качестве атрибутов.

Для темпоральных данных может быть построена среда моделирования в виде многомерного пространства состояний. Предположим, что для  $m$  объектов одного класса в массивах данных содержится количественная информация об  $n$  параметрах  $z_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, n$ ), характеризующих свойства изучаемых объектов. Примем эти параметры в качестве переменных состояния. Далее пусть в  $n$ -мерном пространстве состояний  $E^n$ ,  $z = (z_1, z_2, \dots, z_k)$ , где  $z \in E^n$  расположено определенное количество дискретных опытных точек  $M_i, i = 1, 2, 3, \dots, q$ , которые характеризуют состояния  $q$  объектов с параметрами  $z_k = z_k(\tau)$ , зависящими от времени  $\tau$ . Представим эти точки как некую выборку из сплошной гипотетической среды бесконечного количества состояний для объектов одного класса. Будем считать, что по отношению к данным точкам наблюдений справедлив принцип инвариантности, когда в пространстве состояний дискретные данные формируют некий «образ», отражающий в определенной степени сущность групповых закономерностей, свойственных состояниям объектов. При этом инвариантность образа будет связана с сохранением расстояний между точками  $M_i$ .

Будем также применять континуальный принцип представления данных в пространстве  $E^n$  [8, 10-11, 22]. Тем самым используется концепция кон-

тинуального поля некой величины (полевой переменной), которая характеризует в целом состояния объектов. Это позволяет каждой точке пространства поставить в соответствие некую величину, обладающую свойством неизменности по отношению к преобразованиям переменных  $z_1, z_2, \dots, z_k$ . Определим данную полевую величину как эмпирическую меру состояний объектов в пространстве  $E^n$  в виде  $W = W(M)$ , где  $M$  – произвольное состояние.

Основная гипотеза исследования связана с описанием закономерностей путем установления связи между эмпирической мерой  $W$  и априори заданной мерой схожести, которая отражает геометрическую структуру пространства состояний, исходя из той или иной принятой математической модели. Меру схожести состояний будем представлять в виде зависимостей относительно всех  $n$  переменных  $z_k$ : аддитивными, мультипликативными, степенными, однородными или иными зависимостями в виде эвклидова, манхэттенского или степенного расстояний, расстояния Чебышева, Минковского и др.

Принцип соответственных состояний позволяет построить шкалу для относительного сравнения состояний объектов между собой. Процедура построения таких шкал досконально проработана в термодинамике [8, 10-11, 22]. В целом сущность метода заключается в следующем (см. Рисунок 2.1). Выберем некий линейный эталонный процесс  $l_0$  и на нем отметим опорное состояние  $M_0$ . На данном процессе отмечаем второе опорное состояние  $M'_0$ . Полученный отрезок делим на заданное количество одинаковых интервалов, например, 100, и устанавливаем длину полученных отрезков  $\sigma$ . Далее из начала координат проводим луч  $OM_0$  и находим длину отрезка  $OM_0$ . Шкалу измерений для состояний объектов формируем в виде некоего индекса  $\theta$  применительно к лучу  $OM_0$  с единицей измерения  $\sigma$ , при этом длина отрезка  $OM_0$  в данной шкале составит  $\theta_0 = OM_0/\sigma$ . Для определенности назовем данный индекс  $\theta$  менсурой (от лат. *mensura* – мера) и зададим соответствующую единицу измерения в виде градуса менсуры ( $^\circ M$ ), который геометрически будет равен длине  $\sigma$ .

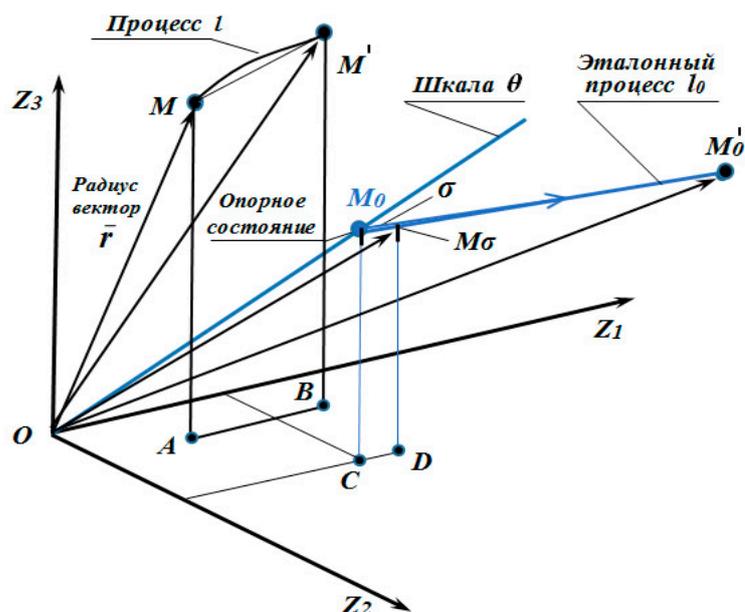


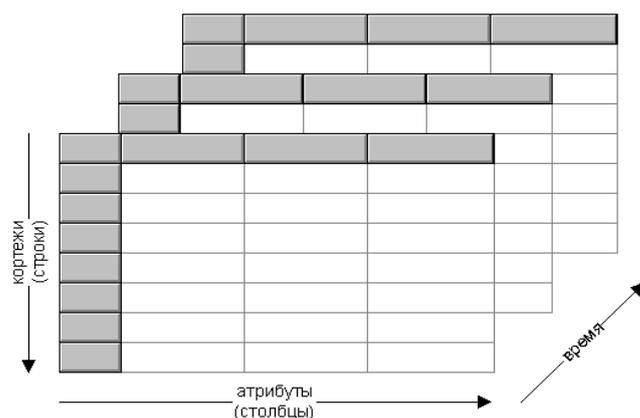
Рисунок 2.1 Схема построения шкалы менсуры и измерения количества воздействия по отношению к опорному состоянию и эталонному процессу.

Проводя радиус-вектор  $\vec{r}$  до каждой опытной точки  $M_i$  и определяя его модуль, можно в полученной шкале измерить состояние в градусах менсуры. Таким образом, менсура в целом характеризует состояния объектов и является эмпирической мерой для их измерения. Длины отрезков в евклидовом пространстве будем определять исходя из известной метрики:  $l_{ab} = \sqrt{(z_{1b} - z_{1a})^2 + (z_{2b} - z_{2a})^2 + \dots + (z_{nb} - z_{na})^2}$ , где  $a$  и  $b$  – начало и конец некоего отрезка  $ab$ . Теперь для опытных данных эмпирически можно искать модель в виде уравнения состояния []:

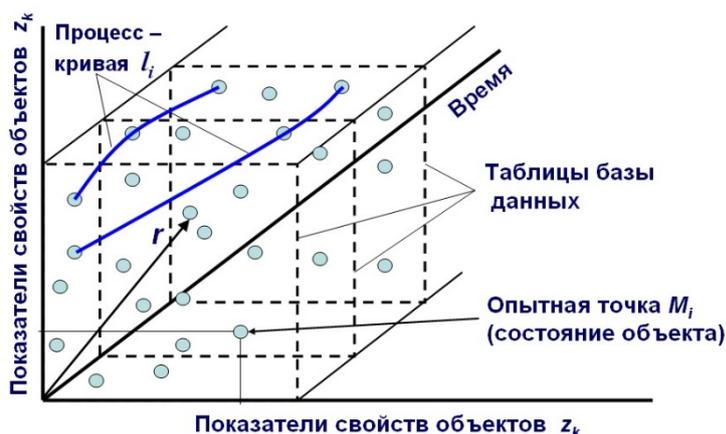
$$\theta = f\left(\frac{z_1}{z_{1_0}}, \frac{z_2}{z_{2_0}}, \dots, \frac{z_n}{z_{n_0}}\right). \quad (2.1)$$

Факт существования для объектов одного класса уравнения вида (1) должен подтверждаться на основе обработки имеющихся данных [8, 10-11, 22].

Сформулированные подходы позволяют установить зависимости для связи между собой основных переменных, эмпирическую меру и показателей переменных в различных процессах изменения состояний объектов.



a)



b)

Рисунок 2.2 Темпоральные массивы данных, характеризующие изменения состояний объектов:

- a) структура темпоральных баз данных;
- b) соответствующее пространство состояний объектов

Исходя из сказанного выше, методика получения уравнений состояний в виде феноменологических соотношений в каждом конкретном случае будет включать следующие этапы:

- составляется база данных наблюдений для стран мира в соответствии с примерами, приведенными на Рисунке 1.1;
- формируется перечень показателей (переменных состояния), которые наиболее полно характеризуют состояния изучаемых объектов в области экономики и энергетики;
- строится или выбирается процесс, который может выступать в качестве эталонного процесса в пространстве состояний. Задаются опорные

точки для построения линейной шкалы для относительного сравнения состояний объектов между собой

- выбирается эмпирическая мера состояния в виде статистической вероятности. Будем считать, что статистическая вероятность совместных событий  $w$  наблюдения трех показателей  $z_1, z_2, z_3$  может быть определена по статистическим данным. Для этой цели используем метод алгоритмического определения вероятности [8, 10-11, 22]. Соответствующий скрипт для четырех показателей имеет вид:

```
Sub Main
Dim s As Spreadsheet, k As Integer
Set s = ActiveSpreadsheet
For i = 1 To 153
    k = 0
    For j = 1 To 153
        If i <> j Then
            If ((s.Cells(i,2)>=s.Cells(j,2)) And (s.Cells(i,3)>=s.Cells(j,3)) And
(s.Cells(i,4)>=s.Cells(j,4))And (s.Cells(i,5)>=s.Cells(j,5))) Then
                k = k+1
            End If
        End If
    Next j
    s.Cells(i,6) = k+1
Next i
End Sub;
```

- производится измерение состояний объектов в созданной шкале и находятся значения величины  $\theta$ , как отношение эмпирической меры каждого объема и эмпирической меры опорного состояния;

- устанавливаются регрессионные зависимости, отражающие связи величины  $\theta$  со значениями показателей объектов, в виде уравнения состояния (1);
- делается вывод о справедливости принципа соответственных состояний;
- осуществляется ранжирование стран мира по величине  $\theta$  и выполняется анализ ситуации.

Использование предложенного метода проиллюстрируем на примере получения уравнений состояний, характеризующих социально-экономическое и эмпирическое развитие стран мира.

## 2.2 Анализ существующих данных и выбор переменных состояний для моделирования социально-экономических объектов

При изучении социально-экономического состояния стран мира и регионов будем использовать базы данных показателей Всемирной книги фактов ЦРУ [1].

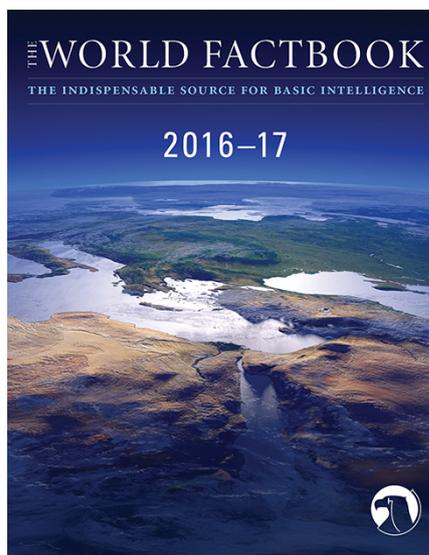


Рисунок 2.3 – Обложка издания 2016-2017 годов «The World Factbook»

Статистическая база данных социально-экономических показателей стран мира и регионов разделена на 2 группы показателей [1].

Она включает информацию по каждому из 205 субъектов для 41 показателя за 12 лет (с 2005 по 2017 гг.).

Для проведения статистического анализа и последующего исследования были выбраны следующие экономические показатели:

- *Курс доллара;*
- *Расходы бюджета;*
- *Доходы бюджета;*
- *Профицит бюджета (+) или дефицит (-);*
- *Учетная ставка центрального банка;*
- *Ставка кредитования коммерческого банка;*
- *Баланс текущего счета;*
- *Внешний долг;*
- *Распределение доходов семьи - индекс Джинни;*
- *Экспорт;*
- *ВВП - официальный курс;*
- *ВВП на душу населения;*
- *ВВП - паритет покупательной способности;*
- *Импорт;*
- *Темпы роста промышленного производства;*
- *Уровень инфляции (потребительские цены);*
- *Рабочая сила;*
- *Государственный долг;*
- *Запасы иностранной валюты и золота;*
- *Налоги и другие доходы;*
- *Уровень безработицы.*

Для проведения статистического анализа и последующего исследования были выбраны следующие энергетические показатели:

- *Выбросы углекислого газа от потребления энергии;*
- *Сырая нефть – экспорт;*
- *Сырая нефть – импорт;*

- *Сырая нефть – производство;*
- *Сырая нефть - доказанные запасы;*
- *Электричество – потребление;*
- *Электричество – экспорт;*
- *Электричество – импорт;*
- *Электричество - установленная генерирующая мощность;*
- *Электричество – производство;*
- *Потребление электроэнергии на душу населения;*
- *Природный газ – потребление;*
- *Природный газ – экспорт;*
- *Природный газ – импорт;*
- *Природный газ – производство;*
- *Природный газ - доказанные запасы;*
- *Очищенные нефтепродукты – потребление;*
- *Очищенные нефтепродукты – экспорт;*
- *Очищенные нефтепродукты – импорт;*
- *Очищенные нефтепродукты – производство.*

Таким образом, при анализе социально-экономического и энергетического развития было использовано 41 показателя [1].

Для перечисленных выше групп показателей формировались таблицы данных, где к строкам привязывались объекты анализа – страны и регионы мира, а в столбцах находились соответствующие значения показателей, которые, в свою очередь, группировались по времени наблюдений – с 2005 по 2017 год. В дальнейшем полученные таблицы данных обрабатывались методами статистического анализа с использованием программного продукта Statistica.

## 2.3 Разработка математических моделей для описания социально-экономического состояния и развития стран мира

Считаем, что в области  $H^3$  можно задать комплексный индекс в виде аналитической функции  $T(p_1, p_2, p_3)$ , на основе которой будет формироваться математическая модель вероятностного пространства. При известном виде функции  $T(p_1, p_2, p_3)$  и значениях переменных  $p_1, p_2, p_3$  в области  $H^3$  формируем два скалярных поля – поле статистической вероятности, определяемое по опытным данным, и поле комплексного индекса.

При построении моделей, исходя из гипотез, предполагаем, что в пространстве состояний  $H^3$  скалярные поля величин  $w$  и  $T$  однозначно связаны между собой. Данная связь представляется в виде следующих феноменологических соотношений  $dw = c_l \cdot dT$ . При справедливости принятых выше гипотез математические описания статистических данных, представленных таблично-временными массивами информации, тесно связаны с уравнениями Пфаффа.

Выберем в области  $H^3$  произвольную точку  $M$ . Будем считать, что вблизи данной точки осуществляется элементарный процесс, в результате которого состояние объекта изменяется от начального  $M$  до конечного состояния  $M'$ . Тогда полный дифференциал величины  $w$  можно представить в виде:

$$dw = \left(\frac{\partial w}{\partial T}\right)_{p_2 p_3} \left(\frac{\partial T}{\partial p_1}\right) dp_1 + \left(\frac{\partial w}{\partial T}\right)_{p_1 p_3} \left(\frac{\partial T}{\partial p_2}\right) dp_2 + \left(\frac{\partial w}{\partial T}\right)_{p_1 p_2} \left(\frac{\partial T}{\partial p_3}\right) dp_3 \quad (2.2)$$

$$dw = c_1 \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_1}\right) dp_1 + c_2 \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_2}\right) dp_2 + c_3 \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_3}\right) dp_3, \quad (2.3)$$

где  $c_1, c_2, c_3$  – феноменологические величины, характеризующие процессы изменения состояний объектов при изменении показателей  $p$ , которые в са-

мом общем случае зависят от переменных  $p_1, p_2, p_3$ , однако, в окрестности точки  $M$  их условно можно считать постоянными величинами.

Введение индекса  $T(p_1, p_2, p_3)$  необходимо для построения комплексных моделей описания статистических данных в математическом виде. Уравнение Пфаффа при постоянных величинах  $c_k$  зависит от вида функции  $T$  и распределений вероятности  $w$ .

Так как изучается распределение статистической вероятности, то можно представить комплексный индекс в виде геометрической вероятности пространства  $H^3$  или в виде меры относительных изменений:

$$T = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}{p_{1max} \cdot p_{2max} \cdot p_{3max}}; \quad (2.4)$$

$$T = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}{p_{1_0} \cdot p_{2_0} \cdot p_{3_0}}, \quad (2.5)$$

где  $p_{kmax}, p_{k_0}$  – соответственно максимальные или некоторые опорные (пороговые, допустимые и т.д.) значения исходных показателей.

Существуют различные способы формирования комплексных индексов при построении моделей систем. Это связано с особенностями той или иной предметной области, используемыми гипотезами и предположениями, или общепринятыми подходами. Кроме уравнений (2.4) – (2.5) также часто используются мультипликативные степенные функции и экспертные зависимости относительно исходных показателей соответственно в виде:

$$T = \beta \left( \frac{p_1}{p_{1_0}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left( \frac{p_2}{p_{2_0}} \right)^{\alpha_2} \cdot \left( \frac{p_3}{p_{3_0}} \right)^{\alpha_3}; \quad (2.6)$$

$$T = \beta_1 \frac{p_1}{p_{1_0}} + \beta_2 \frac{p_2}{p_{2_0}} + \beta_3 \frac{p_3}{p_{3_0}}, \quad (2.7)$$

где  $\beta_k$  – весовые или стандартизованные коэффициенты. Могут также быть предложены и другие виды функций для задания значений комплексного индекса, например, функции в виде среднего геометрического  $T = \sqrt[3]{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}$

или среднегеометрического взвешенного, а также самые разные экспертные зависимости относительно индикаторов вида  $p_k = \frac{p_k - p_{k_{min}}}{p_{k_{max}} - p_{k_{min}}}$ .

Будем считать, что комплексный индекс  $T(p_1, p_2, p_3)$  может быть представлен в виде произведений функций, зависящих от показателей  $p_1, p_2, p_3$ , а именно  $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \varphi_3(p_3)$ . Эта гипотеза охватывает класс уравнений вида (2.4) – (2.6). В этом случае для уравнения Пфаффа существует интегрирующий делитель, который обращает данное уравнение в полный дифференциал. Интегрирующим делителем будет функция  $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \varphi_3(p_3)$  [21]. Подставляя данную функцию в уравнение Пфаффа и деля это уравнение на величину  $T$ , получим:

$$ds = \frac{dw}{T} = c_1 \frac{\varphi_1'(p_1)}{\varphi_1(p_1)} dp_1 + c_2 \frac{\varphi_2'(p_2)}{\varphi_2(p_2)} dp_2 + c_3 \frac{\varphi_3'(p_3)}{\varphi_3(p_3)} dp_3. \quad (2.8)$$

Интегрируя уравнение, представим общий интеграл в виде:

$$s - s_0 = c_1 \ln \left( \frac{\varphi_1(p_1)}{\varphi_1(p_{1_0})} \right) + c_2 \ln \left( \frac{\varphi_2(p_2)}{\varphi_2(p_{2_0})} \right) + c_3 \ln \left( \frac{\varphi_3(p_3)}{\varphi_3(p_{3_0})} \right). \quad (2.9)$$

где  $s_0, p_{1_0}, p_{2_0}, p_{3_0}$  – параметры опорного состояния.

Данную функцию состояния обычно называют энтропией. Таким образом, для скалярного поля вероятности  $w(p_1, p_2, p_3)$  при задании комплексного индекса произведением функций  $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \varphi_3(p_3)$  и справедливости функциональных связей в виде  $dw = c_l \cdot dT$  может быть определено скалярное поле энтропии вида, причем функция энтропии является аддитивной величиной относительно показателей  $p_k$ .

Для комплексного индекса согласно (2.8) – (2.9) энтропию состояния системы можно представить следующим образом:

$$ds = \frac{dw}{T} = c_1 \frac{dp_1}{p_1} + c_2 \frac{dp_2}{p_2} + c_3 \frac{dp_3}{p_3}, \quad (2.10)$$

$$s - s_0 = c_1 \ln \left( \frac{p_1}{p_{1_0}} \right) + c_2 \ln \left( \frac{p_2}{p_{2_0}} \right) + c_3 \ln \left( \frac{p_3}{p_{3_0}} \right). \quad (2.11)$$

В свою очередь, потенциал  $P(p_1, p_2, p_3) = C$  может быть найден из уравнения:

$$\frac{p_1}{c_1} \cdot dp_1 + \frac{p_2}{c_2} \cdot dp_2 + \frac{p_3}{c_3} \cdot dp_3 = 0 \quad (2.12)$$

или

$$P(p_1, p_2, p_3) = \frac{1}{2} \left( \frac{p_1^2 - p_{1_0}^2}{c_1} + \frac{p_2^2 - p_{2_0}^2}{c_2} + \frac{p_3^2 - p_{3_0}^2}{c_3} \right), \quad (2.13)$$

где принято, что  $P(p_{1_0}, p_{2_0}, p_{3_0}) = 0$ .

Таким образом, для известного комплексного индекса можно ввести обобщенные координаты в виде энтропии и потенциала, которые позволят в преобразованном пространстве координат линеаризовать нелинейное скалярное поле вероятности состояния системы.

Такие величины как энтропия  $s$  и потенциал  $P$  являются функциями состояния, и на основе их значений можно осуществить сравнительную оценку состояния объектов. Каждый объект, в процессе изменения и развития, будет занимать некоторое положение в пространстве  $N^3$ . Именно функции состояния будут определять криволинейные координаты в этом пространстве.

Благодаря нелинейному преобразованию координат, пространство  $N^3$ , где представлено скалярное поле вероятности состояния системы, может быть комплексно преобразовано в линейное пространство относительно величин энтропии и потенциала пространства состояний изучаемой системы. Это дает нам возможность провести многопараметрическое ранжирование объекта среди множества других объектов, используя для анализа данные функции состояния.

Применение данного метода подходит для медленно протекающих во времени процессов, для которых существуют функции распределения вероятностей характерных событий и непрерывные производные.

Для того чтобы применить метод обязательно должны быть структурированы (в таблично-временном виде) данные наблюдений изучаемых сложных систем. Основные процессы обычно являются медленно протекающими во времени, так как в основном показатели многих систем достаточно устойчивы. Практика анализа данных также показывает, что для многих природно-антропогенных систем могут быть получены функции распределений вероятности для различных характерных событий, поэтому вполне возможно установление фундаментальных закономерностей на основе феноменологических описаний процессов изменения состояния систем.

## 2.4 Выводы

В процессе выполнения второй главы были выполнены сделаны следующие выводы:

1. Континуальный принцип представления темпоральных данных в состоянии и развитии стран мира позволяет получить уравнения состояний объектов в виде зависимостей (2.1).

2. Принцип соответствия их состояний дает возможность построить шкалу для относительного сравнения состояний объектов между собой.

3. Описана методика получения уравнений состояний объектов в виде феноменологических состояний, которая содержит восемь этапов обработки и анализа многомерных данных. Проанализированы статистические базы данных о состоянии и развитии стран мира, которые содержат 375 показателей, объединенных в 8 групп.

4. Предложены математические модели, позволяющие описать темпоральные данные о состоянии и развитии стран мира в континуальных пространствах переменных состояния. Получены зависимости для определения энтропии и потенциала пространства состояний, которые могут быть использованы при обработке статистических данных и получении уравнений состояний объектов.

### 3 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ СТРАН МИРА

#### 3.1 Формирование системы показателей для статистического анализа

Для статистического анализа использовались данные из Книги фактов ЦРУ [1]. На основе имеющихся данных была сформирована база данных показателей стран в экономике и энергетике.

Первый сборник был опубликован в августе 1962 года, а первая не-секретная версия – в июне 1971. Выпуск 1975 года был первым, который стал доступным общественности с продажей через Государственную типографию США. До 1980 года аналитическое агентство ЦРУ выпускало сборник раз в полгода. С 1981 году публикации выпускаются ежегодно с новым наименованием как «Всемирная книга фактов». На тот момент были получены данные о 165 странах мира. Сборник выпускался на 225 страницах. Информация была разделена на секции: Земля, Вода, Люди, Правительство, Экономика, Коммуникации и Силы обороны. В 1987 году в результате объединения разделов образовалась новая секция - География. Сборник 1988 года составляет уже 300 страниц. В 1992 году число стран увеличивается до 188. Размер сборника 1994 года увеличивается до 512 страниц. В 1995 году книгу фактов выпустили на CD-ROM. Доступ к сборнику в интернете появился в июне 1997 года. На 2001 книга расширилась в итоге для 267 стран и других географических объектов. В 2004 году происходят обновления каждые две недели нового сайта книги фактов. На 2005 год сборник достигает 702 страниц. В 2010 еженедельно обновляется веб-сайт Всемирной книги фактов. В сборнике на 2011 год становится 195 стран. В 2012 книга фактов достигает 847 страниц. Издания 2000—2018 годов доступны для скачивания в виде специальных файлов HTML. Согласно объявлению, опубликованному на сайте справочника, ЦРУ больше не планирует печатать данную книгу, а сосредото-

чится на наполнении её онлайн-версии (в частности, обновляя представляемые данные еженедельно).

*Разделы книги фактов:*

*История* – краткое описание стран, *география* – 20 разделов с 62-мя показателями, *демография* – 35 разделов с 83-мя показателями, *государственный строй* – 22 раздела с 50 показателями, *экономика* – 41 раздел с 77 показателями, *телекоммуникации* – 7 разделов с 14 показателями, *транспорт* – 10 разделов с 32 показателями, *вооруженные силы* – 6 разделов с 10 показателями, *энергетика* – 22 раздела с 44 показателями.

The World Factbook



South Asia :: Afghanistan

Introduction :: Afghanistan

**Background:**

Ahmad Shah DURRANI unified the Pashtun tribes and founded Afghanistan in 1747. The country served as a buffer between the British and Russian Empires until it won independence from notional British control in 1919. A brief experiment in democracy ended in a 1973 coup and a 1978 communist counter-coup. The Soviet Union invaded in 1979 to support the tottering Afghan communist regime, touching off a long and destructive war. The USSR withdrew in 1989 under relentless pressure by internationally supported anti-communist mujahedin rebels. A series of subsequent civil wars saw Kabul finally fall in 1996 to the Taliban, a hardline Pakistani-sponsored movement that emerged in 1994 to end the country's civil war and anarchy. Following the 11 September 2001 terrorist attacks, a US, Allied, and anti-Taliban Northern Alliance military action toppled the Taliban for sheltering Osama BIN LADIN. The UN-sponsored Bonn Conference in 2001 established a process for political reconstruction that included the adoption of a new constitution, a presidential election in 2004, and National Assembly elections in 2005. In December 2004, Hamid KARZAI became the first democratically elected president of Afghanistan and the National Assembly was inaugurated the following December. KARZAI was re-elected in August 2009 for a second term. Despite gains toward building a stable central government, a resurgent Taliban and continuing provincial instability - particularly in the south and the east - remain serious challenges for the Afghan Government.

Рис. 3.1 – Пример страницы книги фактов ЦРУ,  
раздел – история Афганистана

Раздел экономика состоит из 41 раздела: описание экономики; ВВП - паритет покупательной способности, официальный курс, темпы роста, на душу населения, группы и сектора в процентном соотношении; ВНП экономики; промышленные темпы роста производства; коли-

чество рабочих людей; процентное соотношение количества рабочих по профессии; уровень безработицы; население ниже черты бедности; доля потребления; индекс Джини; бюджет; налогообложение; профицит и дефицит бюджета; государственный долг; отчетный год; уровень инфляции; центральный банк ставки дисконтирования; коммерческий банк ставки кредитования; запас узкой денежной массы; запас денежной массы; запас внутреннего кредита; рыночная стоимость публично торгуемых акций; баланс текущего счета; экспорт; экспорт-товары; экспорт-партнеры; импорт; импорт-товары; импорт-партнеры; резервы иностранной валюты и золота; внешний долг; фонд прямых иностранных инвестиций в домашних условиях; фонд прямых иностранных инвестиций за рубежом и курсы валют.

Раздел энергетика состоит из 22 разделов: производство, потребление, экспорт и импорт электроэнергии; установленная генерирующая мощность; электроэнергия от ископаемых видов топлива, от ядерного топлива, от гидроэлектростанций, из других возобновляемых источников; добыча, экспорт, импорт и запасы нефти; производство, потребление, экспорт и импорт нефтепродуктов; добыча, потребление, экспорт, импорт и запасы газа; выбросы диоксида углерода от потребления энергии.

Значение некоторых показателей разделов экономики и энергетике представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Пример энергетических и экономических показателей из созданной базы данных по книге фактов ЦРУ

Статистические показатели по состоянию на 2015 год		Страны								
		Россия	США	Германия	Франция	Китай	Бразилия	Япония	Норвегия	Канада
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Электроэнергия</i>										
Электрическое производство	ТВт в час	1057	4099	526,6	530,6	4977	0,05	936,2	125,2	618,9
Потребление электроэнергии		1038	3886	582,5	471	4951	0,046	859,7	120,9	499,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установленная генерирующая мощность	ТВт в час	0,22	1,04	0,18	0,12	1,15	0,00004	0,29	0,03	0,14
<i>Нефть</i>										
Добыча нефти	баррелей <sup>1</sup> * 10 <sup>6</sup> в день	10,44	11,11	0,17	0,07	4,16	0	0,14	1,9	3,9
Запасы нефти	баррелей * 10 <sup>9</sup>	80	20,68	0,25	0,09	17,30	0	0,04	5,37	173,1
Производство нефтепродуктов	баррелей * 10 <sup>6</sup> в день	4,8	18,45	2,20	1,55	9,37	0	3,86	0,31	2,01
<i>Газ</i>										
Добыча газа	куб м * 10 <sup>9</sup>	669,7	681,4	9	0,508	107,2	0	3,27	114,7	143,1
Запасы газа		47800	9459	125	10,7	3100	0	20,9	2070	1930
<i>Экология</i>										
Выбросы диоксида углерода от потребления энергии	ед * 10 <sup>6</sup>	1788	5491	814	374,3	8715	0,15	1181	45,87	552,6
<i>Экономика</i>										
ВВП (паритет покупательной способности)	\$ * 10 <sup>9</sup>	2553	16720	3227	2273	13370	2442	472,9	282,2	1518
Экспорт товаров	\$ * 10 <sup>9</sup>	515	1575	1493	570	2210	0,03	697	154,2	458,7
Импорт товаров	\$ * 10 <sup>9</sup>	341	2273	1233	640	1772	0,31	766,6	90,14	471
Уровень инфляции	%	6,8	1,5	1,6	1,1	2,6	1,6		1,9	1
Индекс Джини	%	42	45	27	32,7	47,4		37,6	25	32,1

Анализ информации о состоянии и развитии стран мира основывался на данных The World Factbook [1]. Соответствующая база данных, характеризующая состояние географии, демографии, экономики и энергетики, включает информацию по каждому из 159 объектов. Для каждой страны использовалась информация по 87 показателям, которые формировали 4 группы статистической информации:

- география (8 показателей);
- демография (24 показателя);
- экономика (32 показателя);
- энергетика (23 показателей).

В результате выполненных работ был сформирован массив статистических данных, который включал 5 таблиц (за 2008 и 2015 годы), содержащих в каждой таблице информацию по 87 показателям для 159 стран.

<sup>1</sup>Нефтяной баррель — единица измерения объема нефти, равная 42 галлонам или 158,988 литрам.

### 3.2 Первичный статистический анализ

Во время проведения статистического анализа данных были выполнены следующие исследования:

- предварительный статистический анализ данных;
- корреляционный анализ данных;
- регрессионный анализ данных.

В процессе первичной обработки статистических данных [10] были выполнены следующие виды исследований: определение основных статистик и пределов изменения переменных при статистическом описании исходных данных; исследование резко выделяющихся наблюдений; проверка однородности исходных данных; анализ одномерных эмпирических распределений исследуемых показателей; для последующего описания массива данных выборка наиболее влияющих показателей. Результаты исследования эмпирических функций распределения вероятностей наблюдения для показателей экономики и энергетики представлены на рисунках 3.2 – 3.6.

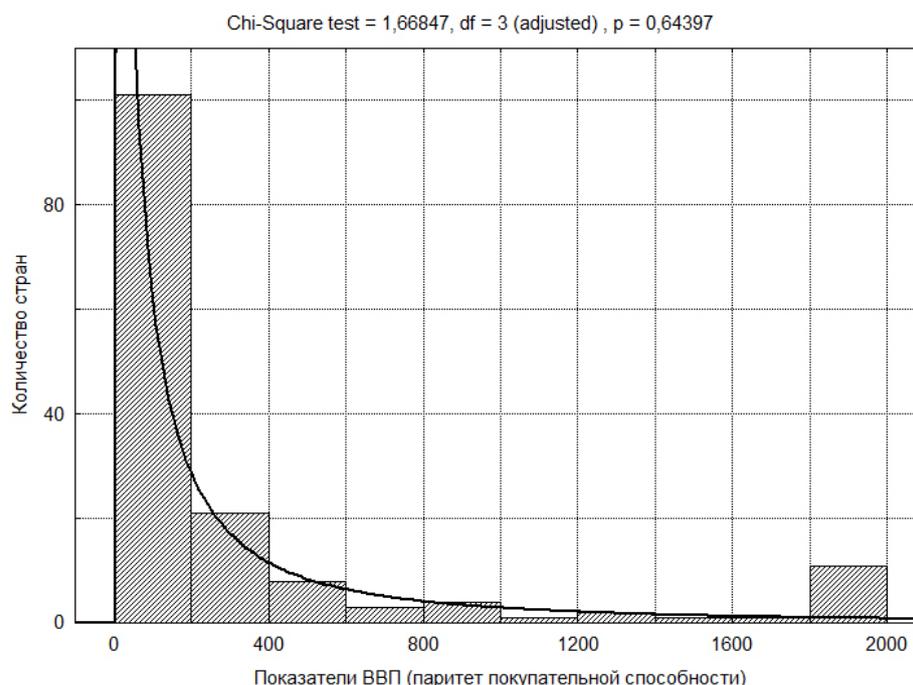


Рис. 3.2 – Эмпирическая функция распределения

для показателей *ВВП* (паритет покупательной способности)

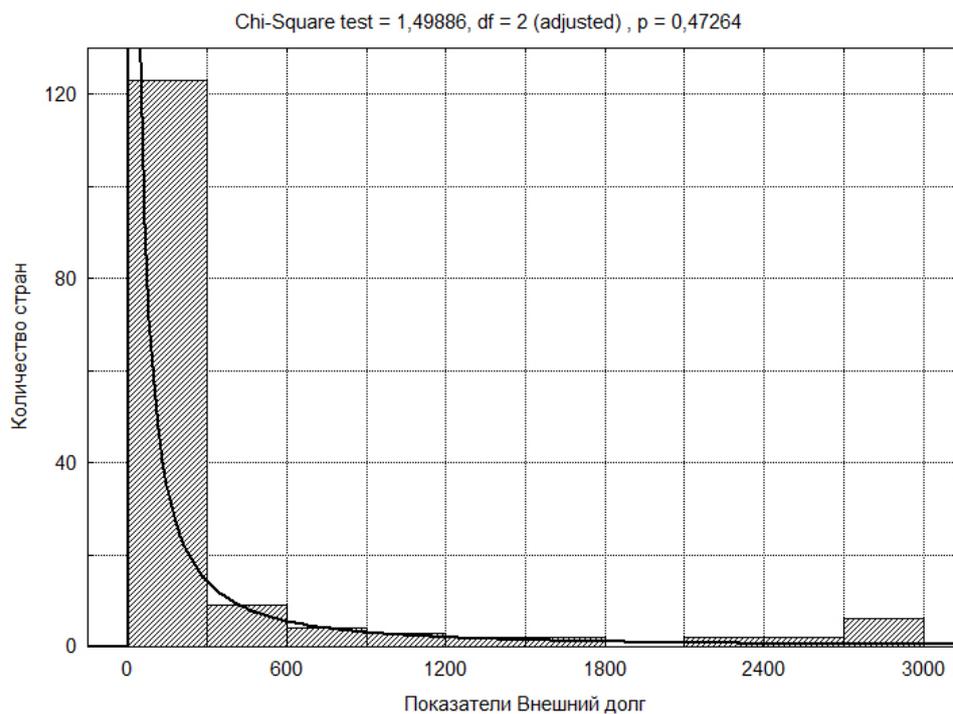


Рис. 3.3 – Эмпирическая функция распределения для показателя *внешний долг*

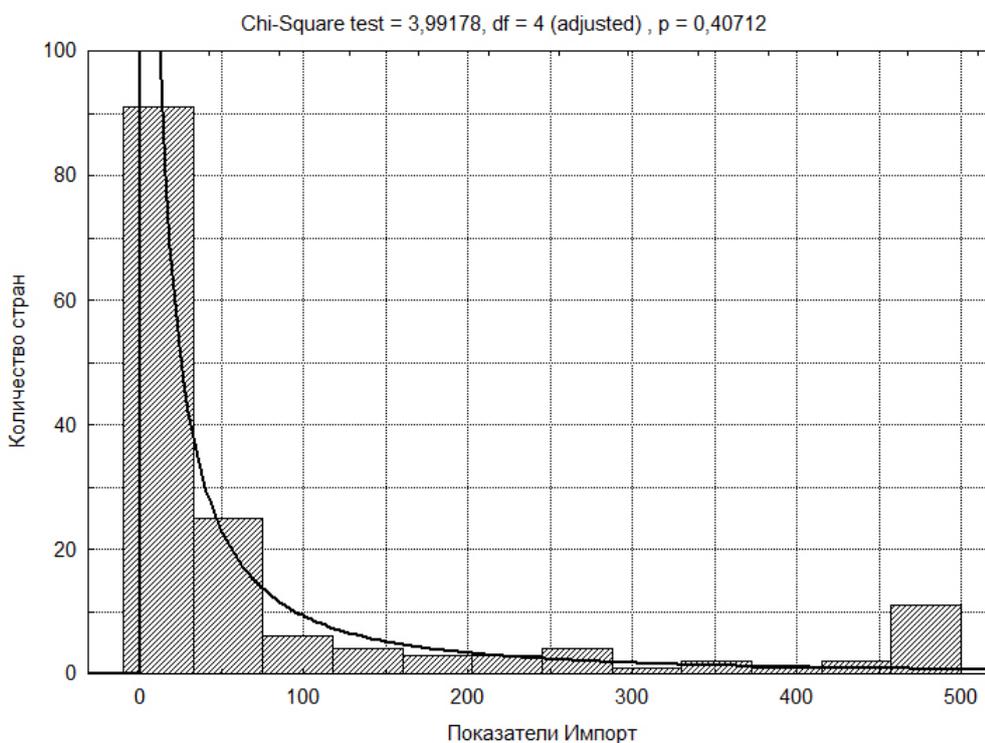


Рис. 3.4 – Эмпирическая функция распределения для показателей *импорт*

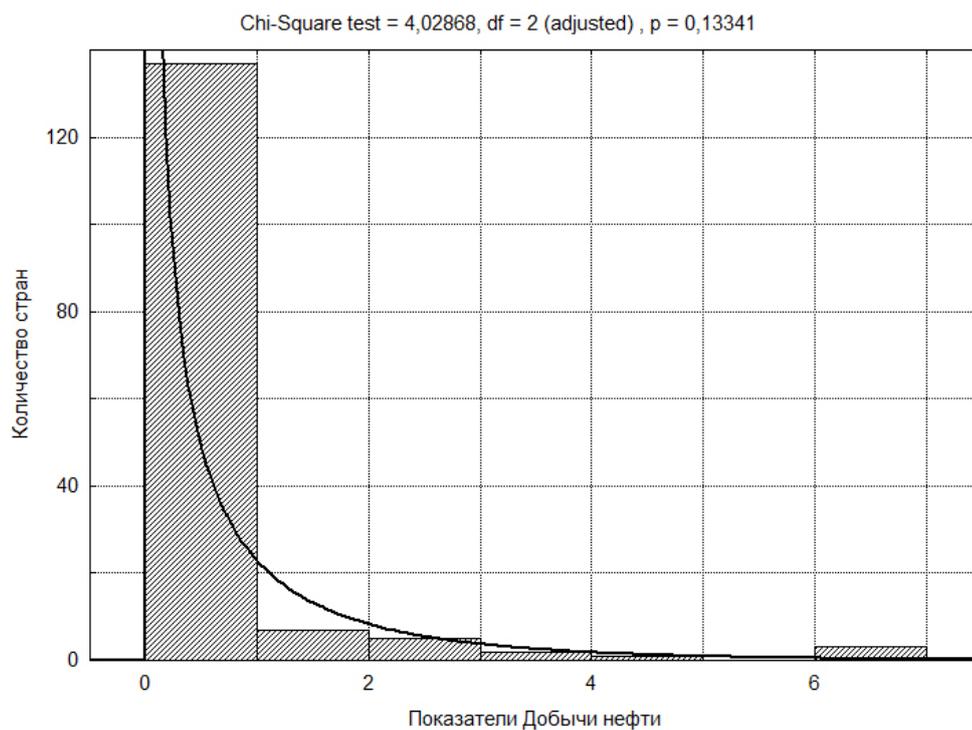


Рис. 3.5 – Эмпирическая функция распределения для показателя *добыча нефти*

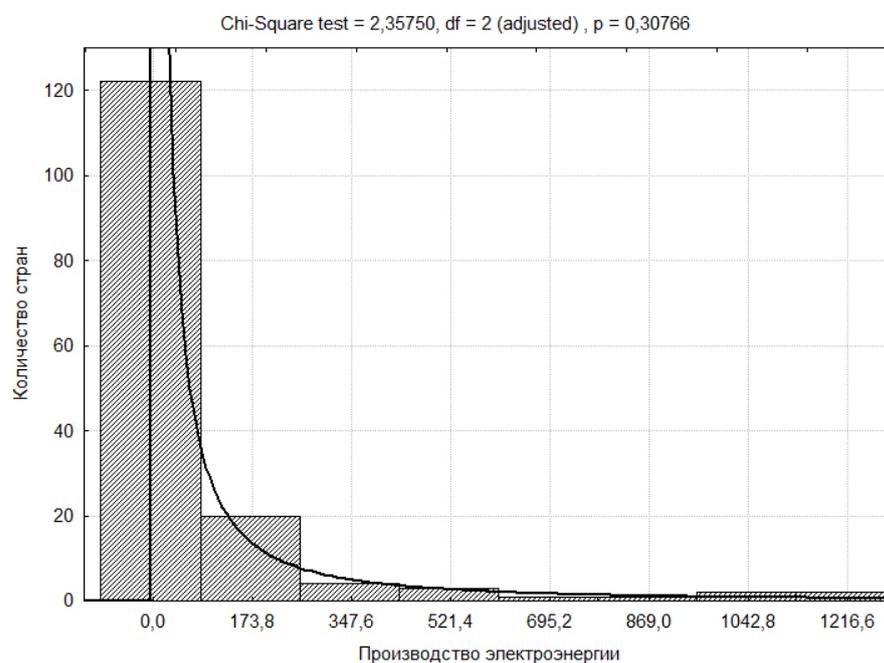


Рис. 3.6 – Эмпирическая функция распределения для показателя *производство электроэнергии*

Характеристики данных по средним, максимальным и минимальным значениям показателей, а также среднееквадратичное отклонение приведены в

таблицах 3.2 – 3.3. В результате анализа видно, что имеется существенная неоднородность и значительный разброс значений показателей для исследуемых стран мира. Такую неоднородность в данных подтверждают эмпирические вероятностные распределения, которые в основном подчиняются логарифмически нормальному закону распределения.

Таблица 3.2 – Основные статистики и пределы изменения  
основных показателей экономики стран мира

№ п.п.	Показатель	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадр. отклонение, $\sigma$
1	ВВП (паритет покупательной способности) *10 <sup>9</sup>	551	0,846	16 720	1 846
2	Экспорт *10 <sup>9</sup>	114	0,009	2 210	277
3	Импорт *10 <sup>9</sup>	114	0,123	2 273	281
4	Внешний долг *10 <sup>9</sup>	469	0,000005	15 680	1 663

Таблица 3.3 – Основные статистики и пределы изменения  
основных показателей энергетики стран мира

№ п.п.	Показатель	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадр. отклонение, $\sigma$
1	Производство электроэнергии, ГВт в час	131,97	0,00005	4977,00	534,35
2	Добыча нефти, баррелей * 10 <sup>6</sup> в день	0,53	0	11,73	1,68
3	Добыча газа, м <sup>3</sup> *10 <sup>9</sup>	20,69	0	681,40	79,76
4	Выбросы диоксида углерода, ед * 10 <sup>9</sup>	0,20	0	8,71	0,85

Анализ резко выделяющихся наблюдений проводился путем визуализации данных, а также с помощью статистических процедур. Для этой цели использовался критерий, основанный на  $T_n$ -статистике:

$$T_n = \frac{(x_n - x_s)}{\sigma^2} \quad (3.1)$$

где  $x_n$  – аномальное наблюдение;  $x_s$  – среднее значение;  $\sigma^2$  – дисперсия [17].

Выбор наиболее влияющих показателей для описания массива данных основывался на рекомендациях специалистов, исследовавших процессы глобализации и развития стран мира [13-14, 22, 40], изучении изменчивости показателей, анализе корреляционных связей между показателями и вероятностями событий наблюдения данных показателей [10].

Первичная статистическая обработка данных [11] о состоянии и развитии стран мира в области экономики и энергетики позволила изучить характер распределения показателей, определить вероятности простых событий наблюдения каждого из показателей, выбрать наиболее значимые переменные и приемлемые методы дальнейшего статистического анализа информации.

При корреляционном анализе связи между показателями и вероятностями событий наблюдения соответствующих показателей исследовались на основе анализа многомерных корреляционных матриц (см. Таблицы 3.4 – 3.5).

Таблица 3.4 – Корреляционная матрица по показателям энергетики стран мира за 2015 год

Показатели	Электропроизводство	Потребление электроэнергии	Экспорт электроэнергии	Импорт электроэнергии	Установленная генерирующая мощность	Добыча нефти	Запасы нефти	Производство нефтепродуктов	Потребление нефти	Добыча газа	Потребление газа	Запасы газа	Выбросы диоксида углерода
Электропроизводство	1,00	<b>0,74</b>	0,00	0,04	0,03	<b>0,30</b>	- 0,00	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,33</b>	<b>0,39</b>	0,14	<b>0,56</b>
Потребление электроэнергии	<b>0,74</b>	1,00	0,00	0,05	0,04	<b>0,34</b>	0,00	<b>0,59</b>	<b>0,59</b>	<b>0,38</b>	<b>0,46</b>	<b>0,17</b>	<b>0,66</b>
Экспорт электроэнергии	0,00	0,00	1,00	-0,00	-0,01	0,02	<b>0,98</b>	0,02	0,02	0,03	0,04	- 0,00	0,01
Импорт электроэнергии	0,04	0,05	-0,00	1,00	-0,00	<b>0,28</b>	0,01	0,11	0,07	<b>0,39</b>	<b>0,30</b>	<b>0,53</b>	0,09
Установленная генерирующая мощность	0,03	0,04	-0,01	-0,00	1,00	0,09	0,00	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08
Добыча нефти	<b>0,30</b>	<b>0,34</b>	0,02	<b>0,28</b>	0,09	1,00	0,11	<b>0,67</b>	<b>0,66</b>	<b>0,81</b>	<b>0,76</b>	0,67	<b>0,53</b>
Запасы нефти	-0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,01	0,00	0,11	1,00	0,03	0,03	0,06	0,06	0,04	0,02
Производство нефтепродуктов	<b>0,51</b>	<b>0,59</b>	0,02	0,11	0,07	<b>0,67</b>	0,03	1,00	<b>0,99</b>	<b>0,76</b>	<b>0,87</b>	<b>0,36</b>	<b>0,86</b>
Потребление нефти	<b>0,51</b>	<b>0,59</b>	0,02	0,07	0,06	<b>0,66</b>	0,03	<b>0,99</b>	1,00	<b>0,72</b>	<b>0,85</b>	<b>0,29</b>	<b>0,86</b>
Добыча газа	<b>0,33</b>	<b>0,38</b>	0,03	<b>0,39</b>	0,05	<b>0,81</b>	0,06	<b>0,76</b>	<b>0,72</b>	1,00	<b>0,92</b>	<b>0,77</b>	<b>0,55</b>
Потребление газа	<b>0,39</b>	<b>0,46</b>	0,04	<b>0,30</b>	0,05	<b>0,76</b>	0,06	<b>0,87</b>	<b>0,85</b>	<b>0,92</b>	1,00	<b>0,62</b>	<b>0,64</b>
Запасы газа	0,14	<b>0,17</b>	-0,00	<b>0,53</b>	0,05	<b>0,67</b>	0,04	<b>0,36</b>	<b>0,29</b>	<b>0,77</b>	<b>0,62</b>	1,00	<b>0,28</b>
Выбросы диоксида углерода	<b>0,56</b>	<b>0,66</b>	0,01	0,09	0,08	<b>0,53</b>	0,02	<b>0,86</b>	<b>0,86</b>	<b>0,55</b>	<b>0,64</b>	<b>0,28</b>	1,00

Таблица 3.5 – Корреляционная матрица по показателям экономики стран мира за 2015 год

Показатели	ВВП паритет Покупательной способности	ВВП	Рабочая сила	Доход	Расход	Налог	Профицит бюджета	Инфляция	Экспорт	Импорт	Внешний долг
ВВП паритет покупательной способности	1,00	<b>0,92</b>	<b>0,66</b>	<b>0,73</b>	<b>0,74</b>	0,05	-0,04	-0,05	<b>0,75</b>	<b>0,80</b>	<b>0,56</b>
ВВП	<b>0,92</b>	1,00	<b>0,36</b>	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>	<b>0,18</b>	-0,01	-0,10	<b>0,83</b>	<b>0,86</b>	<b>0,70</b>
Рабочая сила	<b>0,66</b>	<b>0,36</b>	1,00	<b>0,17</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,20</b>	-0,09	0,07	<b>0,26</b>	<b>0,33</b>	0,10
Доходы	<b>0,73</b>	<b>0,88</b>	0,17	1,00	<b>0,99</b>	<b>0,23</b>	0,02	-0,11	<b>0,81</b>	<b>0,82</b>	<b>0,76</b>
Расходы	<b>0,74</b>	<b>0,88</b>	0,20	0,99	1,00	<b>0,20</b>	-0,03	-0,09	<b>0,78</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>
Налог	0,05	<b>0,18</b>	-0,20	0,23	0,20	1,00	<b>0,36</b>	<b>-0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>0,28</b>
Профицит бюджета	-0,04	-0,01	-0,09	0,02	-0,03	<b>0,36</b>	1,00	<b>-0,22</b>	0,08	0,02	-0,06
Инфляция	-0,05	-0,10	0,07	-0,11	-0,09	<b>-0,25</b>	<b>-0,22</b>	1,00	-0,13	-0,13	-0,13
Экспорт	<b>0,75</b>	<b>0,83</b>	<b>0,26</b>	<b>0,81</b>	<b>0,78</b>	<b>0,22</b>	0,08	-0,13	1,00	<b>0,95</b>	<b>0,70</b>
Импорт	<b>0,80</b>	<b>0,86</b>	<b>0,33</b>	<b>0,82</b>	<b>0,81</b>	<b>0,18</b>	0,02	-0,13	<b>0,95</b>	1,00	<b>0,76</b>
Внешний долг	<b>0,56</b>	<b>0,70</b>	0,10	<b>0,76</b>	<b>0,75</b>	<b>0,28</b>	-0,06	-0,13	<b>0,70</b>	<b>0,76</b>	1,00

В результате из 375 показателей развития стран мира было отобрано 40 показателей, которые рассматривались как основные переменные при построении моделей:

- население, количество человек;
- курс доллара;
- расходы бюджета в \$;
- доходы бюджета в \$;
- профицит или дефицит бюджета;
- учетная ставка центрального банка в %;
- ставка кредитования коммерческого банка в %;
- баланс текущего счета в \$;
- внешний долг в \$;
- ВВП – официальный курс в \$;
- ВВП на душу населения в \$;
- ВВП паритет покупательной способности в \$;
- распределение доходов семьи – индекс Джини;
- темпы роста промышленного производства в %;
- уровень инфляции в %;
- рабочая сила, количество человек;
- государственный долг в % от ВВП;
- запасы иностранной валюты и золота в \$;
- экспорт в \$;
- импорт в \$;
- налоги и другие доходы в %;
- уровень безработицы в %;
- производство электроэнергии кВт в час;
- потребление электроэнергии кВт в час;
- экспорт электроэнергии кВт в час;

- импорт электроэнергии кВт в час;
- установленная генерирующая мощность кВт;
- добыча нефти баррелей в день;
- экспорт нефти баррелей в день;
- импорт нефти баррелей в день;
- запасы нефти баррелей;
- добыча газа куб м;
- экспорт газа куб м;
- импорт газа куб м;
- запасы газа куб м;
- производство нефтепродуктов баррелей в день;
- экспорт нефтепродуктов баррелей в день;
- импорт нефтепродуктов баррелей в день;
- потребление нефтепродуктов баррелей;
- выбросы диоксида углерода ед.

Данные показатели формировали группы из трех-четырёх величин для создания математических моделей и установления связей вероятностей совместных событий с вероятностями простых и сложных событий наблюдения показателей [22], характеризующих состояние и развитие стран мира. По результатам статистической обработки базы данных экономики и энергетики стран мира было установлено, что выбранные выше показатели имеют значимые взаимосвязи с другими показателями и могут быть сгруппированы. При наблюдении групп рассматривать сложные совместные события, отражающие особенности развития стран по определенным аспектам.

Показатели относились к численности населения для получения удельных характеристик стран, которые более объективно отражают реальную картину развития экономика и энергетики.

### 3.3 Кластерный анализ стран мира по показателям экономики и энергетики

Из показателей, характеризующих развитие экономики и энергетики стран мира и приведенных в базе данных ЦРУ, были отобраны шесть показателей, которые имеют полные данные для всех стран мира.

В области экономики – это следующие показатели:

- ВВП по паритету покупательной способности на душу населения,  $p_1$ , долларов США/чел;
- Импорт на душу населения,  $p_2$ , долларов США/чел;
- Экспорт на душу населения,  $p_3$ , долларов США/чел.

В области энергетики – это показатели:

- Потребление электроэнергии на душу населения,  $p_4$ , кВт·час/чел;
- Потребление газа на душу населения,  $p_5$ , м<sup>3</sup>/чел;
- Потребление очищенных нефтепродуктов на душу населения,  $p_6$ , баррелей/чел.

Изучение возможности объединения стран мира в однородные группы осуществлялось методом кластерного анализа данных. Кластеризация проводилась методом  $k$ -средних с применением программы Statistica отдельно для групп показателей, характеризующих экономическое и энергетическое развитие стран. Методика кластеризации предполагала применение апробированного метода ближайшего соседа, где в качестве меры кластеризации использовалось евклидово расстояние в виде зависимости. В соответствии с методикой анализа изучаемые показатели предварительно стандартизировались путем приведения их к виду:  $z_k^{st} = (z_k - z_k^{sr})/\sigma_k$ , где  $z_k^{sr}$  – среднее значение -того показателя,  $\sigma_k$  – среднеквадратичное отклонение. Число кластеров определялось методом иерархической кластеризации в программном продукте Statistica путем построения дендрограмм.

Кластеризация стран мира по данным наблюдений значений выбранных экономических показателей позволила выделить три группы стран. Ха-

рактика областей кластеризации по стандартизированным показателям приведена в табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Характеристика областей кластеризации по стандартизированным экономическим показателям

Кластеры	Статистики	Стандартизированные показатели		
		$p_1$	$p_2$	$p_3$
Первый кластер	Среднее значение	1,974	0,320	2,736
	Среднеквадратичное отклонение	0,928	0,331	1,616
Второй кластер	Среднее значение	0,644	0,072	0,282
	Среднеквадратичное отклонение	0,554	0,358	0,483
Третий кластер	Среднее значение	-0,496	-0,207	-0,401
	Среднеквадратичное отклонение	0,258	0,063	0,104

Таким образом, исходя из таблицы 3.4, первый кластер содержал 9 стран, второй 39 и третий 128 стран:

- первый кластер – страны с высоким развитием экономики по удельным показателям: Ирландия, Кувейт, Люксембург, Оман, Катар, Сингапур, Швейцария, Объединенные арабские эмираты, Фолклендские острова;
- второй кластер – 39 стран с более низким развитием экономики по удельным показателям, в перечень которых входит Австралия, ряд развитых европейских стран, США, Южная Корея, Япония и т.д.;
- третий кластер – все оставшиеся страны с низким развитием экономики по удельным показателям, в перечень которых входит и Россия.

Кластеризация стран мира по данным наблюдений значений выбранных энергетических показателей позволила выделить также три группы стран. Характеристика областей кластеризации по стандартизированным показателям приведена в табл. 3.7.

Таблица 3.7 – Характеристика областей кластеризации по стандартизированным энергетическим показателям

Кластеры	Статистики	Стандартизированные показатели		
		$p_4$	$p_5$	$p_6$
Первый кластер	Среднее значение	3,310	2,893	2,891
	Среднеквадратичное отклонение	3,408	3,369	6,054
Второй кластер	Среднее значение	0,760	0,225	0,107
	Среднеквадратичное отклонение	0,647	0,839	0,450
Третий кластер	Среднее значение	-0,434	-0,267	-0,145
	Среднеквадратичное отклонение	0,257	0,151	0,0768

Таким образом, исходя из таблицы 3.7, первый кластер содержал 5 стран, второй 44 и третий 132 страны:

- первый кластер – страны с высоким удельным потреблением энергии: Бахрейн, Гибралтар, Исландия, Кувейт и Тринидад и Тобаго;
- второй кластер – 44 страны со средним потреблением энергии, в перечень которых входит Россия и США;
- третий кластер – все оставшиеся страны с низким удельным потреблением энергии.

#### 3.4 Эмпирические зависимости для оценки состояния и развития стран мира

При регрессионном анализе данных происходит оценка значений коэффициентов множественной корреляции и детерминации. При анализе коэффициентов  $beta - c$  для каждой независимой переменной выяснилось – какие переменные являются значимыми (см. Рис. 3.7 – 3.8).

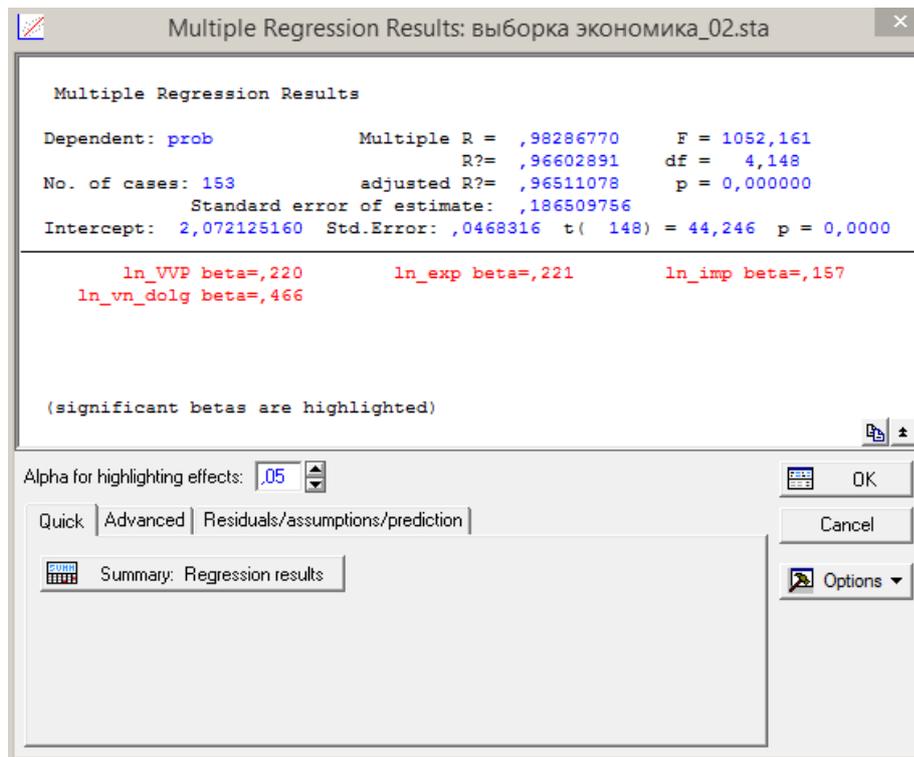


Рис. 3.7 – Окно результатов множественной регрессии для таблицы данных экономики стран мира

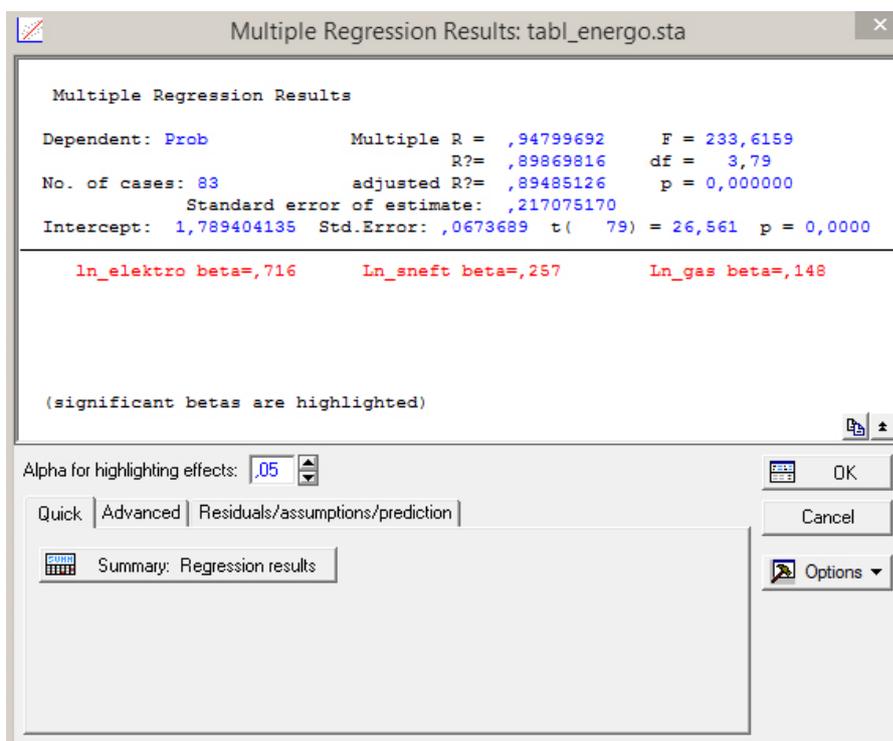


Рис. 3.8 – Окно результатов множественной регрессии для таблицы данных энергетики стран мира

Регрессионные зависимости статистической вероятности совместного события наблюдения трех (четырех) показателей для определенной таблицы данных (для выбранного года наблюдения) определялись в виде:

$$Prob = c_0 + s; \quad (3.2)$$

$$s = c_1 \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \ln \frac{p_2}{p_{2_0}} + c_3 \ln \frac{p_3}{p_{3_0}}; \quad (3.3)$$

$$s = c_1 \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \ln \frac{p_2}{p_{2_0}} + c_3 \ln \frac{p_3}{p_{3_0}} + c_4 \ln \frac{p_4}{p_{4_0}}, \quad (3.4)$$

где  $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$  – эмпирические константы, а  $p_1, p_2, p_3, p_4$  – выбранные показатели. В качестве опорных величин принимались максимальные значения показателей  $p_{i_0} = p_{i_{max}}$  в группе стран, которые наблюдались в 2015 году.

В результате получена следующая зависимость вероятности  $w$  от энтропии состояния системы:

$$Prob = 2,0721 + s;$$

$$Prob = 1,8174 + s;$$

$$Prob = 1,7894 + s;$$

$$s = 0,1135 \cdot \ln \left( \frac{p_1}{p_{1_0}} \right) + 0,0897 \cdot \ln \left( \frac{p_2}{p_{2_0}} \right) + 0,0773 \cdot \ln \left( \frac{p_3}{p_{3_0}} \right) + 0,1638 \cdot \ln \left( \frac{p_4}{p_{4_0}} \right);$$

$$s = 0,2224 \cdot \ln \left( \frac{p_1}{p_{1_0}} \right) + 0,0337 \cdot \ln \left( \frac{p_2}{p_{2_0}} \right) + 0,0698 \cdot \ln \left( \frac{p_3}{p_{3_0}} \right);$$

$$s = 0,2625 \cdot \ln \left( \frac{p_1}{p_{1_0}} \right) + 0,057 \cdot \ln \left( \frac{p_2}{p_{2_0}} \right) + 0,0284 \cdot \ln \left( \frac{p_3}{p_{3_0}} \right).$$

Результаты обработки данных приведены на рисунках 3.9 – 3.10.

Из приведенных данных видно, что феноменологические константы  $c_i$ , отражающие процессы наблюдения показателей, исходя из группового поведения объектов, соответственно равны: для экономики –  $c_1 = 0,1135$ ,  $c_2 = 0,0897$ ,  $c_3 = 0,0773$ ,  $c_4 = 0,1638$ ; для энергетики за 2008 год –  $c_1 = 0,2224$ ,  $c_2 = 0,0337$ ,  $c_3 = 0,0698$  и за 2015 год  $c_1 = 0,2625$ ,  $c_2 = 0,057$ ,  $c_3 = 0,0284$ .

Зависимости статистической вероятности состояния  $w$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений показателей экономики и энергетики представлены на рисунках 3.9 – 3.11.

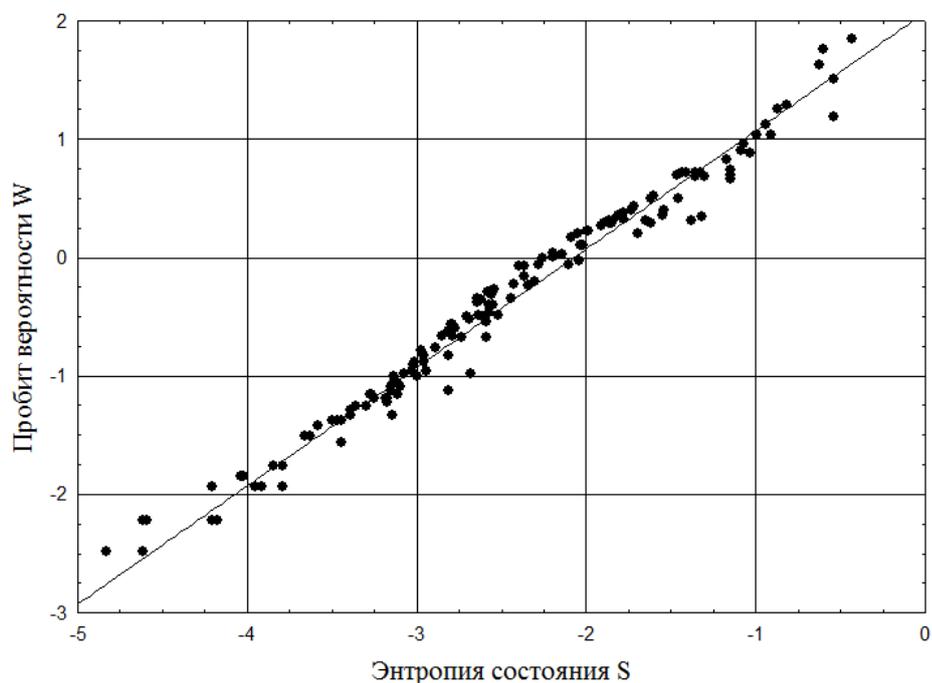


Рис. 3.9 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений показателей экономики 2015 года

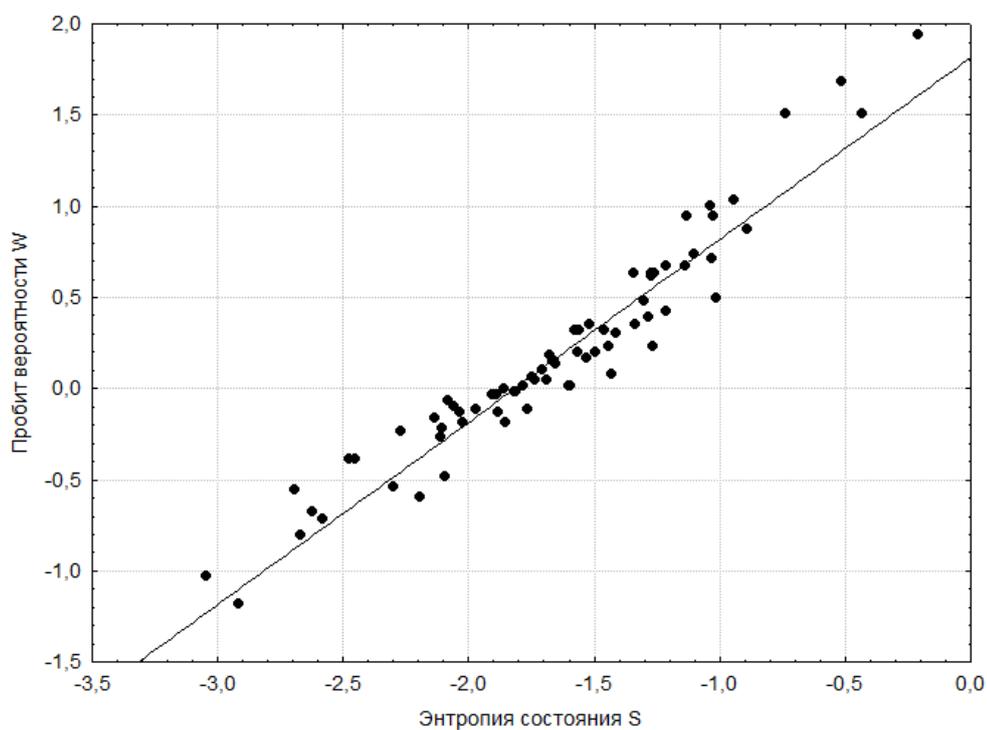


Рис. 3.10 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений показателей энергетики 2008 года

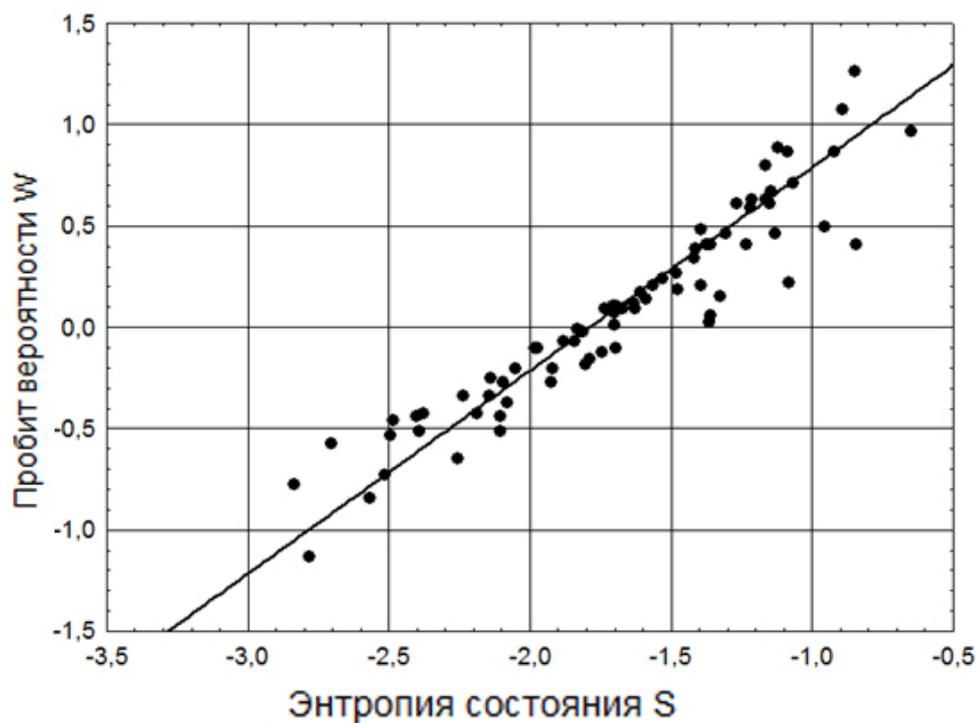
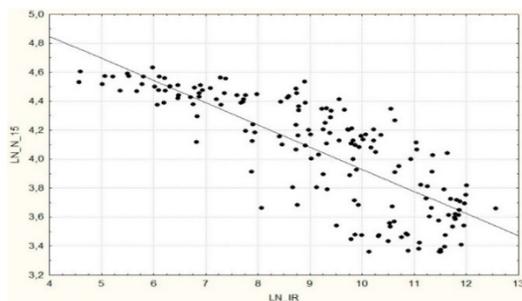


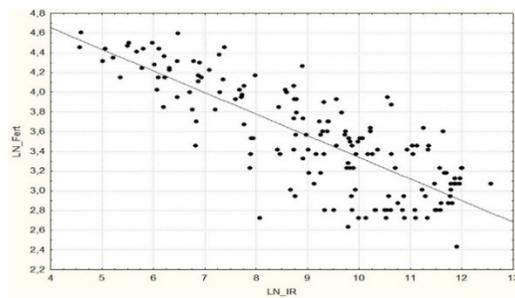
Рис. 3.11 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений показателей энергетики 2015 года



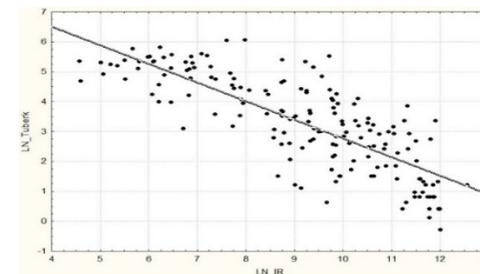
Рис. 3.12 – Зависимость логарифма индекса развития от логарифма удельного потребления энергии для стран мира за 2015 год



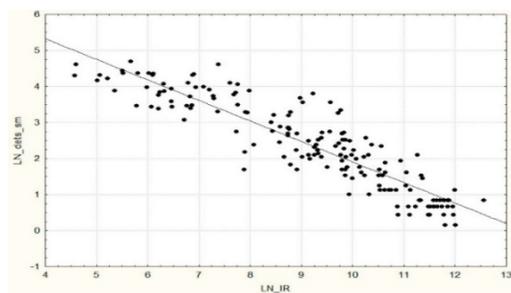
Население в возрасте до 15 лет



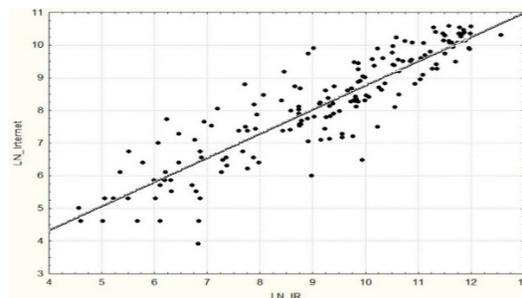
Фертильность



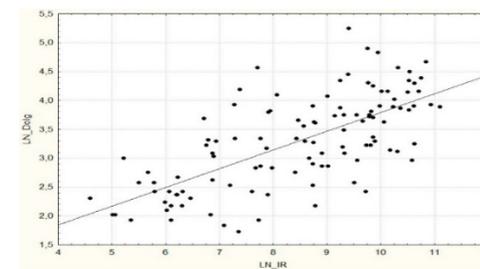
Заболеваемость туберкулезом



Детская смертность



Пользователи Интернет



Обслуживание госдолга

Рис. 3.13 – Примеры построения моделей индекса развития по различным индикаторам

Комплексная оценка осуществляется по потенциалу состояния объектов путем определения положения каждой страны в криволинейных координатах данного пространства с учетом среднестатистических тенденций развития всех стран. Оценка проводится относительно средних значений экономических и энергетических показателей по отношению к опорной точке. В качестве опорной точки принималось состояние с максимально наблюдаемыми значениями изучаемых показателей. Ранги стран устанавливались по возрастанию значения потенциала (см. Таблица 3.8 – 3.10).

Таблица 3.8 – Значение потенциала  $P$  для стран мира относительно средних значений энергетических показателей на 2015 год

Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны	Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны
США	49520,40	1	Узбекистан	270,13	20
Российская Федерация	43886,27	2	Великобритания	170,83	21
Саудовская Аравия	9425,47	3	Австралия	162,81	22
Китай	7387,20	4	Ангола	162,36	23
Канада	2640,27	5	Боливия	140,90	24
Катар	1558,76	6	Казахстан	139,88	25
Норвегия	1254,95	7	Япония	137,25	26
ОАЭ	815,57	8	Оман	103,06	27
Мексика	740,48	9	Аргентина	102,85	28
Алжир	726,85	10	Ливия	86,06	29
Индонезия	487,56	11	Тайланд	74,28	30
Нидерланды	482,99	12	Пакистан	71,71	31
Ирак	469,32	13	Перу	31,71	32
Кувейт	447,77	14	Азербайджан	23,99	33
Нигерия	422,34	15	Колумбия	12,79	34
Венесуэла	386,49	16	Германия	12,57	35
Индия	351,27	17	Франция	5,39	36
Египет	288,70	18	Южная Корея	-5,06	37
Малайзия	285,72	19	Украина	-15,33	38

Таблица 3.9 – Значение потенциала  $P$  для стран мира относительно средних значений энергетических показателей на 2008 год

Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны	Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны
Венесуэла	278324,65	1	Индонезия	87,17	20
Казахстан	81693,87	2	ОАЭ	52,92	21
Российская Федерация	18289,42	3	Египет	49,22	22
США	16528,67	4	Германия	47,27	23
Китай	2617,70	5	Австралия	45,44	24
Албания	1895,19	6	Аргентина	38,76	25
Канада	1510,55	7	Франция	18,78	26
Норвегия	316,79	8	Бразилия	0,19	27
Алжир	260,97	9	Пакистан	-6,56	28
Япония	224,16	10	Южная Корея	-8,91	29
Саудовская Аравия	205,46	11	Тайланд	-17,38	30
Великобритания	203,55	12	Оман	-24,00	31
Нидерланды	198,85	13	Италия	-24,70	32
Туркменистан	151,17	14	Украина	-24,76	33
Узбекистан	130,87	15	Испания	-29,30	34
Малайзия	129,03	16	Тайвань	-37,59	35
Катар	102,07	17	Бангладеш	-38,00	36
Мексика	97,60	18	Ливия	-39,01	37
Индия	96,68	19	Боливия	-39,40	38

Таблица 3.10 – Значение потенциала  $P$  для стран мира относительно средних значений экономических показателей на 2015 год

Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны	Страны мира	Потенциал страны $P$	Ранг страны
США	16913,23	1	Швейцария	105,82	20
Китай	7758,12	2	Бельгия	90,66	21
Великобритания	2996,65	3	Саудовская Аравия	77,84	22
Германия	2456,31	4	Тайвань	52,34	23
Франция	1181,29	5	ОАЭ	52,26	24
Япония	1160,77	6	Индонезия	43,72	25
Индия	748,24	7	Турция	35,69	26
Италия	397,95	8	Швеция	32,33	27
Нидерланды	343,61	9	Польша	22,32	28
Российская Федерация	322,05	10	Гонконг	20,51	29
Испания	302,87	11	Тайланд	18,55	30
Люксембург	241,11	12	Австрия	15,85	31
Южная Корея	227,59	13	Малайзия	13,82	32
Канада	209,53	14	Норвегия	8,17	33
Мексика	152,61	15	Аргентина	-1,14	34
Бразилия	147,49	16	Дания	-4,82	35
Ирландия	128,53	17	Чешская республика	-6,14	36
Сингапур	126,51	18	Финляндия	-7,91	37
Австралия	109,15	19	Вьетнам	-9,93	38

### 3.5 Выводы

На сегодняшний день энергетика и экономика тесно связаны друг с другом. Многие энергетические показатели состоят в основе экономического роста. Тем самым, без энергетики невозможно развитие страны в целом.

По оценкам Международного Энергетического Агентства (МЭА) [28] рост потребление ископаемых ресурсов расположен в 2000 – 2008 годах. Глобальный спрос на энергию вырастет на 37% к 2040 году. Распределение спроса на энергию поменяет позиции в мире: в Европе, Японии, Кореи и Северной Америке ожидается стагнация; в Азии, Африке, Латинской Америке и на Ближнем Востоке будет бурный рост, где мировой спрос на энергию будет со-

ставлять 60 %. На начало 2030-го года Китаю предстоит стать крупнейшим потребителем нефти. Индия, Юго-Восточная Азия, Ближний Восток и часть Африки к югу от Сахары будут занимать лидирующие позиции в мировом энергетическом спросе.

По полученным данным за 2008 год в области энергетики лидирующие позиции занимали следующие страны: Венесуэла, Казахстан, Российская Федерация, США и Китай. Уже на 2015 год лидерами стали США, Россия, Саудовская Аравия, Китай и Канада. Три страны поменяли свои места – это связано с тем, что на протяжении периода были найдены новые источники полезных ископаемых, также играет роль более современное оборудование. Венесуэла и Казахстан остались на прежнем уровне – по данным Книги фактов ЦРУ количество добытой нефти в день для этих стран сократилось в несколько раз. В ближайшее время на 2020 год в нефтяном производстве появятся новые лидеры – это Китай и Саудовская Аравия.

Самый быстрый темп роста среди ископаемых видов топлива приходится на природный газ. Мировой спрос на него вырастет в два и более раза. Основными регионами добычи газа станут Китай и страны Ближнего Востока. Рост не прекратится также и в традиционных регионах.

Мировой спрос на уголь в ближайшее время вырастет на 10%. По данным МЭА – рост не прекратится до 2040 года, хотя уже сейчас в некоторых странах вводится ограничение на добычу угля, так как происходит загрязнение окружающей среды и увеличиваются выбросы диоксида углерода. На данный момент спрос растет в Китае и Индии. Уголь достаточно дешевое ископаемое по цене, но в связи с закрытием шахт из-за загрязнений воздуха цена, возможно, поднимется.

Быстрорастущим рынком среди энергоносителей является электрическая энергия. Она способствует сокращению доли ископаемого топлива в энергетическом балансе мира.

Также в энергетику внедряются новые технологии использования возобновляемых источников энергии. По данным МЭА, генерация энергии из возоб-

новляемых источников вырастет в два и более раза в Китае, Индии, Латинской Америке и Африке. Наибольшую долю займет ветроэнергетика – около 34%, далее будет гидроэнергетика – 30% и солнечная энергетика – 18%.

Ядерная энергетика будет оставаться составной частью национальных энергетических стратегий. В Китае ожидается рост атомной генерации на 45%; в суммарном проценте будут – Индия, Корея и Россия; США увеличит потребление на 16%, Европейский Союз уменьшит на 10%. В связи с опытом последних лет, в кругах общественности возникает беспокойство на счет безопасности работы реакторов, должного обращения с радиоактивными отходами и предотвращения распространения ядерного оружия.

По обработанным показателям Книги Фактов ЦРУ в данной работе можно сделать вывод о развитии энергетики стран мира к 2020 году. В десятку стран по производству электроэнергии, добыче нефти и газа лидирующие позиции займут – Китай, Саудовская Аравия, Индия, Российская Федерация, США, Катар, Объединенные Арабские Эмираты, Нигерия, Канада и Норвегия.

Кластеризация стран мира позволила поделить страны на три группы по условию экономического развития и на три группы по условию энергетического развития.

## 4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРАН МИРА

### 4.1 Формирование системы показателей для анализа развития стран мира

Сейчас в мире насчитывается 159 валют, некоторые из валют имеют хождение во многих странах. В реальной экономике деньги как товар имеют свою цену, которая определяется курсом валюты, зависящем от целого ряда ценообразующих факторов. Надо отметить, что стоимость валюты и ее курс могут существенно различаться. Стоимость определяется количеством товаров и услуг, которые можно купить за единицу валюты, а курс – балансом спроса и предложения за валюту на рынке. Кроме того, имеется еще реальная стоимость каждой валюты, которая определяется фактическим вкладом страны в развитие мирового хозяйства.

На котировку любой национальной валюты влияют экономические и политические факторы, в частности, решения центральных банков государств и международных организаций в области кредитно-денежной политики, экономические показатели развития стран и т.д. Реальный обменный курс валюты представляет собой номинальный курс, скорректированный с учетом инфляции, которая наблюдается в данной стране. Однако, реальный обменный курс чаще всего не соответствует реальной цене национальной валюты. По отношению к стоимости курс валюты может быть завышен или занижен. Другими словами, любая национальная валюта может быть переоценена или недооценена, что определяется многими геополитическими, экономическими и финансовыми факторами.

Установление реальной стоимости национальных валюты является достаточно сложной задачей системного анализа в области финансовой деятельности государств. Имеется много способов такой оценки, один из известных подходов, хотя и не очень обоснованных экономически, основан на

так называемом индексе бигмака. Идея оценки основана на паритете покупательской способности, рассчитанной с помощью одинакового во всех странах мира одного продукта.

Журнал Economist публикует индекс бигмака для стран мира дважды в год. Данный индекс, как простейшая оценка валют, был создан в 1986 году, чтобы проверить соотношение стоимостей курсов той или иной валюты.

По индексу бигмака российский рубль стоит всего 20,2 рубля за доллар. Для сравнения: официальный курс доллара, установленный Центробанком на конец 2018 года, составлял 69 рублей. Получается, что рубль недооценён примерно в 3,3 раза.

Таким образом, как отмечают исследователи, российский рубль сейчас является одной из самых недооцененных валют мира. Чуть больше рубля недооценена украинская гривна. Наиболее недооцененной валютой в мире, исходя из индекса бигмака, является китайский юань. Самые переоцененные валюты мира – это швейцарский франк и шведская крона.

За время существования данного индекса в мире появились различные аналогичные подходы. Например, Австралийский банк Commonwealth Securities предложил использовать для анализа покупательной способности валют индекс iPod — он сравнивает долларовую цену MP3-плеера iPod Nano объемом 2 Гб. Аналитическая компания ValuePenguin оценивает валюты по чашкам латте из «Старбакса» (tall latte), в России этот кофе является самым дорогим в мире.

Подобные сравнения являются не достаточно корректными и обоснованными. С точки зрения многих экономистов необходимо проводить комплексную оценку влияния совокупности фундаментальных экономических факторов на реальную стоимость валют мира. К основным таким факторам обычно относят производительность труда, реальную цену на нефть, чистый отток частного капитала, долю государственных расходов в ВВП и т.д.

Целью данной главы является анализ аспектов реальной стоимости валют мира в зависимости от макроэкономических показателей развития

экономики и энергетики стран с учетом сложившихся среднестатистических глобальных тенденций развития данных секторов в мировом хозяйстве.

Основной концепцией реального курса является теория паритета покупательной способности. Концепция ППС, впервые предложенная Касселем (Cassel, 1922), состоит в том, что номинальный обменный курс через экономические и торговые операции выравнивает цены корзин торгуемых товаров, произведенных в двух сравниваемых странах [25-26]. При этом установлено, что производительность труда и условия торговли оказывают существенное влияние на формирование обменного курса валют в странах мира [Spatafora, Starev, 2003]. Выбор индикаторных показателей у многих авторов отличается между собой. Некоторые авторы используют для оценок отношение чистых международных резервов к импорту, отношение широкой денежной базы в ВВП, отношение дефицита бюджета к денежной базе и т.д. Другие авторы используют показатели прироста отношения международных резервов к импорту, экспортную цену нефти, показатель разности между ВВП и экспортом, показатель прироста объема международных резервов, внешний долг и т.д. [36, 39, 43]. В качестве фундаментальных факторов реального курса валют рассматриваются также показатели: производительность труда (ВВП на душу населения), условия торговли (реальная цена на нефть марки *Brent*), а также чистые иностранные активы как разность между величиной зарубежных активов, которыми владеют национальные резиденты, и величиной национальных активов, приобретенных нерезидентами.

Анализ результатов применения фундаментальных факторов, влияющих на реальный обменный курс, приведен в таблице 4.1.

Таким образом, одним из основных факторов, влияющих на обменный курс валюты, является производительность труда в секторе торгуемых товаров в национальной и зарубежной валюте. Другим из существенно важных фундаментальных факторов обменного курса являются условия торговли.

Таблица 4.1. – Результаты оценки фундаментальных факторов, влияющих на реальный обменный курс.

Автор	Выборка	Фундаментальные факторы	
Spathofora, Starev (2003)	Квартальные данные, 1995-2002	- дифференциал производительности труда (+); - условия торговли (+)	- отношение чистых международных резервов к импорту (-); - отношение денежной базы к ВВП (н/з); - отношение дефицита бюджета к денежной базе (н/з)
Kalchev, Oomes (2003)	Квартальные данные, 1995-2005	- дифференциал производительности труда (+); - чистые иностранные резервы (-); - государственное потребление (+); - условие торговли (+); - индекс коррупции (н/з)	
Habib, Kalamova (2007)	Квартальные данные, 1995-2006	- дифференциал производительности (+); - условия торговли (+)	
Гурвич, Улюкаев, Соколов (2008)	Ежемесячные данные, 1999-2007	- дифференциал производительности (+); - условия торговли (+)	
Сосунов, Шумилов (2005)	Квартальные данные, 1995-2004	- экспортная цена российской нефти (+); - разность между ВВП и экспортом (-); - чистый отток частного капитала (-);	- прирост отношения международных резервов к импорту (-); - прирост отношения денежной массы к ВВП (-); - прирост отношения бюджетного дефицита к денежной базе (н/з)
Сосунов, Ушаков (2009)	Квартальные данные, 1995-2008	- относительная производительность труда (+); - условия торговли (+); - депозиты правительства в ЦБ или отношение дефицита/профицита бюджета к ВВП (-)	- прирост отношения притока/оттока частного капитала к ВВП (+); - прирост отношения денежной массы к ВВП (-)
Трунин, Князев, Кудюкина (2010)	Квартальные данные, 2001-2009	- производительность труда (+); - условия торговли (+); - чистые иностранные активы	- прирост отношения денежной массы к ВВП (-)

Капитальные потоки также оказывают существенное воздействие на динамику обменного курса валюты. При увеличении чистого оттока частного капитала реальный обменный курс уменьшается. Отток капитала в кратко- и среднесрочной перспективах приводит к снижению спроса на национальную валюту и ее обесценению в реальном и номинальном выражении. Государ-

ственные расходы и торговый баланс также являются значимыми факторами для реального обменного курса валюты.

Для изучения влияния экономических факторов на валютные курсы стран мира ( $p$ ) были выбраны следующие показатели:

- ВВП по паритету покупательной способности на душу населения,  $p_1$ , долларов США/чел;
- Импорт на душу населения,  $p_2$ , долларов США/чел;
- Экспорт на душу населения,  $p_3$ , долларов США/чел;

Для изучения влияния энергетических факторов на валютные курсы стран мира были выбраны следующие показатели:

- Потребление электроэнергии на душу населения,  $p_4$ , кВт·час/чел;
- Потребление газа на душу населения,  $p_5$ , м<sup>3</sup>/чел;
- Потребление очищенных нефтепродуктов на душу населения,  $p_6$ , баррелей/чел.

В базе данных «Книга фактов ЦРУ» приведенные выше показатели имеются для 203 стран за последние 10 лет.

#### 4.2 Анализ взаимосвязи курса валют и социально-экономического положения стран мира

Для анализа взаимосвязи курса валют различных стран мира использовался метод событийной оценки – один из методов интеллектуального анализа данных [11, 22]. С этой целью рассматривалось совместное событие наблюдения значений трех показателей, характеризующих социально-экономическое или энергетическое положение стран мира, и алгоритмически находились вероятности такого события. Наблюдение значения курса валюты в стране в определенный период времени рассматривалось как простое событие, для которого тоже находилась статистическая вероятность. Далее между вероятностями простого ( $w$ ) и совместного событий ( $w_s$ ) определялись взаимосвязи с помощью

регрессионного анализа. В качестве опорных величин принимались значения соответствующих показателей  $p_{i_0}$  для России, которые наблюдались в 2015 году. В результате для 2015 года были получены следующие регрессионные зависимости:

- для совместного события наблюдения значений трех показателей, характеризующих социально-экономическое положение стран мира, получена зависимость вероятности  $w_s$  от энтропии состояния объектов:

$$\begin{aligned} Probs &= -0,1476 + s; \\ s &= 0,2150 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_{1_0}}\right) + 0,1510 \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_{2_0}}\right) + 0,2117 \cdot \ln\left(\frac{p_3}{p_{3_0}}\right); \end{aligned} \quad (4.1)$$

- для совместного события наблюдения значений трех показателей, характеризующих положение стран мира в области энергетики получена следующая зависимость вероятности  $w_s$  от энтропии состояния объектов:

$$\begin{aligned} Prob &= 0,3242 + s; \\ s &= 0,1076 \cdot \ln\left(\frac{p_4}{p_{4_0}}\right) + 0,0751 \cdot \ln\left(\frac{p_5}{p_{5_0}}\right) + 0,3961 \cdot \ln\left(\frac{p_6}{p_{6_0}}\right); \end{aligned} \quad (4.2)$$

- для простого события наблюдения значений курса валют стран мира получена следующая зависимость вероятности  $w$  от энтропии состояния:

$$Probs = -0,3321 + s; \quad s = 0,3356 \cdot \ln\left(\frac{p}{p_0}\right); \quad (4.3)$$

- для взаимосвязи вероятностей простого  $w$  и совместного событий  $w_s$  получены две регрессионные зависимости для сферы экономики и энергетики:

$$w = 0,2393 + 0,8576 w_s \quad (4.4)$$

$$w = 0,2064 + 0,8677 w_s \quad (4.5)$$

Результаты обработки данных приведены на рисунках 4.1 – 4.5.

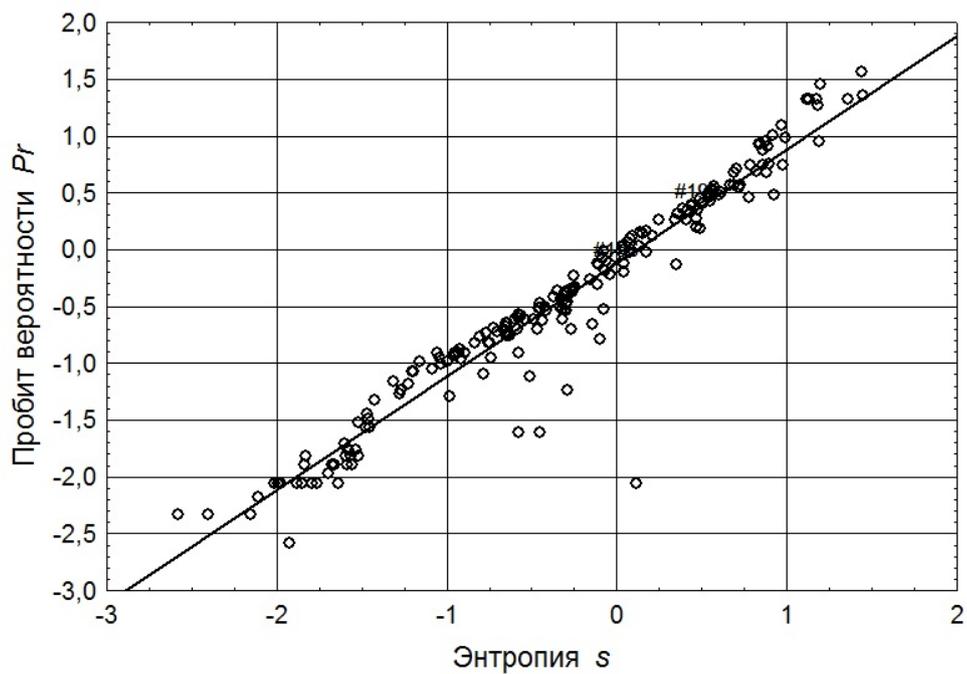


Рис. 4.1 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w_s$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений трех показателей экономики в 2015 году

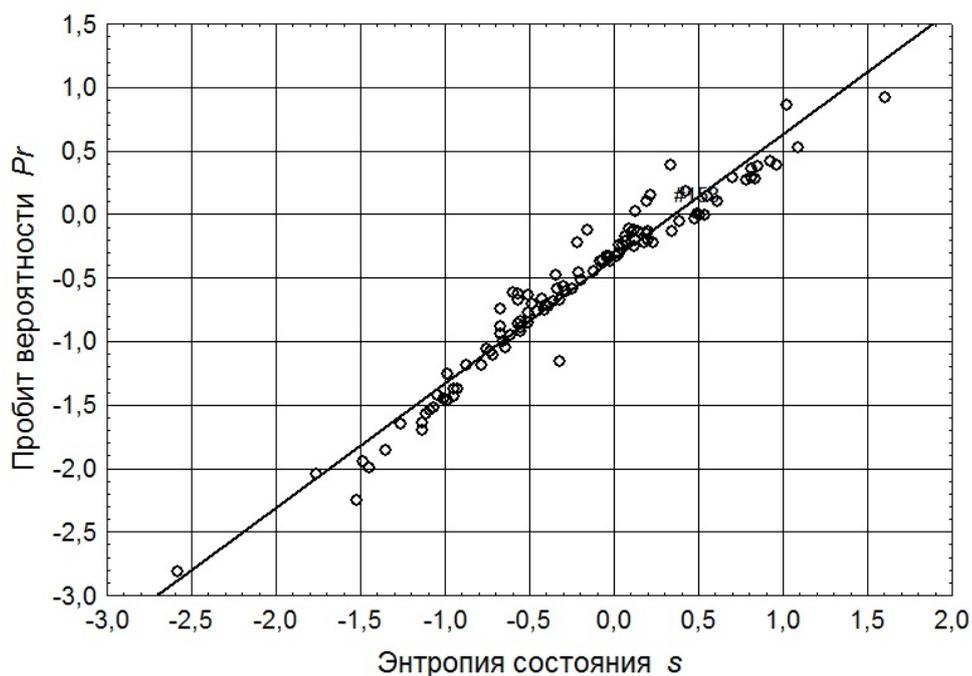


Рис. 4.2 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w_s$  от энтропии  $s$  для совместно наблюдаемых значений трех показателей энергетики в 2015 году

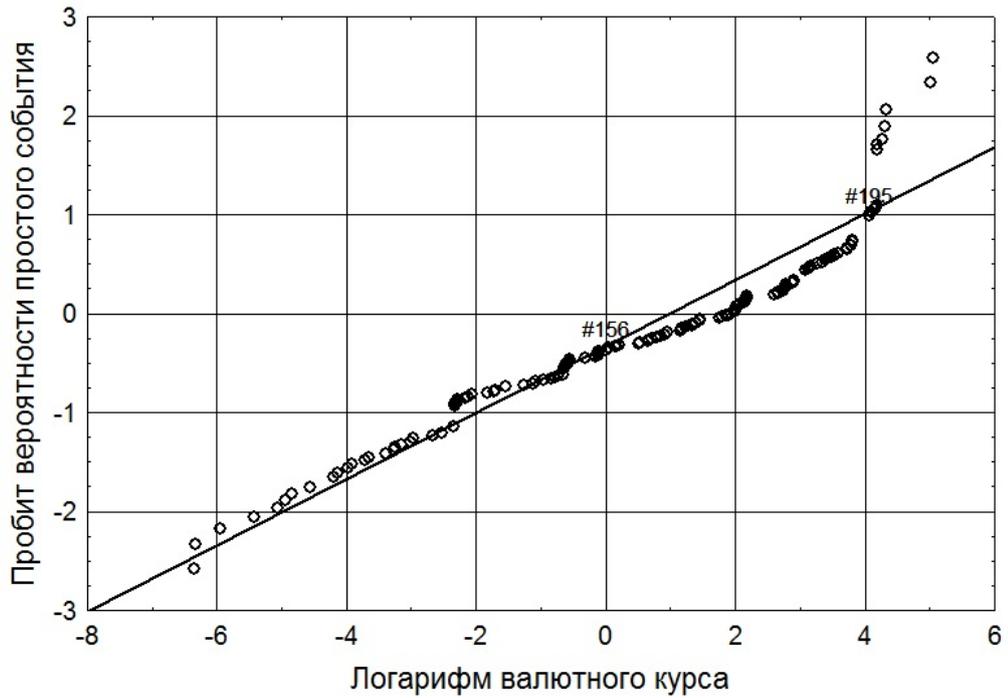


Рис. 4.3 – Зависимость статистической вероятности состояния  $w$  от энтропии  $s$  для курса валют стран мира  
156 – Россия; 195 – США

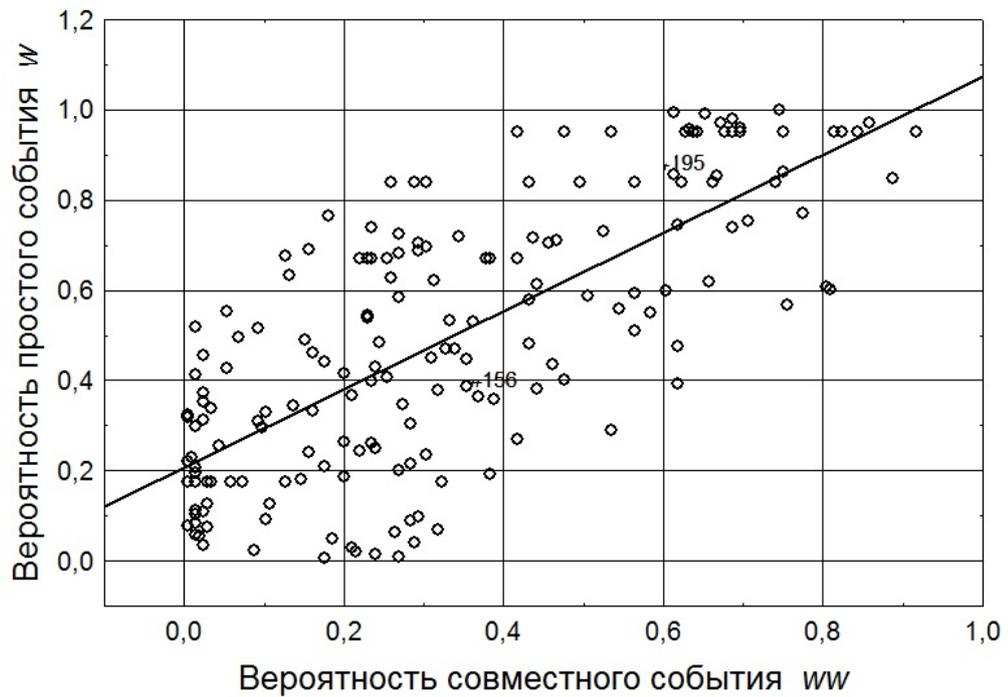


Рис. 4.4 – Взаимосвязь вероятностей простого и совместного событий для сферы экономики стран мира в 2015 году  
156 – Россия; 195 – США

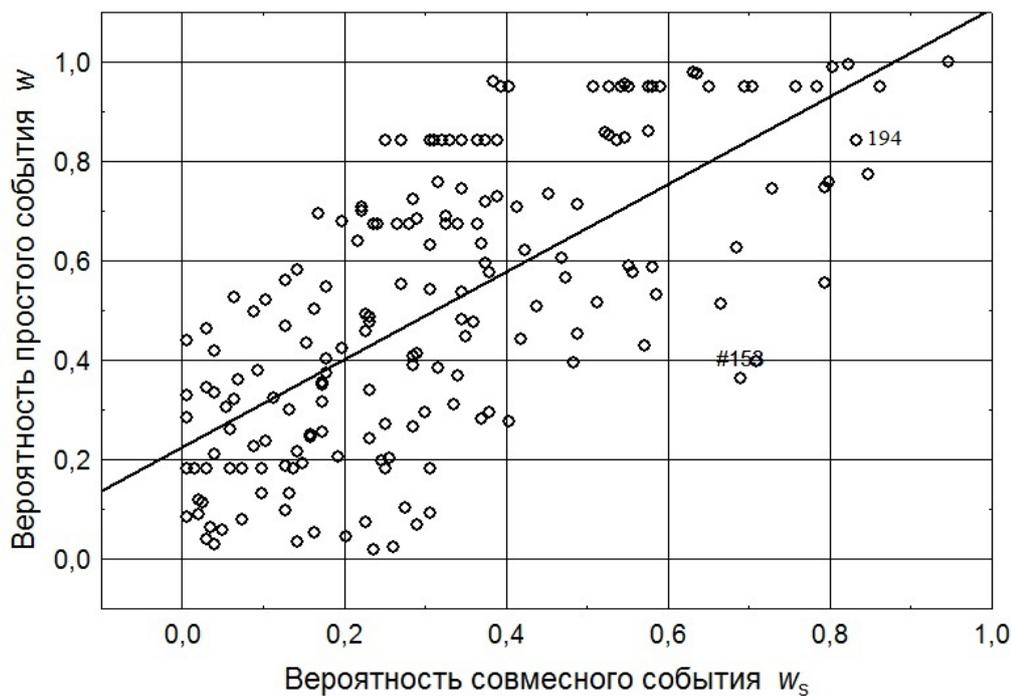


Рис. 4.5 – Взаимосвязь вероятностей простого и совместного событий для сферы энергетики стран мира в 2015 году  
156 – Россия; 194 – США

Коэффициенты корреляции уравнений (4.1) – (4.3) составили 0,96 – 0,97, а уравнений (4.4) и (4.5) – 0,70 – 0,73.

Из рисунков 4.4 и 4.5 видно, что реальная стоимость рубля в зависимости от макроэкономических показателей развития экономики и энергетики и с учетом сложившихся среднестатистических глобальных тенденций развития данных секторов в мировом хозяйстве существенно не дооценена.

На рисунке 4.4 положение России определено значениями вероятностей  $w_s = 0,38$  и  $w = 0,35$ . Исходя из среднестатистических тенденций в экономике, которые определены представленной регрессионной зависимостью (4.4), значение  $w$  должно составлять  $w = 0,569$ . При данном значении вероятности для курса валют стран мира из уравнения (4.3) получим значение для курса рубля в интервале 12 – 14 рублей за доллар.

В свою очередь, на рисунке 4.5 положение России определено значениями вероятностей  $w_s = 0,69$  и  $w = 0,365$ . Исходя из среднестатистических тенденций в энергетике, которые определены представленной регрессионной зави-

симостью (4.5), значение  $w$  должно составлять  $w = 0,810$ . При данном значении вероятности для курса валют стран мира из уравнения (4.3) получим значение для курса рубля в интервале 1,5 – 2,5 рублей за доллар.

Таким образом видно, что российская валюта существенно недооценена. Американская валюта при оценке по выбранным показателям экономики несколько переоценена, а по показателям энергетики – несколько недооценена (рис. 4.4 и 4.5).

#### 4.3 Рекомендации по использованию результатов работ

Результаты теоретических исследований можно применить:

- при совершенствовании социофизических методов исследований в общественном и человеческом развитии;
- в процессе изучения принципов и методов комплексной оценки, связанных с изучением состояния и прогнозированием процессов развития стран мира на основе использования баз данных статистической информации;
- при разработке моделей состояния и развития стран мира в научно-практических методах их многопараметрического ранжирования, которые отличаются применением объективных научных подходов при анализе информации;
- в процессе создания новых прогнозных систем, применяющих феноменологические методы анализа данных статистических данных и позволяющих осуществлять информационно-аналитическую поддержку принятия решений при стратегическом планировании развития страны;
- при развитии методов стратегического прогнозирования и событийной оценки в градостроительных, социально-экономических и экологических исследованиях.

Научные и научно-практические результаты работы можно использовать:

Экспертам и аналитикам при научном и технологическом прогнозировании при оценке социально-экономического состояния и развития общества по различным аспектам, а также при изучении качества жизни граждан;

Экспертам и аналитикам государственных ведомств, научных и проектных организаций при комплексном мониторинге развития страны, информационно-статистическом наблюдении за показателями состояния и развития стран, составлении прогнозов и разработке сценариев развития при стратегическом планировании;

Специалистами в различных сферах при анализе уровня и темпов развития объектов исследования на основе индикативных данных, при научных исследованиях и разработке программно-целевых документов;

Участниками системы стратегического прогнозирования и планирования Российской Федерации при разработке прогнозных, концептуальных и программных документов, а также информационно-аналитической поддержки принятия решений;

Международными организациями и рейтинговыми агентствами при оценке различных индексов и определения рейтингов развития;

Отдельными учеными, экспертами и аналитиками при составлении прогнозов, комплексных оценок и аналитических отчетов в различных областях, связанных с обработкой многомерных статистических данных.

#### 4.4 Выводы

1. В результате выполненных исследований в данной главе установлено, что возможна оценка реальной стоимости валют мира в зависимости от макроэкономических показателей развития экономики и энергетики стран. При этом учитываются сложившиеся среднестатистические глобальные тенденции развития данных секторов мирового хозяйства. Показано, что на основе анализа литературных источников основными факторами влияющими на обменный курс валюты является производительность труда в секторе торгуемых товаров в

национальной и зарубежной валюте, условия торговли, капитальные потоки финансовых ресурсов, государственные расходы и торговый баланс.

Для изучения влияния экономических факторов на валютные курсы стран мира ( $p$ ) были выбраны три показателя в сфере экономики стран мира и три показателя в сфере энергетики.

2. Для выбранных показателей статистических вероятностей совместных событий установлены многомерные распределения, которые позволяют оценить положение стран мира. Получены регрессионные зависимости, характеризующие взаимосвязь вероятностей простых событий наблюдения значений курса валют и совместных событий наблюдения значений показателей в сфере экономики и энергетики стран мира в 2015 году.

Установлено, что по показателям развития экономики реальное значение для курса рубля составляет 12 – 14 рублей за доллар, а по показателям энергетики – 1,5 – 2,5 рублей за доллар. Таким образом, видно, что российская валюта существенно недооценена. Американская валюта при оценке по выбранным показателям экономики несколько переоценена, а по показателям энергетики – несколько недооценена.

3. Разработаны рекомендации по использованию результатов работы, которые приведены в отдельном подразделе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения магистерской диссертации решены все поставленные задачи и получены следующие научные результаты:

1. Собраны и систематизированы данные ЦРУ по группам показателей, связанных с экономикой и энергетикой стран мира. Собранная информация охватывает данные по 375 показателям стран мира за 2005-2017 год.

2. На основе статистического анализа данных выбраны по три переменных состояния, характеризующих состояние и развитие стран мира, из групп показателей в сферах экономики и энергетики.

3. На основе построения социоэкономических шкал измерения установлены основные особенности и закономерности развития стран мира по совокупности экономических и энергетических показателей.

4. В процессе анализа данных установлено, что возможно получение уравнений состояний группового развития объектов, характеризующих отдельные аспекты развития стран. На основе алгоритмической оценки геометрических мер предложены математические модели для оценки положения объектов в фазовом пространстве состояний объектов.

5. Исходя из полученных регрессионных уравнений оценены среднестатистические тенденции развития стран мира в области экономики и энергетики и проведено ранжирование стран в многомерном пространстве соответствующих показателей.

6. Разработаны рекомендации по использованию полученных результатов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Central Intelligence Agency (US). – Available at: <https://www.cia.gov/library/pulications/>
2. Econophysics and sociophysics: trends and perspectives /B.K. Chakrabarti, A. Chakraborti, A. Chatterie (eds.). – Berlin: Wiley-VCH, 2006. – 622 p.
3. Encyclopedia of complexity and systems science / R.A. Meyers (Editor-in-chief). – Berlin: Springer, 2009, – 10370 p.
4. European Green City Index. Assessing the environmental impact of Europe's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens. Munich, Germany: Siemens AG, 2009, 100 p. – Available at: [www.siemens.com/greencityindex](http://www.siemens.com/greencityindex)
5. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques. 1985. Office of Environmental and Scientific Affairs, World Bank, Washington, DC, 188 p.
6. Mathematical modeling of collective behavior in socio-economic and life sciences / G. Naldi, L. Pareschi, G. Toskani (eds.). – Berlin: Springer, 2010. – 438 p.
7. Risk Assessment Methods, Approaches for Assessing Health and Environmental Risks. Vincent T. Covvello, Miley W. Merkhofer. New York: Plenum Press, 1993, 317 p.
8. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. Взаимосвязь термодинамической и информационной энтропии при описании состояний идеального газа // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, Донецк: ДонНТУ, №1(4)-2(5), 2013. – С. 26 – 38.
9. Аверин Г.В. Общая теория систем: проблема создания формализованных теорий в области гуманитарного знания // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, Донецк: ДонНТУ, №1(6)-2(7), 2014. – С. 30 – 41.
10. Аверин Г.В. Системодинамика. – Донецк: Донбасс, 2014. – 405 с.

11. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
12. Алексеев В.В. и другие. Физическое и математическое моделирование экосистем. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 368 с.
13. Артюхов В.В., Мартынов А.С. Системная методология оценки устойчивости природно-антропогенных комплексов: теория, алгоритмы, количественные оценки. 2013. – 142 с. – Электр. рес. URL: <http://www.sci.aha.ru/ots/Methodology.pdf>
14. База данных индикаторов развития стран мира Всемирного банка. – Электр. рес. URL: <http://data.worldbank.org/>
15. База данных Программы развития ООН. – Электр. рес. URL: <http://hdr.undp.org/en/data>
16. Вайдлих В. Социодинамика: Системный подход к математическому моделированию в социальных науках. Пер. с англ. Изд.3 / М.: URSS. 2010. – 480 с.
17. Всемирный банк / The World Bank. – Электр. рес. URL: <http://www.vsemirnyjbank.org/>
18. Википедия. Свободная энциклопедия. – Электр. рес. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
19. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем. – М.: URSS. 2005. – 328 с.
20. Доклады о человеческом развитии (1990 – 2015 гг.). – Электр. рес. URL: <http://www.un.org/en/reports>
21. Захаров А., Овакимян М. Тенденции развития мировой энергетики // Мировое и национальное хозяйство, М.: МГИМО, №1(32), 2015.
22. Звягинцева А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / А.В. Звягинцева – М: Спектр, 2016 г. – 256 с.

23. Згуровский М.З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей. – К.: Политехника, 2008. – 331 с.
24. Интегральная оценка экологического состояния и качества среды городских территорий. Алимов А.Ф., Дмитриев В.В., Флоринская Т.М., Хованов Н.В., Чистобаев А.И. / Под ред. Фролова А.К. СПб.: СПбНЦ РАН, 1999. – 253 с.
25. Кондратьев В. Долгосрочные тенденции развития мировой экономики. – Электр. рес. URL: <http://www.perspektivy.info/print.php?ID=363030>
26. Красс М.С. Моделирование эколого-экономических систем. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 272 с.
27. Математическое моделирование глобальной, региональной и национальной динамики с учетом воздействия циклических колебаний / Под ред А.А. Акаева. – М.: Либроком. 2010. – 486 с.
28. Международное энергетическое агентство / International Energy Agency – Электр. рес. URL: <http://www.iea.org/>
29. Международный индекс счастья. – Электр. рес. URL: <http://www.happuplanetindex.org/>
30. Международный интернет – ресурс о развитии стран мира. – Электр. рес. URL: <http://www.tradingeconomics.com/>
31. Методологические основы прогнозирования научно-технологического развития России до 2030 года с использованием критериев стратегических рисков / Координационный совет РАН по прогнозированию, 2009. – 27 с.
32. Методические рекомендации по разработке краткосрочных прогнозов социально-экономического развития муниципальных образований. М.: Московский общественный научный фонд ГУ ИМЭИ Минэкономразвития России, 2002. – 143 с.

33. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / В.А. Садовничий, А.А. Акаев, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков. – М.: ИСПИ РАН, 2012. – 359 с.
34. Музалевский А.А., Исидоров В.А. Индексы и составляющие экологического риска в оценке качества городской экосистемы // Вестник С.-Пб. ун-та. Сер. 4. 1998. №11. Выпуск 2. – С. 74 – 83.
35. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
36. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. / Ю.А. Песенко – М.: Наука, 1982. – 287 с.
37. Прогнозирование будущего. Новая парадигма / Под ред. Фетисова Г.Г. и Бондаренко В.М. – М.: Экономика, 2008. – 283 с.
38. Прогностика. Общие понятия. Объект и аппарат прогнозирования. Терминология. – М.: Наука, 1978. – 32 с.
39. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. 2002. – 304 с.
40. Рейтинги стран мира и регионов – Электр. рес. URL: <http://gtmarket.ru/research/countries-ranking>
41. Российский совет по международным делам. Статистика. – Электр. рес. URL: <http://russiancouncil.ru/spec/stat>
42. Салми Д., Сароян Э. Рейтинги и ранжирования как инструмент политики: политические аспекты экономической политики отчетности в высшем образовании // Высшее образование в Европе, №1. 2007.
43. Сафонов В.С., Одишария Г.Э., Швыряев А.А. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. / В.С. Сафонов, Г.Э. Одишария, А.А. Швыряев – М.: Олита, 1996. – 207 с.
44. Словохотов Ю. Л. Физика и социофизика. Ч. 1 – 3, Проблемы управления, 2012, № 1, с. 2 – 20, № 2, с. 2 – 31, № 3, с. 2 – 34.
45. Смольянинов В.М., Русинов П.С., Панков Д.Н. Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природо-

охранных мероприятий. / В.М. Смольянинов, П.С. Русинов, Д.Н. Панков – Воронеж: ВГАУ, 1996. – 126 с.

46. Стратегическое планирование. Министерство экономического развития Российской Федерации. – Электр. ресурс: офиц. сайт. URL:<http://economy.gov.ru/mines/main> (29.08.17).

47. Терехина А.Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. / А.Ю. Терехина – М.: Наука, 1986. – 168 с.

48. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. / Н.П. Тихомиров, И.М. Потравный, Т.М. Тихомирова – М.: Юнити-Дана. 2003. – 350 с.

49. Федеральная служба государственной статистики. – Электр. рес. URL: <http://www.gks.ru/>

50. Форрестер Дж. Мировая динамика. / Дж. Форрестер – М.: Наука, 1978 – 168 с.

51. Центр гуманитарных технологий. – Электр. рес. URL: <http://gtmarket.ru/research/>

52. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. / Л.Э. Эльсгольц – М.: Наука, 1969. – 424 с.

53. Яйли Е.А. Научные и прикладные аспекты управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды. / Е.А. Яйли – С.-Пб: РГГМУ, 2006. – 448 с.