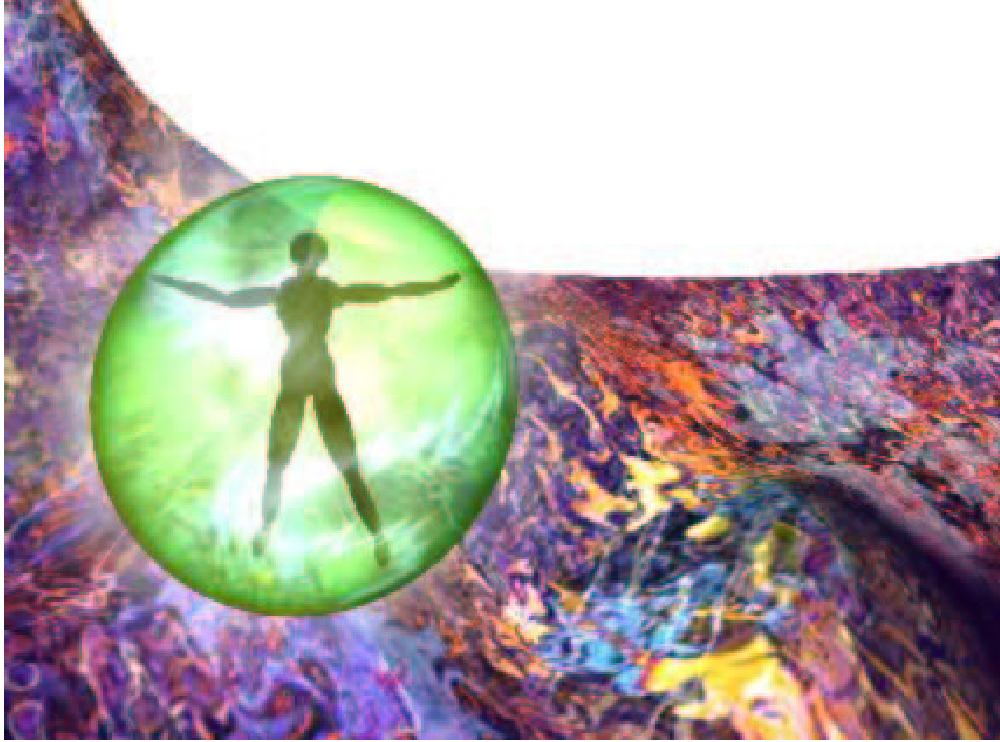
# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Издание ОмГУ Омск 2000

ББК 22.19
УДК 519.6

**Математические модели социальных систем**: Учебное пособие. – Омск: Омск. гос. ун-т, 2000. – 256 с.

Авторский коллектив

А.К. Гуц, В.В. Коробицын, А.А. Лаптев,
Л.А. Паутова, Ю.В. Фролова

Учебное пособие посвящено проблемам математического моделирования социальных процессов и представляет собой конспекты лекций, которые читались студентам Омского государственного университета по гранту Course Development Competition Центрально-Европейского университета (г.Будапешт, Венгрия).

Для студентов и аспирантов математических и социологических факультетов.

*Пособие издано на средства гранта*
*Course Development Competition*
*Центрально-Европейского университета*
*(г.Будапешт, Венгрия).*

Художник В.В. Коробицын

OMSK STATE UNIVERSITY
CHAIR OF MATHEMATICAL MODELING

# MATHEMATICAL MODELS OF SOCIAL SYSTEMS

OmSU Press Omsk 2000

BBK 22.19
UDK 519.6

**Mathematical Models of Social Systems**: Text-book. – Omsk: Omsk State University, 2000. – 256 p.

Authors

A.K. Guts, V.V. Korobitsin, A.A. Laptev,
L.A. Pautova, J.V. Frolova

Text-book is dedicated to problems of mathematical modelling and computer simulation of social processes and presents itself synopsises of lectures, which were read to students of Omsk State University under support of grant Course Development Competition of the Central-European university (Budapest, Hungary).

For students of mathematical and sociological departments.

*Text-book is published under support of grant*
*Course Development Competition*
*of the Central-European university*
*(Budapest, Hungary).*

Artist V.V. Korobitsin

# Оглавление

# Вместо предисловия

Математика говорит о мире (то есть старается говорить) больше, чем можно о нем сказать, и это в настоящее время приносит науке много беспокойств, которые, безусловно, будут в конце концов преодолены.

Модель и оригинал были бы тождественны, если бы процессы, происходящие в них, совпадали. Этого не происходит. Результаты развития модели отличаются от действительного развития. На это различие могут влиять три фактора: упрощенность модели по сравнению с оригиналом, свойства модели, чуждые оригиналу, и, наконец, неопределенность самого оригинала.

Имитология, как мы знаем, не должна быть "полным подражательством", разве что кто-нибудь от нее этого потребует. Мы знаем, что количество переменных, которыми имитология снабдит "прокручиваемую" модель, будет изменяться в зависимости от цели, которой должна служить вся эта модельная продукция.

Наисовершеннейшей моделью яблока будет другое яблоко, а Космоса – другой Космос.

Станислав Лем. «Сумма технологии», 1967.

# Введение

Компьютеризация всех сторон общественной деятельности и повседневной жизни – самый впечатляющий феномен последней трети XX века.

Д.В. Иванов

Во все большей степени люди осознают, что
вокруг нас формируется новая культура.
И дело не только в компьютерах...
Это новые установки по отношению к труду,
полу, нации, досугу, авторитетам и так далее.

А. Тоффлер

**1968 г.**

Иллюстрацией и подтверждением исследований, содержащихся в этой книге, может служить статья известного американского социолога Роберт Макгинниса "Новое в методах исследования". Статья вышла в 1968 году в известном сборнике "American Sociology: Perspectives, Problems, Methods" под редакцией Т. Парсонса. Макгиннис предупреждал о надвигающейся *революции в социологии*; грядущих радикальных событиях, которые скоро принесут как большие достижения, так и серьезные потери.

Он писал: "Несмотря на отсутствие математики – можно даже сказать отвращении к ней – в традиционных аспирантских программах, некоторые социологи начинают открывать ее для себя как потенциальный язык теории. Их привлекает надежда, возможно, даже обещание, которое сулит математика относительно улучшения социологической теории..." [48, с.152].

Свидетельством революции в методах является по Р. Макгиннису не только обращение к языку математики, но и использование *компьютеров.* Автор (как и многие его современники) пишет, что компьютер в социологии – это не только сверхскоростной арифмометр. "Компьютер - это также и генератор данных, и логическая машина" [48, с.159]..

**2001 г.**

Развитие технологий превратило компьютер из простого вычислительного средства в универсальную машину, создающую параллельный виртуальный мир. Всеобщая компьютеризация и виртуализация[1] повседневной жизни приводит к тому, что в наше время симулируются базовые компоненты социальных отношений:

• виртуальные деньги (пластиковые карточки, виртуальные покупки в интернет-магазинах);

• виртуальный заработок (работа с banner'ми);

• виртуальные корпорации;

• виртуальные клубы и общение (chat, email, ICQ, сайты знакомств);

• виртуальные музеи;

• виртуальные политические акции в Интернет;

• виртуальные научные сообщества;

• виртуальное казино;

• виртуальная исповедь и виртуальное отпущение грехов в виртуальном приходе;

• виртуальный взлом виртуального банка;

• виртуальные игры (Doom, Quake и др.) и др.

В классической работе Жана-Франсуа Лиотара "Состояние постмодерна" информатизация общества связывается с возникновением особого постмодернистского видения мира. Французский философ отмечает, что *"при таком всеобщем изменении природа знания не может оставаться неизменной".* Распространение информационных технологий неминуемо изменяет статус и характер научного знания. В чем же выражается это изменение?

[1] *Виртуализация* – замещение реальности ее имитацией/образами.

## 0.1. Имитация реальности

Для современной науки характерным является то, что материальный эксперимент все чаще заменяется экспериментом на моделях. "Если раньше теории могли строиться только на основе открытия некоего порядка, присущего вещам, то теперь вполне допустимо моделирование без выхода к каким-либо реальным референтам[2], например, компьютерные симуляции[3] природных, технологических и социальных процессов" [37, с.54].

Современный исследователь погружается в виртуальную реальность симуляций, строя *искусственное общество* искусственных людей. Заимствуя схему определения универсальных свойств виртуальной реальности [37, с.18-19], рассмотрим замысел компьютерного моделирования (табл. 1):

**Таблица 1**

| Виртуальная реальность | Компьютерная модель |
|---|---|
| Нематериальность воздействия (изображаемое производит эффекты, характерные для вещественного) | Модель описывает реальный объект и реальные процессы, агенты "подражают" реальным людям и ситуациям |
| Условность параметров (объекты искусственны и изменяемы) | Условность параметров (объекты искусственны и изменяемы); Нестандартные ситуации; Перебор, изменение параметров |
| Эфемерность (свобода входа/выхода) обеспечивает прерывание и возобновление существования. Условный и упрощенный образ реального объекта | Возможность многократного воспроизводства моделируемых процессов |

Несомненно, компьютерное моделирование является вариантом **киберпротезирования** реального общества. От реального общества автор модели переходит к его протезу – "искусственному обществу". При этом исследователю приходится ограничивать разнообразие вариантов, отбрасывая некоторые признаки и упрощая другие.

[2] *Референт* – обозначаемый предмет, объект внеязыковой действительности, который имеет в виду говорящий, произнося данный речевой отрезок.

[3] *Simulation* (англ.) – 1) притворство; 2) моделирование.

Наиболее ярко рассуждения о современных тенденциях такого развеществления общества представлены в концепции Ж. Бодрияйра. Философ вводит понятие "**симулякр**", означающее, во-первых, продукт/продукты симуляции и, во-вторых, образ реальности, замещающий саму реальность; знак, замкнутый сам на себя.

А. Гараджа пишет о концепции Бодрияйра: "Современный мир состоит из моделей и симулякров, не обладающих никакими референтами, не основанных ни на какой "реальности", кроме их собственной, которая представляет собой мир самореферентных знаков. Симуляция, выдавая отсутствие за присутствие, одновременно смешивает всякое различие реального и воображаемого... Признавая симуляцию бессмысленной, Бодрияйр в то же время утверждает, что в этой бессмыслице есть и "очарованная" форма: "соблазн", или "совращение". Совращение проходит три исторические фазы: ритуальную (церемония), эстетическую (совращение как стратегия соблазнителя) и политическую. Согласно Бодрияйру, совращение присуще всякому дискурсу и всему миру" [18, с.44-45].

Несмотря на то что можно проследить некоторое сходство симулякра и компьютерной симуляции, все же присутствует четкое различие. Компьютерная модель, как правило, связана с референтом (реальным объектом). Она уже не является отражением реальности (1-я фаза связи знака и реальности по Ж. Бодрияйру), однако и не утрачивает связи с ней (3 и 4 фаза). Пожалуй, модель является переходом от 1 к 3 и 4 стадии – *маскирует и упрощает реальность.*

## 0.2. Наука как И-Г-Р-А

Пусть художник будет весел, а наука весела

Ф. Ницше

Классическая наука исходила из принципов истины, легитимации[4] и верификации знания. Однако в современном мире,

[4] *Легитимация* [< лат. legitimus законный] – признание или подтверждение законности каких-либо прав, полномочий, организаций [63].

где все традиционное кардинально меняется и даже имитируется, эта "святая святых" науки также подвергается пересмотру.

Философы науки констатируют, что современное научное знание все больше использует *игру* как специфическую форму деятельности. По мнению Лиотара, именно свобода "языковых игр" является основой постмодернистского сознания. Соответственно, "наука сейчас – это не предприятие по поиску истины, а род языковых игр, состязаний в манипулировании моделями научного дискурса" [37, с.54]. Что же такое языковая игра в данном случае?

Языковая игра – языковой акт, основанный на **состязании** (agon); акт, заключающийся в совокупности описывающих игру **правил**. Если быть более точным, дать определение понятию "языковая игра" сложно (поскольку это последнее уже представляет собой языковую игру). Согласно Ж-Ф. Лиотару, языковая игра имеет следующие характеристики:

- правила не содержат в самих себе свою легитимацию, но составляют предмет соглашения – явного или неявного – между игроками (что однако не означает, что эти последние выдумывают правила);
- если нет правил, то нет и игры;
- игра показывают общее противоборство (агонистику);
- наблюдаемая социальная связь основана на речевых "приемах" [47, с.32-34].

Технологии постиндустриального общества позволяют расширить вхождение игрового начала в деятельность человека. Характерно то, что "первый персональный компьютер, собранный в 1976 году инженерами Джобсом и Возняком, был создан именно для игры, т.е. для того чтобы удовлетворить потребность "быть", потребность в самовыражении и творчестве" (В.А. Красильщиков, [30, с.167]).

Игровой принцип в научном знании может применяться поразному (например, игра с текстом Ж. Дерриды). Используемый в данной книге метод компьютерного моделирования – является одним из вариантов игрового начала в постсовременном мире.

В таблице 2 мы постарались привести результаты сопоставления признаков игры и правил компьютерного моделирования.

**Таблица 2**

| **Игра** | **Компьютерная модель** |
|---|---|
| Участники | Искусственные агенты |
| Правила игры | Правила действия агентов |
| Противоборство | Противоборство |
| Повторяемость | Повторяемость, возможность возобновления |
| Свобода духа | Большая роль воображения, фантазии, парадоксальности. Множественность интерпретаций |
| Ставка на случайность | Свойства агентов задается случайным образом |
| Риск | ? |
| Театральность | Могут присутствовать элементы "зрелищности" в эстетике и ритуальности модели |
| Тайна результата | Непредсказуемость |
| Элемент забавы, веселья | Присутствуют в разных формах на разных стадиях моделирования |

В многозначном игровом пространстве модели исследователь получает право на риск, выбирая свою версию из числа возможных интерпретаций. Киберпротез реального общества позволяет *провоцировать* социологическое мышление. Такая игра является по сути *"интригой познания"* [74, с.10], задающей вопросы и предлагающей выбрать свой вариант из результатов многократных компьютерных экспериментов.

## 0.3. Фальсификация

Одним из симптомов виртуализации общества считается изменение требований научности. Постпозитивистская и постмодернистская философия науки переосмысливают каноны классического рационализма.

Основоположник критического рационализма Карл Поппер исходит из следующей предпосылки: законы науки не выражаются аналитическими суждениями и в то же время не сводимы к наблюдениям. Это означает, что законы науки не верифицируемы[5]. На смену принципу верификации гипотез приходит процесс **фальсификации**. Смысл его в следующем: *если найдены условия, при которых базисные "атомарные условия" (теории, гипотезы) ложны, то данная теория, гипотеза опровержима. Когда же опытное опровержение отсутствует, данная теория, гипотеза может считаться истинной.*

Критерий фальсификации означает установку на изобретение *альтернативных теорий*. Соответственно в науке конца XX века популярным становится лозунг "Можно все!" (anything goes). Опираясь на разработанные К. Поппером и И. Лакатосом положения, американский философ Пол Фейерабенд [68] выдвигает методологический принцип *пролиферации* (размножения) теорий, согласно которому наука должна стремиться создавать теории, несовместимые с уже существующими и признанными.

Иными словами, как пишет известный социолог-постмодернист Зигмунд Бауман, "для наших дней наиболее характерна внезапная популярность множественного числа... Сегодня мы живем проектами, а не Проектом" [9].

## 0.4. Западня «Computer Simulation»

Компьютерное моделирование (Computer Simulation) – типичная область знания, обладающая специфической "постмодернистской чувственностью" – особым, плюралистичным отношением к миру, избегающим излишнего обобщения и диктата тоталитаризирующих истин. Порожденное посмодернистским информационным обществом, оно также предполагает отсутствие инвариантных базисных истин для объектов различных

[5] *Верификация* – проверка истинности теоретических положений путем сопоставления с чувственными данными.

классов. Данный вид моделирования "открыт" самым разнообразным социологическим теориям. Используя плюралистичные теоретические схемы и модели, исследователь погружается в плодотворную и захватывающую работу.

В то же время, моделируя общество, компьютеры являются уникальным инструментом *порождения теории*. Известно, что компьютерные эксперименты весьма перспективны для разработки социологических теорий, благодаря которым можно обобщить крупные массивы имеющихся данных и с большей целенаправленностью организовать процесс эмпирического исследования [48, с.161].

Однако, как у любого метода, у компьютерного моделирования достаточно спорных идей и иллюзий. Мы не будем подробно обсуждать здесь доводы, приводимые противниками количественных методов в социологии. Отметим одно. Суть западни, в которую попадают социологи, использующие компьютерное моделирование, заключается в природе математического языка. Как писал известный Роберт Макгиннис: "Математика – это язык, который богат, но не двусмыслен, скуп, но не догматичен. Современный разговорный язык, даже обильно сдобренный социологическим жаргоном, страдает в этом отношении (то есть как орудие теории) серьезными недостатками" [48, с.150].

Несомненно, что язык математики лишен двусмысленности и более точен, чем естественный язык; он "позволяет исследовать скрытый смысл тончайших различий в формулировках, которые плохо доступны исследованию посредством естественного языка" [49, с.472]. Однако, стремясь к ограничению и точности, исследователи иногда забывают, что "структуры" общества не проявляются вне конкретных ситуаций, вне индивидуального, вне субъективного. Впрочем, все эти нюансы являются темой отдельного разговора о количественной и качественной стратегии в социологическом исследовании.

*Глава первая*

# Социальные системы и их модели

# Глава 1

# Социальные системы и их модели

## 1.1. Социальные системы

*Социальная система* – это способ организации жизни коллектива людей, который возникает в результате взаимодействия (социальных) действий индивидов на базе диктуемых социальных ролей. Система возникает как объединение в упорядоченное и самосохраняющееся *целое* с помощью норм и ценностей, обеспечивающих и взаимозависимость *частей* системы и последующую интеграцию целого [38, с.165].

Приведенное определение принадлежит социологу. При создании математических моделей социальных процессов необходимо иметь математическое определение социальной системы. Однако, как выясняется [33, 52], не существует определения системы[1], которое охватило бы все случаи, когда нам кажется, что мы имеем дело с системой. К интуитивным определениям следует отнести определения системы Людвига фон Берталанфи[2]:

[1] *Система* – греч. systema – целое, составленное из частей, соединение.
[2]Людвиг фон Берталанфи считается основоположником теории си-

**Система** – *это совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой.*

Другое "интуитивное" определение системы принадлежит А. Холлу [52, с.10]: система – множество предметов вместе со связями между ними и их признаками.

Под *элементом* системы понимается простейшая неделимая часть системы. Однако чаще при описании системы перечисляют не составляющие ее элементы, а более заметные и крупные компоненты – *подсистемы*, которые при пристальном и внимательном рассмотрении являются объединением определенного числа взаимосвязанных элементов системы. Очевидно, что связи между элементами порождают связи между подсистемами.

Обозначая подсистемы символами $\Sigma_1, ..., \Sigma_l$ будем представлять систему $\Sigma$, компонентами которой они являются, как кортеж $\Sigma =< \Sigma_1, ..., \Sigma_l >$. Иначе говоря, мы задаем систему, указывая ее подсистемы. Существующие связи между подсистемами при такой записи не даются, но неявно подразумеваются.

Наиболее общим и абстрактно-математическим определением системы является следующее определение.

Пусть $\Sigma_1, ...., \Sigma_l$ некоторые множества, которые представляют *части* (подсистемы) системы.

*Система* – это подмножество

$$\Sigma \subset \Sigma_1 \times \Sigma_2 \times ... \times \Sigma_l.$$

В данном случае система $\Sigma$ есть то, что математики называют отношением на множестве $\Sigma_1 \times \Sigma_2 \times ... \times \Sigma_l$. Это определение системы подчеркивает связи между частями (подсистемами). Кроме того, данное определение системы представляет, по существу, частный случай *математической структуры в смысле Бурбаки*:

$$< \mathcal{N}_1 \times \mathcal{N}_2 \times ... \times \mathcal{N}_l, P_1, ..., P_k >,$$

стем. Его работа вышла в 1940 г. Однако в 1920-х годах в России была опубликована книга А.А. Богданова "Тектология" [15], в которой, по существу, излагалась теория систем.

где

$$P_i \subset \mathcal{N}_1 \times \mathcal{N}_2 \times ... \times \mathcal{N}_l, \ (i = 1, ..., k).$$

В этой книге слово "система" будет пониматься в смысле одного из приведенных выше определений системы. Говоря "социальная система", мы имеем в виду систему, которая, как нам кажется, адекватно[3] отражает и описывает интересующую нас сферу коллективной жизни людей. Следовательно, мы трактуем понятие социальной системы более широко, чем в определении, которое было приведено в самом начале этого параграфа. То определение больше пригодно для описания социальных систем Парсонса, которым посвящена гл.9.

## 1.2. Психоисторическая система

В.И. Вернадский был одним из первых, кто обратил внимание на то, что человеческое общество становится глобальным биосферным[4] явлением, определяющим будущее планеты. В силу этого уже на современном этапе действия отдельных элитарных групп в лидирующих государствах могут оказать катастрофическое воздействие на биосферу Земли. Это означает, что модель социальных процессов не может рассматриваться изолированно от соответствующей модели эволюции земной биосферы. Понятие "социальный процесс" требует анализа, в результате которого необходимо выделить "этнические процессы", "собственно социальные процессы" (развитие политической структуры и экономики), "социально-психические процессы", и процессы, связанные с функционированием человеческих ценностей. Чтобы как-то отличить общий "социальный процесс" от упомянутого "собственно социального процесса",

[3] *Адекватный* [$<$ гр. adaequatus приравненный] – равный, тождественный, вполне соответствующий [63].

[4] *Биосфера* – область распространения жизни на Земле, состав, структура и энергетика которой определяются главным образом прошлой или современной деятельностью живых организмов; включает населенную организмами верхнюю часть *литосферы*, воды рек, озер, морей, океанов (*гидросферу*) и нижнюю часть атмосферы (*тропосферу*) [63].

последний будем называть социальным, а первый, быть может не совсем удачно, психоисторическим. Название это связано с идеей создания науки "психоистория", изложенной в фантастическом романе А. Азимова "Основание".

Предположим, что "психоисторическое движение" или "психоисторическая энергия" общества – это некоторая вещественная функция времени $H(t)$, которая допускает разложение в "ряд Фурье" вида[5]

$$H(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} H_n(t)e^{i\omega nt} = \tag{1.1}$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{n_0, n_0\geq 0} H_n^{(0)}(t)e^{i\omega nt} + \sum_{n=n_0+1}^{n_1} B_n(t)e^{i\omega nt} + \sum_{n=n_1+1}^{n_2} E_n(t)e^{i\omega nt} +$$

$$+ \sum_{n=n_2+1}^{n_3} S_n(t)e^{i\omega nt} + \sum_{n=n_3+1}^{n_4} R_n(t)e^{i\omega nt} + \sum_{n=n_4+1}^{n_5} P_n(t)e^{i\omega nt} +$$

$$+ \sum_{n=n_5+1}^{\infty} H_n^{(1)} n(t)e^{i\omega nt}.$$

Здесь "коэффициенты" $B_n(t)$ характеризуют динамику земной биосферы. Длина биологической "волны" $1/\omega n$ (точнее говоря, характерное время протекания процесса до момента его повторения) соответствующей гармоники $\exp(i\omega nt)$ имеет порядок миллиона лет. "Коэффициенты" $E_n(t), S_n(t), R_n(t), P_n(t)$ соответственно связаны с этносферой, социосферой, социальной психосферой и антропосферой (человеческие ценности). Длины их "волн" имеют тенденцию к уменьшению; для этнических процессов она порядка 1000 лет, для социальных – 100 лет, социально-психических – 10 лет (что может означать и 5 лет). Человеческие ценности в данной модели могут сменяться в считанные месяцы, и это не случайно, потому что "вечные ценности" для любого народа рождаются

[5]Считаем, что $H_n = H_{-n}$.

вместе с ним как этнической целостностью. Например, в форме религии, как, в частности, для русского народа такие ценности содержатся в его историческом православии [20, с.147], [25].

Таким образом, каждая очередная "высшая" формы движения живой материи – всего лишь серия "морщинок" на гребне "менее высокой" формы. Однако, как известно из естествознания, высшие гармоники при определенных условиях могут внести существенную смуту в общий процесс и определять основные характерные черты "психоисторического движения" $H(t)$.

Отметим, что смысл "коэффициентов" $H_n^{(0)}$ и $H_n^{(1)}$ нам неизвестен. Вероятно, первые связаны с неживой природой (геологическая форма движения материи и другие, более "ранние" формы), а вторые – с явлениями, которые выходят за рамки современных знаний о психике человека.

По существу, разложение "психоистории" $H(t)$ в ряд гармоник реализует известную идею о цикличности процессов в природе и обществе. Вместе с тем постулируемая временная зависимость коэффициентов $H_n(t)$ означает модулирование циклического процесса, что позволяет сочетать идеи повторяемости и изменяемости.

Функции $H_n(t)$ должны удовлетворять дифференциальным уравнениям, характеризующим динамику соответствующей подсистемы "психоистории", каковыми являются биосфера, этносфера, социосфера, социальная психосфера и антропосфера. Чтобы найти эти уравнения, предположим, что имеет место *закон сохранения психоисторической энергии*

$$\frac{dH}{dt} = 0. \tag{1.2}$$

Пусть коэффициенты

$$H_n(t) = h_n(t) - \int_0^t g_{h_n}(\tau)d\tau. \tag{1.3}$$

Подставляя (1.3) в ряд (1.1) и дифференцируя его почленно, получим в силу (1.2) и благодаря независимости гармоник $\exp(i\omega nt)$, что

$$\frac{dh_n}{dt} - g_{h_n}(t) = 0,$$

$$i\omega[h_n - \int\limits_0^t g_{h_n}(\tau)d\tau] = 0.$$

Последние два уравнения получаются одно из другого. Поэтому, оставляя первое, имеем систему уравнений, являющуюся следствием закона сохранения психоисторической энергии (1.2)

$$\frac{dh_n}{dt} = g_{h_n}(t) \ (n = ..., -1, 0, 1, ....).$$

Функции $g_{h_n}(t)$ совершенно "произвольны"; их можно брать так, чтобы они зависили от времени $t$ и от функций $h_{n_1}, ..., h_{n_m}$, которые в свою очередь зависят от $t$, т.е.

$$g_{h_n}(t) = f_n(t, h_{n_1}(t), ..., h_{n_m}(t)).$$

В книге [22] приведены возможные уравнения для биосферных (экологических), этнических и социальных процессов. Попытаемся понять какими могут быть дифференциальные уравнения, описывающие динамику психоисторических систем.

## 1.3. Модель динамической системы

Динамика глобальной психоисторической системы может определяться системой дифференциальных уравнений

$$\frac{d\mathbf{B}}{dt} = \mathbf{f_B}(t, \mathbf{B}, \mathbf{R}), \qquad (1.4)$$

$$\frac{d\mathbf{E}}{dt} = \mathbf{f_E}(t, \mathbf{B}, \mathbf{E}), \qquad (1.5)$$

$$\frac{d\mathbf{S}}{dt} = \mathbf{f_S}(t, \mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{S}, \mathbf{R}), \qquad (1.6)$$

$$\frac{d\mathbf{R}}{dt} = \mathbf{f}_{\mathbf{R}}(t, \mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{S}, \mathbf{R}), \qquad (1.7)$$

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \mathbf{f}_{\mathbf{P}}(t, \mathbf{E}, \mathbf{S}, \mathbf{P}), \qquad (1.8)$$

где $\mathbf{B} = (B_{n_0+1}, ..., B_{n_1}), \mathbf{E} = (E_{n_1+1}, ..., E_{n_2})$, $\mathbf{S} = (S_{n_2+1}, ..., S_{n_3}), \mathbf{R} = (R_{n_3+1}, ..., R_{n_4})$, $\mathbf{P} = (P_{n_4+1}, ..., P_{n_5})$. Полный вид первых трех уравнений без учета социальной психологии приведен в [22]. Смысл компонент функций $\mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{S}$ устанавливается на основе теорий В.И. Вернадского, Л.Н. Гумилева и Т. Парсонса (см. [22] или [54]). Ниже в 3.2.1 выясняется смысл компонент функции $\mathbf{R}$.

Система (1.4)-(1.8) – яркий пример моделирования с помощью теории динамических систем. Интересующие нас характеристики представляются в виде функций, меняющихся со временем и удовлетворяющих дифференциальным уравнениям. Для решения системы (1.4)-(1.8) необходимо дополнительно задать *начальные данные*

$$\mathbf{B}|_{t=0} = \mathbf{B}_0,\ \mathbf{E}|_{t=0} = \mathbf{E}_0,\ \mathbf{S}|_{t=0} = \mathbf{S}_0,\ \mathbf{R}|_{t=0} = \mathbf{R}_0, \mathbf{P}|_{t=0} = \mathbf{P}_0.$$

В общем случае изучения некоторой конкретной социальной системы $\Sigma = (\Sigma_1, ..., \Sigma_l)$, где $\Sigma_i \ \ (i = 1, ..., l)$ – ее подсистемы, динамическая модель строится на основе предположения, что каждая подсистема $\Sigma_i$ описывается вещественной функцией $\Sigma_i(t)$, зависящей от времени $t,\ t \geq 0$, и которая удовлетворяет системе дифференциальных уравнений

$$\frac{d\Sigma_i}{dt} = \mathbf{f}_{\Sigma}(t, \Sigma_1, ..., \Sigma_l), \qquad (1.9)$$

$$\Sigma_i|_{t=0} = \Sigma_{i0} \ (i = 1, ..., l)$$

или

$$\frac{d\Sigma}{dt} = \mathbf{f}_{\Sigma}(t, \Sigma_1, ..., \Sigma_l), \qquad (1.9')$$

$$\Sigma|_{t=0} = \Sigma_0.$$

## 1.4. Полевая модель

"В тот момент, когда человек выражает любым очень общим образом различные потенциальные возможности поведения, зависящие от одновременного состояния одной или более переменных, он имеет сущность того, что ... называется теорией поля"(Кларк Халл, [45, с.64-65]).

Теорию поля применительно к социальным наукам развивал психолог Курт Левин. Он писал: "Основной инструмент для анализа групповой жизни – представление группы и ее ситуации как "социального поля". Это означает, что социальное событие рассматривается как происходящее в (и являющееся результатом совокупности) сосуществующих социальных объектов, таких, как группы, подгруппы, члены, барьеры, каналы коммуникаций и т.п. Одна из фундаментальных характеристик этого поля – относительная позиция объектов, которые являются частями поля. Эта относительная позиция представляет структуру группы и ее экологическую[6] обстановку. Она также отражает основные возможности передвижения внутри поля" [45, с.226]).

Для более краткой характеристики понятия поля Левин использовал следующее определения поля, принадлежащее Эйнштейну [45, с.265].

*Совокупность сосуществующих фактов*[7]*, которые понимаются как взаимозависимые, называется* **полем**).

Если сравнить данное определение *поля* с определением *системы*, принадлежащее фон Берталанфи, то нетрудно увидеть их схожесть. Действительно, поле может возникать в системе, и обратно система может порождать поле. Но вместе с этим

[6] *Экология* [гр. oikos дом, родина + *...логия* ] – 1) наука, изучающая взаимоотношения животных, растений, микроорганизмов между собой и с окружающей средой; 2) *э. человека, социальная э.* – наука, рассматривающая проблемы взаимоотношений человеческого общества и окружающей среды [63].

[7] *Факт* – 1) действительное, невымышленное происшествие, событие, явление; 2) действительность, реальность, то, что объективно существует [63].

понятие поле отлично от понятия системы. Для того, чтобы убедиться в этом прокомментируем абстрактное определение поля, данное Эйнштейном[8], перефразируя другое его утверждение [77, с.231-232]: все эти факты, взятые вместе, создают в окружающем *жизненном пространстве группы* определенное состояние, которое, в свою очередь, производит характерное воздействие на определенные объекты, появляющееся в данном жизненном пространстве. Это состояние пространства и есть *социальное поле*.

Каковы упомянутые объекты, на которые воздействует социальное поле? Это зависит от типа соответствующей социальной системы, для описания свойств которой и привлекается теория поля или полевые модели. К примеру, этническое поле обнаруживается по поведению определенного типа индивидов, называемых в теории этнических систем Гумилёва пассионариями (см. гл.8). В случае гендерной системы, описывающей процесс образование семьи, поле, названное "запахом денег", сказывается на поведении женщин (см. 5.4). Другими словами, женщины являются теми "пробными зарядами", которые обнаруживают данное поле.

"Полевая теория, как правило, считает полезным начинать с характеристики ситуации в целом...Такой метод предполагает, что существует нечто вроде свойств поля в целом... Некоторые из этих общих свойств – например, величина "пространства свободного движения" или "атмосфера дружелюбия" – характеризуются терминами, которые, возможно звучат очень ненаучно для уха человека, привыкшего думать на языке физики. Однако если этот человек на мгновение задумается о фундаментальном значении, которое имеет поле силы тяжести, электрическое поле или величина давления для физических событий, он будет меньше удивлен, обнаружив похожую значимость проблем атмосферы в психологии. К тому же можно вполне точно определить и измерить психологические ат-

[8]Einstein A. *On the Method of Theoretical Physics*, New York: Oxford University Press, 1933. В русском издании этой работы Эйнштейна [77, с.181-186] приведенное определение отсутствует.

мосферы... Каждый ребенок чувствителен даже к небольшим изменениям в социальной атмосфере, как, например, степени дружелюбия или безопасности. Учитель знает, что успех преподавания французского языка или любого предмета в значительной мере зависит от атмосферы, которую он может создать" [45, с.84].

Поле в социологии (и психологии) – это то, что обеспечивает взаимосвязь различных частей *жизненного пространства* изучаемой группы (соотв.: индивида). Жизненное пространство определяется так, чтобы в любой данный момент оно включало все факты, которые обладают существованием, и исключало те, которые не обладают существованием для данной группы индивидов. При этом существование приписывается всему, что оказывает демонстрируемое воздействие [45, с.12-13].

Другое аналитическое средство разрешения социальных проблем – это понятие *фазовое пространство*. Оно является аналитическим средством, предназначенным для решения проблем социальной жизни в рамках теории поля.

**Фазовое пространство** – это система координат, каждая из которых соответствует разным величинам интенсивности одной "характеристики". Фазовое пространство не предназначено для того, чтобы представить план поля, состоящего из групп, индивидов и из экологической обстановки, оно концентрируется на одном или нескольких факторах. Оно представляет, посредством графиков или уравнений, количественную зависимость между этими несколькими характеристиками, переменными или аспектами поля или событиями в нем [45, с.226]). Очевидно, что упоминаемое выше жизненное пространство превращается при формализации в фазовое пространство.

Математически поле задается некоторой функцией $S : \mathcal{F} \to \mathbb{R}^k$, заданной на фазовом пространстве $\mathcal{F}$ и удовлетворяющей *уравнению поля*

$$\hat{A}(S) = f,$$

где $\hat{A}$ – некоторый оператор.

В случае использования теории поля при построении модели конкретной социальной системы основной задачей является нахождение уравнения поля, а затем его решение при различных *граничных условиях.*

## 1.5. Статистическая модель

Рассмотрим теперь группу индивидов как статистический ансамбль в пространстве и во времени с координатами $(\bar{x}, t), \bar{x} = (x_1, x_2)$. Мы ограничимся плоским пространством, т.е. двумерной величиной $\bar{x}$, поскольку речь идет о поверхности Земли.

Каждый индивид, составляющий рассматриваемую группу людей, помимо координат $\bar{x}$ его местонахождения на поверхности Земли и момента времени $t$, описывается парой $(q, p) \in \mathbb{R}^l \times \mathbb{R}^l$. Смысл пары $(q, p)$ определяется решаемой задачей. Если мы исследуем социальную систему $\Sigma = (\Sigma_1, ..., \Sigma_l)$, где $\Sigma_i \ \ (i = 1, ..., l)$ – ее подсистемы, то вектор $q$ характеризует степень "привязки" состояния индивида к конкретной подсистеме, а вектор $p$ демонстрирует степень проявления в индивиде типичных свойств, являющихся основными для изучаемой социальной системы.

Плотность распределения членов группы в абстрактном *фазовом пространстве* $\mathbb{R}^{2l+3}$ переменных $(q, p, \bar{x}, t)$, обозначим через $w(q, p, \bar{x}, t)$, а через $H(q, p, \bar{x}, t)$ – $\Sigma$-энергию, определяющую социальное поле в системе $\Sigma$ . Пусть $P(q, p, \bar{x}, t)$ характеризует появление, исчезновение, перемещение, взаимодействие членов группы в пространстве.

Математическое описание поведения группы сводится к заданию трех функций $H(q, p, \bar{x}, t), w(q, p, \bar{x}, t), P(q, p, \bar{x}, t)$. Они не являются независимыми, а связаны уравнением "движения" вида [2]:

$$P * w = \sum_{k=1}^{l} \left( \frac{\partial w}{\partial p_k} * \frac{\partial H}{\partial q_k} - \frac{\partial w}{\partial q_k} * \frac{\partial H}{\partial p_k} \right), \qquad (1.10)$$

где * означает свертку по переменной $(\bar{x}, t)$, а рассматриваемые в (1.10) функции могут быть, вообще говоря, обобщенными и зависящими от $w$, так что, например,

$$P * w = \int\limits_{\mathbb{R}^3} P(q, p, \bar{x} - \bar{y}, t - \tau) w(q, p, \bar{y}, \tau) d\bar{y} d\tau$$

может быть дифференциальным или дифференциально-разностным уравнением, в частности, таким

$$P * w = \frac{\partial w}{\partial t} - \mathcal{D}(q, p) \sum_{k=1}^{2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_k^2}.$$

Существует связь между данной моделью (1.10) и динамической моделью (1.9). Она заключается в требовании, чтобы функции

$$\Sigma_i(t) =< q_i > (t) = \int\limits_{\mathbb{R}^2} d\bar{x} \int\limits_{\mathbb{R}^{2l}} w(q, p, \bar{x}, t) q_i dq dp$$

удовлетворяли уравнениям (1.9). Очевидно, что такое требование позволит уточнить вид уравнения "движения" (1.10), и обратно, конкретный выбор уравнения "движения" (1.10) предопределяет вид дифференциальных уравнений (1.9).

## 1.6. Стохастическая модель

Социальные процессы характерны тем, что они не являются строго заданными, детерминированными. Они всегда подвержены неожиданным случайным малым изменениям даже в обстоятельствах, когда, как говорится, всё взято под контроль. Можно сказать, если прибегать к аналогии, что социальный процесс подобен броуновской частице, т.е. частице, двигающейся на первый взгляд по вполне определенной траектории, но которая при близком рассмотрении оказывается сильно извилистой с массой мелких изломов. Эти мелкие отклонения –

флуктуации[9] – от казалось бы гладкой линии появляются в силу того, что на частицу воздействуют многочисленные хаотически перемещающиеся молекулы окружающей среды. В случае социальных систем флуктуации следует трактовать как *свободу воли* участников социального процесса [85, с.3].

На языке математики описание социального процесса, подверженного флуктуациям, осуществляется с помощью понятия *стохастического процесса*. Приведем ниже теорию уравнения Ланжевена, которое использовалось для исследования броуновского движения.

### 1.6.1. Уравнение Ланжевена

Пусть $s(t) = (s_1(t), ..., s_n(t))$ – векторное поле, описывающее социальный процесс. Уравнение Ланжевена для $s$ имеет вид

$$\frac{ds}{dt} = -ks + \zeta, \qquad (1.11)$$

где $\zeta(t)$ – случайная сила, действующая на социальную систему. Считаем, что среднее ее значение

$$< \zeta > (t) \equiv \mathbf{M}\zeta(t) = \int\limits_{E_{\zeta(t)}} [\zeta(t)](\omega) d\mathbf{P}_{\zeta(t)}(\omega) = 0$$

и

$$< \zeta(t)\zeta(t') >= \delta(t - t'),$$

где $< E_{\zeta(t)}, \mathbf{P}_{\zeta(t)} >$ – вероятностное пространство случайной величины $\zeta(t)$, $\omega \in E_{\zeta(t)}$ – элементарное событие.

Из (1.11) следует

$$s(t) = s_0 e^{-kt} + \int\limits_0^t e^{-k(t-t')}\zeta(t')dt'. \qquad (1.12)$$

[9] *Флуктуация* – случайное отклонение величины, характеризующей систему из большого числа частиц, от среднего значения [63].

Можно считать, что начальное данное $s_0$ является случайной величиной с вероятностным пространством $< E_0, \mathbf{P}_0 >$. В таком случае $s(t) = [s(t)](\omega, \nu)$ – случайная величина с вероятностным пространством $< E_{\zeta(t)} \times E_0, \mathbf{P}_{\zeta(t)} \times \mathbf{P}_0 >$, где $\nu \in E_0$. Усредняя (1.12), получаем

$$< s > (t) = \int\limits_{E_{\zeta(t)} \times E_0} [s(t)](\omega, \nu) d\mathbf{P}_{\zeta(t)}(\omega) \times \mathbf{P}_0(\nu) =$$

$$= \int\limits_{E_0} s_0(\nu) e^{-kt} d\mathbf{P}_0(\nu) + \int\limits_0^t e^{-k(t-t')} \left( \int\limits_{E_{\zeta(t')}} [\zeta(t')](\omega) d\mathbf{P}_{\zeta(t')}(\omega) \right) dt' =$$

$$=< s_0 > e^{-kt} + \int\limits_0^t e^{-k(t-t')} < \zeta > (t') dt' =< s_0 > e^{-kt},$$

т.е.

$$< s > (t) =< s_0 > e^{-kt}. \tag{1.13}$$

Это означает, что стохастический процесс $s(t)$ при $t \to +\infty$ становится квазистационарным, близким к равновесию $s = 0$.

Мы рассмотрели простейшую форму уравнения Ланжевена. В более общем случае оно может быть записано в виде

$$\frac{ds}{dt} = -ks + F(t) + \zeta,$$

где внешняя сила $F(t)$ может быть и потенциальной, т.е. $F = \nabla V$, где $V = V(x, t)$ – некоторое поле. Как видим, в данном случае $s = s(x, t)$. Следовательно, социальный процесс $s$ зависит от дополнительных параметров, входящих в фазовое пространство.

### 1.6.2. Уравнение Фоккера-Планка

Используемое обозначение $s(t)$ для стохастического процесса означает, что в момент времени $t$ случайная величина $s$ принимает некоторое значение $[s(t)](\omega)$. Будем далее вместо $[s(t)](\omega)$

писать $(s,t)$, а вместо $[s(t')](\omega')$ пишем $(s',t')$. Пусть $w(s,t)$ – плотность распределения величины $s(t)$, а $w_2(s,t|s',t')$ – условная плотность распределения.

Вводя коэффициенты дрейфа

$$A_i(s,t) = \lim_{t'\to t} \frac{1}{t'-t} \int_{-\infty}^{+\infty} (s_i' - s_i) w_2(s,t|s',t') ds',$$

и коэффициенты диффузии

$$B_{ij}(s,t) = \lim_{t'\to t} \frac{1}{t'-t} \int\limits_{-\infty}^{+\infty} (s_i' - s_i)(s_j' - s_j) w_2(s,t|s',t') ds' > 0,$$

можно получить [6, с.68] *уравнение Фоккера-Планка*

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial s_i} \left[-A_i(s,t)w\right] + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{n} \frac{\partial^2}{\partial s_i \partial s_j} \left[B_{ij}(s,t)w\right]. \quad (1.14)$$

Уравнение Фоккера-Планка (1.14) эквивалентно стохастическому уравнению Ланжевена [85]

$$\frac{ds_i}{dt} = F_i(s,t) + \sum_{j=1}^{n} G_{ij}(s,t)\zeta_j(t) \quad (1.15)$$

с

$$A_i(s,t) = F_i(s,t) + \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^{n} \left[\frac{\partial G_{ij}(s,t)}{\partial s_k}\right] G_{jk}(s,t)$$

и

$$B_{ij}(s,t) = \sum_{k=1}^{n} G_{ik}(s,t) G_{kj}(s,t).$$

Выражение

$$\zeta_i(s,t) = \sum_{j=1}^{n} G_{ij}(s,t)\zeta_j(t)$$

описывает изменения в процессе $s$, обусловленные флуктуациями, которые предполагаются $\delta$-коррелированными и гауссовыми.

Так как коэффициенты диффузии $B_{ij}(s,t)$ и коэффициенты $G_{ij}(s,t)$ обычно являются малыми по величине, то $F_i(s,t) \approx A_i(s,t)$ и уравнение (1.15) принимает вид

$$\frac{ds}{dt} \approx A(s,t) + fluctuations.$$

При условии

$$\frac{\partial}{\partial s_j} A_k(s,t) = \frac{\partial}{\partial s_k} A_j(s,t)$$

существует *потенциал*

$$V(s,t) = -\int^{s} A(s',t) \cdot ds' \equiv -\sum_{i=1}^{n} \int^{s} A_i(s',t) ds'$$

такой, что

$$A(s,t) = -\nabla V(s,t) \quad \vee \quad A_i(s,t) = -\frac{\partial V(s,t)}{\partial s_i}.$$

Потенциал $V(s,t)$ можно понимать как *социальное поле* [85].

Рассмотрим случай, когда $n = 1$ и предположим, что

$$A(s,t) = 0, \quad B(s,t) = 2D = const.$$

Тогда уравнение (1.14) принимает вид уравнения диффузии

$$\frac{\partial w}{\partial t} = D \frac{\partial^2 w}{\partial s^2}.$$

Решением этого уравнения является распределение Гаусса

$$w(s,t) = w_2(s_0, t_0|s,t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi D(t-t_0)}} \exp\left\{-\frac{(s-s_0)^2}{4D(t-t_0)}\right\},$$

дисперсия которого

$$\mathbf{D}s = 4D \cdot (t - t_0) \underset{t \to +\infty}{\longrightarrow} \infty.$$

## 1.7. Модель общественного мнения

В качестве примера рассмотрим модель формирования общественного мнения [88, 89, 92], сочетающую элементы полевой и стохастической моделей.

Предполагается, что общественное мнение $\sigma$ может выражать точку зрения $\sigma = +1$, либо допускать противоположное воззрение $\sigma = -1$. Формирование общественного мнения можно представить как аналог броуновского движения, в котором участвуют индивиды, взаимодействующие посредством *поля коммуникации* $h_\sigma(x,t)$, $x \in S \subset \mathbb{R}^2$ – область, $\sigma = -1, +1$. Это поле учитывает пространственное распределение мнений индивидов, имеет определенное *время жизни*, отражающее эффект коллективной памяти, и распространяется в обществе, моделируя перенос информации.

Пространственно-временное изменение поля коммуникации учитывается с помощью уравнения

$$\frac{\partial}{\partial t}h_\sigma(x,t) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i \delta_{\sigma,\sigma_i} \delta(x - x_i) - \\ - \gamma h_\sigma(x,t) + D_h \Delta h_\sigma(x,t). \quad (1.16)$$

Здесь $\delta_{\sigma,\sigma_i}$ символ Кронекера, $\delta(x - x_i)$ – дираковская $\delta$ - функция, $N$ – число индивидов, $D_h$ – коэффициент диффузии, характеризующий распространение поля коммуникации. Каждый индивид, находящийся в точке $x_i$, непрерывно вносит свой вклад в поле $h_\sigma(x,t)$ в соответствии со своим мнением $\sigma_i$ и свойственной ему силой воплощения $\alpha_i$ своего мнения в жизнь. Информация порождается индивидами и имеет среднее "время жизни" $1/\gamma$.

Поле $h_\sigma(x,t)$ осуществляет социальное влияние общественного мнения на индивида $i$ следующим образом. Находясь в точке $x_i$, индивид подпадает под воздействие двух информационных полей: $h_{\sigma=+1}(x,t)$ и $h_{\sigma=-1}(x,t)$. В зависимости от полученной информации он реагирует двумя способами: 1) меняет свое мнение, 2) перемещается в направление той области пространства, где распространено мнение, которого он придерживается в настоящий момент.

Пусть $p_i(\sigma_i, t)$ – вероятность того, что в момент $t$ индивид $i$ имеет мнение $\sigma_i$. Изменение этой вероятности описываем с помощью уравнения

$$\frac{d}{dt}p_i(\sigma_i, t) = \sum_{\sigma_i'} v(\sigma_i|\sigma_i')p_i(\sigma_i', t) - p_i(\sigma_i, t)\sum_{\sigma_i'} v(\sigma_i'|\sigma_i),$$

где $v(\sigma_i'|\sigma_i)$ – условные вероятности переходов в единицу времени, вычисляемые по формуле

$$v(\sigma_i'|\sigma_i) = \begin{cases} \eta \exp\{[h_{\sigma_i'}(x_i, t) - h_{\sigma_i}(x_i, t)]/T\} & if\ \sigma_i \neq \sigma_i' \\ 0 & if\ \sigma_i = \sigma_i', \end{cases}$$

где $T$ – *социальная температура*, характеризующая степень свободы в поведении индивидов.

Движение индивидов в пространстве описывается уравнением Ланжевена

$$\frac{dx_i}{dt} = k_i \nabla_x h_e(x, t)|_{x_i} + \sqrt{2D_n}\zeta_i(t), \tag{1.17}$$

где $D_n$ – пространственный коэффициент диффузии индивидов, $h_e(x, t)$ – *эффективное* поле коммуникации, являющееся некоторой функцией полей $h_{\sigma=-1}(x, t), h_{\sigma=+1}(x, t)$. Коэффициенты $k_i$ – это индивидуальные параметры, характеризующие отклик индивидов на воздействие поля коммуникации. Далее считается, что $k_i = k$ и $h_e = h_\sigma$.

Случайные воздействия на движение моделируются стохастической силой $\zeta_i(t)$ такой, что $\zeta_i$ – белый шум с $< \zeta_i(t)\zeta_j(t') >= \delta_{ij}\delta(t - t')$.

Полная динамика общества может быть выражена в терминах $N$-индивидуальной функции распределения

$$P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t) = P(\sigma_1, x_1, ..., \sigma_N, x_N, t),$$

$$\underline{\sigma} = (\sigma_1, ..., \sigma_N), \quad \underline{x} = (x_1, ..., x_N),$$

которая дает вероятность обнаружения $N$ индивидов с мнениями $\sigma_1, ..., \sigma_N$ соответственно в местах $x_1, ..., x_N$ в момент времени $t$ в изучаемой области $S$. Эта функция находится из уравнения

$$\frac{\partial}{\partial t}P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t) = \sum_{\underline{\sigma}' \neq \underline{\sigma}} [v(\underline{\sigma}|\underline{\sigma}')P(\underline{\sigma}', \underline{x}, t) - v(\underline{\sigma}'|\underline{\sigma})P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t)] -$$

$$-\sum_{i=1}^{N}[\nabla_i(k\nabla_i h_\sigma(x,t)\ P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t)) - D_n \triangle_i P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t)],$$

где $v(\underline{\sigma}|\underline{\sigma}')$ означает любой возможный переход к мнению $\underline{\sigma}'$ при условии, что имело место мнение $\underline{\sigma}'$.

Вводя пространственно-временную плотность индивидов с мнением $\sigma$

$$n_\sigma(x,t) = \int \sum_{i=1}^{N} \delta_{\sigma,\sigma_i}\delta(x - x_i)P(\underline{\sigma}, \underline{x}, t)d\underline{x},$$

получают уравнение

$$\frac{\partial}{\partial t}n_\sigma(x,t) = -\nabla[n_\sigma(x,t)k\nabla h_\sigma(x,t)] + D_n\triangle n_\sigma(x,t) -$$

$$-\sum_{\underline{\sigma}' \neq \underline{\sigma}}[v(\sigma'|\sigma)n_\sigma(x,t) + v(\sigma|\sigma')n_{\sigma'}(x,t)]\,. \qquad (1.18)$$

Уравнения (1.16) и (1.18) с $\sigma = \{-1, +1\}$ дают четыре уравнения, полностью описывающие рассматриваемую социальную систему формирования общественного времени.

Рассмотрим случай коммуникационного поля, которое релаксирует[10] быстрее, чем распределение индивидов к квазистационарному равновесию. Поле $h_\sigma(x,t)$ сохраняет зависимость от $x$ и $t$, но благодаря быстрой релаксации оно пропорци-

[10] *Релаксация* [ < лат. relaxatio уменьшение напряжения, ослабление] – процесс постепенного возвращения в состояние равновесия какой-либо системы, выведенной из такого состояния, после прекращения действия факторов, выведших ее их состояния равновесия [63].

онально пространственно-временному распределению индивидов $n_\sigma(x,t)$. Пренебрегая диффузией информации, и, используя $\partial h_\sigma(x,t)/\partial t = 0, \alpha_i = \alpha$ и $D_h = 0$, получаем

$$h_\sigma(x,t) = \frac{\alpha}{\gamma} n_\sigma(x,t). \tag{1.19}$$

Подставляя (1.19) в (1.18), мы сводим четыре уравнения (1.16), (1.18) для модели общественного мнения к двум.

Однородное решение для $n_\sigma(x,t)$ дается его средним значениям

$$< n_\sigma(x,t) >= \frac{\bar{n}}{2}, \quad \bar{n} = \frac{N}{S}.$$

При определенных условиях однородное состояние становится неустойчивым и возникает пространственная дифференциация в общественном мнении. Для нахождения этих условий рассматриваются флуктуации однородного состояния $< n_\sigma(x,t) >$:

$$n_\sigma(x,t) =< n_\sigma > + \delta n_\sigma, \quad \left| \frac{\delta n_\sigma}{< n_\sigma >} \right| \ll 1 \qquad (1.20).$$

Подставляя (1.20) в (1.18) и линеаризируя, получаем

$$\frac{\partial \delta n_\sigma}{\partial t} = \left[ D_n - \frac{k\alpha\bar{n}}{2\gamma} \right] \triangle \delta n_\sigma + \eta \left[ \frac{\alpha\bar{n}}{\gamma T} - 1 \right] (\delta n_\sigma - \delta n_{-\sigma}). \tag{1.21}$$

В предположении, что

$$\delta n_\sigma \sim \exp(\lambda t + i\ m \cdot x)$$

из (1.21) находим следующие два решения для $\lambda$:

$$\lambda_1(m) = -|m|^2 C + 2B; \quad \lambda_2(m) = -|m|^2 C,$$

$$B = \eta \left( \frac{\alpha\bar{n}}{\gamma T} - 1 \right), \quad C = D_n - \frac{k\alpha\bar{n}}{2\gamma}.$$

Условия устойчивости однородного состояния имеют вид

$$\lambda_1(m) \le 0, \quad \lambda_2(m) \le 0.$$

Отсюда видно, что однородное состояние $n_\sigma(r,t) = \bar{n}/2$ устойчиво, если

$$T > T_{crit} = \frac{\alpha\bar{n}}{\gamma}, \quad D_n > D_{crit} = \frac{k\alpha\bar{n}}{2\gamma}.$$

Другими словами, пространственные подобласти с определенным мнением в изучаемой области $S$ (сепаратизм[11] ) возникают либо при понижении *социальной температуры* $T$ ниже критического уровня $T_{crit}$, либо при малом значении диффузии индивидов $D_n$.

С другой стороны, политический плюрализм[12] требует для своего осуществления достаточно высокой социальной температуры ($T > T_{crit}$) и свободного перемещения членов общества $D_n > D_{crit}$.

## 1.8. Модель системы распределения власти

Пусть дана система иерархической власти[13]. Другими словами существует "одномерное фазовое пространство" $[0,1]$ инстанций власти, в котором каждая инстанция имеет свою "координату" $x \in [0,1]$. Властные инстанции образуют иерархию власти, в которой власть может передаваться от инстанции с большей текущей властью к инстанциям с меньшей текущей властью (при этом скорость передачи власти тем больше, чем меньше разница между значениями текущей власти в инстанциях).

Уровень власти в инстанции $x$ в момент времени $t$ задается неотрицательной функцией $p(x,t)$. Если $x_1$ более высокая

[11] *Сепаратизм* [$<$ лат. separatus отдельный] – стремление к отделению, обособлению.

[12] *Плюрализм* [$<$ лат. pluralis множественный] – 1) один из принципов устройства правового общества, утверждающий необходимость многообразия субъектов экономической, политической и культурной жизни общества; 2) множественность, многообразие чего-либо, например, мнений, взглядов, форм собственности [63].

[13] При написании параграфа использована книга [61].

инстанция, чем $x_2$, то полагаем, что $x_1 < x_2$. Для выполнения своих распоряжений более низкими инстанциями высокая инстанция может временно передавать часть своих властных полномочий. Причем возможно два способа передачи полномочий:

1) *Близкодействие.* Объем $W(x,t)$ властных полномочий передается по команде, т.е. начальник отдает распоряжение своим непосредственным подчиненным

$$W(x,t) = -\kappa\left(p, \frac{\partial p}{\partial x}, x, t\right)\frac{\partial p}{\partial x}.$$

2) *Дальнодействие.* Команда и часть властных полномочий $V(x,t)$ отдается "через голову", т.е. минуя ряд ближайших инстанций

$$V(x,t) = \int\limits_0^1 \chi(p(x',t), p(x,t), x', x)[p(x',t) - p(x,t)]dx'.$$

Действия властей либо поддерживаются обществом, либо отвергаются. Эта реакция общества характеризуется функцией $F(p,p_1,p_2,x,t)$. Если $sgnF(p,p_1,p_2,x,t) = +1$ – действия данного звена власти поддерживается обществом, а при $sgnF(p,p_1,p_2,x,t) = -1$ – общество отрицательно реагирует на действия властей. Здесь $p_1(x,t)$ – минимальный уровень полномочий власти, а $p_2(x,t)$ – максимальный уровень.

Уравнение, которому должна подчинятся функция $p(x,t)$, имеет вид

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[-W(x,t)\right] + V(x,t) + F(p,p_1,p_2,x,t)$$

$$0 < x < 1, \quad t > 0,$$

с граничными условиями

$$W(0,t) = -\left(\kappa\,\frac{\partial p}{\partial x}\right)\bigg|_{x=0} = 0, \;\; W(1,t) = -\left(\kappa\,\frac{\partial p}{\partial x}\right)\bigg|_{x=1} = 0, \;\; t \geq 0$$

и начальными условиями

$$p(x,0) = p_0(x) \geq 0, \quad 0 \leq x \leq 1,$$

причем $\kappa > 0$, $\chi \geq 0$, а положительные функции $p_1, p_2$ монотонно убывают по $x$, $p_1 < p_2$.

В каких единицах измеряется власть $p$? В данной модели власть (властные полномочия) "означает возможный уровень (степень, силу) влияния властного института на поведение других инстанций и на жизнь гражданского общества... При этом нет необходимости вводить какие-либо абсолютные единицы измерения власти; достаточно принять властные полномочия высшей инстанции за единицу (или за 100 %), тогда полномочия любой другой инстанции будут выражаться в долях (или в процентах) по отношению к высшему институту [61, с.182].

**Богданов Александр Александрович** (1873-1928). Закончил медицинский факультет Харьковского университета (1899). Революционер, философ, экономист, писатель, врач. Член ЦК РСДРП (1905-1910). Основной философский труд – "Эмпириомонизм"в 3-х книгах. Романы – "Красная звезда", "Инженер Мэнни". Автор "Курса политической экономии" в 2-х томах. Создатель теории систем, названной им "Всеобщая организационная наука (тектология) (Ч.1, 1913) [15]. Немецкий перевод "Тектологии" был издан в Берлине в 1926 г. (Т.1) и 1928 г. (Т.2) [82]. Один из идеологов Пролеткульта (пролетарской культуры). Скончался в результате научных экспериментов на самом себе.

*Глава вторая*

# Индикаторы и измерение в социологии

# Глава 2

# Индикаторы и измерение в социологии

Уточняйте понятия, и вы избавите
мир от заблуждений

Р. Декарт

Социологическое исследование как особый способ получения ответов на вопросы о социальной реальности – сложная и кропотливая работа. Общество таит в себе множество загадок, и любые повседневные и социологические решения, конечно же, не могут быть окончательными. Однако если обычный человек, осмысляя мир, пользуется приблизительными и интуитивными способами познания, социолог стремится к точности, конкретности и логичности.

Осваивая принципы математического моделирования социальных процессов, мы должны знать некоторые правила исследования, которые применяет социолог в своей работе. Основной вопрос, ответ на который дается в данной главе, – как изучать сложное и запутанное общество? Как измерить неизмеримое? Определить рост растения можно с помощью линейки в *сантиметрах*, давление – с помощью манометра в *паскалях*, вес – с помощью весов в *килограммах*. А как можно измерить уровень демократии, устойчивость брака, напряженность конфликта, количество насилия на экране?

## 2.1. От абстрактного к конкретному

Для объяснения принципов социологического мышления можно использовать множество иллюстраций. Приведем, однако, пример, который принадлежит американскому социологу и автору известного учебника по социологии Нейлу Смелзеру [64].

**Оценка уровня беспокойства**. "Предположим, что нас интересует, усиливает ли сообщения об авиационных катастрофах страх людей перед данным видом транспорта. Один способ найти ответ – воспользоваться простым опросом, выбрав наугад одну группу пассажиров в Чикагском аэропорту после воздушной катастрофы и другую группу в период, когда не происходило никаких других катастроф, можно сравнить уровни беспокойства опрошенных каждой группы на основе их собственных слов. Однако обращение к пассажирам с прямыми вопросами относительно испытываемого ими страха, вероятно, не даст надежных результатов. Люди часто не желают рассказывать о таких чувствах, не хотят выглядеть слабыми. Они также не всегда могут объяснить собственные чувства, в том числе и чувство беспокойства.

В связи с этим психологи и социологи разработали ряд методов оценки опасения людей, вызванных сообщениями о катастрофах, основанных на наблюдении за их поведением, а не на анализе их ответов на вопросы о том, что они чувствуют. Один аспирант хотел проверить гипотезу, согласно которой этот страх отражается на продаже алкогольных напитков в аэропортах Чикаго. Однако ему не удалось провести этот эксперимент, поскольку бары были переполнены и главным образом потому, что их площадь не соответствовала увеличению численности пассажиров, наблюдавшемуся в последнее время в аэропортах. В такой ситуации можно лишь констатировать, что лучшим показателем желания людей купить спиртное является их готовность ждать нерасторопного бармена. Наш несгибаемый аспирант решил установить влияние сообщений о воздушных катастрофах на снижение продажи авиационных билетов. Он сравнил данные о количестве путешествий в различные сезоны в двух главных аэропортах Чикаго и выяснил, что, по видимости, известия об авиакатастрофах лишь на короткое время вызывают уменьшение числа пассажиров. Впоследствии социологи Юджин Уэбб и Дональд Кэмбелл изучали влияние воздушных катастроф на увеличение количества и стоимости страховых полисов, купленных в аэропортах. Снова, таким образом, осуществлялась оценка уровня беспокойства путем анализа поведения, а не опроса пассажиров о том, что они испытывали. Возможно, если бы вместимость баров соответствовала численности пассажиров, можно было бы составить индекс страха на основе сразу трех показателей: изменений в продаже алкогольных напитков, страховых полисов и билетов" [64, с.31].

Этот простой пример поясняет, как работает социолог, а именно, как он переходит от абстрактного понятия "уровень беспокойства" к конкретным наблюдениям. Это решающий этап исследования, поскольку лишь в том случае, если он выполнен правильно, собранная социологом информация позволяет получить надежные ответы на задаваемые вопросы. Проследим подробно все стадии работы социолога, связанные с необходимостью производить *измерение* в проводимых им исследованиях[1].

## 2.2. Операционализация понятия и ее стадии

Решающую роль в проверке теории и во всем процессе социологического изучения играет процедура операционализации понятий. Именно она позволяет увидеть все "подводные кам-

[1] Мы опускаем некоторые очень важные стадии социологического исследования: постановку и анализ социальной проблемы, определение целей и задач исследования, системный анализ объекта, выдвижение рабочих гипотез, составление плана исследования, анализ выборки, сбор и анализ данных (см. [80]).

ни" исследования и установить, какие социологические данные следует собирать.

**Операционализация понятий** – специфическая научная процедура установления связи концептуального аппарата исследования с его методологическим инструментарием. Иными словами, операционализация – это процесс связывания теоретического понятия с эмпирическими наблюдениями, где последние выступают индикаторами[2] каких-то свойств, относящихся к данному понятию [27, с.90].

Операционализация включает следующие стадии:

1. ***Перевод исходного понятия в показатели.***

   **Показатель** – в широком смысле слова, передатчик социальной информации. В узком смысле показатели – такие характеристики изучаемого или управляемого явления, которые опосредствуют связь между ненаблюдаемыми и наблюдаемыми характеристиками объекта, а в конечном счете – между объектом и субъектом познания или управления.

2. ***Перевод показателей в переменные.***

   **Переменной** называется понятие, которое может принимать различные значения. Возраст является переменной. У нее целый ряд значений: 6 месяцев, 18 лет, 47 лет и т.д. Большинство социологических исследований стремится выявить и *измерить* вариации, характерные для одного специфического явления, а затем объяснить эти вариации воздействием другого явления. Первое явление называют *зависимой переменной.* Второе, объясняющее или служащее причиной первого, называют *независимой переменной.*

В ходе первой и второй стадии прежде всего выявляются ключевые понятия и уточняется их содержание.

[2] *Индикатор* [< лат. indicator указатель] – прибор, устройство, элемент, отображающий ход процесса или состояние объекта наблюдений, его качественные либо количественные характеристики [63].

Теоретические переменные, в отличие от платоновских идей, не существуют "сами по себе", ожидая, когда мы наткнемся на них. Они не имеют какого-то абсолютного, раз и навсегда определенного значения. Их значение определяется контекстом употребления, концептуальной схемой, которую мы используем. Например, если мы используем "религиозность" как понятие, характеризующие роль некоей конфессии в политическом укладе национального государства, наибольший интерес для нашего исследования могут представлять агрегированные (т.е. относящиеся к надындивидуальному уровню) переменные, показывающие роль церкви в поддержании нормативной системы общества, в принятии политических решений [27, с.87-88].

Описанная процедура называется *концептуализацией* (или *эмпирической интерпретацией*).

**Концептуализация понятия** – последовательная конкретизация содержания понятия, дающая возможность выйти на такие проявления изучаемых явлений, непосредственно недоступных восприятию, но которые поддаются фиксации и измерению. Главная задача – уточнить понятие, сведя его к эмпирическим признакам (показателям).

Например, понятие "отношение к труду" можно разложить на ряд характеристик: производительность труда, трудовую инициативу, трудовую дисциплину и т.д.

Большую сложность, как это ни странно, представляет уточнение понятия "пол". "Если мы, к примеру, собираемся проверить гипотезу о влиянии половой идентичности на социальные достижения, то нам недостаточно просто разбить наших респондентов на "муж." и "жен.": внутригрупповой разброс показателей успешности наверняка окажется очень велик, и вся наша объяснительная схема "поплывет". В действительности нам лучше интерпретировать "половую идентичность" как некий континуум, плавный переход от жесткого полоролевого стандарта к другому, от крайне "маскулинности"[3] к "феминности"[4]. Используя соответствующие показатели и шкалы, мы скорее всего обнаружим, что большего социального успеха добиваются люди, не следующие жестким предписаниям традиционной половой роли" [27, с.87].

Найти значимую переменную и выявить затем индикаторы ее измерения – задача очень сложная. В философии и социологии часто рассуждают об "умном видении" эмпирической реальности – способности исследователя видеть головой, а не глазами, найти главное в загроможденном подробностями мире.

Г.С. Батыгин описывает процедуру поиска релевантной[5] переменной на интересном примере. "Представим себе немыслимой сложности задачу – найти настоящую принцессу. Для социолога социальный статус принцессы устанавливается просто: импортное платье с драгоценностями, настойчивые уверения людей из свиты, в конце концов – паспортные данные. Но что делать, если принцесс-то хоть отбавляй, да вот настоящие ли они? Сказочный андерсоновский принц объездил весь свет, да так и вернулся домой ни с чем и загоревал – уж очень хотелось ему достать настоящую принцессу. Проблема была решена в феноменологическом ключе: стоящая у ворот под дождем принцесса оказалась самой что ни на есть настоящей – она была настолько деликатна, что почувствовала горошину через сорок тюфяков и пуховиков" [10, с.]. Здесь описывается принцип идеальной типизации – чтобы понять природу реальных связей, надо сконструировать "нереальные". Г.С. Батыгин заключает: "Социологические данные – лишь материал, который организуется таким образом, чтобы они заговорили".

[3] *Маскулинность* (лат. masculinus - мужской) – комплекс характерологических особенностей, традиционно приписываемых мужчинам. Это – сила, жестокость и пр.

[4] *Феминность* (от лат. femina - женщина, самка) – комплекс психологических особенностей, традиционно приписываемых женщине. Это – характерологические черты мягкости, готовности помочь и пр.

[5] *Релевантность* – смысловое соответствие между информационным запросом и полученным сообщением.

3. ***Перевод переменных в индикаторы.***

   **Индикатор** – факт, используемый для социологического измерения. Индикатор выступает как фрагмент действительности, наделенный экспериментальными функциями приборов-измерителей и представляющий изучаемый объект в исследовательской ситуации.

Дж. Б. Маннгейм и Р.К. Рич приводят следующий пример простейшей операционализации.

Допустим, мы хотим проверить гипотезу о том, что минеральное удобрение, внесенное на одном поле, в большей степени стимулирует рост растения, чем естественные питательные вещества, обнаруженные на другом поле. Рост – абстрактное понятие. Мы не можем увидеть его непосредственно, необходимо перевести рост в эмпирически наблюдаемую переменную, так чтобы мы могли определить, когда одно растение характеризуется им в большей степени, чем другие. Можно представить понятие роста с помощью переменной достигаемая высота, поскольку высота эмпирически наблюдаема <...> Можно допустить, чтобы высота была представлена таким *показателем*, как длина в дюймах, и измерить растения с помощью мерной ленты. Тогда данные, считываемые с мерной ленты, становятся *значениями*, которые приписываем растениям по переменной высота... Итак, мы перешли от абстрактного понятия рост к переменной высота и далее к показателю длина в дюймах [49, с.76].

Как же придумываются индикаторы? Американский социолог Поль Лазарсфельд следующим образом рассказывает об индикаторах: "В своей работе "Значение истины"Уильям Джеймс писал: "Положим, мы говорим, что такой-то человек осторожен. Конкретнее это означает, что он страхуется, "ставит на двух лошадей сразу", "семь раз отмерит, один раз отрежет" и т.д. Чтобы подчеркнуть его постоянное свойство, не перечисляя все подобные типы поведения и абстрагируясь от них, его называют "осторожным". От образа Джеймс переходит к ряду индикаторов, подсказываемых здравым смыслом. В действительности никто не думает, что "осторожный"человек всегда будет "отмерять семь раз" или будет страховаться от всех возможных опасностей. Вместо этого мы говорим о вероятности того, что этот человек поступит так-то и так-то в отличие от менее осторожного человека. Кроме того мы знаем, что индикаторы осторожности могут отличаться в зависимости от социального окружения индивида" [43, с.139].

Социальная реальность и социологические понятия многомерны, поэтому найти точные индикаторы сложно. Они должны отражать эту многомерность, тем более что любая операционализация приводит к некоторому упрощению и потере смысла. Приведем некоторые примеры из области социальных наук.

$\Longrightarrow$ Операционализация понятия "*экономическое сознание*" осуществляется посредством следующей таблицы [38, с.403]:

| **Показатели** | **Переменные** | **Индикаторы** |
|---|---|---|
| Отношение к труду | Развитие субъективных побудителей и практических усилий, направленных на самореализацию в труде | Мотивы, установки, стереотипы, удовлетворенность, инициативность, качество работы, дисциплинированность, заработок |
| Отношение к собственности | Субъективное восприятие<br>Реальное совпадение | Мое, наше, чужое |
| Отношение к производству | Субъективное восприятие как источника благ, потребления.<br>Фактическое трудовое поведение | Понимание, оценки, установки, события |
| Отношения между работниками | Состояние групповой солидарности, социально-психологического микроклимата, состязательности | Общение, сопереживание, симпатии, общие ценностные ориентации, интересы, типы поведения |

$\Longrightarrow$ В качестве индикаторов *политических ориентаций индивида* используют сложную схему [57, с.13], которую приводим в виде таблицы:

| **Ориентация** | **Операциональное определение** |
|---|---|
| Политическая идентификация | Нация граждан; политические образования и группы, относительно которых индивид настроен позитивно или негативно; политические образования и группы, в которые индивид вовлечен наиболее глубоко |
| Политическая вера | Готовность сотрудничать с различными группами в различных социальных акциях; членство в группах; оценка деятельности групп с точки зрения того, заслуживает ли она доверия, каковы ее мотивы |
| Политическая компетентность | Частота голосований и других типов политической активности; знания о политических событиях и их влиянии на человека; интерес к политике |
| И др. | И др. |

$\Longrightarrow$ В известном эксперименте Ю. Уилкокс и Дж. Митчела индикатором *уровня самооценки* служила величина росписи. У "исключенных" из группы испытуемых снижалась самооценка, что выражалось в уменьшении размера росписи.

$\Longrightarrow$ При вопросе "Как часто нарушаются нормы?" возможен индикатор "уровень преступности". При вопросе "С какой легкостью люди исполняют свои гражданские обязанности?" возможным индикатором является участие в благотворительности.

$\Longrightarrow$ В качестве индикаторов *научно-технического уровня производства* можно выбрать число инженеров и ученых или число действующих в стране ЭВМ или запущенных спутников [79, с.223].

$\Longrightarrow$ При уже упоминаемом выше исследовании *религиозности* как понятия характеризующего роль некоей конфессии в политическом укладе национального государства, могут быть использованы следующие индикаторы: количество церковных приходов, наличие обязательных уроков закона божьего в государственных школах, участие церковных иерархов в работе законодательной власти и т.п.

$\Longrightarrow$ Операционализация понятия "*успешность адаптации*".[6] Могут быть выделены следующие переменные: 1) картина предстоящего жизненного пути; 2) субъективная (внутренняя)

[6] *Адаптация* – процесс активного приспособления.

адаптированность, варьирующая по степени и области проявления. Первая переменная получила инструментальную операционализацию в шкалах окончательности профессионального выбора, трудовой, статусной и территориальной мобильности, притязаний на производственную независимость, а вторая переменная – в шкалах удовлетворенности различными сторонами жизни, оценок своего развития в ближайшем прошлом и будущем [28].

$\Longrightarrow$ выявление[7] индикаторов "*политического риска*":

| | **Экономическая сфера** | **Политическая сфера** |
|---|---|---|
| Внутренние факторы | *Основные показатели*: индекс цен, уровень заработной платы, процентные ставки, денежное предложение | *Основные показатели*: Забастовочная активность, вооруженные выступления и террористические акты, количество и условия содержания политических заключенных, уровень официальной коррупции |
| Внешние факторы | *Основные показатели*: валютный курс (официальный и неофициальный), изменение международных условий заимствования | *Основные показатели*: соблюдение прав человека, оппозиция за пределами страны, причастность к террористическим актам в третьих странах, дипломатические и торговые конфликты |

## 2.3. Модели индикаторов

В социологии часто используются следующие модели определения индикаторов и измерения переменной (И.Ф. Девятко [27, с.90-91]).

[7] По материалам статьи И.А. Подгозина [58, с.31].

**1.** *Модель измерения латентной переменной несколькими эффект-индикаторами.*

Поскольку измерение в социологии носит непрямой характер, обычно социолог использует несколько индикаторов для каждой переменной. Для первой модели характерным является то, что все индикаторы являются *следствиями*, результатами действия латентной[8] переменной (рис.2.1).

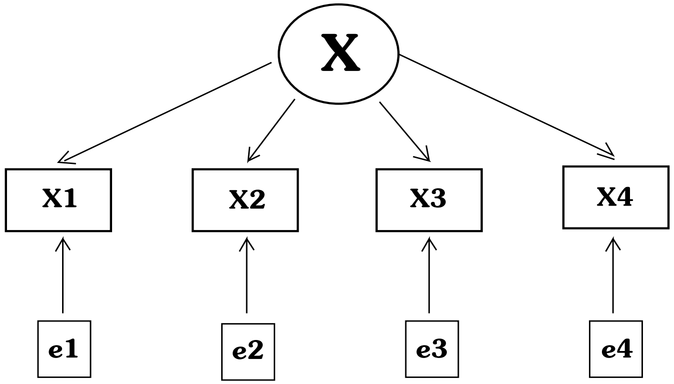



Рис. 2.1: $X$ – латентная переменная; $X1, X2, X3, X4$ – индикаторы, которые являются следствием действия переменной $X$; $e1, e2, e3, e4$ – ошибки измерения индикаторов.

Пример: участие в выборах и ежедневное чтение политических новостей в газете – это индикаторы латентной переменной "политической активности" или "вовлеченности в политику".

**2.** *Модель измерения латентной переменной причинными индикаторами.*

Такая модель используется в следующем случае. Например, мы можем использовать такие индикаторы, как потеря работы, развод, болезнь для измерения латентной переменной "жизненный стресс". В этом случае мы не предполагаем, что

[8] *Латентный* – скрытый, внешне не проявляющийся.

латентная переменная является причиной своих индикаторов, скорее травмирующие жизненные обстоятельства могут быть причиной стресса[9] (рис.2.2).

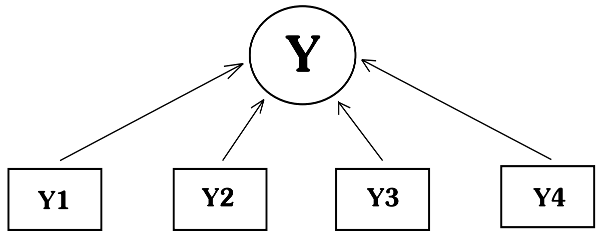



Рис. 2.2: $Y$ – это латентная переменная; $Y1, Y2, Y3, Y4$ – причинные индикаторы

В заключение укажем свойства индикаторов:

- Вероятностный характер отношений индикатора и теоретического свойства.
- Неоднозначность индикаторов. Один и тот же индикатор может указывать на разные теоретические свойства.
- Множественность индикатора. Необходимость формирования совокупности индикаторов для фиксирования теоретического свойства.
- Контекстуальность индикатора. Индикатор указывает на развитость теоретического свойства только в определенном контексте[10].

[9] *Стресс* [< англ. stress напряжение]– состояние напряжения, возникающее у человека или животного под влиянием сильных воздействий [63].

[10] *Конте́кст* [< лат. contextus тесная связь, соединение] – законченный в смысловом отношении отрывок письменной или устной речи, необходимый для определения смысла отдельного входящего в него слова или фразы [63].

## 2.4. Измерение в социологии

Операционализация позволяет социологу перейти к стадии измерения. Известный американский социолог Поль Лазарсфельд, анализируя процедуру измерения, пишет:

"Испытываем ли мы какие-то чувства или принимаем какие-то решения, мы используем при этом (часто сами этого не подозревая) определенные измерения. Мы говорим, что сегодня у нас настроение лучше, чем вчера. Мы нанимаем прислугу только после того, как решим, что эта женщина подходит нам больше, чем другая. Те из нас, у кого есть дети, должны вести себя с ними так, если бы мы знали, какое соотношение между свободой и дисциплиной является для них наилучшим <...> Члены комиссии по отбору абитуриентов в колледж должны разработать тщательные критерии выбора среди кандидатов; экономический успех завода может в значительной степени зависеть от знаний директора о наиболее эффективных формах руководства рабочими бригадами. Коль скоро мы социологи. Одной из наших задач является выяснение природы измерения и квантификации в различных областях, затрагивающих социальные отношения" [43, с.134].

**Измерением** в социологии называют процедуру, с помощью которой объекты измерения, рассматриваемые как носители определенных отношений, отображаются в некоторую математическую систему с соответствующими отношениями между элементами этой системы.

При *измерении* каждому объекту приписывается определенный элемент используемой математической системы (обычно действительные числа). Это означает, что мы можем с большей точностью говорить о том, *в какой степени* данный объект наблюдения (индивид, группы, город, организация, социальная система) проявляет свойство, которое представлено измеряемой переменной. Таким образом, процедура измерения предполагает использование определенной *шкалы*[11] изме-

[11] *Шкала* [< лат. scala лестница] – 1) последовательность чисел, служащая для количественной оценки каких-либо величин; 2) линейка (или

рения.

**Шкала** – это инструмент измерения, который представляет собой числовую систему, где свойства эмпирических объектов выражены в виде свойств числового ряда. Различают следующие типы шкал:

- **Номинальные шкалы** используются только для качественной классификации. Это означает, что данные переменные могут быть измерены только в терминах принадлежности к некоторым, существенно различным классам; при этом вы не сможете определить количество или упорядочить эти классы. Например, вы сможете сказать, что два индивидуума различимы в терминах переменной А (например, индивидуумы принадлежат к разным национальностям). Типичные примеры номинальных переменных – пол, национальность, цвет, город и т.д.

- **Порядковые шкалы** позволяют ранжировать (упорядочить) объекты, указав, какие из них в большей или меньшей степени обладают качеством, выраженным данной переменной. Однако они не позволяют сказать "на сколько больше" или "на сколько меньше". Типичный пример порядковой переменной – это социоэкономический статус семьи. Мы понимаем, что верхний средний уровень выше среднего уровня, однако сказать,что разница между ними равна, скажем, 18% мы не сможем. Само расположение шкал в следующем порядке: номинальная, порядковая, интервальная является хорошим примером порядковой шкалы. Так же данная шкала измеряет уровень согласия с утверждением, степень удовлетворенности.

- **Интервальные шкалы** позволяют не только упорядочивать объекты измерения, но и численно выразить и сравнить различия между ними. Данная шкала измеряет в интервальных значениях возраст, доход и пр.

циферблат) с делениями в различных измерительных приборах [63].

- **Относительные шкалы** очень похожи на интервальные переменные. В дополнение ко всем свойствам переменных, измеренных в интервальной шкале, их характерной чертой является наличие определенной точки абсолютного нуля, таким образом, для этих переменных являются обоснованными предложения типа: $x$ в два раза больше, чем $y$. Типичными примерами *шкал отношений* являются измерения времени или пространства. Так же шкала отношений измеряет стаж работы, возраст, доход и пр.

## 2.5. Операционализация и измерение в социологии и в естествознании

Операционализация и измерение в естественных и социальных науках имеют много общего. Прежде всего, это касается предполагаемой возможности перехода от абстрактного к конкретному. Однако существуют и различия, которые обусловлены фундаментальными причинами. Во-первых, разной природой знания гуманитарного и естественнонаучного. Во-вторых, разной природой языка точных наук и языка гуманитарного.

Например, казалось бы допустимо следующее заявление: "Результаты оценивания респондентами престижности университетов показывают высокий или низкий престиж данного учебного заведения приблизительно так же, как показания манометра показывают давление". Однако эта аналогия весьма условна.

Измерение в социологии обычно носит *непрямой характер: отдельный показатель может отражать влияние более чем одной переменной, а каждая переменная может иметь множество индикаторов*, т.е. операциональные определения теоретических понятий в социологии отличаются от таковых, скажем, в физике [27, с.90].

Обратим внимание на особенности измерения в точных науках.

"Физика использует в основном числовые переменные, значения которых измеряются с помощью приборов в ходе экспериментов. В законах природы, изучаемых физикой, большую роль играет статистический детерминизм. Связи между характеристиками имеют заведомо функциональный характер. Это позволяет при проведении опытов часто ограничиваться выборками малого объема (иногда в несколько единиц). По этим причинам в среднем размеры матриц данных в физике значительно меньше, чем в социологии, и содержат числа, а не тексты или произвольные образы...

Физические закономерности редко описываются функциями с большим числом аргументов, скажем больше десятка. Физические измерения, как правило, требуют специальной техники и заметных затрат. В физических экспериментах одновременно редко измеряют более десяти переменных. Чаще всего дело ограничивается двумя-тремя, в то время как остальные принимают постоянные значения и играют роль параметров. При проведении опытов в физике (в отличие от социологии) велика роль теории, которая позволяет заранее оценить предполагаемый характер экспериментальных кривых. По этой причине словари переменных в физике включают, как правило, до десятка переменных, хотя бывают и исключения...

В основе физических измерений лежит сопоставление измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу. Выбор единиц измерения для основных переменных произволен, но определенен. Постоянство и совершенствование эталонов, по которым формируются единицы измерения, поддерживается специальными международными институтами и законодательным путем. Единица измерения гарантирует числовой характер данных. Благодаря единице любой результат измерения можно выразить в целых числах. Наличие единиц дает возможность физикам в теоретических построениях пользоваться всеми свойствами чисел, вытекающими из свойств натурального ряда. В начале 20 века были сделаны попытки построить единую теорию измерений в физике и в гуманитарных дисциплинах, положив в качестве определяющего признака измерения число и объявив при этом, что наличие единицы измерения не обязательно для получения числового результата. Эта теория, известная как "психологическая теория измерений", благополучно превратилась в теорию числового кодирования, так и не сделавшись теорией, объясняющей связь между измерениями, используемыми в физике с измерениями, используемыми в социологии." [70].

Из приведенной цитаты вытекает заключение: в социологии даже в том случае, когда встречается функциональная зависимость, число переменных – аргументов функции очень большое, если не сказать, что огромное:

"В медицине используются тысячи числовых и еще большее количество текстовых переменных. Общее число переменных, используемых в медицине, по порядку величины промежуточное между физикой и социологией и насчитывает десятки тысяч переменных"[70].

Откуда берется в социологии такое число переменных?

"Названия переменных в социологии конструируются из реплик, которые служат вопросами и ответами при опросах. Тексты вопросов и ответов суть реплики в диалоге. Социологические переменные либо сводятся к репликам на естественном языке, либо конструируются из них. Количество различных вопросов, которые социологи могут включить в свои анкеты, по порядку величины сопоставимо с количеством слов и выражений в словаре естественного языка. Оно исчисляется сотнями тысяч единиц"[70].

Такие заявления могут вывести из равновесия любого исследователя, пожелавшего применить свои навыки, приобретенные в работе с физическим явлениями, к изучению социальных систем. Но полезно вспомнить, что в математике функции, зависящие от бесконечного числа переменных, называются *функционалами*, а методы оперирования с ними являются сожержанием специально разрабтанного *функционального анализа*. Более того, в так называемой квантовой теория поля физики имеют дело с объектами, имеющими *бесконечное* число степеней свободы, и успехи этой теории являются яркими и впечатляющими. Следовательно, можно надеяться, что и в социологии ситуация в плане ее математизации не является столь безнадежной, как кажется на первый взгляд.

*Глава третья*

# Социально-психические системы

# Глава 3

# Социально-психические системы

В этой главе обсуждаются возможные подходы к математическому моделированию социально-психических процессов. Речь идет о создании модели развития психических процессов в больших социальных группах, в результате которых принимаются кардинальные решения в судьбе как конкретного общества, так и всей земной цивилизации. В некотором смысле предпринимается попытка создания математической социальной психологии. Под последней часто понимается набор математических методов, используемых в традиционных психологических исследованиях. Такое понимание сущности математической психологии эквивалентно тому, как если бы под математической кулинарией понималось обучение поваров солить суп в соответствии с усредненным вкусом посетителей ресторана, выявленного при проведении опроса. Под математической социальной психологией мы имеем в виду принципиально новую науку, которая придет на смену современной социальной психологии и со временем утратит прилагательное "математическая", подобно тому как современная физика, унаследовав свое название от физики времен Аристотеля, не может существовать в какой либо иной форме, чем в форме математических структур.

## 3.1. Учение В.М. Бехтерева о коллективных рефлексах

Для построения математической модели социально-психических процессов воспользуемся идеями В.М. Бехтерева (1857-1927), который объяснял поведение больших групп индивидов существованием *коллективных согласованных реакций,* действий людей на внешние воздействия. Эти реакции он называл *коллективными рефлексами*[1]. Теория В.М. Бехтерева основывается на физиологии высшей нервной деятельности, существенный вклад в развитие которой внесли русские физиологи И.М. Сеченов и И.П. Павлов [26].

### 3.1.1. Рефлексология

И.М. Сеченов в своих замечательных работах "Рефлексы головного мозга" и "Кому и как разрабатывать психологию?" [62] достаточно аргументированно объяснил, что психические[2] процессы следует рассматривать как нервные. Другими словами, психические процессы мы должны описывать как цепи последовательных *рефлексов*, т.е. откликов организма на внешние воздействия.

По существу, И.М.Сеченов сводит психологию к физиологии, и это не следует рассматривать как недостаток. Напротив, вместо того, чтобы воздвигать препятствия на пути математизации и, следовательно, придания психологии характера точ-

[1] *Рефлекс* [< лат. reflexus отражение] – ответная реакция организма на те или иные воздействия, осуществляющаяся через нервную систему; различают безусловные рефлексы (врожденные) и условные рефлексы (приобретаемые организмом в течение индивидуальной жизни) [63].

[2] *Psyché* (*гр.*) – душа.

ной науки, И.М.Сеченов сделал первый шаг в этом направлении, заявив о необходимости основываться в построении научной психологии на естествознании, и, в частности, на физиологии. Против такого подхода, как правило, используется аргумент о невозможности сведения всего богатства человеческой психики к физиологическим и биологическим процессам. Почти такие же возражения используются против теории этногенеза Л.Н. Гумилёва. В сущности, здесь имеет место, увы, традиционное противоборство "физиков" и "лириков", т.е. противоборство точных методов, присущих представителям естествознания, и интуитивных, присущих представителям гуманитарных наук. Опыт человечества показывает, что первые, как правило, расширяют область приложения своих методов, а вторые, уступают свои позиции. Однако если человечество обречено на бесконечное познание, то следует признать, что владения первых всегда будут конечными, а вторых – бесконечно обширными. На фоне успехов в изучении природы точные исследования в сфере общества явно пробуксовывали, но связано это было с тем, что не было инструмента анализа сложных систем. Думается, что ошеломляющий прогресс в области компьютерной техники и возможности компьютерного моделирования (simulation) позволят добиться существенного продвижения в изучении общества.

Развивая идеи И.М. Сеченова В.М. Бехтерев создал рефлексологию и, что особенно ценно для наших целей, коллективную рефлексологию [13].

### 3.1.2. Бихевиоризм

Прежде, чем дать сведения о коллективной рефлексологии, уместно рассказать о *бихевиоризме*[3] – естественно-научном направлении в психологии, возникшем в Америке в начале XX века и созвучном с идеями объективной психологии, развивавшимися в России [14]. Основатель бихевиоризма американец Джон Уотсон "утверждал, что предметом психологии могут

[3] *Behaviour (англ.)* – поведение.

быть лишь прямо наблюдаемые явления, такие как различные реакции человека и животных" [67, с.6]. "Психология как наука о поведении занимается предсказанием и управлением действиями человека, а не анализом его "сознания" [67, с.127].

Кроме понятия "реакция" бихевиористы вводят понятие "стимул". *Стимул* – это группа факторов, являющихся причиной той или иной *реакции.*


Рис. 3.1: Концепция "стимул - реакция"

Бихевиоризм рассматривает в качестве основного механизма общественной жизни механизм условных рефлексов. Поведение индивида является реализацией однозначной жесткой последовательности "стимул-реакция" ($S \to R$) (рис. 3.1). Согласно бихевиоризму, при рождении у индивида имеется некоторое количество врожденных "схем поведения", над которыми в процессе научения настраиваются более сложные навыки, вплоть до образования сложнейших "репертуаров поведения". Теоретическая схема ($S \to R$) стала классической, и отчетливо либо скрытно присутствует в значительном числе научных исследований различных областей психики [67, с.680].

### 3.1.3. Коллективная рефлексология

Коллективная рефлексология[4] В.М. Бехтерева представляет собой систему взглядов на поведение больших групп людей, основанную на достижениях физиологии высшей нервной деятельности.

Предмет коллективной рефлексологии – это "...изучение возникновения, развития и деятельности собраний и сборищ...

[4] Термин "коллективная рефлексология" не нашел распространения и уступил место термину "социальная психология".

проявляющих свою соборную соотносительную деятельность как целое, благодаря взаимному общению друг с другом входящих в них индивидов" [13, с.100].

Для объяснения социальных связей Бехтерев привлекал законы неорганического мира, такие, как тяготение, сохранение энергии и др. Иначе говоря, коллективная рефлексология была творением человека, привыкшего опираться на естественные науки.

Социально-психическую деятельность В.М. Бехтерев сводит к комбинациям *коллективных рефлексов*. Он выделяет следующие их группы:

- наследственно-органические рефлексы (инстинкты);
- коллективное настроение;
- коллективные мимико-соматические рефлексы;
- коллективное сосредоточение;
- коллективное наблюдение;
- коллективное творчество;
- согласованные коллективные действия.

**Коллективный рефлекс** – это ответная простая синхронная реакция группы людей на внешний стимул. Поведение группы представляет собой цепь последовательных коллективных рефлексов.

## 3.2. Два пути формализации социальной психики

Рассмотрим возможные подходы к математическому и компьютерному моделированию социально-психических процессов. Речь идет о создании модели развития психических процессов в больших социальных группах.

Возможны два пути построения модели коллективных психических действий людей.

Первый основывается на констатации *первичности* коллективных действий. Социально-психическое коллективное действие рассматривается как система, составляющими которой являются такие подсистемы *коллективных рефлексов*, как наследственно-органические рефлексы (инстинкты), коллективное настроение и коллективные мимико-соматические рефлексы, коллективное сосредоточение и коллективное наблюдение, коллективное творчество и, наконец, согласованные коллективные действия.

Второй путь моделирования коллективных психических действий людей предполагает, что коллективные действия должны сложиться из психических действий отдельных индивидов. Если иметь в виду компьютерное моделирование, то этот путь тесно связан с идеями "искусственной жизни" и мульти-агентного моделирования [24]. Но если предварительно, до компьютерных экспериментов, ставить целью создание содержательной математической модели социально-психических процессов, то имеется возможность применить статистические методы. Предлагается рассматривать группу людей как статистический ансамбль в пространстве и во времени. Каждый индивид, составляющий рассматриваемую группу людей, описывается совокупностью рефлексов и величиной, характеризующей тип психики индивида. Основные характеристики социальных действий в данном случае описываются посредством специальной функции, называемой *плотностью распределения* членов группы, заданной в абстрактном *фазовом пространстве*.

### 3.2.1. Модель коллективных рефлексов

Группы людей или общество в целом совершают те или иные коллективные действия в ответ на изменения, происходящие во внешнем мире. Эти действия называются *коллективными рефлексами*. Следуя В.М. Бехтереву, перечислим коллективные рефлексы: наследственно-органические рефлексы $I$ (инстинкты), коллективное настроение $n$ и коллективные мимико-соматические рефлексы $m$, коллективное сосредоточение $c$ и коллективное наблюдение $N$, коллективное творчество $T$ и, наконец, согласованные коллективные действия $\Delta$.

Таким образом, $R_{n_3+1} = I, R_{n_3+2} = n, R_{n_3+3} = m, R_{n_3+4} = c$, $R_{n_3+5} = N, R_{n_3+6} = T, R_{n_3+7} = R_{n_4} = \Delta$ (см. 1.2), а уравнение (1.7) по аналогии с видом уравнений, принятых в [22], – это система дифференциальных уравнений

$$
\begin{aligned}
\frac{dI}{dt} &= k_{II}I + k_{In}n + k_{Im}m + k_{Ic}c + \\
&\qquad\qquad + k_{IN}N + k_{IT}T + k_{I\Delta}\Delta \\
\frac{dn}{dt} &= k_{nI}I + k_{nn}n + k_{nm}m + k_{nc}c + k_{nN}N + \\
&\qquad\qquad + k_{nT}T + k_{n\Delta}\Delta \\
\frac{dm}{dt} &= k_{mI}I + k_{mn}n + k_{mm}m + k_{mc}c + \\
&\qquad\qquad + k_{mN}N + k_{mT}T + k_{m\Delta}\Delta \\
\frac{dc}{dt} &= k_{cI}I + k_{cn}n + k_{cm}m + k_{cc}c + k_{cN}N + \\
&\qquad\qquad + k_{cT}T + k_{c\Delta}\Delta \\
\frac{dN}{dt} &= k_{NI}I + k_{Nn}n + k_{Nm}m + k_{Nc}c + \\
&\qquad\qquad + k_{NN}N + k_{NT}T + k_{N\Delta}\Delta \\
\frac{dT}{dt} &= k_{TI}I + k_{Tn}n + k_{Tm}m + k_{Tc}c + \\
&\qquad\qquad + k_{TN}N + k_{TT}T + k_{T\Delta}\Delta \\
\frac{d\Delta}{dt} &= k_{\Delta I}I + k_{\Delta n}n + k_{mm}m + k_{\Delta c}c + \\
&\qquad\qquad + k_{\Delta N}N + k_{\Delta T}T + k_{\Delta\Delta}\Delta
\end{aligned}
\tag{3.1}
$$

Коэффициенты $k_{..} = k_{..}(\mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{S}, I, n, m, N, T, c, \Delta)$ определяют зависимость рефлекторной деятельности коллективов от 1) внешней природной среды $\mathbf{B}$ (например, от наличия пищи или природной стихии в виде, скажем, засухи); 2) культурно-этнического окружения $\mathbf{E}$ (падение пассионарного напряжения естественным образом отражается на поведении людей, входящих в этнос); 3) изменений политико-экономической ситуации **S** в обществе. Однако, учитывая значительную величину биологических и этнических "длин волн", следует брать во внимание только нетипичные (быстро протекающие) явления в поведении биосферы и этносферы.

Очевидно, что зависимость (или независимость) конкретного коэффициента $k_{..}$ от того или иного коллективного рефлекса – отвечает возможности одного рефлекса породить другой, т.е. рефлекс как реакция, социальное действие, становится раздражителем и приводит в движение другой коллективный рефлекс. Например, коллективное сосредоточение, имевшее место у толпы при заслушивании оратора на митинге становится причиной рефлекса согласованных коллективных действий, выразившихся в "бурных и продолжительных аплодисментах" или в участии в уличных беспорядках. Точный вид всех коэффициентов $k_{..}$ еще предстоит выяснить.

Как решается вопрос о моделировании принятия элитой[5] решения, кардинально меняющего ситуацию внутри данного общества или отношения между государствами (например, вступление в войну)? В первом приближении следует принять, что элита состоит из пассионариев[6], которые на момент принятия кардинального решения оставляют в стороне внутренние разногласия (при моделировании гражданской войны пассионариев, как и гармоничных людей[7], надо разделить на две группы (у субпассионариев[8] деление вряд ли целесообразно)). В таком случае для кардинального решения необходимо наличие однополярных согласованных коллективных действий

[5] *Элита* [(фр.) élite] – наиболее видные представители какой-либо части общества, группировки и т п. [63].

[6] *Пассионарий* – индивид, у которого подавлен инстинкт самосохранения. Подробности в книге Л.Н. Гумилёва [19].

[7] *Гармоничный индивид* – представитель основной массы членов этноса. *Этнос* – естественно сложившийся коллектив людей, выделяющийся среди других коллективов оригинальным *стереотипом поведения* и противопоставляющий себя всем другим таким же коллективам, исходя из ощущения "свой – чужой" [19, с.499].

[8] *Субпассионарий* – индивид, поведение которого определяется инстинктом самосохранения.

у пассионариев, гармоничных людей и даже субпассионариев. Таким образом, если $\Delta_P, \Delta_M, \Delta_S$ – уровень согласованных коллективных действий соответственно пассионариев (элиты), гармоничных людей (народных масс) и субпассионариев (бродяги, бомжи и пр.), то условие принятия кардинального решения в момент времени $t$ имеет, например, следующий вид

$$\mathrm{sgn}\Big(\frac{d\Delta_P}{dt}\Big)\cdot \mathrm{sgn}\Big(\frac{d\Delta_M}{dt}\Big)\cdot \mathrm{sgn}\Big(\frac{d\Delta_S}{dt}\Big) > 0.$$

Сущность данного совместного коллективного рефлекса согласованных коллективных действий, именуемого выше принятием кардинального решения, в том, что порождается некоторое социальное действие, направленное во имя торжества "добра"или "зла". Что же конкретно восторжествует? В рамках коллективной рефлексологии, т.е. "коллективной физиологии", на такой вопрос ответить нельзя. Нужны нравственные критерии. Но последние относятся уже к "высшей сфере" психоистории – антропосфере, которая в данной книге не рассматривается. Но думается, что "добро" и "зло" должны моделироваться в математической антропологии временными функциями Д$(t)$ и З$(t)$, сравнение численных значений которых в момент времени $t$ и определяет нравственный характер совместного коллективного рефлекса согласованных коллективных действий, имевших место в данный момент истории данного народа. При этом для уточнения, какое из них "добро", какое "зло", полезно иметь в виду, что на социальном уровне, в социосфре, описываемой в духе Т. Парсонса [22], выделена функция $D(t)$ (см. гл.9). Эта функция характеризует уровень социальной интеграции или механической солидарности по Дюркгейму и поставлена в соответствие системе поддержания институционализированных этнических образцов, которые у каждого народа задают нормы общественного поведения (по крайней мере, на этапе зарождения и подъема этноса). Очевидно, что "добро" Д$(t)$ и функция $D(t)$ должны коррелировать, как-то согласовываться на раннем этапе развития этноса. Естественно считать, что представление о "добре" – это общечеловеческое достижение и на ранних этапах развития любого этноса оно одно и то же – одно для всех.

### 3.2.2. Статистическая модель

Рассмотрим теперь группу людей как статистический ансамбль в пространстве и во времени с координатами $(\bar{x}, t), \bar{x} = (x_1, x_2)$. Мы ограничимся плоским пространством, т.е. двумерной величиной $\bar{x}$, поскольку речь идет о поверхности Земли.

Каждый индивид, составляющий рассматриваемую группу людей, помимо координат его местонахождения на поверхности $\bar{x}$ Земли и момента времени $t$, описывается величиной $r \in \mathbb{R}^l$ – совокупностью рефлексов и величиной $p \in \mathbb{R}^l$ – нервным импульсом, характеризующим тип психики индивида [46, с.128].

Плотность распределения членов группы в фазовом пространстве $\mathbb{R}^{2l+3}$ переменных $(r, p, \bar{x}, t)$ обозначим через $w(r, p, \bar{x}, t)$, а через $H(r, p, \bar{x}, t)$ – коллективную психическую энергию, определяющую ментальное[9] поле. Пусть $P(r, p, \bar{x}, t)$ характеризует появление, исчезновение и перемещение членов группы.

Математическое описание социально-психических действий группы сводится к заданию трех функций $H(r, p, \bar{x}, t), w(x, p, \bar{x}, t), P(r, p, \bar{x}, t)$. Они не являются независимыми, а связаны уравнением "движения" вида [2, 3]:

$$P * w = \sum_{k=1}^{l} \left( \frac{\partial w}{\partial p_k} * \frac{\partial H}{\partial r_k} - \frac{\partial w}{\partial r_k} * \frac{\partial H}{\partial p_k} \right), \tag{3.2}$$

где * означает свертку по переменной $(\bar{x}, t)$,

$$P * w = \int\limits_{\mathbb{R}^3} P(r, p, \bar{x} - \bar{q}, t - \tau) w(r, p, \bar{q}, \tau) d\bar{q} d\tau.$$

Вполне возможно, что, например,

$$P * w = \frac{\partial w}{\partial t} - \mathcal{D}(r, p) \sum_{k=1}^{2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_k^2}.$$

[9] *Mental* (англ.) – мысленный, психический.

Коллективный рефлекс $R_i(t)$, $(i = 1, ..., 7)$ любой из семи подсистем системы коллективных действий определим как

$$R_i(t) = \int\limits_{\mathbb{R}^{2l+2}} w(r, p, \bar{x}, t) r_i dr dp d\bar{x}, \quad (i = 1, ..., 7). \tag{3.3}$$

Связь между данной моделью и моделью из 3.2.1 заключается в требовании, чтобы функции (3.3) удовлетворяли уравнениям (3.1). Очевидно, что такое требование позволит уточнить вид уравнения "движения" (3.2) и обратно, конкретный выбор уравнения "движения" (3.2) предопределяет вид дифференциальных уравнений (3.1).

### 3.2.3. Компьютерное моделирование коллективных рефлексов

Если бы нам была известна функция распределения $w(x, p, \bar{x}, t)$, то можно было бы предсказывать коллективные рефлексы групп людей, т.е. их совместные психические действия. Можно пытаться найти уравнение "движения" (3.2). Это обычно удавалось в задачах естествознания, т.е. при описании "мертвой" природы. Мечта многих исследователей общества часто и состояла в том, что будут найдены уравнения, с помощью которых эволюция общества будет описываться так же, как движение планет, жидкостей или газов. Но уже в двадцатом веке такие идеи стали считаться наивными, механистическими. Слишком уж сложными предстают перед нами социальные системы.

Однако можно пытаться не искать как саму функцию распределения $w(x, p, \bar{x}, t)$, так и уравнения (3.2) на традиционном классическом пути математических построений. Современные компьютеры открыли перед исследователями иные возможности. Функция распределения может быть выявлена в ходе компьютерных экспериментов. Такие эксперименты основываются на идее моделирования мульти-агентных систем [24, 84]. Каждый член коллектива – это *агент*, наделенный набором простейших инстинктов. Агенты действуют, сообразуя свои действия в соответствии с меняющейся средой. При реализации компьютерного моделирования проводится параллель между человеческим коллективом, состоящим из *индивидов*, "искусственным обществом", состоящим из *агентов*, и средой объектно-ориентированного программирования, в которой выделяется понятие *объекта*. Эксперименты проводятся с помощью специально разработанных пакетов программ. Действия индивидов-агентов складываются с течением времени в некоторую картину коллективных действий. По существу, эта динамически меняющаяся картина представляет собой функцию распределения $w(r, p, \bar{x}, t)$.

## 3.3. Стохастическая модель коллективных рефлексов

Рассмотрим индивида, в поведении которого нас интересует рефлекс $r$. Поскольку рефлекс – это реакция, развертывающаяся во времени $t$ на некоторое воздействие (стимул), то ничто не мешает нам записать, что динамика величины $r$ описывается уравнением Ланжевена

$$\frac{dr}{dt} = -kr + \zeta(t), \quad t \geq 0, \tag{3.4}$$

где $\zeta$ случайная сила.

С помощью случайной силы $\zeta$ будем учитывать: во-первых, уникальные, не поддающиеся полному описанию черты психики рассматриваемого индивида; во-вторых, особые условия, в которых оказался конкретный индивид, входящий в изучаемую группу, и которые всегда следует учитывать, даже в том случае, когда индивид находится в плотном окружении других членов группы.

Выбор уравнения Ланжевена в качестве модели рефлекса индивида означает, что рефлекторное движение рассматривается нами как механизм возвращения организма к равновесному состоянию после того, как внешняя причина (среда) вывела его из этого состояния[10].

Стимул, вызвавший реакцию индивида, рассматриваем как мгновенное воздействие на индивида в момент $t = 0$. Следовательно, вместо уравнения (3.4) имеем уравнение

$$\frac{dr}{dt} = -kr + \zeta(t) + r_0\delta(t), \tag{3.5}$$

где $\delta(t)$ – это $\delta$-функция Дирака, которую физики любят определять следующим образом

$$\delta(t - t_0) = \begin{cases} \infty, & t = t_0, \\ 0, & t \neq t_0, \end{cases}$$

$$\int\limits_{-\infty}^{+\infty} \delta(t - t_0)dt = 1.$$

Вместо уравнения (3.5), решение которого ищется среди обобщенных функций, можно рассмотреть эквивалентную классическую задачу Коши [17, с.204-205]

$$\begin{cases} \dfrac{dr}{dt} = -kr + \zeta, \\ \\ r|_{t=0} = r_0. \end{cases}$$

Пусть на отрезке времени $[0, 1]$ присутствуют только индифферентные[11] раздражители, т.е. стимулы, не вызывающие интересующий нас рефлекс. Затем в момент $t = 1$ производится раздражение, вызывающее характерное рефлекторное движение. Математически описанная ситуация соответствует следующим двум задачам Коши для уравнения Ланжевена: до раздражения –

$$\begin{cases} \dfrac{dr}{dt} = -kr + \zeta, \quad t \in [0, 1), \\ \\ r|_{t=0} = 0; \end{cases} \tag{3.6}$$

[10]Такой взгляд на рефлекс критиковался А.А. Ухтомским [26, с.33].

[11] *Индифферентный* [лат. indifferens] – безразличный, безучастный, равнодушный.

после раздражения –

$$\begin{cases} \dfrac{dr}{dt} = -kr + \zeta, \quad t \in [1, +\infty), \\ \\ r|_{t=1} = r_0, \quad r_0 > 0. \end{cases} \tag{3.7}$$

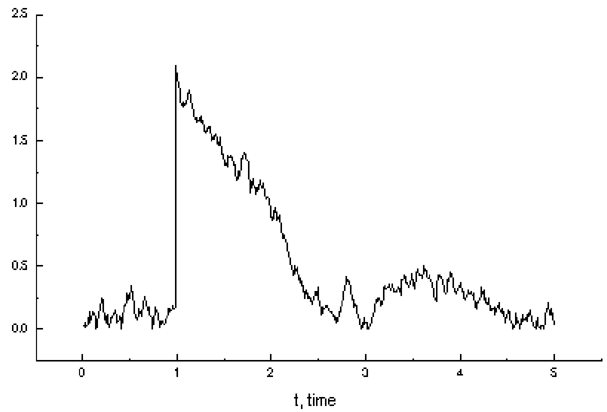
Численное интегрирование[12] уравнений (3.6), (3.7) в виде графиков приведено на рис.3.2. Решение находилось для 500 индивидов, для каждого из которых слегка менялось начальное значение $r_0$. Коллективный рефлекс определялся усреднением индивидуальных рефлексов по всей группе из 500 индивидов (рис.3.3). Случайный процесс $\zeta(t)$ имел гауссово распределение (белый гауссовый шум).

Насколько наша модель отвечает реальным рефлекторным движениям? Для того чтобы провести сравнение с действительными рефлексами, необходимо помнить, что прежде всего многое зависит от регистрирующей аппаратуры. Это означает, что получаемые кривые могут иметь различную форму. Однако для нас при сравнении важными являются следующие два момента: во-первых, рефлекс – это резкое изменение в характере поведения кривой и, во-вторых, индифферентные раздражители должны присутствовать в виде небольших по амплитуде отклонений кривой от некоторой воображаемой гладкой кривой.

Наконец, нужно помнить, что приводимая модель является скорее учебной, демонстрирующей возможности предлагаемой математической модели индивидуальных и коллективных рефлексов.

Итак, полезно сравнить модельные кривые, приведенные на рис.3.2 с изображениями реальных рефлексов, данных на рис.3.4 и 3.5.

[12]Интегрирование проведено студенткой М.С. Шаповаловой (физфак, ОмГУ).



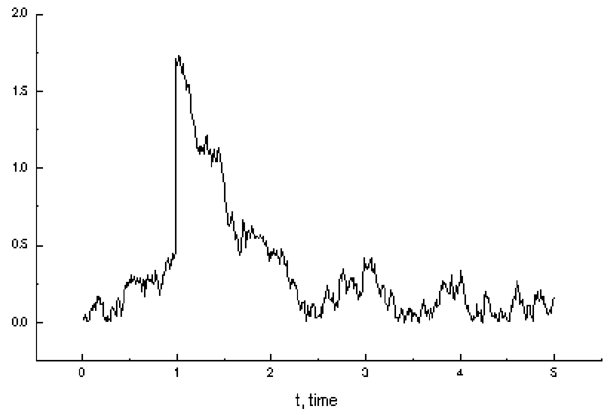




Рис. 3.2: Модель рефлекторных движений двух индивидов в ответ на раздражение, произведенное в момент $t = 1$

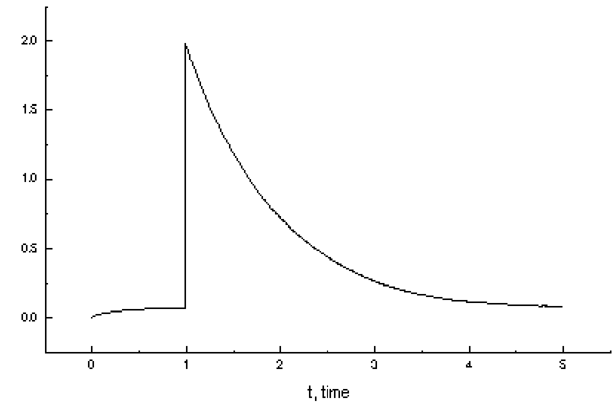



Рис. 3.3: Модель коллективного рефлекса, полученная усреднением рефлексов 500 индивидов.

Каждый всплеск кривых на рис.3.4 и 3.5 – это отклики конкретного живого организма. Трудно предположить, что они являются отражением некоторого случайного процесса. А ведь именно случайность характерна для отклонений от среднего значения, изображенных на рис.3.2. Можно ли считать, что это означает непригодность предлагаемой модели коллективного рефлекса? Думается, торопиться с заключением не стоит. Во-первых, полезно вспомнить об исходной задаче. Мы пытались смоделировать простейший, можно сказать *безусловный коллективный рефлекс* группы людей, а это означает, что нас интересует только коллективная реакция на конкретный стимул. С точки зрения стороннего наблюдателя, фиксирующего только общие, синхронные действия группы, все остальные реакции индивидов являются индифферентными, т.е. ничего не значащими. Следовательно, им не придается никакого смысла и вполне допустимо воспринимать их как случайные.


Рис. 3.4: Спинально-стволовый полисинаптический рефлекс. Рефлекторные ответы мышц плечевого пояса при раздражении локтевого нерва на одноименной стороне. $M$- моторный ответ мышцы, $F$-"антидромный" разряд, ССПР-рефлекторный ответ [37].

Во-вторых, флуктуации, смоделированные нами и изображенные на рис.3.2, следует трактовать с точки зрения ассоциативной психологии. "Классическая теория ассоциации[13] ... основана на следующей теореме. Если два переживания (или действия) $a$ и $b$ происходят вместе или в непосредственной близости, между ними устанавливается ассоциация. Эта ассоциация операционально определяется как *вероятность* (курсив мой – А.Г.) появления $b$, если имеет место одно $a$. Сила ассоциации есть функция количества повторений" [45, с.87]. Другими словами, после реакции $a$ на раздражение (стимул $X$) в момент $t = 1$ наблюдается пиковая реакция индивида (резкий всплеск кривой при $t = 1$). Затем выведенный из равновесия организм индивида возвращается к нему по экспоненциально-

[13] *Ассоциация* [$<$ лат. associatio соединение] – в психологии – связь, образующаяся при определенных условиях между двумя и более психическими образованиями (ощущениями, восприятиями, представлениями, идеями и т.п.) [63].

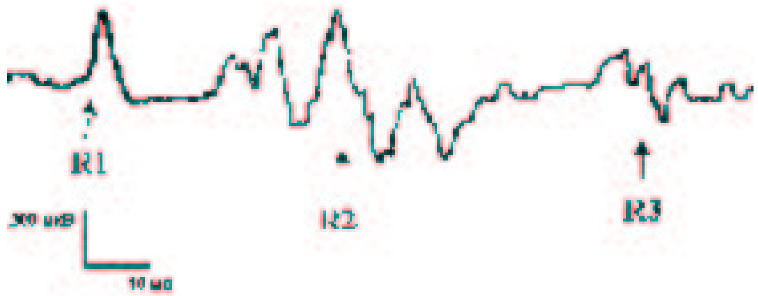



Рис. 3.5: Мигательный рефлекс. Рефлекторный ответ состоит из трех изолированных компонентов: $R1$ - ранний ипсилатеральный олигосинаптический ответ с латентностью 10-14 мс; $R2$ - поздний билатеральный полисинаптический ответ с латентностью 25-40 мс; $R3$ - поздний билатеральный полисинаптический ответ с латентностью 70-100 мс [81].

му закону, т.е. очень быстро – время релаксации[14] $\tau \sim 1/k$. Рассматриваемый стимул $X$ привел в действие целый *ряд ассоциаций* $b_1, ..., b_n, ....$, которые в достаточной мере случайны в соответствии с приведенной теоремой ассоциативной психологии. Именно эти случайные всплески-флуктуации-ассоциации и наблюдаем на кривых, данных на рис.3.2 при $t > 1$. Повторение стимула $X$ не гарантирует *точного* повторения ассоциативного ряда $b_1, ..., b_n, ...$ опять-таки в силу упомянутой теоремы. Именно поэтому ассоциативный ряд на нижней кривой рис.3.2, – индивид $I'$ – не обязан повторять ассоциативный ряд на верхней кривой – индивид $I$. Более того, даже для одного и того же индивида не следует ожидать корреляций по времени и высоте всплеска, поскольку, как говорилось, сила

[14]*Релаксация* [< лат. relaxatio уменьшение напряжения, ослабление] – процесс постепенного возвращения в состояние равновесия какой-либо системы, выведенной из такого состояния, после прекращения действия факторов, выведших ее из состояния равновесия [63].

ассоциации есть функция количества повторений. Иначе говоря, если какой-то рефлекс не был поддержан длительными повторениями, то нет гарантии, что он появится в результате соответствующего стимула. Таким образом, использование стохастической модели при формализации теории рефлексов вполне оправдано.

---

**Бехтерев Владимир Михайлович** (1857-1927) – русский невропатолог, психиатр, физиолог, психолог. Создал в 1885 г. первую в России лабораторию экспериментальной психологии при клинике Казанского университета; основал в 1908 г. Психоневрологический институт в Санкт-Петербурге. Начиная с 10-х гг. XX в. приступил к построению собственной общепсихологической теории, названной им рефлексологией (http://psycho.lgg.ru/st/131000.htm).

*Глава четвертая*

# Личность. Моделирование социализации индивида

# Глава 4

# Личность. Моделирование социализации индивида

В данной главе рассматривается построение имитационной модели[1] социализации индивида, в ходе которой формируется *личность* [24, гл.2]. При проектировании модели и проведении компьютерного эксперимента применяется мульти-агентный подход.

При построении имитационной модели социализации индивида возникает необходимость описания процесса формирования личности в виде определенного алгоритма, в основу которого закладывается конкретно выбранная социологическая теория.

В учебном пособии [24] излагается ряд социологических теорий личности, которые могут использоваться в компьютерных моделях. Из всех теорий мы выбираем статусно-ролевую концепцию личности Т.Парсонса и на ее основе строим имитационную модель социализации индивида.

[1]Модель создана Ю.В. Фроловой и В.В. Коробицыным

При моделировании мы заменяем реальное общество, состоящее из индивидов (личностей), на формальное "*искусственное общество*", в котором "живут" *агенты*. Поведение агентов описывается некоторым набором правил. Таким образом, имеем *мульти-агентную модель* реального общества. На ее основе с помощью специальной мульти-агентной системы моделирования $\mathcal{SWARM}$ строится компьютерная модель социализации индивида [24].

## 4.1. Теория социализации индивида

### 4.1.1. Описание структуры индивида и процесса становления личности

В понятии личности отражены деиндивидуализированные социальные качества человека. *Индивидуальность* – это неповторимое сочетания природных и социальных свойств индивида (человека).

Для социологии и социальной психологии очень важно выявить все внутренние компоненты структуры индивида. В социальных науках существует много подходов к исследованию структуры индивида. Отметим лишь самые распространенные.

Структура индивида может быть представлена в виде следующего ряда взаимосвязанных подструктур (от самой общей к более специфической – личностно обусловленной подструктуре):

1. Биологически обусловленная подструктура (темперамент, половые, возрастные, иногда патологические особенности психики).

2. Психологическая подструктура, включающая индивидуальные свойства отдельных психических процессов (память, эмоции, ощущения, мышление, восприятие, чувства, воля и т.д.).

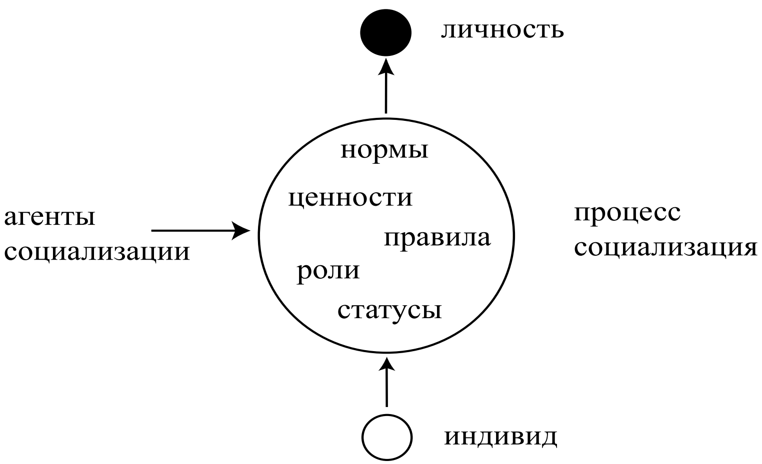



Рис. 4.1: Процесс становления личности

3. Подструктура социального опыта (куда входят приобретенные человеком знания, навыки, умения и привычки).

4. Подструктура направленности индивида (влечения, интересы, склонности, идеалы, индивидуальная картина мира, убеждения).

Третья и четвертая подструктуры характеризуют процесс формирования личности из индивида.

**Личность** – это индивид, приобретший свойства, элементы социальной системы (социальной группы) [65]. Процесс формирования личности посредством усвоения статусов, ролей, правил, ценностей и норм называется *социализацией*. Образно его можно представить в виде схемы (рис.4.1).

Чтобы понять личность, необходимо определить, что движет ею, что ее направляет, какие у нее цели, как формируется ее отношение к обществу, к другим индивидам. Все это тесно связано с понятием *социальное действие*. Личность в социологии всегда рассматривается неотрывно от ее социального действия.

*Социальное действие* – это некий исходный элемент социальной реальности. Выявляя элементы социального действия, мы сталкиваемся с тем, что существует множество теорий, рассматривающих различные аспекты социального действия. Мы рассмотрим теорию Парсонса, в которой процесс становления личности реализуется в ситуациях, отражающих социальную значимость человека.

### 4.1.2. Статусно-ролевая концепция личности

**Социальное действие** есть поведение, направляемое смыслами, которые *акторы* (действующие лица) придают предметам и людям. *Смысл* – это внутреннее содержание, значение действия, цель действия, постигаемые разумом. Акторы имеют цели и выбирают соответствующие средства для их достижения. При этом социальное действие ориентировано на других участников действия.

*Структура социального действия по Т. Парсонсу*:

- Актор (действующее лицо).
- Ситуация (условия и средства действия).
- Ориентация индивида на ситуацию (мотивационная и ценностная). Цель действия.

По Т. Парсонсу, социальное поведение обусловлено социальным статусом и набором социальных ролей.

**Социальный статус**[2] – это позиция в многомерном социальном пространстве. Человек занимает определенное место в обществе в соответствии с правилами и обязанностями, т.е.

[2] *Статус* [< лат. status состояние, положение] – правовое положение, состояние [63].

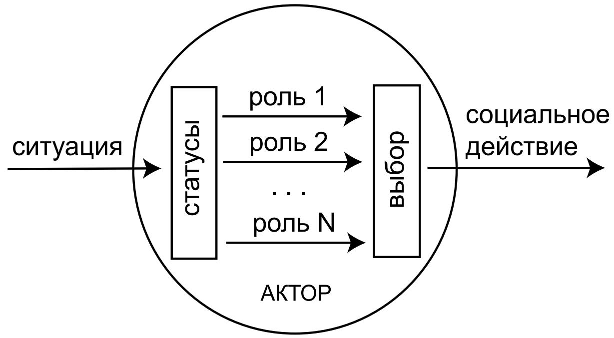



Рис. 4.2: Детерминант социального поведения

имеет статус. Каждой статусной позиции соответствует образец поведения, нормативно одобренный и ожидаемый от каждого, кто занимает эту позицию. Такой образец поведения называется *социальной ролью.*

**Социальная роль** – ожидаемое поведение, обусловленное статусом человека. Это хранящийся в сознании человека набор представлений о том, как он должен вести себя в определенных обстоятельствах. Роли[3] различны по своей значимости и масштабу: одни обусловлены государственными интересами, другие – требованиями профессиональных групп, третьи – правилами межличностного общения.

Многообразие статусов человека, а также многообразие действий, связанных с каждым статусом, ведет к многообразию ролевого набора, определяя детерминант социального поведения, т.е то, что обуславливает социальное поведение человека, и то, что на него влияет (рис. 4.2).

Таким образом, социальный индивид в данной концепции имеет различные статусы и роли:

- Роли и статусы усваиваются в ходе социализации.

[3] *Ролевая идентификация* – усвоение образцов поведения (кодов), связанных с той или иной статусной позицией. Чем выше статусная позиция, тем выше предписания относительно допустимых действий и т.д.

- Роли и статусы регламентируются обществом. Иными словами, действие индивида вписано в общую схему функционирования общества и подчинено его законам.

- Действие направляется смыслами.

- Индивид имеет определенную автономию[4] и имеет возможность производить выбор определенных ролей и статусов. Именно выбор (хотя и ограниченный обществом) является реализацией индивидуальности человека.

## 4.2. Модель социализации индивида

### 4.2.1. Формализация процесса социализации

При формализации приходится ограничивать разнообразие вариантов действия личности, отбрасывая некоторые их них и упрощая другие. Следовательно, нам приходится расстаться с реальной ситуацией, заменяя ее на упрощенную, искусственную. От реального общества в процессе моделирования переходят к "искусственному обществу". Социальный индивид превращается в агента "искусственного общества". Само "искусственное общество" состоит из множества агентов, наделенных определенными характеристиками и взаимодействующих друг с другом, т.е. ведущих "искусственную жизнь". Данный метод моделирования социальных групп и общества получил название мульти-агентного моделирования (multi-agent simulation).

Пусть $N$ — количество агентов, $L$ — общее число возможных ситуаций, $I$ — максимальное количество возможных статусов. Опишем внутреннее состояние агента переменной $a^i \in \mathbb{R}$, где $i = 1, 2, ..., N$. Положительные значения $a^i$ означают комфортное состояние агента, отрицательные — дискомфортное. Для каждого агента определим вектор $S^i \in \mathcal{D}^{\{1,...,I\}}$ элементы $s^i_n, n = 1, ..., I$ которого принимают значения на мно-

[4] *Автономия* (гр.) – самоуправление.

жестве $\mathcal{D} = \{0, 1\}$, состоящем из двух элементов 0 и 1,

$$S^i = (0, 0, 1, 0, ..., 1, 0)^{tr}.$$

Этот вектор определяет набор статусов $i$-го агента. Единица на $n$-ом месте означает наличие $n$-го статуса, а 0 — его отсутствие ($n = 1, 2, ..., I$). Каждому социальному статусу в данной модели соответствует одна возможная социальная роль агента, согласно которой он может произвести одно конкретное социальное действие. Таким образом, осуществляется однозначное соответствие между социальным статусом агента и социальным действием, которое он может произвести согласно этому статусу.

Индивид производит социальное действие как ответную реакцию на ситуацию, в которую он попадает. В любой ситуации индивид может выбрать свое действие из числа возможных, т.е. из тех, которые он может произвести и которые доступны. Попав в определенную ситуацию агент совершает социальное действие, в результате которого улучшается или ухудшается его внутреннее состояние (увеличивается или уменьшается параметр $a^i$). Информация о степени изменения состояния фиксируется агентом в его памяти и используется в схожих ситуациях, возникающих впоследствии. Память $i$-го агента представим в виде матрицы $M^i$ размера $I \times L$, где элемент $m^i_{nl} \in \mathbb{R}$ является оценкой степени изменения состояния $i$-го агента при действии в рамках $n$-го статуса в $l$-ой ситуации ($l = 1, 2, ..., L$).

$$M^i = \begin{pmatrix} m^i_{11} & m^i_{12} & \dots & m^i_{1L} \\ m^i_{21} & m^i_{22} & \dots & m^i_{2L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m^i_{I1} & m^i_{I2} & \dots & m^i_{IL} \end{pmatrix}$$

Накопленный опыт $i$-го агента будем обозначать матрицей $E^i$ размера $I \times L$, где элементы $e^i_{nl} \in \mathcal{D}$,

$$E^i = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Значение 1 элемент $e^i_{nl}$ принимает в том случае, если агент, находясь в ситуации $l$, совершил действие на основе статуса $n$ и получил результат $m^i_{nl}$. Другими словами, агент обрел опыт действия в данной ситуации. Соответственно, если $e^i_{nl} = 0$, то это означает, что такого опыта у него нет, т.е. он не совершал действия в ситуации $l$ на основе $n$-го статуса и не знает, какой последует результат.

Для каждой ситуации $l$ имеется оценка результата, получающегося в следствие определенного действия агента на основе $n$-го статуса. Эти оценки определяются априорно и считаются неизменными. Их можно представить в виде матрицы $R$ размера $I \times L$, где элемент $r_{nl} \in \mathbb{R}$ определяет степень изменения состояния агента в случае совершения им действия на основе $n$-го статуса в $l$-ой ситуации

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1L} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{I1} & r_{I2} & \dots & r_{IL} \end{pmatrix}$$

Итак, до начала эксперимента исследователем задается матрица $R$. Все матрицы $E^i$ и $M^i$ $(i = 1, 2, ..., I)$ заполняются нулями. Это означает, что все агенты до начала эксперимента не имеют никакого опыта и их память не заполнена информацией («новорожденные» агенты). Причем каждому агенту $i$ присваивается набор статусов, которыми он обладает, т.е. задается вектор $S^i$, а также начальное внутреннее состояние агента $a^i_0$.

Эксперимент строится следующим образом. В каждый дискретный момент времени $t$ $(t = 1, 2, ..., T)$ все агенты попадают в некоторую ситуацию $l$, которая генерируется компьютером случайным образом, т.е. компьютер выбирает произвольное число от 1 до $L$. Каждый $i$-ый агент на основе своего опыта $E^i$ и памяти $M^i$ выбирает определенное действие, соответствующее $n$-ому статусу. Результат действия изменяет его внутреннее состояние

$$a^i_t = a^i_{t-1} + r_{nl}. \tag{4.1}$$

Если до этого $e^i_{nl}$ было нулевым, то оно меняется на единицу (получен опыт), а результат действия заносится в память агента $m^i_{nl} = r_{nl}$. Таким образом, заполняются матрицы $E^i$ и $M^i$.

Процесс выбора статуса, на основе которого совершается действие, опишем функцией выбора $f(a^i, M^i, E^i, l)$. Эта функция принимает значение номера статуса, на основе которого будет осуществляться действие. Для описания функции $f$ построим дополнительную функцию $q(a, u, p) : \mathbb{R}^3 \to \mathbb{R}$, описывающую степень риска агента при выборе статуса в данной ситуации при неизвестном окончательном результате. Аргументы функции: $a$ — внутреннее состояние агента, $u$ — степень неизвестности ситуации, $p$ — наибольшая величина результата действия из известных агенту. Для конкретного $i$-го агента $a = a^i$.

Степень неизвестности вычисляется по формуле

$$u = u^i \equiv \frac{I^i - I^i_1}{I^i}, \tag{4.2}$$

где $I^i$ — количество статусов, которыми обладает агент, $I^i_1$ — количество статусов, результаты действия которых известны агенту в данной ситуации. Параметр $I^i$ вычисляется как количество единиц в векторе $S^i$, а $I^i_1$ — количество единиц в столбце $l$ (номер ситуации) матрицы $E^i$.

Наибольшая величина результата $p$ вычисляется по формуле

$$p = p^i \equiv \max_n (m^i_{nl}). \tag{4.3}$$

Функцию $q(a, u, p)$ определим следующим образом

$$q(a, u, p) = q_1(a) \cdot q_2(u) \cdot q_3(p),$$

где

$$q_1(a) = k_1 a^2, \quad q_2(u) = k_2 u,$$

$$q_3(p) = \begin{cases} -k_3 \cdot p + p_1 & \text{при } k_3 \cdot p < p_1, \\ 0 & \text{при } k_3 \cdot p \geq p_1. \end{cases}$$

Здесь $k_1$, $k_2$, $k_3$, $p_0$, $p_1$ — некоторые постоянные коэффициенты.

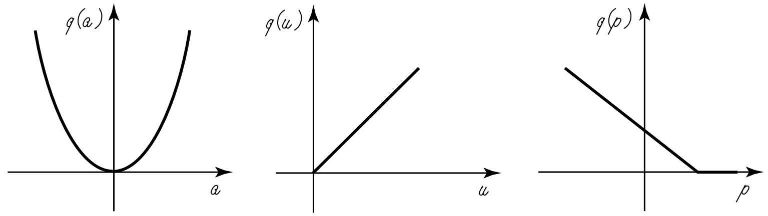



Рис. 4.3: Графики функций $q_1(a)$, $q_2(u)$ и $q_3(p)$

Наконец, функция $f(a^i, M^i, E^i, l)$ определяется следующим образом

$$f(a^i, M^i, E^i, l) = \begin{cases} n_r & \text{если} \quad q(a^i, u^i, p^i) > q_0 \text{и } I^i - I_1^i > 0, \\ n_m & \text{иначе,} \end{cases}$$

здесь $n_r$ – номер случайно выбираемого статуса из доступных для $i$-го агента, относительно которого у агента нет опыта действия, $n_m$ – номер статуса при котором достигается максимум $p^i$ из (4.3), $q_0$ – параметр, характеризующий предельную степень риска. Для выбора номера $n_r$ необходимо выделить все номера доступных статусов, результаты которых неизвестны агенту, то есть те номера $n$ при которых $s_n^i = 1$ и $e_{nl}^i = 0$.

На основе выбранного статуса $n = f(a^i, M^i, E^i, l)$ агент совершает социальные действия и получает результат $r_{nl}$. Меняется его внутреннее состояние, которое вычисляется по формуле (4.1). Запоминаются результат $m_{nl}^i = r_{nl}$ и полученный опыт $e_{nl}^i = 1$.

Далее компьютер генерирует новую ситуацию $l$ и для каждого агента вычисляется номер статуса $n$. Каждая итерация описывает процесс выбора агентом того статуса, на основе которого он выполняет социальное действие.

Агента с номером $i$ можно считать прошедшим процесс социализации, если в каждой ситуации $l$ он находит тот статус $n$, который обеспечивает ему положительный результат, т.е.

$$\forall\, l \ \ \exists\, n : \ r_{nl} > 0.$$

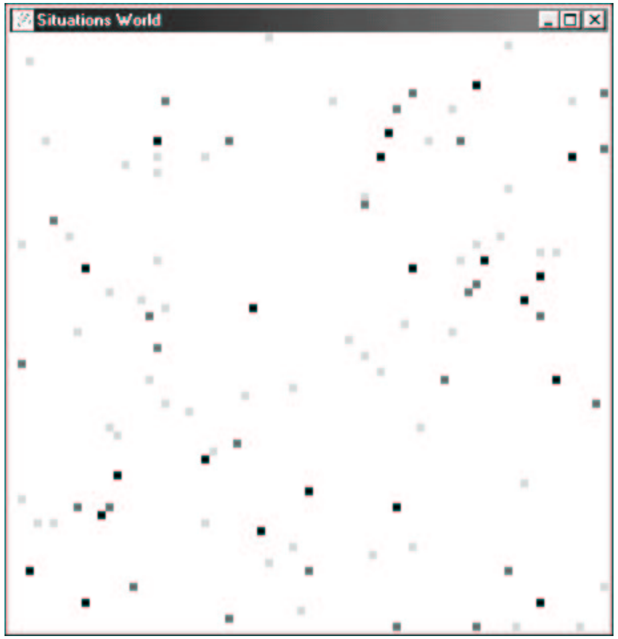



Рис. 4.4: Агенты искусственного общества, $I = 100$

## 4.2.2. Результаты компьютерного моделирования

Для проектирования модели и проведения компьютерного эксперимента используется мульти-агентная система моделирования $\mathcal{SWARM}$, дающая возможность визуально наблюдать за ходом эксперимента. На экран выводится анимационная картинка, отображающая искусственную жизнь агентов, графики различных усредненных функций, например внутреннего состояния агентов и степень неизвестности ситуации.

Исследовательская компьютерная модель представляет собой модель социального действия агентов (индивидов) при сменяющихся различных ситуациях в среде (обществе). Главным фактором социального поведения агентов является случайно возникающая ситуация, требующая ответного действия от агента. В результате моделирования получается определенная картина, демонстрирующая следствия правильного выбора того или иного действия при данных обстоятельствах. Считаем, что агент успешно прошел процесс социализации, если при возникновении уже известных ему ситуаций он действует таким образом, что результаты его действий оказывают на него благоприятное воздействие.

При запуске компьютерной программы определяется количество агентов, общее число возможных ситуаций, граница риска, а также максимальное количество возможных статусов. Для каждого агента случайным образом задается набор статусов, которые будут обуславливать его социальное положение. Устанавливаются внутренние состояния агентов из заданного диапазона различных состояний. Характер изменения внутреннего состояния агентов можно наблюдать по меняющейся цветовой гамме. Чем ярче окраска агента, тем более комфортным является его состояние (рис. 4.4).

Первоначально агенты создаются с незаполненной памятью. Постепенно она заполняется необходимой информацией о степени влияния на внутреннее состояние агента следствий его действий в той или иной ситуации. Агенты функционируют, сообразуя свои действия в соответствии с быстро меняющимися событиями в среде. В результате с течением времени происходит процесс накопления агентами опыта и социальных установок, соответствующих их социальным ролям, т.е. процесс социализации индивида.

Моделирование велось при различном распределении начальных данных. Менялось общее число возможных ситуаций, максимальное количество возможных статусов и правила изменения внутреннего состояния агентов в той или иной ситуации. На рисунках приведены результаты таких компьютерных экспериментов в виде графиков усредненных функций внутреннего состояния агента и степени неизвестности ситуации.

Рис. 4.5, 4.6 соответствуют компьютерному эксперименту с

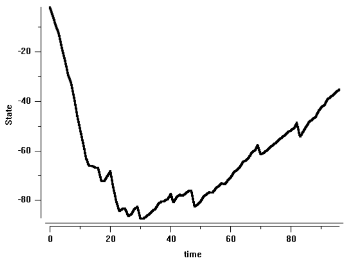



Рис. 4.5: Внутреннее состояние агента, $N = 100$, $I = 3$, $L = 12$

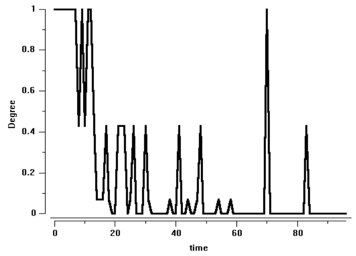



Рис. 4.6: Степень неизвестности ситуации, $N = 100$, $I = 3$, $L = 12$

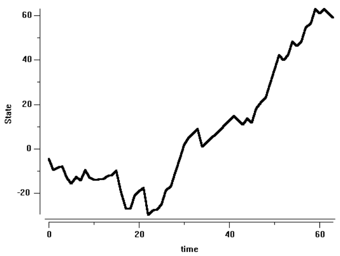



Рис. 4.7: Внутреннее состояние агента, $N = 100$, $I = 5$, $L = 5$

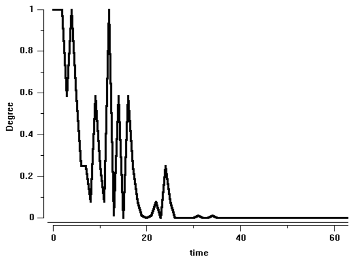



Рис. 4.8: Степень неизвестности ситуации, $N = 100$, $I = 5$, $L = 5$

начальными данными $N = 100$, $I = 3$, $L = 12$. Здесь количество возможных статусов мало по сравнению с числом возможных ситуаций. Мы можем наблюдать резкие всплески степени неизвестности, характеризующие возникновение малознакомой ситуации. Таким образом, в условиях быстрых социальных изменений образцы поведения могут заменяться новыми, соответствующими изменившимся обстоятельствам. При данных условиях время социализации достигает значения $t = 90$.

Рис. 4.7, 4.8 соответствуют компьютерному эксперименту с начальными данными $N = 100$, $I = 5$, $L = 5$. Задано некоторое равновесие между числом ситуаций в среде и количе-

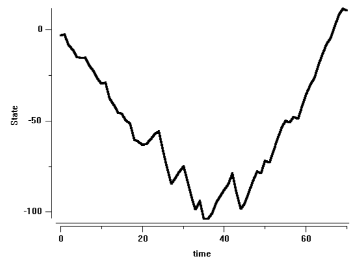



Рис. 4.9: Внутреннее состояние агента, $N = 100$, $I = 12$, $L = 4$

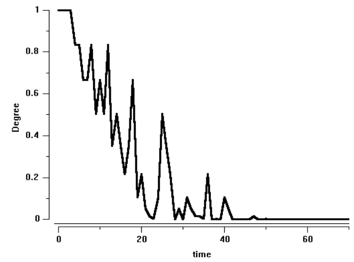



Рис. 4.10: Степень неизвестности ситуации, $N = 100$, $I = 12$, $L = 4$

ством возможных статусов. Это влияет на развитие внутренней структуры агента, на его действия в зависимости от опыта и следствий его предыдущих социальных действий. Здесь время социализации достаточно мало, $t = 35$.

Рис. 4.9, 4.10 соответствуют компьютерному эксперименту с начальными данными $N = 100$, $I = 12$, $L = 4$. Здесь агент сталкивается с необходимостью выполнения большого количества различных социальных ролей. Мы видим, что график степени неизвестности ситуации изменяется со временем по нисходящей. Можно говорить о значимости социального действия при освоении ролей. Время социализации $t = 50$ больше времени в первом эксперименте, но меньше, чем во втором. Это можно объяснить тем, что создавая и изменяя установки агентов, среда играет решающую роль в переходе от одной стадии развития индивида к другой, но выбор действия для агента осложнен огромным набором социальных ролей в связи с большим числом социальных статусов.

Полученные результаты компьютерных экспериментов показывают влияние соотношения между количеством возможных статусов и числом ситуаций на время процесса социализации. Достижение равновесия между данными величинами обеспечивает минимальное время социализации.

Результаты компьютерного моделирования позволяют сделать вывод, что время социализации индивида зависит не только от количества статусов и ролевого набора, но и от степени знакомства индивида с возникающими ситуациями в обществе. При этом социальная роль, определяя поведение индивида, показывает, как в данной ситуации следует вести себя и как строить свое собственное поведение в соответствии с ожиданием окружающих. Кроме того, чем выше социальный статус имеет индивид и чем больше набор ролей, адекватных социальному статусу, тем выше его социальная значимость и многообразнее процесс его социализации.

---

**Владимиров Юрий Сергеевич**, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Автор ряда монографий по общей теории относительности, многомерным геометрическим теориям физических взаимодействий. Развивая идеи Ю.И. Кулакова, заложил основы новой физической теории, названной бинарной геометрофизикой.

*Глава пятая*

# Гендерные системы

# Глава 5

# Гендерные системы

## 5.1. Идеи формализации гендера

### 5.1.1. Понятие гендера и гендерных отношений

До сих пор, говоря об обществе, мы подразумевали коллектив людей, различия между которыми не принимались во внимание. Люди были для нас собранием индивидов с одинаковыми поведением, желаниями, проблемами и возможностями. Но люди делятся на мужчин и женщин (о других различиях пока не говорим). Учет этого обстоятельства при изучении социальных систем и общества, в частности, осуществляется в социологии с помощью понятия *гендер*.

**Гендер** (от англ. gender – пол) – это система социальных отношений между мужчинами и женщинами, не только характеризующая их межличностное общение или взаимодействие в семье, но и определяющая их социальные отношения в основных институтах общества, например в социальных классах, в иерархиях крупных организаций и при формировании структуры занятости [76].

Понятие гендер является репрезентацией[1]. Речь идет о репрезентации некоторого отношения, которое служит основой для отношений индивида и общества и строится на сконструированной и устоявшейся оппозиции двух биологических полов [76].

Как видно из определения гендера, оно предполагает прежде всего существование вполне определенных отношений между мужчинами и женщинами. Причем эти отношения не сводятся только к сексуальным отношениям и семейным делам, но и дают представление о том, как организовано само общество. Такие отношения будем называть *гендерными*.

"Конструктивисты считают, что гендер – это система межличностного взаимодействия, посредством которого создается, утверждается, подтверждается и воспроизводится представление о мужском и женском как базовых категориях социального порядка" [35].

Для социолога "гендер – это повседневный мир взаимодействия мужского и женского, воплощенный в "практиках", представлениях, нравах; это системная характеристика социального порядка, от которой невозможно отказаться, – она постоянно воспроизводится и в структурах сознания, и в структурах действия. Задача исследователя – выяснить, каким образом создается мужское и женское в социальном взаимодействии, в каких сферах и каким образом оно поддерживается и воспроизводится" [35].

Напротив, для математика важно описать гендерные отношения посредством математических понятий и формул, классифицировать по возможности типы гендерных отношений и выяснить, как каждый тип гендерных отношений сказывается на структуре и организации общества.

Гендер – это социальный пол. Поэтому мужское и женское – продукты социальной системы, и в силу этого мужчина как существо, имеющее мужской биологический пол, может обладать чертами женского социального пола, и наоборот. Данное обстоятельство вполне уместно будет вспомнить при форма-

[1] *Репрезентация* [фр. représentation] – представительство.

лизации гендера, когда нам придется дать числовые "координаты" мужчинам и женщинам. Более того, эти координаты будут подлежать *трансформациям*, т.е. преобразованиям, "перепутывающим" мужское и женское.

### 5.1.2. Теория систем отношений

Для формализации гендера воспользуемся идеями, разработанными Ю.И. Кулаковым в 60-е годы. Он создал теорию, которую называл *теорией физических структур* [41] и в основе которой лежит предположение о существовании некоторых достаточно простых алгебраических соотношений для отношений элементов, принадлежащих некоторым множествам, возникающим при изучении природных явлений.

В теории Ю.И. Кулакова постулируется наличие одного или нескольких множеств $\mathcal{M}, \mathcal{N}, ...$ элементов, между которыми определены отношения, обладающие двумя свойствами. Во-первых, некоторый набор этих отношений, выраженных в виде чисел, должен удовлетворять специальному уравнению, именуемому *законом* и, во-вторых, в данном законе можно одни элементы заменять на другие по правилу, называемому *фундаментальной симметрией.*

В простейшем случае отношение – это вещественное число, сопоставляемое паре, тройке, четверке и т.д. элементов [42]. В качестве элементов могут выступать объекты любой природы: физические тела, индивиды социальной группы, элементарные частицы и т.д., а в качестве отношений между элементами могут рассматриваться расстояния между телами (точками), родственные связи, взаимодействия между частицами. Если ограничиваются одним множеством, то теория, которая строится, называется *унарной системой фундаментальных отношений.* В случае двух множеств соответствующая теория носит название *бинарная система фундаментальных отношений.*

Каждая система отношений отличается от любой другой парой натуральных чисел $(r, s)$, называемой рангом. Ю.И. Кулаков [42] и его ученик Г.Г. Михайличенко [51] показали, что существует классификация систем отношений, и нашли соответствующие алгебраические формулы для всех рангов $(r, s)$.

Ю.И.Кулаков, Ю.С.Владимиров и их ученики, ограничивая свои исследования рамками физики, продемонстрировали, что каждая система бинарных отношений, описываемая очень простыми алгебраическими формулами, приводит после некоторых преобразований и выкладок к строго определенному физическому закону, например ко второму закону Ньютона, закону Ома или к той или иной геометрии (геометрии Евклида, геометрии Лобачевского и т.д.).

Успех теории систем отношений в физике заставляет подумать о возможности применения этой теории в социологии. Это имеет смысл сделать несмотря на то, что в XX веке существует предубеждение против перенесения методов естествознания на науки об обществе. Такое предубеждение удерживается, как правило, среди исследователей, которых называют узкими специалистами. Те же, кто более склонен к философским обобщениям, чаще пытаются увидеть за достижением в конкретной области знаний пути к получению новых результатов в других областях науки.

На особую роль придуманой для задач физики "теории физических структур" обратил внимание нобелевский лауреат И.Е. Тамм. В 1970 году в рецензии на работу Ю.И. Кулакова "Методологическое введение в теорию физических структур" И.Е. Тамм писал: "С точки зрения теории физических структур более перспективно искать не исходную "первоматерию", а исходные "первоструктуры", – такая переформулировка проблемы единства мира представляется нам несравненно более преимущественной и в логическом, и в естественно-научном отношении... Установки теории физических структур требуют отказа от наглядных представлений... Проблема отказа от "наглядности" вставала перед человеческим интеллектом и раньше. Так уже пифагорейская традиция осознавала необходимость перехода от пластического Эйдоса к чистому Логосу, однако "телесно-чувственная" природа греческой цивилизации помешала реализации этой программы, – европейская наука в каком-то смысле унаследовала это бремя "наглядности", в несении которого есть своя прелесть" [42].

Благодаря этим словам И.Е. Тамма, становится очевидным и замечание физика Ю.С.ïВладимирова о неудачном названии теории Ю.И. Кулакова. На его взгляд, более правильным было бы название "теория систем фундаментальных отношений" [42]. Ниже мы применяем теорию систем фундаментальных отношений к гендерной социологии.

## 5.2. Формализация гендерных отношений

### 5.2.1. Гендер как система фундаментальных отношений

Общество состоит из индивидов, членов общества. Обозначим совокупность индивидов общества через $\mathcal{P}$. *Гендер* есть не что иное, как постулат о наличии в обществе двух типов индивидов: мужчин и женщин. *Гендерное отношение* – это отношение между множеством мужчин $\mathcal{M}$ и множеством женщин $\mathcal{F}$. Будем обозначать мужчин малыми латинскими буквами $i, k, j, ...$, а женщин малыми греческими – $\alpha, \beta, \gamma, ...$[2]. В таком случае, поставим в соответствие гендерному отношению отображение $\phi : \mathcal{M} \times \mathcal{F} \to \mathbb{R}$. Если $i \in \mathcal{M}$ и $\alpha \in \mathcal{F}$, то значения гендерного отношения между мужчиной $i$ и женщиной $\alpha$ представляется в виде формулы

$$a_{i\alpha} = \phi(i, \alpha). \tag{5.1}$$

Другими словами, гендерное отношение между любым мужчиной $i$ и любой женщиной $\alpha$ характеризуется вещественным числом $a_{i\alpha}$.

Будем предполагать, что гендерное отношение $\phi$ является *универсальным* в том смысле, что для данного гендера существуют два натуральных числа $r$ и $s$, такие, что найдется ото-

[2] Более правильно говорить не о мужчинах и женщинах, а о мужских и женских признаках.

бражение $\Phi : \mathbb{R}^{rs} \to \mathbb{R}$, обладающее следующим свойством: для любого произвольного набора из $r$ мужчин $i_1, ..., i_r$ и любого набора из $s$ женщин $\alpha_1, ..., \alpha_s$ справедливо равенство

$$\Phi \begin{pmatrix} a_{i_1\alpha_1} & \dots & a_{i_1\alpha_s} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{i_r\alpha_1} & \dots & a_{i_r\alpha_s} \end{pmatrix} = 0. \qquad (5.2)$$

Пара чисел $(r, s)$ называется *рангом* рассматриваемого гендера. В данном определении отчетлива видна постулируемая симметрия данного гендера: любая женщина может быть заменена на любую из множества $\mathcal{F}$, так же как и мужчина из множества $\mathcal{M}$. Но при этом мужчин берут в количестве $r$, а женщин – $s$.

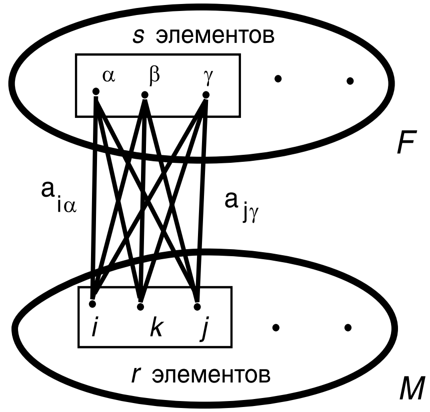



Рис. 5.1: Бинарная система отношений

Формально гендер – это структура в смысле Бурбаки

$$\mathcal{G} =< \mathcal{M} \times \mathcal{F}, \phi, (r, s), \Phi > .$$

### 5.2.2. Об однополых и трехполых гендерах

Закономерен вопрос: можно ли рассматривать гендер как унарную систему отношений, что соответствует обществу с индивидами одного пола, или – тернарную, построенную на трех множествах $\mathcal{M}, \mathcal{F}, \mathcal{S}$ (три пола), а также тетрадную (четыре пола) и т.д.?

Как показано группой Ю.И. Кулакова, однополый гендер ранга $r$ возможен, но соответствующие отношения вида (5.1), которые в данном случае надо писать как $a_{ik}$, выражаются в виде более сложных математических формул, чем бинарные отношения для "двуполых" гендеров. А вот "трехполые" гендеры и другие экзотические многополые гендеры не приводят к содержательной теории, по крайней мере, для случая вещественных отношений [16].

### 5.2.3. Классификация бинарных гендеров

Для того чтобы найти классификацию гендеров, необходимо представить соотношение (5.1) в форме вещественной функции от двух вещественных переменных $x_i$ и $y_\alpha$. С точки зрения математики это означает, что $\mathcal{M}$, $\mathcal{F}$ рассматриваются как (гладкие) многообразия размерности соответственно $m$ и $n$ и на них вводятся локальные координаты

$$\begin{cases} i \to \ x_i = (x_i^1, ..., x_i^m) \\ \alpha \to y_\alpha = (y_\alpha^1, ..., y_\alpha^n) \end{cases}$$

В этих координатах формула (5.1) принимает вид

$$a_{i\alpha} = \phi(x_i^1, ..., x_i^m, y_\alpha^1, ..., y_\alpha^n). \tag{5.3}$$

Выражение (5.3) подставляется в (5.2) и после достаточно кропотливых выкладок находится вид функций $\phi$ и $\Phi$. Приведем итог этих исследований.

**Классификация бинарных гендеров**. Если $m$ размерность многообразия $\mathcal{M}$, а $n$ размерность многообразия $\mathcal{F}$, то ранг $(r, s)$ связан с ними соотношениями: $r = n + 1, s = m + 1$.

- Не существует гендера ранга $(1, 1)$.

- Существуют гендеры только ранга $(r,r),\ r \geq 2$, $(r-1,r),\ r \geq 3$ и $(r+1,r),\ r \geq 2$.
- Существуют гендеры ранга $(2,4),(4,2)$.
- Все диагональные системы отношений с рангом $(r,r)$ могут быть двух типов. Их ранги обозначают как $(r,r)$ и $(r,r;a)$. Для системы отношений ранга $(r,r)$ закон в некоторых координатах записывается в виде

$$\Phi = \begin{vmatrix} a_{i_1\alpha_1} & \dots & a_{i_1\alpha_r} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{i_r\alpha_1} & \dots & a_{i_r\alpha_r} \end{vmatrix} = 0, \tag{5.4}$$

где отношения между элементами гендеров $\mathcal{M},\mathcal{F}$

$$a_{i\alpha} = \sum_{l=1}^{r-1} x_i^l y_\alpha^l, \quad r \geq 2. \tag{5.5}$$

Системы отношений ранга $(r,r;a)$ характеризуются законом

$$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & a_{i_1\alpha_1} & \dots & a_{i_1\alpha_r} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ 1 & a_{i_r\alpha_1} & \dots & a_{i_r\alpha_r} \end{vmatrix} = 0, \tag{5.6}$$

где отношения между элементами гендеров $\mathcal{M},\mathcal{F}$

$$a_{i\alpha} = x_i^0 + y_\alpha^0, \quad r = 2;$$

$$a_{i\alpha} = x_i^0 + y_\alpha^0 + \sum_{l=1}^{r-2} x_i^l y_\alpha^l, \quad r > 2. \tag{5.7}$$

- Для систем отношений ранга $(r+1,r),\ r \geq 2$, имеем

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & a_{i_1\alpha_1} & \dots & a_{i_1\alpha_r} \\ 1 & a_{i_2\alpha_1} & \dots & a_{i_2\alpha_r} \\ \dots & \dots & \dots & \\ 1 & a_{i_{r+1}\alpha_1} & \dots & a_{i_{r+1}\alpha_r} \end{vmatrix} = 0 \tag{5.8}$$

с отношением

$$a_{i\alpha} = y_\alpha^0 + \sum_{l=1}^{r-1} x_i^l y_\alpha^l, \quad r \geq 2; \qquad (5.9).$$

для систем ранга $(r-1, r)$, $\quad r \geq 3$,

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ a_{i_1\alpha_1} & a_{i_1\alpha_2} & \dots & a_{i_1\alpha_r} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ a_{i_{r-1}\alpha_1} & a_{i_{r-1}\alpha_2} & \dots & a_{i_{r-1}\alpha_r} \end{vmatrix} = 0 \qquad (5.10)$$

с отношением

$$a_{i\alpha} = x_i^0 + \sum_{l=1}^{r-2} x_i^l y_\alpha^l, \quad r \geq 3. \qquad (5.11)$$

- Для системы $(4, 2)$ закон и отношения могут быть записаны в виде

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & a_{i_1\alpha_1} & a_{i_1\alpha_2} & (a_{i_1\alpha_1} a_{i_1\alpha_2}) \\ 1 & a_{i_2\alpha_1} & a_{i_2\alpha_2} & (a_{i_2\alpha_1} a_{i_2\alpha_2}) \\ 1 & a_{i_3\alpha_1} & a_{i_3\alpha_2} & (a_{i_3\alpha_1} a_{i_3\alpha_2}) \\ 1 & a_{i_4\alpha_1} & a_{i_4\alpha_2} & (a_{i_4\alpha_1} a_{i_4\alpha_2}) \end{vmatrix} = 0, \qquad (5.12)$$

и

$$a_{i\alpha} = \frac{x_i^1 y_\alpha^1 + y_\alpha^2}{x_i^1 + y_\alpha^3}, \qquad (5.13)$$

а для системы $(2, 4)$ –

$$\Phi =$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ a_{i_1\alpha_1} & a_{i_1\alpha_2} & a_{i_1\alpha_3} & a_{i_1\alpha_4} \\ a_{i_2\alpha_1} & a_{i_2\alpha_2} & a_{i_2\alpha_3} & a_{i_2\alpha_4} \\ (a_{i_1\alpha_1} a_{i_2\alpha_1}) & (a_{i_1\alpha_2} a_{i_2\alpha_2}) & (a_{i_1\alpha_3} a_{i_2\alpha_3}) & (a_{i_1\alpha_4} a_{i_2\alpha_4}) \end{vmatrix} =$$

$$= 0, \qquad (5.14)$$

и

$$a_{i\alpha} = \frac{x_i^1 y_\alpha^1 + x_i^2}{x_i^3 + y_\alpha^1}. \qquad (5.15)$$

## 5.2.4. Эталоны системы фундаментальных отношений

Запишем закон $\Phi$ для системы отношений ранга $(r, s)$ в виде

$$\Phi(a_{i\alpha}, a_{k\beta}, ..., a_{j\gamma}) = 0. \tag{5.18}$$

Потребуем, чтобы уравнение (5.18) было разрешимо относительно любого из $rs$ аргументов, т.е. чтобы его можно было всегда записать в виде

$$a_{i\alpha} = f_{i\alpha}(a_{i\beta}, ..., a_{k\alpha}, a_{k\beta}, ...). \tag{5.19}$$

Выберем в множествах $\mathcal{M}, \mathcal{F}$ соответственно по $r-1$ и $s-1$ элементов и назовем их *эталонными* или образующими базис системы фундаментальных отношений. Пусть это элементы $k, j, ...$ из множества $\mathcal{M}$ и $\beta, \gamma, ...$ из множества $\mathcal{F}$. Тогда для неэталонных элементов $i$ и $\alpha$ формулу (5.19) можно переписать в виде

$$a_{i\alpha} = f_{i\alpha}(a_{i\beta}, a_{i\gamma}...; a_{k\alpha}, a_{j\alpha}, ...; a_{k\beta}, a_{k\gamma}..., a_{j\beta}, a_{j\gamma}, ...), \tag{5.20}$$

где в первой группе аргументов находятся бинарные отношения элемента $i$ со всеми $s-1$ эталонными элементами множества $\mathcal{F}$, во второй группе выделены бинарные отношения элемента $\alpha$ со всеми $r-1$ эталонными элементами множества $\mathcal{M}$. Наконец, в третьей группе сосредоточены бинарные отношения эталонных элементов друг с другом. Введем обозначения

$$x_i^1 = a_{i\beta}, x_i^2 = a_{i\gamma}, ..., x_i^{s-1} = \cdot$$

$$y_\alpha^1 = a_{k\alpha}, y_\alpha^2 = a_{j\alpha}, ..., y_\alpha^{r-1} = \cdot.$$

Другими словами, мы вводим *координаты* для неэталонных элементов $i, \alpha$ относительно зафиксированного базиса эталонных элементов в множестве $\mathcal{M} \times \mathcal{F}$. Считая отношения между эталонными постоянными (известными) для данного базиса, перепишем формулу (5.20) в виде

$$a_{i\alpha} = f_{i\alpha}(x_i^1, ..., x_i^{s-1}, y_\alpha^1, ..., y_\alpha^{r-1}). \tag{5.21}$$

Таким образом, бинарное отношение между любыми элементами $i, \alpha$ является функцией, определенной в некоторой области $D$ *координатного* пространства $\mathbb{R}^{r+s-2}$. Числа $m = s - 1$ и $n = r - 1$ – это размерности[3] соответственно "многообразий" $\mathcal{M}$ и $\mathcal{F}$.

В этих рассуждениях для нас особое значение имеет то обстоятельство, что выражения для координат элементов множества $\mathcal{M}$ определяются через эталоны множества $\mathcal{F}$ и наоборот. На языке гендерной социологии это означает, что маскулинность[4] становится явно выраженной лишь при фиксации эталонов феминности[5], а феминность видна только на фоне зафиксированных эталонов маскулинности.

## 5.3. Индекс различий Дункана

Для того чтобы убедиться в том, что формализация гендера на основе теории систем фундаментальных отношений эффективна, необходимо:

1) показать, что известные числовые характеристики гендерных отношений являются гендером некоторого ранга;

2) продемонстрировать, что найденные в 5.2.3 законы и соответствующие отношения являются характеристиками вполне определенных гендерных отношений.

К сожалению, в отличие от физики, гендерная социология от силы насчитывает 30 лет с момента своего появления, более того, является гуманитарной наукой и в силу этого предпочитает качественые описания количественным. Другими словами, в учебниках и монографиях по социологии гендера прак-

[3]Обратите внимание на то, что размерность "многообразия" мужчин $\mathcal{M}$ определется "женским" числом $s$, а размерность женского "многообразия" $\mathcal{F}$ – "мужским" числом $r$.

[4]*Маскулинность* [< лат. masculinus мужской] – комплекс характерологических особенностей, традиционно приписываемых мужчинам. Это – сила, жестокость и пр.

[5]*Феминность* [< лат. femina женщина, самка] – комплекс психологических особенностей, традиционно приписываемых женщине. Это – характерологические черты мягкости, готовности помочь и пр.

тически нет формул, поэтому трудно реализовывать намеченную программу по проверке адекватности предложенной формализации.

Тем не менее в научной литературе можно найти формулы, имеющее отношение к гендерным отношениям. Одной из таких формул является *индекс различий Дункана* [76]

$$I = 100 \sum_{l=1}^{p} \frac{\left| \frac{m_l}{m} - \frac{f_l}{f} \right|}{2}. \tag{5.16}$$

Здесь $p$ число сфер производственной деятельности, или сфер занятости населения в обществе; $m_l, f_l$ – число мужчин и соответственно женщин, занятых в сфере с номером $l$; $m, f$ – общее число трудоспособных мужчин и женщин. Индекс изменяется от 0 (совершенная интеграция) до 100 (совершенная сегрегация). Чем ближе индекс $I$ к нулю, тем больше в обществе справедливости при получении работы для женщин.

Формула (5.16) легко приводится к виду (5.5) для гендера ранга $(r, r)$, $r = p + 1$. Достаточно ввести новые *координаты* для маскулинности и феминности

$$\begin{cases} x_i^l = \left| \sqrt{\frac{50 m_l}{m}} - \sqrt{\frac{50 f_l}{f}} \right| \\ \\ y_\alpha^l = \left| \sqrt{\frac{50 m_l}{m}} + \sqrt{\frac{50 f_l}{f}} \right| \end{cases} \tag{5.17}$$

Таким образом, индекс различий Дункана – это гендерное отношение ранга $(r, r)$, $r \geq 2$.

## 5.4. Трансформация гендерных отношений

При формализации гендера естественно возникает вопрос о возможности трансформации, т.е. преобразования гендерных отношений.

Пусть дано гендерное отношение ранга $(r, s)$ между мужчиной $i$ из множества $\mathcal{M}$, обладающим некоторым набором параметров $(x_i^1, ..., x_i^m)$, и женщиной $\alpha$ из множества $\mathcal{F}$, также имеющей совокупность параметров $(y_\alpha^1, ..., y_\alpha^n)$, определенных для данного отношения $a_{i\alpha} = \phi(x_i^1, ..., x_i^m, y_\alpha^1, ..., y_\alpha^n)$ с законом $\Phi(a) = 0$. Требуется узнать, подлежит ли трансформации[6] данное отношение в отношение ранга $(\bar{r}, \bar{s})$ вида $b_{i\alpha} = \psi(\bar{x}_i^1, ..., \bar{x}_i^p, \bar{y}_\alpha^1, ..., \bar{y}_\alpha^q)$ с законом $\bar{\Phi}(b) = 0$ при добавлении ряда мужских и/или женских параметров.

Если трансформация возможна, то существует отображение $g : \mathcal{M}^m \times \mathcal{F}^n \to \mathcal{M}^p \times \mathcal{F}^q$ такое, что

$$\bar{x}_i^l = g_x(x_i^1, ..., x_i^m), \ l = \overline{1, p};$$

$$\bar{y}_\alpha^k = g_y(y_\alpha^1, ..., y_\alpha^n), \ k = \overline{1, q},$$

при котором, из $\Phi(a) = 0 \Rightarrow \bar{\Phi}(b) = 0$.

В результате проведенных исследований было выявлено, что некоторые гендерные отношения определенного ранга могут трансформироваться в гендер более высокого ранга, т.е. $p \geq m$, $q \geq n$. Приведем итог этих исследований (рис. 5.2):

- гендерные отношения ранга $(r, r)$ могут трансформироваться в гендер ранга $(r+1, r)$, $(r, r+1)$, $(r+1, r+1)$;
- гендерные отношения ранга $(r-1, r)$ в гендер ранга $(r, r; a)$ либо $(r, r+1)$;
- гендерные отношения ранга $(r, r-1)$ в ранг $(r, r; a)$ либо $(r+1, r)$;
- гендерные отношения ранга $(r+1, r)$ в $(r+1, r+1; a)$;
- гендерные отношения ранга $(r, r+1)$ в $(r+1, r+1; a)$;
- гендерные отношения ранга $(2, 2)$ в $(2, 4)$ либо $(4, 2)$;
- гендерные отношения ранга $(2, 3)$ в $(2, 4)$;
- гендерные отношения ранга $(3, 2)$ в $(4, 2)$.

[6] *Transformation* (*англ.*) – преобразование.

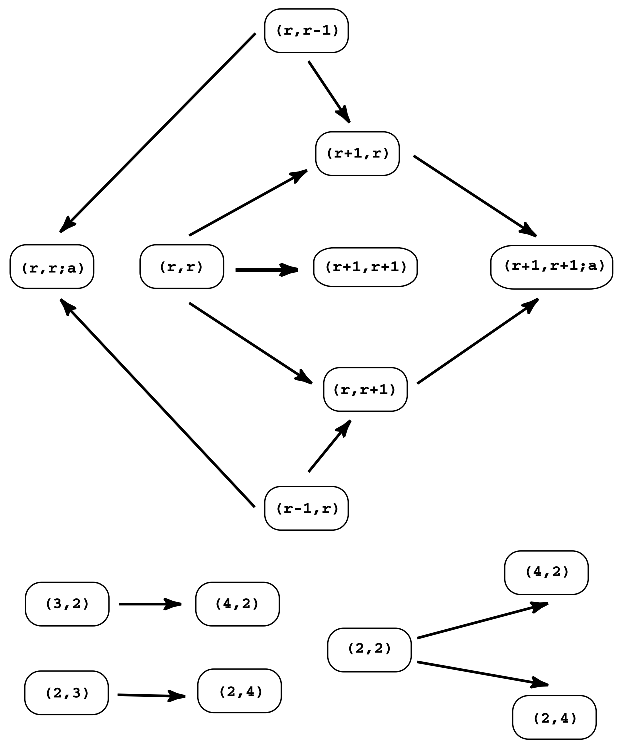



Рис. 5.2: Трансформация гендерных отношений

## 5.5. Модель гендерных отношений

### 5.5.1. Формализация гендера

В качестве примера моделирования гендерных отношений рассмотрим модель влияния ресурсообеспеченности мужчин на поведение женщин и образование семьи [73].

Данная модель представляет собой модель взаимодействия мужчин и женщин (агентов) в среде, характеризующейся распределением некоторого ресурса ("запах денег"), который способствует созданию семьи.

Каждый агент-мужчина является источником ресурса, меняющегося во времени. Случайным образом задаются положение агентов-мужчин, их первоначальный запас ресурса и коэффициент естественного расхода наличного ресурса. С учетом величины капитала агентов-мужчин происходит распределение ресурса в окружающем их пространстве, подобно теплу, исходящего от живого мужчины. Начальное положение агентов-женщин в среде задается также случайным образом. С течением времени координаты агентов-мужчин не изменяются, а агенты-женщины двигаются по определенному правилу.

Главным фактором поведения агентов-женщин является поле ресурса, образованное за счет капитала (дохода) агентов-мужчин. Агенты-женщины передвигаются, ориентируясь по вектору, указывающему на "запасы" ресурса, и направляясь к агенту-мужчине с целью потребления ресурса, имеющегося у этого агента-мужчины. В результате моделирования мы имеем дело с вполне определенной картиной, демонстрирующей последствия локального взаимодействия агентов. Агент-женщина не покидает агента-мужчину, если запас его ресурса постоянно подпитывает "голод" агента-женщины. Считаем, что образовалась семья, если агент-мужчина и агент-женщина находятся в соседних клетках и с течением времени их позиции в среде не изменяются.

Предполагается, что в рамках данной модели агенты женского пола стремятся продвинуться в направлении скопления ресурса, который жестко связан с положением агентов-мужчин. При этом локальный максимум капитала приходится на клетку, занятую агентом-мужчиной. В силу данного обстоятельства агенты-женщины должны останавливаться в близкой окрестности агентов-мужчин. Так как первоначальное распределение ресурса среди агентов-мужчин различно, то агенты-женщины должны стремиться к самым богатым, ориентируясь на мощное поле ресурсов вокруг агентов-мужчин. Если клетка, в которой располагается агент-женщина, лучше в отношении ресурсообеспечения по сравнению с соседними, то агент-женщина не изменяет своего положения.

С течением времени величина капитала изменяется под влиянием поведения агентов. Если в клетке находится агент-мужчина, то в ней происходит естественный рост и расход ресурса (мы можем влиять на соотношение роста и спада капитала). Агент-женщина поглощает определенное количество ресурса в клетке, где она находится. Одновременно происходит дальнейшее распределение ("расплывание") ресурса. Вследствие регулярного изменения поля ресурса, окружающего агентов-мужчин, агенты-женщины находятся в постоянном движении. Итогом моделирования является эволюция образования семей.

## 5.5.2. Реализация модели

Поле ресурса описываем функцией $u(x, y, t) : U \times \mathbb{R}^+ \to \mathbb{R}^+$, где $U \subset \mathbb{R}^2$ — область моделирования. Пусть $U = [0, 1] \times [0, 1]$. Динамику изменения функции $u(x, y, t)$ опишем краевой задачей:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \varepsilon \Delta u + \beta u - \gamma u^2 + f, \quad (x, y) \in U \backslash \partial U, \ t > 0, \tag{5.18}$$

$$u(x, y, 0) = u_0(x, y), \ u(x, 0, t) = u(x, 1, t), \ u(0, y, t) = u(1, y, t)$$

Дифференциальное уравнение параболического типа (5.18) описывает процесс распространения ресурса в $U$. Тип уравнения выбирается по аналогии с распространением энергии, тепла и вещества в уравнениях математической физики [66].

Начальные данные задаются ненулевыми в окрестностях нахождения агентов-мужчин

$$u_0(x, y) = \begin{cases} u_i(x, y), & \text{если } (x, y) \text{ находится в окрестности} \\ & O_i(x, y) \text{ агента-мужчины } i, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Краевые условия в данной задаче замыкают пространство решений на двухмерном торе.

Константа $\varepsilon > 0$ — скорость распространения ресурсов.

Функции, входящие в уравнение:
– рост и потребление ресурсов агентами

$$\beta(x,y) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1, & \text{если в } (x,y) \text{ находится агент-мужчина,} \\ \beta_0 - \beta_2, & \text{если в } (x,y) \text{ находится агент-женщина,} \\ \beta_0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

– потребление ресурсов, связанное с перенасыщением $i$-го агента-мужчины,

$$\gamma(x,y) = \begin{cases} \gamma_i, & \text{если в } (x,y) \text{ находится } i\text{-й агент-мужчина,} \\ \gamma_0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

– источник дополнительных ресурсов агентов-мужчин

$$f(x,y) = \begin{cases} f_0, & \text{если в } (x,y) \text{ находится агент-мужчина,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Направление перемещения агентов-женщин опишем функцией $m = (m_x, m_y)$, $m : U \to B^2$, где $B^2$-шар в $\mathbb{R}^2$

$$m_x = \frac{\nabla u(x,y)}{|\nabla u(x,y)|} \cdot h_x, \quad m_y = \frac{\nabla u(x,y)}{|\nabla u(x,y)|} \cdot h_y,$$

$h_x, h_y$ — векторы, направленные вдоль осей $Ox$, $Oy$ соответственно, и длиной, равной шагу перемещения.

### 5.5.3. Компьютерный эксперимент

Построенная модель реализована на языке Objective-C в мульти-агентной системе моделирования $\mathcal{SWARM}$. Возможности встроенного графического интерфейса пользователя в данном пакете позволяют визуально наблюдать за ходом развития процесса. С помощью специального инструментария, содержащегося в основных библиотеках, мы выводим на экран анимационную картину. Выводится среда исследования (сеточная область), на которой располагаются и перемещаются агенты, а также отображается величина ресурса в каждой ячейке. Клетки, содержащие агентов-мужчин и агентов-женщин, окрашены в разные цвета. Степень распределения ресурса в среде различается по цветовой гамме: чем больше капитал ресурса, тем ярче цвет. Таким образом, мы можем выявить агентов-мужчин с большим ресурсом по окружающему его "ореолу". Имитацию процесса можно наблюдать как в непрерывном, так и в пошаговом режиме. В любой момент времени можно узнать величину наличного ресурса агента-мужчины, расположение агентов, вызвав вспомогательное графическое окно для каждого агента. Изменяя в данном окне значение параметров, мы имеем возможность переместить любого агента, поменять его характеристики.

При первоначальном запуске программы-модели появляется пользовательская панель управления, позволяющая переключать режимы работы (остановка, непрерывное и пошаговое развитие, сохранение любого этапа исследования), панель начальных данных модели, где отображаются коэффициенты и начальные значения параметров, которые исследователь может установить.

Для описанной выше модели проведены компьютерные эксперименты и подобраны коэффициенты, при которых поведение агентов согласуется с предложенным в 5.5.1 формальным социальным процессом. Рассматривалось поведение агентов при образовании семьи. Определялись параметры, которые влияют на количество созданных семей, продолжительность существования семьи, конечное распределение ресурса, тип поведения агентов.

Экспериментально выявлены *три* типа поведения агентов и соответствующие им формы брака: *моногамная, парная* и *полигамная* семьи. Они образуются в зависимости от потребностей женщин в ресурсах и от возможностей мужчин обеспечить их этими ресурсами.

**Первый тип** появляется, когда возможность мужчин в обеспечении ресурсами примерно равна среднему уровню потребности женщин; в этом случае образуются стабильные семьи, состоящие из двух агентов разного пола, например *моногамные семьи.*

На рис. 5.3 представлены три стадии развития социума с

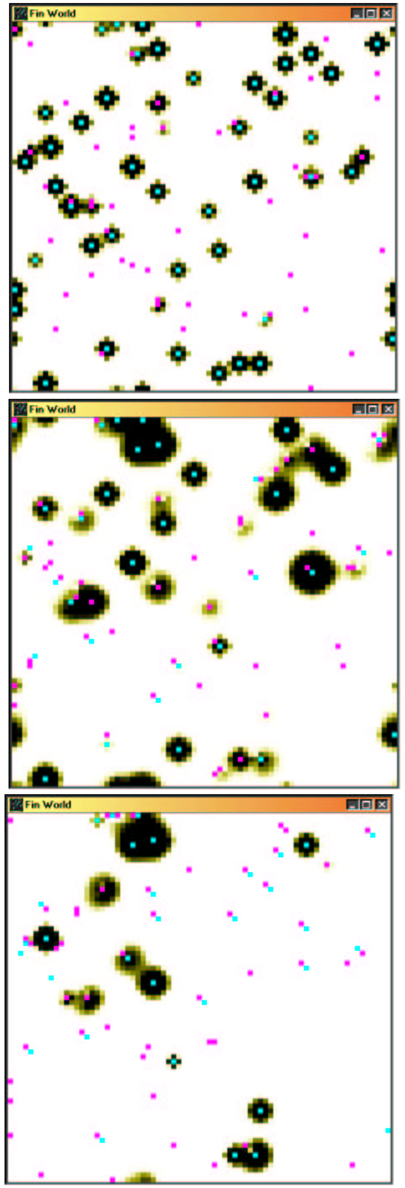



Рис. 5.3: Стадии развития моногамных семей

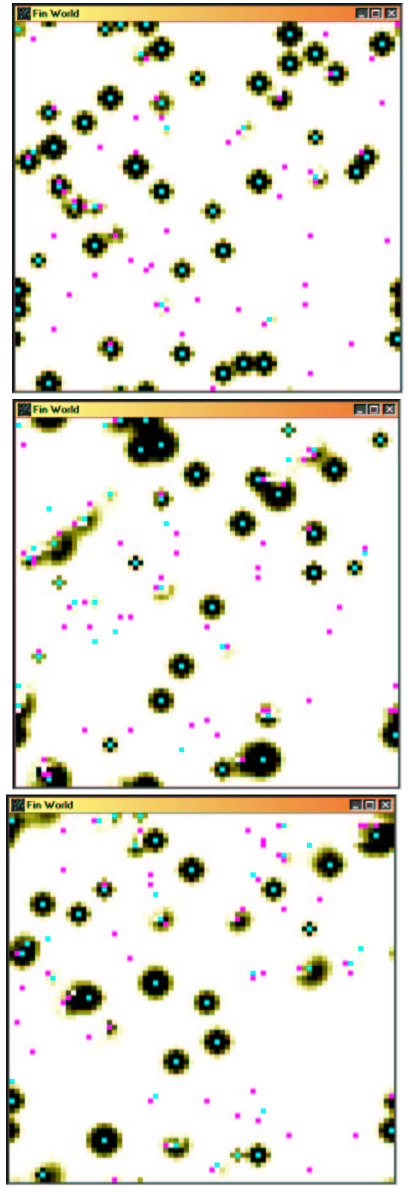



Рис. 5.4: Стадии развития «парных семей»

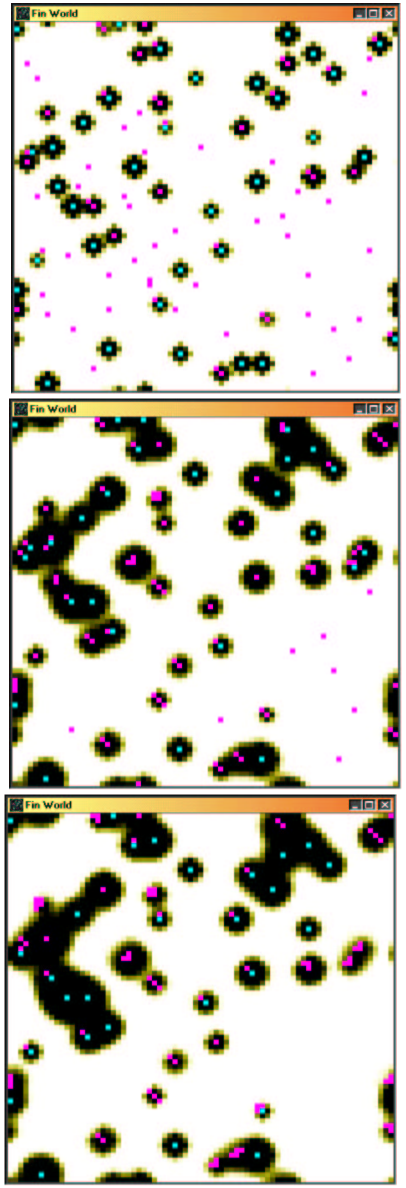



Рис. 5.5: Стадии развития полигамных семей

первым типом поведения: начальная, промежуточная и финальная. В начальной стадии агенты располагаются случайным образом. Светлые точки — агенты-мужчины, темные — агенты-женщины. Вокруг агентов-мужчин образован темный "ореол", характеризующий наличие ресурсов. Через некоторый промежуток времени (на промежуточной стадии) видим: уменьшение ресурса у одних агентов-мужчин и увеличение у других, перемещение агентов-женщин ближе к ресурсообеспеченным агентам-мужчинам, образование нескольких семей. В этих семьях устанавливается баланс роста и потребления ресурса. В финальной стадии практически все агенты образовали моногамные семьи.

**Второй тип** поведения наблюдается в случае, когда потребности женщин существенно превышают средний уровень обеспечения ресурсами мужчин. При этом даже если семьи и образуются, то они существуют непродолжительное время, а в большинстве случаев вообще не возникают. Такой тип поведения можно охарактеризовать термином *"парная семья"* . "Парная семья – известное соединение отдельных пар на более или менее продолжительный срок ... Парная семья, сама по себе слишком слабая и слишком неустойчива" [78].

В финальной стадии (рис. 5.4) видно отсутствие стабильных семей. При непрерывном наблюдении за процессом развития социума заметно образование и распад кратковременных семей.

**Третий тип** возникает тогда, когда возможность мужчин в обеспечении ресурсами превышает средний уровень потребности женщин, в этом случае образуются семьи, прототипом которых являются, например, *полигамные семьи* (полигиния), в которой один мужчина может обеспечить своими ресурсами существование нескольких жен.

На рисунке 5.5 в финальной стадии изображены полигамные семьи. Вокруг агентов-мужчин скапливаются несколько агентов-женщин.

Найденные формы брака согласуются с формами брака, описанными в работе Ф. Энгельса [78]. Это дает основание полагать, что данная модель хорошо описывает влияние общего ресурса, которым обладают мужчины, на интерес к ним женщин, а также на формы брака в возникающих семьях.

### 5.5.4. Система фундаментальных отношений в основе модели гендерных отношений

Продемонстрируем, как найденные в 5.2.3 законы и соответствующие отношения являются характеристиками гендерных отношений, рассмотренных в данной модели, например гендерных отношений ранга $(2, 2)$.

Согласно системе фундаментальных отношений рассматриваются два множества: множество мужчин $\mathcal{M} = \{i, k, \ldots\}$ и множество женщин $\mathcal{F} = \{\alpha, \beta, \ldots\}$. Каждый элемент $i$ из множества $\mathcal{M}$ характеризуется каким-либо одним $(m = 1)$ параметром $x_i$, а элемент $\alpha$ из множества $\mathcal{F}$ – каким-либо одним $(n = 1)$ параметром $y_\alpha$. В соответствии с формулой (5.5) парное отношение ранга $(2, 2)$ имеет вид: $a_{i\alpha} = x_i y_\alpha$.

Пусть $x_i = \beta_1^i$, где $\beta_1^i$ – производство ресурса агентом-мужчиной $i$ в рассмотренной модели гендерных отношений, и $y_\alpha = 1/\beta_2^\alpha$, где $\beta_2^\alpha$ – потребление ресурса агентом-женщиной $\alpha$. Тогда $a_{i\alpha} = \beta_1^i/\beta_2^\alpha$ – величина отношения между производством ресурса агентом-мужчиной $i$ и потреблением агентом-женщиной $\alpha$, характеризующая тип поведения агентов и форму образования семьи в процессе моделирования.

Если $a_{i\alpha} < 1$, то образуются "парные" семьи; $a_{i\alpha} \sim 1$ - моногамные; $a_{i\alpha} > 1$ - полигамные.

Таким образом, *для образования устойчивых (моногамных) семей величина отношения $a_{i\alpha}$ между производством ресурса агентом-мужчиной и потреблением агентом-женщиной должна быть близкой к единице.*

Подводя итог, можно сказать следующее: рассмотренная модель влияния ресурсообеспеченности мужчин на поведение женщин и образование семьи представляет систему фундаментальных отношений ранга $(2, 2)$.

## 5.6. Гендерные отношения в искусственном обществе

Построим модель взаимодействий между агентами-женщинами и агентами-мужчинами, "живущими" в пределах некоторого пространства, называемого *полем*, используя найденные в 5.2.3 гендерные отношения и соответствующие законы. Агент-женщина $\alpha$ вступает в отношения с агентами-мужчинами лишь в том случае, когда они попадают в ее *зону видимости*. Зону видимости будем определять, используя гендерные отношения $a_{i\alpha}$ в качестве метрики, т.е способа измерения "расстояния" до агента-мужчины $i$. Считаем, что зона видимости $Z(\alpha,d)$ агента-женщины $\alpha$ включает всех агентов-мужчин $i$, для которых отношение $a_{i\alpha}$ не превосходит числа $d$, т.е.

$$i \in Z(\alpha,d) \Longleftrightarrow \{(x_i^1,\dots,x_i^m) \in \mathcal{M} : a_{i\alpha} < d\}.$$

В случае гендерного взаимодействия $a_{i\alpha}$ рангов $(3,3),(3,3;a)$ зона $Z(\alpha,d) \subset \mathbb{R}^2$ представляет собой полуплоскость (рис. 5.6).

Для ранга $(3,4)$ $\dim\mathcal{M} = 3, \dim\mathcal{F} = 2, a_{i\alpha} = i^0 + i^1\alpha^1 + i^2\alpha^2, \alpha = (\alpha^1,\alpha^2) \equiv (a,b), i = (i^0,i^1,i^2) \equiv (z,x,y)$. Граница зоны $\partial Z(\alpha,d)$ – плоскость $z + ax + by = d$ в $\mathbb{R}^3$. При моделировании в $\mathcal{SWARM}$ полупространство $Z(\alpha,d)$ проецируем на плоскость $(x,y)$, где размещается поле $0 \le x \le \bar{x}, 0 \le y \le \bar{y}$, на котором взаимодействуют агенты (рис. 5.10). Числа $\bar{x},\bar{y}$ задаются при моделировании (рис.5.7, слева).

Для ранга $(4,3)$ $\dim\mathcal{M} = 2, \dim\mathcal{F} = 3, a_{i\alpha} = \alpha^0 + i^1\alpha^1 + i^2\alpha^2, i = (i^1,i^2) \equiv (x,y), \alpha = (\alpha^0,\alpha^1,\alpha^2) \equiv (a,a,b)$. Граница зоны $\partial Z(\alpha,d)$ – плоскость $c+ax+by = d$ в $\mathbb{R}^3$, но мы берем $c = a$. При моделировании в $\mathcal{SWARM}$ полупространство $Z(\alpha,d)$ проецируем на плоскость $(x,y)$, где размещается поле $0 \le x \le \bar{x}, 0 \le y \le \bar{y}$, на котором взаимодействуют агенты (рис.5.7, справа).

Следует ожидать, что разные зоны видимости скажутся, например, на интенсивности взаимодействия агентов-женщин

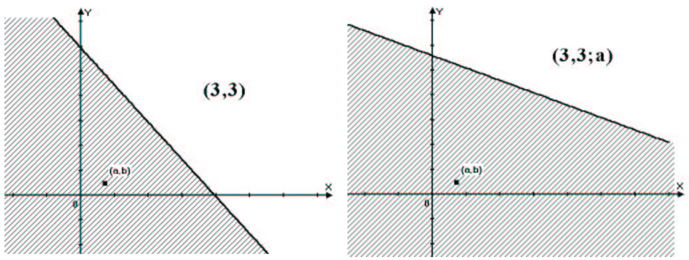



Рис. 5.6: Зоны видимости агента-женщины, находящейся в т.(a,b), в случае гендерных отношений $a_{i\alpha}$ ранга $(3, 3)$ и $(3, 3; a)$ соответственно

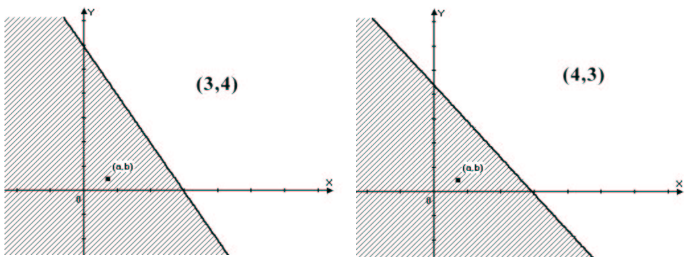



Рис. 5.7: Зоны видимости агента-женщины, находящейся в т.(a,b), в случае гендерных отношений $a_{i\alpha}$ ранга $(3, 4)$ и $(4, 3)$ соответственно в проекции на плоскость $(x, y)$

и агентов-мужчин.

Это и показывает компьютерное моделирование. Реализация данной идеи осуществляется в мульти-агентной системе моделирования $\mathcal{SWARM}$.

Агенты (мужчины и женщины) взаимодействуют согласно заданному закону гендерных отношений определенного ранга с теми агентами противоположного пола, которые попадают в их зону видимости. Искусственная жизнь агентов протекает в *поле*, являющимся математически двумерным тором[7]. Слу-

[7]Тор получается из квадрата, изображающего поле в компьютерной модели, склеиванием противоположных сторон.

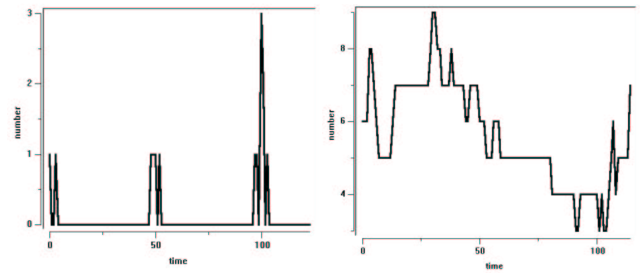



Рис. 5.8: Количество взаимодействий агентов в случае гендерных отношений $a_{i\alpha}$ ранга $(3,3)$ и $(3,3;a)$ соответственно

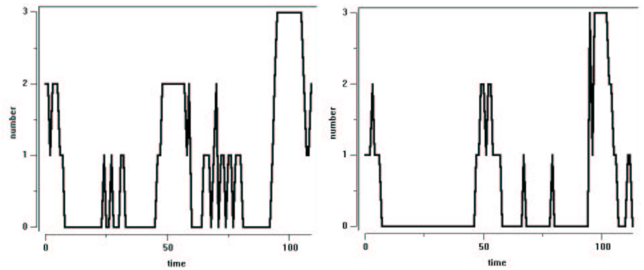



Рис. 5.9: Количество взаимодействий агентов в случае гендерных отношений $a_{i\alpha}$ ранга $(3,4)$ и $(4,3)$ соответственно

чайно блуждая *в поле*, агенты находятся в состоянии поиска потенциальных партнеров для брака. С течением времени можно наблюдать динамику интенсивности взаимодействия агентов в поле. Расстояние $d$ в приведенных результатах компьютерного эксперимента положительно, но ничто не мешает брать его и отрицательным.

В зависимости от ранга заданного гендерного отношения изменяется и общее количество взаимодействий агентов в среде. На рис. 5.8–5.9 представлены графики зависимости количества взаимодействий агентов от времени при разных законах гендерных отношений, задающих ту или иную зону видимости согласно рис. 5.6–5.7.

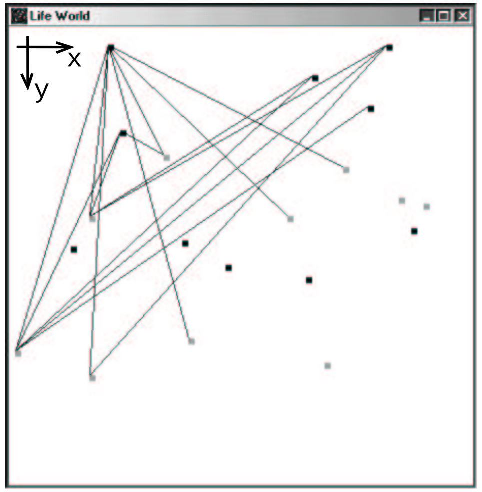



Рис. 5.10: Взаимодействие агентов в искусственном обществе

На рис. 5.10 представлен искусственный мир гендерных отношений ранга $(3,3)$ в поле взаимодействия. Светлыми точками обозначены агенты-мужчины, а темными – агенты-женщины, линиями отображается процесс взаимодействия между ними. Зоны видимости агентов связаны с системой координат искусственной среды. Направление координатных осей указаны на рис. 5.10.

В результате моделирования мы убеждаемся в том, что для каждого типа гендерных отношений $a_{i\alpha}$ устанавливается вполне определенный и неповторимый тип отбора потенциальных брачных партнеров. Конечно, наша трактовка отношения $a_{i\alpha}$ не является единственно возможной и предлагаемая модель может отражать и другие стороны гендерных взаимодействий реальных мужчин и женщин.

Зоны видимости у мужчин и женщин при гендерных отношениях рангов $(r,r)$ и $(r,r;a)$ геометрически ничем не отличаются друг от друга. Однако можно предположить, что это не

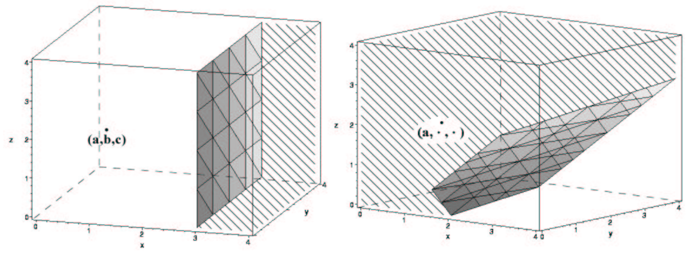


Рис. 5.11: Зоны видимости соответственно агентов-женщин и агентов-мужчин при гендерных отношениях ранга $(4,2)$ (при некотором выборе чисел $a, b, c, d$).

является общим законом. К примеру, если взять систему отношений ранга $(4,2)$, то легко строится модель искусственного общества, для которого зоны видимости у мужчин и женщин являются разными. Действительно, поле в данном случае – это 3-х-мерный куб. Граница зоны видимости $\partial Z(\alpha, d)$ агента-женщины $\alpha = (\alpha^1, \alpha^2, \alpha^3) \equiv (a, b, c)$ задается уравнением

$$a_{i\alpha} \equiv \frac{ax + b}{x + c} = d,$$

где $i = x \equiv (x, \cdot, \cdot)$ (рис. 5.11, слева). А граница зоны видимости $\partial Z(i, d)$ агента-мужчины $i = a \equiv (a, \cdot, \cdot)$ будет задаваться уже уравнением

$$a_{i\alpha} \equiv \frac{ax + y}{a + z} = d,$$

где $\alpha = (\alpha^1, \alpha^2, \alpha^3) \equiv (x, y, z)$ (рис. 5.11, справа). Здесь для всех мужчин в плоскости $x = a$ зона видимости $\partial Z(i, d)$ одна и та же.

Как видим, использование теории систем фундаментальных отношений Ю.И. Кулакова дает интересный результат и в приложении к социологии гендерных отношений, причем, число предлагаемых теорией систем отношений способов гендерных взаимодействий $a_{i\alpha}$ бесконечно, точнее счетно, и это обстоятельство как нельзя лучше способно служить ответом на возражения противников математических моделей в гендерной социологии, заключающихся, как правило, в высказывании: "Мир действительных гендерных отношений столь многообразен, что не может быть сведен к примитивным математическим формулам".

---

**Кулаков Юрий Иванович** родился 12 марта 1927 г. Кандидат физико-математических наук, доцент Новосибирского университета, профессор Горно-Алтайского университета, академик Болонской академии наук. Ученик Нобелевского лауреата советского физика Игоря Евгеньевича Тамма. Создатель теории физических структур, автор нескольких монографий по фундаментальной теоретической физике.

*Глава шестая*

# Межличностные взаимодействия

# Глава 6

# Межличностные взаимодействия

## 6.1. Формализация межличностных отношений

### 6.1.1. Теория систем отношений

Для формализации межличностных отношений индивидов снова воспользуемся идеями, разработанными Ю.И. Кулаковым (см. гл.5).

Напомним, что в теории Ю.И. Кулакова постулируется наличие одного или нескольких множеств $\mathcal{M}, \mathcal{N}, \ldots$ элементов, между которыми определены отношения, обладающие двумя свойствами. Во-первых, некоторый набор этих отношений, выраженных в виде чисел, должен удовлетворять уравнению, именуемому *законом* и, во-вторых, в данном уравнении можно одни элементы заменять на другие по правилу, называемому *фундаментальной симметрией*.

В простейшем случае отношение – это вещественное число, сопоставляемое паре, тройке, четверке и т.д. элементов [42, с.67]. В качестве элементов могут выступать объекты любой природы: физические тела, индивиды социальной группы, элементарные частицы и т.д., а в качестве отношений между элементами могут рассматриваться расстояния между телами (точками), родственные связи, межличностные взаимодействия индивидов и пр. Если ограничиваться одним множеством, то теория, которая строится, называется *унарной системой фундаментальных отношений.*

Теория Ю.И. Кулакова позволила иными глазами посмотреть на законы физики [41, 42]. Как было показано в предыдущей главе, *теория систем отношений* может быть успешно применена к описанию гендерных систем в социологии. В этой главе будет продемонстрировано еще более успешное использование идей Ю.И. Кулакова при решении проблемы формализации (математитизации) межличностных взаимодействий.

### 6.1.2. Межличностные взаимодействия как система фундаментальных отношений

Общество состоит из индивидов, членов общества, т.е. людей. Обозначим совокупность индивидов общества через $\mathcal{P}$. На данном этапе исследования социальной системы мы не различаем мужчин и женщин. *Межличностное взаимодействие* – это отношение между индивидами общества.

Будем обозначать индивидов, элементы множества $\mathcal{P}$, малыми латинскими буквами $i, k, j, \ldots$. Поставим в соответствие межличностному взаимодействию отображение $\mu : \mathcal{P} \times \ \mathcal{P} \to \mathbb{R}$. Если $i, k \in \mathcal{P}$, то значения межличностного взаимодействия между индивидом $i$ и индивидом $k$ представляется в виде формулы

$$m_{ik} = \mu(i, k). \tag{6.1}$$

Другими словами, межличностное взаимодействие между индивидами $i$ и $k$ характеризуется вещественным числом $m_{ik}$.

Будем предполагать, что межличностное взаимодействие $\mu$ является *универсальным* в том смысле, что для данного взаимодействия существует натуральное число $r$ такое, что существует отображение $\Phi : \mathbb{R}^{\frac{1}{2}r(r-1)} \to \mathbb{R}$, обладающее следую-

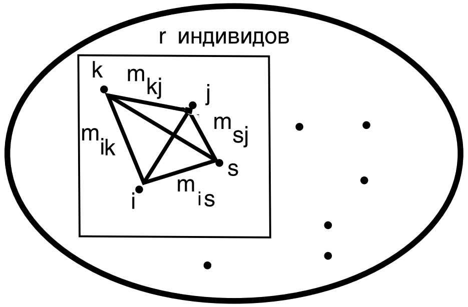



Рис. 6.1: Унарная система отношений = межличностное взаимодействие

щим свойством: для любого произвольного набора из $r$ индивидов $i_1, ..., i_r$ справедливо тождество

$$\Phi \begin{pmatrix} m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & \dots & m_{i_1 i_r} \\ & m_{i_2 i_3} & \dots & m_{i_2 i_r} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & m_{i_{r-1} i_r} \end{pmatrix} = 0. \tag{6.2}$$

Число $r$ называется ***рангом*** рассматриваемого типа межличностного взаимодействия. В данном определении отчетлива видна постулируемая симметрия данного отношения: любой индивид может быть заменен на любого иного. Но при этом индивидов берут в количестве $r$. Естественно допустить, что $r \geq 2$, т.е. общество должно состоять хотя бы из двух индивидов. Как будет следовать из теории унарных систем отношений, в действительности $r \geq 3$. Другими словами, общество начинается с трех индивидов (двое, общаясь, вынуждены оглядываться на третьего).

> Как здесь не вспомнить анекдот времен строительства социализма: один русский – пьяница, двое русских – драка, трое русских – первичная партийная ячейка[1].

[1] Согласно уставу КПСС партийная организация должна содержать не менее трех коммунистов.

Можно только удивляться, как математика и социология достаточно уверенно сходятся в оценке минимального числа участников межличностных взаимодействий.

Межличностное взаимодействие – это структура в смысле Бурбаки рода

$$< \mathcal{P}, \mu, r, \Phi > .$$

### 6.1.3. Классификация межличностных взаимодействий ранга $r$, $3 \leq r \leq 5$

Для того чтобы найти классификацию, необходимо представить соотношение (6.1) в форме вещественной функции от двух вещественных переменных $x_i$ и $y_k$. С точки зрения математики это означает, что $\mathcal{P}$ рассматривается как (гладкое) многообразие размерности $n$ и на нем вводятся локальные координаты

$$\begin{cases} i \to \ x_i = (x_i^1, ..., x_i^n) \\ k \to x_k = (x_k^1, ..., x_k^n). \end{cases}$$

В этих координатах формула (6.1) принимает вид

$$m_{ik} = \mu(x_i^1, ..., x_i^n, x_k^1, ..., x_k^n). \tag{6.3}$$

Выражение (6.3) подставляется в (6.2) и после достаточно кропотливых выкладок для некоторых значений $n$ и $r$ находится вид функций $\mu$ и $\Phi$. Приведем итог этих исследований [16, 42].

**Классификация межличностных взаимодействий.** Если $n$ размерность многообразия $\mathcal{P}$, то ранг $r$ связан с ней соотношением: $r = n + 2$. Причем $r \geq 3$.

A) Для систем отношений ранга $r = 3$ имеем четыре варианта:

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(1)}(1) = (x_i^1 - x_k^1)^2, \tag{6.4}$$

- Антисимметричные –

$$m_{ik}^{(2)}(1) = -m_{ki}^{(2)}(1) = x_i^1 - x_k^1. \tag{6.5}$$

В обоих случаях закон имеет вид

$$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} \\ 1 & m_{i_2 i_1} & 0 & m_{i_2 i_3} \\ 1 & m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 0 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.6}$$

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(3)}(1) = -x_i^1 x_k^1 + \sqrt{(1 + x_i^{1^2})(1 + x_k^{1^2})}, \tag{6.7}$$

с законом

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} \\ m_{i_2 i_1} & 1 & m_{i_2 i_3} \\ m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 1 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.8}$$

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(4)}(1) = x_i^1 x_k^1 + \sqrt{(1 - x_i^{1^2})(1 - x_k^{1^2})} \tag{6.9}$$

с законом

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} \\ m_{i_2 i_1} & 1 & m_{i_2 i_3} \\ m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 1 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.10}$$

Б) Для систем отношений ранга $r = 4$ имеем девять вариантов:

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(1)}(2) = (x_i^1 - x_k^1)^2 + (x_i^2 - x_k^2)^2 \tag{6.11}$$

и

- $$m_{ik}^{(2)}(2) = (x_i^1 - x_k^1)^2 - (x_i^2 - x_k^2)^2. \tag{6.12}$$

  Закон для них имеет вид

  $$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & m_{i_1 i_4} \\ 1 & m_{i_2 i_1} & 0 & m_{i_2 i_3} & m_{i_2 i_4} \\ 1 & m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 0 & m_{i_3 i_4} \\ 1 & m_{i_4 i_1} & m_{i_4 i_2} & m_{i_4 i_3} & 0 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.13}$$

- Далее

  $$m_{ik}^{(3)}(2) = x_i^1 x_k^1 - x_i^2 x_k^2 + \\ + \sqrt{(1 - x_i^{1^2} + x_i^{2^2})(1 - x_k^{1^2} + x_k^{2^2})} \tag{6.14}$$

  и

- $$m_{ik}^{(4)}(2) = -x_i^1 x_k^1 - x_i^2 x_k^2 + \\ + \sqrt{(1 + x_i^{1^2} + x_i^{2^2})(1 + x_k^{1^2} + x_k^{2^2})} \tag{6.15}$$

  с законом

  $$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & m_{i_1 i_4} \\ m_{i_2 i_1} & 1 & m_{i_2 i_3} & m_{i_2 i_4} \\ m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 1 & m_{i_3 i_4} \\ m_{i_4 i_1} & m_{i_4 i_2} & m_{i_4 i_3} & 1 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.16}$$

- Антисимметричные взаимодействия

  $$m_{ik}^{(5)}(2) = -m_{ki}^{(5)}(2) = x_i^1 x_k^2 - x_i^2 x_k^1, \tag{6.17}$$

  с законом

  $$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & m_{i_1 i_4} \\ -m_{i_1 i_2} & 0 & m_{i_2 i_3} & m_{i_2 i_4} \\ -m_{i_1 i_3} & -m_{i_2 i_3} & 0 & m_{i_3 i_4} \\ -m_{i_1 i_4} & -m_{i_2 i_3} & -m_{i_3 i_4} & 0 \end{vmatrix} = 0. \tag{6.18}$$

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(6)}(2) = x_i^1 x_k^1 + x_i^2 x_k^2 + \\ + \sqrt{(1 - x_i^{1^2} - x_i^{2^2})(1 - x_k^{1^2} - x_k^{2^2})}, \qquad (6.19)$$

закон $\Phi$ имеет вид (6.16).

- Особые случаи взаимодействий ранга 4

$$m_{ik}^{(7)}(2) = \ln(x_i^1 - x_k^1)^2 + \frac{x_i^2 - x_k^2}{x_i^1 - x_k^1}; \qquad (6.20)$$

- $$m_{ik}^{(8)}(2) = \ln\left[(x_i^1 - x_k^1)^2 + (x_i^2 - x_k^2)^2\right] + \\ + \gamma \operatorname{arctg} \frac{x_i^2 - x_k^2}{x_i^1 - x_k^1}; \qquad (6.21)$$

- $$m_{ik}^{(9)}(2) = \ln\left[(x_i^1 - x_k^1)^2 + (x_i^2 - x_k^2)^2\right] + \\ + \gamma \operatorname{arcth} \frac{x_i^2 - x_k^2}{x_i^1 - x_k^1}, \qquad (6.22)$$

где $\gamma$ параметр. Для них закон $\Phi$ в явном виде не выписывается.

В) Для систем отношений ранга $r = 5$ имеем десять вариантов:

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(1)}(3) = x_i^1 x_k^1 + x_i^2 x_k^2 - x_i^3 x_k^3 + \\ + \sqrt{(1 - x_i^{1^2} - x_i^{2^2} + x_i^{3^2})(1 - x_k^{1^2} - x_k^{2^2} + x_k^{3^2})}, \qquad (6.23)$$

- $$m_{ik}^{(2)}(3) = x_i^1 x_k^1 - x_i^2 x_k^2 - x_i^3 x_k^3 +$$
$$+\sqrt{(1 - x_i^{1^2} + x_i^{2^2} + x_i^{3^2})(1 - x_k^{1^2} + x_k^{2^2} + x_k^{3^2})}, \qquad (6.24)$$

- $$m_{ik}^{(3)}(3) = -x_i^1 x_k^1 - x_i^2 x_k^2 - x_i^3 x_k^3 +$$
$$+\sqrt{(1 + x_i^{1^2} + x_i^{2^2} + x_i^{3^2})(1 + x_k^{1^2} + x_k^{2^2} + x_k^{3^2})} \qquad (6.25)$$

  с законом

$$\Phi = \begin{vmatrix} 1 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & m_{i_1 i_4} & m_{i_1 i_5} \\ m_{i_2 i_1} & 1 & m_{i_2 i_3} & m_{i_2 i_4} & m_{i_2 i_5} \\ m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 1 & m_{i_3 i_4} & m_{i_3 i_5} \\ m_{i_4 i_1} & m_{i_4 i_2} & m_{i_4 i_3} & 1 & m_{i_4 i_5} \\ m_{i_5 i_1} & m_{i_5 i_2} & m_{i_5 i_3} & m_{i_5 i_4} & 1 \end{vmatrix} = 0. \qquad (6.26)$$

- Следующие два отношения имеют вид

$$m_{ik}^{(4)}(3) = (x_i^1 - x_k^1)^2 + (x_i^2 - x_k^2)^2 + (x_i^3 - x_k^3)^2, \qquad (6.27)$$

- $$m_{ik}^{(5)}(3) = (x_i^1 - x_k^1)^2 - (x_i^2 - x_k^2)^2 - (x_i^3 - x_k^3)^2. \qquad (6.28)$$

  Для них

$$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & m_{i_1 i_2} & m_{i_1 i_3} & m_{i_1 i_4} & m_{i_1 i_5} \\ 1 & m_{i_2 i_1} & 0 & m_{i_2 i_3} & m_{i_2 i_4} & m_{i_2 i_5} \\ 1 & m_{i_3 i_1} & m_{i_3 i_2} & 0 & m_{i_3 i_4} & m_{i_3 i_5} \\ 1 & m_{i_4 i_1} & m_{i_4 i_2} & m_{i_4 i_3} & 0 & m_{i_4 i_5} \\ 1 & m_{i_5 i_1} & m_{i_5 i_2} & m_{i_5 i_3} & m_{i_5 i_4} & 0 \end{vmatrix} = 0.$$
$$(6.29)$$

- Антисимметричные взаимодействия

$$m_{ik}^{(6)}(3) = -m_k^{(6)}(3) = x_i^1 x_k^2 - x_i^2 x_k^1 + x_i^3 - x_k^3 \tag{6.30}$$

с законом (6.29).

- Симметричные взаимодействия вида

$$m_{ik}^{(7)}(3) = x_i^1 x_k^1 + x_i^2 x_k^2 + x_i^3 x_k^3 +$$
$$+ \sqrt{(1 - x_i^{1^2} - x_i^{2^2} - x_i^{3^2})(1 - x_k^{1^2} - x_k^{2^2} - x_k^{3^2})}, \tag{6.31}$$

и закон $\Phi$ имеет вид (6.26).

- Особые случаи взаимодействий ранга 5:

$$m_{ik}^{(8)}(3) = \ln(x_i^1 - x_k^1)^2 + \frac{x_i^2 - x_k^2 + x_i^3 x_k^1 - x_k^3 x_i^1}{x_i^1 - x_k^1}, \tag{6.32}$$

- $$m_{ik}^{(9)}(3) = \ln\left[(x_i^1 - x_k^1)^2 + (x_i^2 - x_k^2)^2\right] +$$
$$+ \gamma \operatorname{arctg} \frac{x_i^2 - x_k^2}{x_i^1 - x_k^1} + x_i^3 + x_k^3, \tag{6.33}$$

- $$m_{ik}^{(10)}(3) = \ln\left[(x_i^1 - x_k^1)^2 - (x_i^2 - x_k^2)^2\right] +$$
$$+ \gamma \operatorname{arcth} \frac{x_i^2 - x_k^2}{x_i^1 - x_k^1} + x_i^3 + x_k^3, \tag{6.34}$$

где $\gamma$ параметр. Для них закон $\Phi$ в явном виде не выписывается.

## 6.2. Проекция на социометрию

Проиллюстрируем применимость изложенной теории к различным формулам расчета групповых и индивидуальных индексов, используемых в социальной психологии для диагностики малых групп.

Теоретическое направление в изучении малых социальных групп в современной социологии, исследующее эмоциональные межличностные отношения и экстраполирующее свои выводы на большие социальные группы и общество в целом, называется *социометрией*. Дадим более конкретное определение социометрии.

**Социометрия** – это количественное измерение эмоциональных отношений в малых группах [60].

Основной задачей социометрии является диагностика межличностных и межгрупповых отношений.

### 6.2.1. Индексы социометрии

На основе анализа результатов тестирования членов группы (респондентов) вычисляются индивидуальные и групповые социометрические индексы.

**Социометрические индексы** – это количественные показатели, характеризующие структуру межличностных отношений в малой группе (групповые социометрические индексы) или положение отдельных членов группы в этой структуре (индивидуальные социометрические индексы)[60].

Социометрические методы могут использоваться не только для изучения малых групп. В более широком смысле под социометрическими индексами понимают любые характеристики структуры отношений между элементами некоторого множества социальных объектов.

*Наиболее распространенными групповыми социометрическими индексами являются следующие* [5], [60]:

- Социометрическая когерентность

$$I = 2\sum_{\gamma\in\Theta}\beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\sum\limits_{k=1}^{N}(\delta_{ik\gamma}+\delta_{ki\gamma})}{N(N-1)},$$

где $\Theta$ – множество сфер взаимоотношений членов группы, $\beta_\gamma$ – коэффициент важности сферы взаимоотношений $\gamma$ в деятельности группы, $N$ – число респондентов, $\delta_{ik\gamma}$ – оценка межличностных отношений $i$-го респондента и $k$-го члена группы в сфере взаимоотношений $\gamma$,

$$\delta_{ik\gamma} = \begin{cases} -1, & \text{если оценка отрицательная,} \\ 0, & \text{если нейтральная,} \\ 1, & \text{если положительная.} \end{cases}$$

Состав элементов множества $\Theta$ определяется целями и задачами данной структуры группы. Например, элементами множества $\Theta$ могут выступать такие сферы межличностного общения, как сфера служебных взаимоотношений, сфера учебной деятельности, сфера эмоциональных взаимоотношений, сфера проведения досуга, сфера практической деятельности, сфера коммуникационных взаимоотношений и другие. Коэффициенты $\beta_\gamma$ определяются либо экспертным путем, либо на основе специально организованного опроса респондентов с последующим анализом причинно-следственных связей сфер взаимоотношений.

Индекс социометрической когерентности выступает в качестве основного показателя при оценке уровня развития межличностных отношений в группе. Он является количественной мерой *связанности* группы по выделенному критерию. Этот индекс выражает настоятельность взаимных контактов без их знака и направленности. Он характеризует отношение положительных и отрицательных выборов к нейтральным выборам. Его высокое значение свидетельствует о достаточно высоком уровне развития межличностных отношений.

- Социометрическая напряженность

$$H = \sum_{\gamma\in\Theta} \beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik\gamma}(1-\delta_{ki\gamma})}{N(N-1)}.$$

Характеризует общее количество несовпадений взаимных оценок членов группы по отношению к каждому члену группы. Показатель неустойчивости внутренней структуры группы. Имеет жесткую связь с успешностью функционирования группы.

- Плотность

$$P = \sum_{\gamma\in\Theta} \beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\sum\limits_{k=1}^{N} \delta^{+}_{ik\gamma}}{N(N-1)},$$

где $\delta^{+}_{ik\gamma}$ – значение положительного отношения $i$-го респондента к $k$-му члену группы в сфере взаимоотношений $\gamma$,

$$\delta^{+}_{ik\gamma} = \begin{cases} 1, & \text{если } \delta_{ik\gamma} > 0, \\ 0, & \text{если } \delta_{ik\gamma} \le 0. \end{cases}$$

Плотность является мерой соотношения реальных положительных коммуникативных связей и всех возможных положительных связей в группе между ее членами. Этот показатель отражает реально существующий уровень стремлений людей друг к другу.

- Сплоченность

$$S_p = \sum_{\gamma\in\Theta} \beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\sum\limits_{k=1}^{N} \delta^{+}_{ik\gamma}\delta^{+}_{ki\gamma}}{2N(N-1)}.$$

Это важный показатель межличностных отношений. Он характеризует степень преобладания симпатий над антипатиями каждого члена группы по отношению к остальным членам группы и свидетельствует об уровне взаимопонимания и доверия в межличностных отношениях членов группы.

- Разобщенность

$$R_z = \sum_{\gamma \in \Theta} \beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} \sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik\gamma}^{-} \delta_{ki\gamma}^{-}}{2N(N-1)},$$

где $\delta_{ik\gamma}^{-}$ – значение отрицательного отношения $i$-го респондента к $k$-му члену группы в сфере взаимоотношений $\gamma$,

$$\delta_{ik\gamma}^{-} = \begin{cases} 1, & \text{если } \delta_{ik\gamma} < 0, \\ 0, & \text{если } \delta_{ik\gamma} \geq 0. \end{cases}$$

Разобщенность – это противоположная характеристика по отношению к сплоченности. Является мерой преобладания антипатий над симпатиями каждого члена группы по отношению к остальным членам группы.

- Индекс приемлемости

$$S_n = \sum_{\gamma \in \Theta} \beta_\gamma \frac{\sum\limits_{i,k=1}^{N} (\delta_{ik\gamma}^{+} - \delta_{ik\gamma}^{-})}{N(N-1)}.$$

Этот индекс диагностирует уровень совместимости членов группы.

*Наиболее распространенные индивидуальные (персональные) социометрические индексы:*

- Положительная экспансивность $i$-го члена группы

$$Э_i^{+} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik}^{+}}{N-1}.$$

Характеризует, насколько данная личность тяготеет к данной группе; как личность относится к окружающим его членам группы; сколь активна она в своих положительных выборах, где

$$\delta_{ik}^{+} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й респондент выбирает} \\ & \quad k\text{-го члена группы,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

- Отрицательная экспансивность $i$-го члена группы

$$Э_i^{-} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik}^{-}}{N-1}.$$

Характеризует, насколько данная личность отвергает группу, сколь активна она в своих отрицательных выборах, где

$$\delta_{ik}^{-} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й респондент отвергает} \\ & \quad k\text{-го члена группы,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

- Степень удовлетворенности $i$-го члена группы

$$U_i^{+} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik}^{+}\delta_{ki}^{+}}{2(N-1)}.$$

Характеризует удовлетворенность взаимоотношениями и выражает мысль, что члену группы важно не то, сколько людей, кому он симпатизирует, а то, сколько людей из тех, кому он симпатизирует, отвечают ему взаимностью. Косвенный показатель конфликтности личности.

- Степень конфликтности $i$-го члена группы

$$U_i^{-} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik}^{-}\delta_{ki}^{-}}{2(N-1)}.$$

Характеризует неудовлетворенность взаимоотношениями и выражает мысль, что члену группы важно не то, сколько людей его отвергают, а то, сколько людей из тех, кого он отвергает, отвергают его.

- Социометрический статус $i$-го члена группы

$$S_{yi} = \frac{\Pi_i^+ - \Pi_i^-}{N-1},$$

где $\Pi_i^+$, $\Pi_i^-$ – число соответственно положительных и отрицательных выборов $i$-го члена группы другими членами группы.

Количественный показатель статуса члена группы в иерархии неформальных взаимоотношений. Является показателем авторитетности, популярности того или иного индивида в группе. Чем выше статус, тем выше связанность индивида с другими членами группы.

- Потребность $i$-го члена группы в обращении

$$P_{oi} = \frac{Э_i^+ - Э_i^-}{N-1},$$

где $Э_i^+$, $Э_i^-$ – соответственно положительная и отрицательная экспансивность $i$-го члена группы.

Количественное выражение соотношения симпатий и антипатий данной личности к членам группы, характеристика психологического самочувствия личности в данной группе.

- Совместимость $i$-го члена группы

$$S_{vi} = \frac{U_i^+ - U_i^-}{N-1},$$

где $U_i^+$, $U_i^-$ – степень соответственно удовлетворенности и конфликтности $i$-го члена группы.

Отражает, насколько симпатии и антипатии личности в отношении других членов группы адекватны симпатиям и антипатиям каждого члена группы по отношению к данной личности. Косвенный показатель конфликтности личности.

- Индекс объема взаимодействия $i$-го члена группы

$$V_i = \frac{1}{2}(S_{yi} + P_{oi}),$$

где $S_{yi} + P_{oi}$ – социометрический статус и потребность в обращении $i$-го члена группы.

Отражает многообразие связей $i$-го члена группы.

- Степень отвержения группой $i$-го респондента

$$\nu_{yi} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{N} \delta_{ik}^{-}}{N-1},$$

Характеризует антипатии членов группы в отношении данной личности.

### 6.2.2. Индекс положения ребенка в группе

Продемонстрируем возможности изложенной теории на примере одного из индивидуальных индексов – социометрического статуса $i$-го члена группы или, как часто его называют в литературе по психологии, – индекса психологической (эмоциональной) экспансивности члена группы.

Для описания взаимоотношений в группах детей он используется под названием *индекса положения (статуса) ребенка* [40, с.193]

$$P = \frac{\Pi_+ - \Pi_-}{N-1}, \tag{6.35}$$

где $\Pi_+$ и $\Pi_-$ – количество членов группы, которое избрало или отвергло данную личность, $N$ – численность коллектива.

Для того, чтобы вывести формулу (6.35) воспользуемся *бинарной комплексной системой отношений* ранга (3,3), которая сводится [16, с.58-59] *к унарной вещественной системе отношений* ранга 5. Бинарная комплексная система отношений ранга (3,3) задается законом

$$\Phi = \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} \\ u_{l\alpha} & u_{l\beta} & u_{l\gamma} \end{vmatrix} = 0 \qquad (6.36)$$

и отношением

$$u_{i\alpha} = x_i^1 y_\alpha^1 + x_i^2 y_\alpha^2,$$

где $x_i^1, x_i^2, y_\alpha^1, y_\alpha^2$ – комплексные числа. Вводя сшивку множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{F}$ посредством формального сопряжения

$$x_i^1 + i \cdot x_i^2 = \overline{y_\alpha^1 + i \cdot y_\alpha^2},\ x_k^1 + i \cdot x_k^2 = \overline{y_\beta^1 + i \cdot y_\beta^2},$$

получаем унарное вещественное отношение ранга 5

$$m_{ik} = \frac{1}{2}(u_{i\beta} + u_{k\alpha}) = \frac{1}{2}(x_i^1 y_\beta^1 + x_i^2 y_\beta^2 + x_k^1 y_\alpha^1 + x_k^2 y_\alpha^2) =$$

$$= \frac{1}{2}(x_i^1 \overline{x_k^1} + x_i^2 \overline{x_k^2} + x_k^1 \overline{x_i^1} + x_k^2 \overline{x_i^2}) = \frac{1}{2}(x_i^1 \overline{x_k^1} + x_i^2 \overline{x_k^2} + \overline{x_i^1 \overline{x_k^1} + x_i^2 \overline{x_k^2}}).$$

Предположим, что индивид, чей статус вычисляется – это элемент $i$, а остальные члены группы – элементы $k, l, ..., p$. Примем, что все числа $x_i^1, x_i^2, x_k^1, , x_k^2, ..., x_p^1, , x_p^2$ нормированы (интенсивность отношений в группе одинакова, нет выделенных индивидов), т.е. имеют модуль $\sqrt{1/2(N-1)}$, где $N$ – численность группы. Допустим также, что

$$x_i^1 = x_i^2 = \frac{1}{\sqrt{2(N-1)}} e^{i\phi} \quad \text{и} \quad \phi = 0,$$

$$x_k^1 = x_k^2 = \frac{1}{\sqrt{2(N-1)}} e^{i\phi_k}, ..., x_p^1 = x_p^2 = \frac{1}{\sqrt{2(N-1)}} e^{i\phi_p}.$$

Тогда

$$\sum_{j=k,\dots,p} m_{ij} =$$

$$= \frac{1}{2(N-1)}\{[e^{i\phi_k} + e^{-i\phi_k}] + \dots + [e^{i\phi_p} + e^{-i\phi_p}]\} =$$

$$= \frac{1}{(N-1)} \sum_{j=k,\dots,p} \cos\phi_k.$$

Если считать, что индивиды $j$, которые избрали данную личность $i$, имеют фазу $\phi_j = 0$, а те, кто отверг — $\phi_j = \pi$, и при этом нет неопределившихся индивидов, то

$$\sum_{j=k,\dots,p} m_{ij} = \frac{1}{N-1}[(\underbrace{1+\dots+1}_{\Pi_+}) + (\underbrace{-1-\dots-1}_{-\Pi_-})] = \frac{\Pi_+ - \Pi_-}{N-1}.$$

То есть мы получили индекс положения ребенка[2]. В ходе вывода этой формулы, мы делали упрощающие предположения, которые показывают, что формула, используемая в психологии и социологии, является частным случаем более сложного соотношения. Вводя, к примеру, различные значения для фаз $\phi_j$, можно более полно учитывать разнообразие в межличностных взаимодействиях индивидов.

### 6.2.3. Степень адекватности ролевой перцепции руководителя

Приведем еще один пример приложения теории систем фундаментальных отношений как теории межличностных взаимодействий к социальной психологии. Выведем *коэффициент ролевой перцепции руководителя* [5], используемый в качестве характеристики адекватности оценки руководителем членов группы,

$$K = \frac{d}{S_d/\sqrt{N}}, \tag{6.37}$$

[2]Читателю предлагается самостоятельно попробовать вывести остальные социометрические индексы из законов межличностных отношений соответствующего ранга, рассмотренных в 6.2.1.

где

$$d = \sum_{j=1}^{N} (A_j - B_j)/N, \quad d_j = (A_j - B_j), \quad d_0 = \sum_{j=1}^{N} d_j/N,$$

$$S_d = \sqrt{\sum_{j=1}^{N} \frac{(d_j - d_0)^2}{N-1}},$$

$A_j$ – оценка, данная руководителем $j$-му члену группы, $B_j$ – оценка, данная группой $j$-му члену, $N$ – численность коллектива.

Обозначим через

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^{N} \frac{((A_j - B_j) - \sum\limits_{j=1}^{N} (A_j - B_j)/N)^2}{N}}.$$

Тогда формулу (6.37) можно переписать в виде

$$K = \frac{\sqrt{N-1} \sum\limits_{j=1}^{N} (A_j - B_j)/N}{\sigma}. \tag{6.38}$$

Для того, чтобы вывести формулу (6.38) снова воспользуемся подобно тому, как это делаось в 6.2.2., *бинарной комплексной системой отношений* ранга (3,3), которая сводится [16, с.58-59] *к унарной вещественной системе отношений* ранга 5

$$m_{ik} = \frac{1}{2}(x_i^1 \overline{x_k^1} + x_i^2 \overline{x_k^2} + \overline{x_i^1 \overline{x_k^1} + x_i^2 \overline{x_k^2}}).$$

Предположим, что руководитель, для которого вычисляется коэффициент ролевой перцепции, – это элемент $i$, а остальные члены группы – элементы $k, l, ..., p$. Допустим также, что для руководителя

$$x_i^1 = \; x_i^2 = \frac{\sqrt{N-1}}{\sigma\sqrt{N}} e^{i\phi} \quad \text{и} \quad \phi = 0.$$

Для всех остальных же индивидов в группе полагаем

$$x_k^1 = \frac{A_k}{\sqrt{N}} e^{i\phi_k^a}, ..., x_p^1 = \frac{A_p}{\sqrt{N}} e^{i\phi_p^a};$$

$$x_k^2 = \frac{B_k}{\sqrt{N}} e^{i\phi_k^b}, ..., x_p^2 = \frac{B_p}{\sqrt{N}} e^{i\phi_p^b}.$$

Тогда

$$\sum_{j=k,...,p} m_{ij} =$$

$$= \frac{\sqrt{N-1}}{2\sigma N}\{[A_k(e^{i\phi_k^a} + e^{-i\phi_k^a}) + B_k(e^{i\phi_k^b} + e^{-i\phi_k^b})] +$$

$$+ ... + [A_p(e^{i\phi_p^a} + e^{-i\phi_p^a}) + B_p(e^{i\phi_p^b} + e^{-i\phi_p^b})]\} = .$$

$$= \frac{\sqrt{N-1}}{\sigma N}\{[A_k \cos\phi_k^a + B_k \cos\phi_k^b] + ... + [A_p \cos\phi_p^a + B_p \cos\phi_p^b].$$

Если считать, что в случае взаимодействия с руководителем индивид $j$ имеет одинаковую с ним фазу $\phi_j^a = 0$, а при взаимодействии с другими членами группы — $\phi_j^b = \pi$, то

$$\sum_{j=k,...,p} m_{ij} = \frac{\sqrt{N-1}}{\sigma N}\{[A_k - B_k] + ... + [A_p - B_p]\} = K.$$

Таким образом, мы получили коэффициент ролевой перцепции руководителя, характеризующий насколько адекватно оцениваются руководителем члены группы в межличностных взаимодействиях.

## 6.3. Модель общения по Берну

В основу модели[3] положены принципы коммуникаций между индивидами, описанные в книге Э. Берна [12].

[3]Предлагаемая мульти-агентная модель является усовершенствованием модели Д.Н. Лаврова [24, с.70-74].

Индивид в соответствии с теорией Берна в каждый момент времени находится в одном из трех состояний: Родитель (Р), Взрослый (В), Ребенок (Рб).

*Транзакцией* Берн называет единицу общения. Люди, находясь вместе в одной группе, неизбежно заговорят друг с другом. Это "транзакционный стимул". Человек, к которому обращен транзакционный стимул, в ответ что-то скажет или сделает. Этот ответ называется "транзакционной реакцией".

То или иное состояние одного индивида вызывает стимул у другого, порождающий в свою очередь ответную реакцию первого индивида. Каждая реакция в свои очередь становится стимулом.

Направленность одного индивида, находящегося в некотором состоянии, на состояние другого индивида определяется таблицей стимулов и зависит от текущего состояния индивида. Например, таблица

| | Р | В | Рб |
|---|---|---|---|
| Р | 0 | 0 | 1 |
| В | 0 | 1 | 0 |
| Рб | 1 | 0 | 0 |

описывает следующее стимулы: Р→ Рб, В→В, Рб→Р. Завязывание "разговора" выглядит следующим образом: X→Y, Z→V. Это означает, что первый индивид, находясь в состоянии X, обратился ко второму, имеющему состояние Y; но второй индивид изменил уже состояние Y на Z и ориентирован на состояние V. Общение продолжится, если транзакция X→Y, Z→V не является *перекрестной*, и прервется, если она именно такова. Список перекрестных транзакций можно найти в книге Берна [12].

Каждый индивид испытывает три типа голодания: структурное, сенсорное голодание и голод признания. В модели все три типа объединены в одну характеристику – потребность агента в общении или суммарный голод. Э. Берн пишет, что плохое общение лучше, чем никакое. На этом основании полагаем, что именно чувство голода должно являться основной характеристикой, влияющей на поведение индивидов.

Перейдем к построению модели общения. Наша модель будет больше компьютерной, чем математической, а точнее, мы воспользуемся идеями мульти-агентного компьютерного моделирования [24]. Поэтому далее индивидов называем *агентами*, которые ведут свою *искусственную жизнь*.

**Правила "межличностного" взаимодействия агентов**:

- перекрестные транзакции прекращают процесс коммуникации;
- суммарный голод уменьшается в процессе общения;
- в отсутствие общения суммарный голод увеличивается;
- после перекрестной транзакции агенты, участвовавшие в ней, на определенное время (время отторжения) не участвуют в коммуникации друг с другом, даже если оба голодны.

**Описание поля взаимодействия и принципы перемещения агентов по полю.**

Агенты осуществляют свою искусственную жизнь в некотором пространстве, называемым нами *полем*. Наиболее естественно отождествить *поле* с физическим пространством. Но это не совсем верно, так как утоление суммарного голода может проходить не только при личном контакте, но и по современным каналам коммуникаций (телефон, Internet и т.п.).

Движение агентов в поле может быть реализовано различными способами. В модели заложено два типа движения: "Случайное блуждание" и "Тяга к голодному".

"Случайное блуждание" – наиболее примитивный тип перемещения в пространстве. В этом случае большинство коммуникаций случайно.

При "тяге к голодному" агент просматривает *зону видимости* вокруг себя и затем двигается в направлении самого голодного агента из своей зоны видимости. Зона видимости указывает окрестность агента, в которой он может следить за состоянием других участников. В отсутствии кого-либо в зоне видимости он перемещается случайно.

Время модели дискретное. Каждый шаг – это один отсчет по временной шкале. На каждом шаге выполняются определенные действия: устанавливается, кто в каком состоянии и кто с кем взаимодействует, изменяются состояния в результате взаимодействий, производятся перемещения в соответствии с выбором направления движения и т.д.

**Описание зоны видимости.**

Каждый агент может завязать общение только с тем агентом, который находится в зоне его видимости. Самой простой зоной видимости является круг некоторого радиуса, в центре которого находится наш агент. Но в действительности следует учесть и более сложные варианты "завязывания" разговора в группах. Для этого воспользуемся теорией, изложенной в 6.1.3.

Пусть агент $i$ находится в состоянии X и завязывает разговор с агентом $k$. Агент $k$ может находится в одном из трех состояний В, Р и Рб. Следовательно, мы имеем не двух "реальных" агентов $i$ и $k$, а *четырех* разных виртуальных агентов $i_1, ..., i_4$. На языке 6.1.2 это означает, что мы имеем дело с унарной вещественной системой отношений ранга 4. Она, как известно, предусматривает девять различных типов межличностных отношений $m_{ik}^{(j)}(2)$, $j = 1, ..., 9$. Интерпретируя $m_{ik}^{(j)}(2)$ как "метрику", мы считаем, что зона видимости $Z(i, d)$ агента $i$ включает всех агентов $k$, до которых $m_{ik}^{(j)}(2)$ - расстояние не превосходит числа $d$, т.е.

$$k \in Z(i, d) \Longleftrightarrow \{(x_k^1, x_k^2, ) : m_{ik}^{(j)}(2) < d\}.$$

В случае межличностного взаимодействия $m_{ik}^{(1)}(2)$ зона $Z(i, d)$ действительно является кругом. Но для других восьми случаев это совершенно иные геометрические фигуры (см.

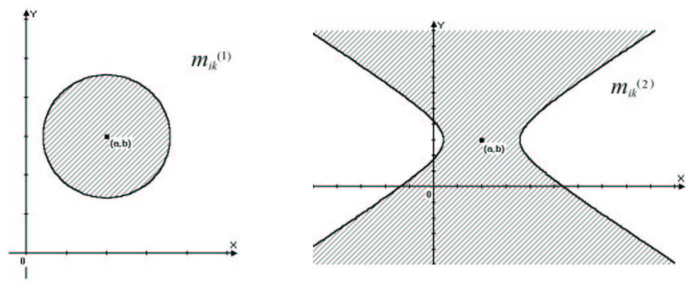



Рис. 6.2: Зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b), в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(1)}(2)$ и $m_{ik}^{(2)}(2)$ соответственно

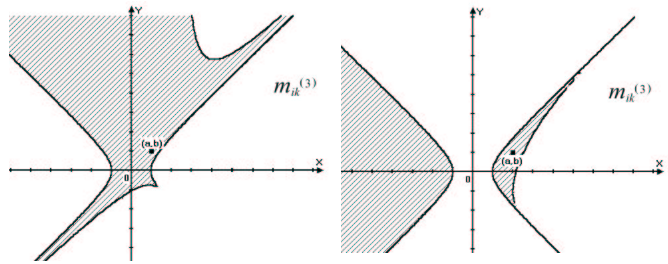



Рис. 6.3: В случае межличностных отношений типа $m_{ik}^{(3)}(2)$ возможны различные варианты зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b)

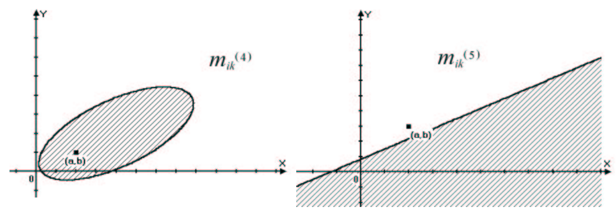



Рис. 6.4: Зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b), в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(4)}(2)$ и $m_{ik}^{(5)}(2)$ соответственно

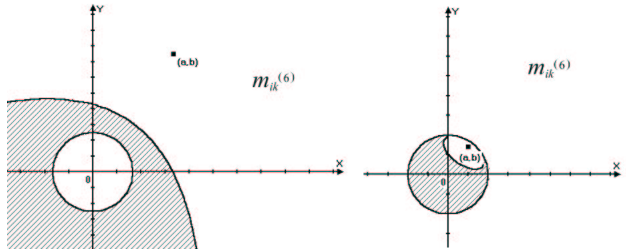



Рис. 6.5: В случае межличностных отношений типа $m_{ik}^{(6)}(2)$ возможны различные варианты зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b)

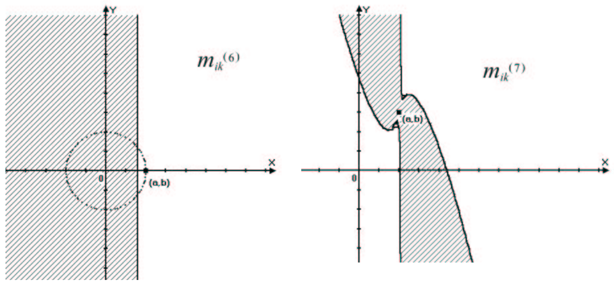



Рис. 6.6: Зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b), в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(6)}(2)$ и $m_{ik}^{(7)}(2)$ соответственно

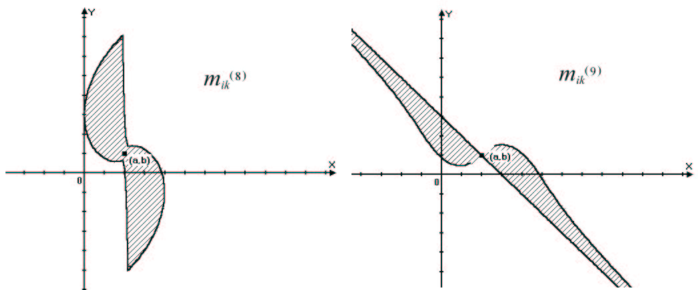



Рис. 6.7: Зоны видимости агента, находящегося в т.(a,b), в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(8)}(2)$ и $m_{ik}^{(9)}(2)$ соответственно

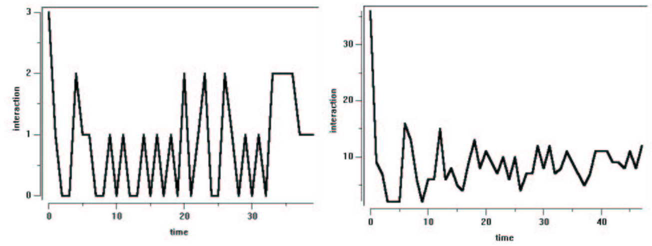



Рис. 6.8: Количество взаимодействий агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(1)}(2)$ и $m_{ik}^{(2)}(2)$ соответственно

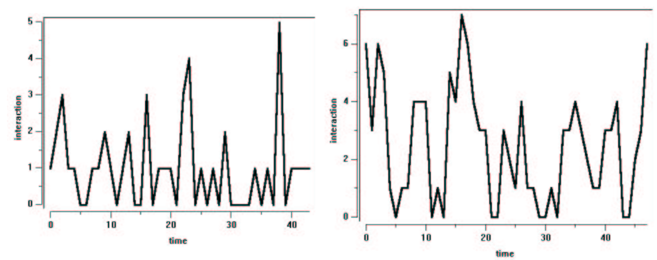



Рис. 6.9: Количество взаимодействий агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(3)}(2)$ и $m_{ik}^{(4)}(2)$ соответственно

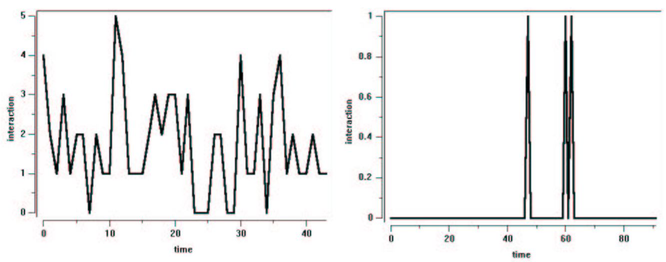



Рис. 6.10: Количество взаимодействий агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(5)}(2)$ и $m_{ik}^{(6)}(2)$ соответственно

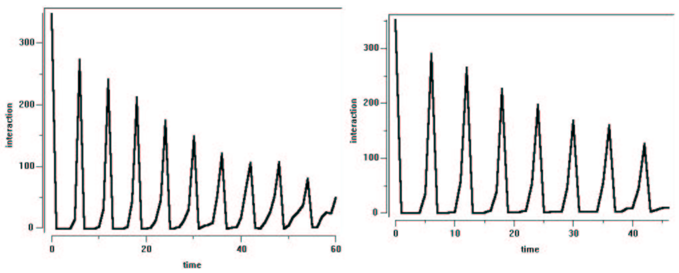



Рис. 6.11: Количество взаимодействий агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(7)}(2)$ и $m_{ik}^{(8)}(2)$ соответственно

рис. 6.2–6.7). Следует ожидать, что разные зоны видимости скажутся и на общении агентов в группе.

Это и показывает компьютерное моделирование. Реализация представленной модели осуществлена в мульти-агентной системе моделирования $\mathcal{SWARM}$. Данный пакет обладает библиотекой графического интерфейса, используемой для вывода различных результатов моделирования, таких, как графики, диаграммы и др. Также с помощью специального инструментария, содержащегося в основных библиотеках, можно вывести на экран анимационную картинку и визуально наблюдать за процессом общения агентов в искусственной среде.

На рис. 6.8–6.12 представлены графики зависимости количества взаимодействий агентов от времени при различных типах зон видимости согласно рис. 6.2–6.7. В приведенном примере рассматривается взаимодействие пятидесяти агентов, имеющих собственные состояние, матрицу стимул–реакция, свою зону видимости и матрицу переходов состояний. Так как при проведении компьютерного моделирования мы рассматриваем расположение агентов только в положительной части полуплоскости, то зоны видимости на рис. 6.2–6.7 в этом случае будут еще ограничиваться и положительными полуосями координат. Расстояние $d$ в данном примере положительно, но его можно брать и отрицательным.

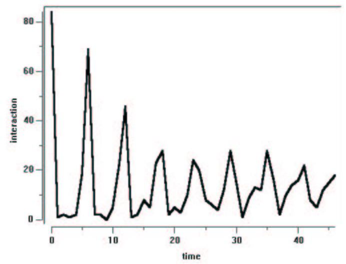



Рис. 6.12: Количество взаимодействий агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(9)}(2)$

В результате проведенных компьютерных экспериментов при разных зонах видимости были выявлены разнообразные типы общений. Например, огромный интерес представляет взаимодействие агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(6)}(2)$, при котором возможны различные варианты зон видимости агентов в зависимости от их местоположения. Если агент находится внутри некоторого ограничивающегося круга, то он может общаться только с теми, кто также расположен внутри этого же круга. С другой стороны агент, находящийся на границе данного круга, видит остальных в пределах некоторой полуплоскости. Для агента, занимающего позицию вне круга, доступны для взаимодействия только те агенты, которые располагаются в полукольце, но в то же самое время данный агент не находится в их зоне видимости (рис. 6.5–6.6). Это сильно отражается на общении агентов (рис. 6.10).

Визуально наблюдая за процессом межличностного общения агентов при различных зонах видимости, можно обнаружить многообразные типы групп "общающихся"агентов. На рис. 6.13–6.15 приведены примеры самых оригинальных "узоров" из полученных в компьютерном эксперименте. Зоны видимости агентов связаны с системой координат искусственной среды. Начало координат находится в левом верхнем углу области моделирования. Направление координатных осей ука-

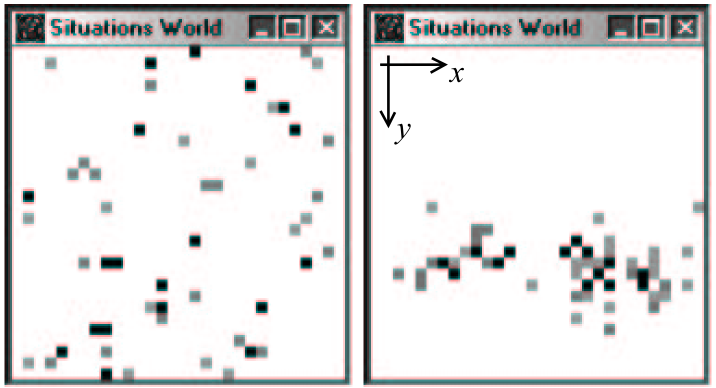



Рис. 6.13: Взаимодействие агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(1)}(2)$ и $m_{ik}^{(2)}(2)$ соответственно

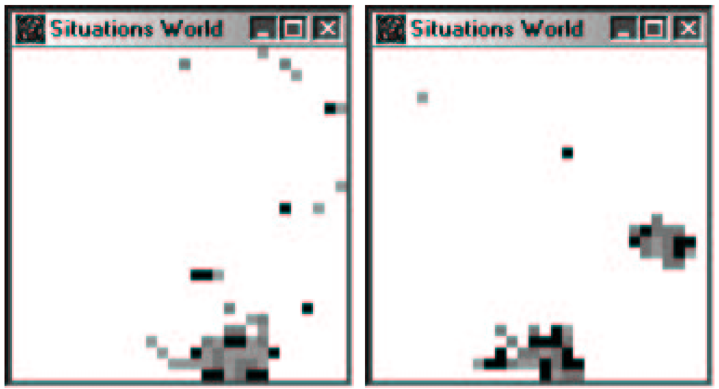



Рис. 6.14: Взаимодействие агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(3)}(2)$ и $m_{ik}^{(4)}(2)$ соответственно

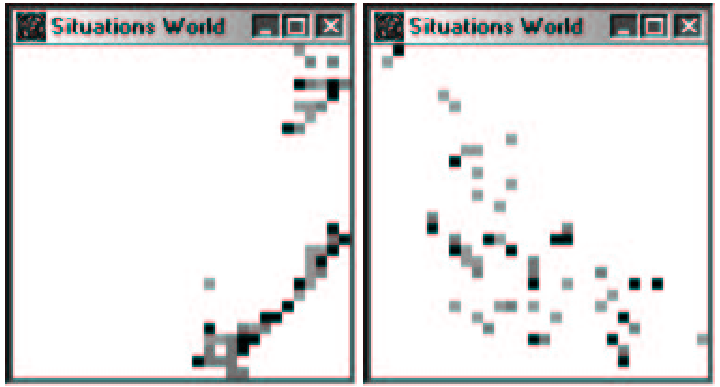



Рис. 6.15: Взаимодействие агентов в случае межличностных отношений $m_{ik}^{(5)}(2)$ и $m_{ik}^{(9)}(2)$ соответственно

заны на рис. 6.13. В случае $m_{ik}^{(1)}(2)$ каждый агент взаимодействует только с двумя, тремя соседями, но достаточно продолжительное время. При $m_{ik}^{(2)}(2)$ общение происходит как бы на одной "волне" (рис. 6.13, справа). Взяв $m_{ik}^{(3)}(2)$, мы можем видеть образование одной большой группы, в которой все агенты общаются друг с другом. Если зона видимости описывается $m_{ik}^{(4)}(2)$, то агенты подразделяются уже на две группки, имеющие форму круга, и взаимодействуют только внутри своей группы (рис. 6.14, справа). Рассмотрев $m_{ik}^{(5)}(2)$ как зону видимости, мы наблюдаем два типа коммуникации агентов: часть агентов общается в группе с формой круга, а другая в виде цепочки. Красивый пример получается при выборе межличностного общения вида $m_{ik}^{(9)}(2)$, где агенты образуют группу, вытянутую вдоль одной из диагоналей поля, в которой все могут обращаться друг к другу (рис. 6.15, справа).

В результате компьютерного моделирования можно сделать вывод, что разные "метрики" для зон видимости не только влияют на количество взаимодействий, но и формируют различные типы коллективного общения.

Выбор "метрик" определялся типом межличностных взаимодействий, которые были перечислены в 6.1.3. Правомерность нашей формализации межличностных отношений основывается на предположении о фундаментальном характере теории Ю.И. Кулакова, подтверждаемом тем, что из этой теории выводимы все известные социометрические индексы, используемые в психологии и социологии. Можно усомниться в допустимости интерпретации отношения $m_{ik}$ в качестве меры, задающей зоны видимости агентов, но труднее оспорить тезис о наличии общих законов, одинаково применимых к описанию природы и общества. В качестве одного из таких законов мы и предложили закон симметрии Ю.И. Кулакова.

**Берн Эрик** (1910 - 1970). Родился в Монреале в 1910 году. Закончил медицинский факультет Университета МакГилла. После этого иммигрировал в США, приняв американское гражданство. В США Берн продолжает обучение, специализируясь в области психоанализа. В 1961 году вышла его первая книга "Трансактный анализ в психотерапии". В 1964 году выходит книга, сделавшая имя Берна широко известным, – "Игры, в которые играют люди".

# *Глава седьмая*

# Моделирование семьи

# Глава 7

# Моделирование семьи

## 7.1. Предпосылки к созданию модели семьи

В социологическом исследовании актуальным вопросом является изучение семьи и гендерных отношений как объектов моделирования. Но социологи не обращают достаточного внимания на формализацию и вычисление многообразных переменных адаптивного[1] гендерного поведения. И это серьезное упущение при поиске ответов на многочисленные вопросы. Как семьи могут становиться стабильными и выживать в ситуации кризиса? Как экономическая трансформация[2] воздействует на женщин в социальной системе? Какие адаптивные действия должны вести к поддержанию стабильности семьи? Как адаптивные способности определяются гендерной согласованностью и персональной активностью женщин?

Желательно создать имитационную мульти-агентную модель, с помощью которой можно будет не только исследовать различные типы адаптивного поведения и самоидентичности[3]

[1] *Адаптация* – процесс активного приспособления.
[2] *Transformation* (*англ.*) – преобразование.
[3] *Идентичность* – это, во-первых, свойство индивида оставаться са-

женщин и мужчин в ситуации экономического кризиса, но и посредством анализа гендерных ролей[4] изучить изменение самоидентичности женщин и ролей мужчин в браке.

Первая цель нашего исследования заключается в том, чтобы продемонстрировать, как могут быть изучены с помощью мульти-агентного моделирования устойчивость и адаптивное поведение семьи.

Вторая цель – проверить следующие гипотезы:

1) стабильность и адаптивное поведение семей в течение экономического кризиса связаны с разнообразными формами индивидуального и совместного действий, например с персональной активности членов семьи и совместимостью гендерных ролей;

2) баланс и согласованность гендерных ролей, профессиональная ориентация и активность женщин определяются высокой адаптивной способностью и устойчивостью семьи.

Сравнение поведения женщин в различных ситуациях позволит выявить типы их поведения, влияющие на выбор того или иного действия, направленного на сохранение семьи.

Имитация различных условий и факторов воздействия на семью очень полезна для анализа стабильности семьи. В этой главе мы познакомимся с моделью[5] адаптивного поведения семьи в условиях экономически неустойчивого общества. С ее помощью возможны:

- изучение поведения женщин и мужчин в условиях экономической нестабильности;
- проведение оценок результатов адаптивного выбора;
- имитация и анализ большого числа различных ситуаций;
- проведение многочисленных экспериментов.

---

мим собой в изменяющихся социальных условиях, а, во-вторых, результат осознания индивидом самого себя в качестве человеческой личности, отличающейся от других.

[4] *Гендерная роль* – ожидаемое поведение индивида в зависимомти от его гендера, т.е. социального пола.

[5] Модель создана Ю.В. Фроловой.

## 7.2. Модель адаптивного поведения семьи

### 7.2.1. Формализация семьи

Понятие "семейная стратегия" акцентирует внимание на механизмах формирования и воспроизводства поведения семьи в различных сферах жизнедеятельности и различных ситуациях. Так, выделяют стратегии семьи в осуществлении хозяйственной, репродуктивной и культурной функций; стратегии, направленные на выживание; стратегии, направленные на преодоление кризиса, как внешнего по отношению к семье (например, экономического, социально-культурного), так и внутрисемейного (например, связанного с переходом на новый этап жизненного цикла семьи или с кризисом внутрисемейных отношений). Различают также стратегии, характерные для семей с одним и двумя работающими супругами, для неполной семьи, для семей, принадлежащих к разным социальным группам [36]. В предлагаемой модели проблемы семьи связаны с материальной нестабильностью семьи и переживанием постоянной стрессовой ситуации.

Каковы факторы адаптивного поведения и устойчивости семьи? Для того чтобы ответить на этот вопрос нужно определить идентичность и интересы членов семьи. На основании указанных признаков будем в модели разбивать агентов на различные группы.

**Первая группа** агентов состоит из женщин, которые имеют *профессиональную ориентацию*. **Вторая группа** агентов состоит из женщин *с ориентацией на семейную жизнь*. Современная российская гендерная система демонстрирует корреляцию между профессиональной ориентацией и успешным адаптивным экономическим поведением семьи. Многие семьи, женщины в которых заняты своей карьерой, экономически и социально более преуспевают, чем семьи с семейной ориентацией женщин. Возрастающее же распространение семей, поддержанных женской профессиональной ориентацией, обусловлено персональной активностью женщин. **Третьей группой** агентов являются женщины *с высокой творческой энергией и адаптивными способностями.* Напротив, **четвертая группа** включает женщин *с низкой адаптивной способностью и социальной незащищенностью.*

По данным социологического исследования для большинства российских мужчин основным источником идентичности служит работа. В период экономического кризиса и роста профессиональной активности женщин важным фактором является гармония и баланс гендерных ролей. Вот почему в модели полагается, что агенты-мужчины имеют профессиональную идентичностью и высокий уровнь толерантности[6] к профессиональной активности женщин.

В ситуации экономического кризиса идет перестройка образа жизни семьи, связанная с адаптацией к реалиям рыночного, нестабильного общества. Мы считаем, что главной семейной стратегией в период экономического кризиса является стратегия выживания. Она осуществляется в разных формах, но основным является семейно-ориентированный образ жизни, предполагающий принятие как мужчинами, так и женщинами традиционных ролей[7]. Вместе с тем в данном исследовании ставится задача выяснить, какие стратегии адаптивного поведения избирают семьи с целью преодоления социально-экономического кризиса. Если семья выбирает неподходящую для себя стратегию, она лишь на какое-то время преодолевает трудности, порожденные экономическим кризисом. Однако он неминуемо вновь обрушивается на нее с новой силой. Важно понять, каким образом мужчины и женщины, имеющие определенные гендерные роли, приспосабливаются к условиям жизни в кризисном обществе. Что способствует успеху одних и препятствует адаптации других?

Бюджет семьи, в общем случае, складывается из зарплаты мужа и жены. При этом выделяются "бедные" семьи, с дохо-

[6] *Толерантность* – терпимость, снисходительность к кому-, к чему-либо.

[7] Мужчина работает, а женщина нет.

дом ниже прожиточного минимума, и "состоятельные" – с доходом, превышающем прожиточный минимум. Причем семья с относительно высоким общесемейным доходом "задается", главным образом, заработками мужей. Для каждой семьи в модели устанавливаются собственные размеры доходов мужчины и женщины и расхода семьи.

### 7.2.2. Реализация модели

Рассмотрим N семей, состоящих из женщины и постоянно работающего мужчины и обладающих следующими характеристиками:
$r_{kj}$ – наличный капитал $k$-ой семьи в момент времени $t = t_j$ $(j = 1, 2, ..., \ k = \overline{1, \mathrm{N}})$;
$a_{k_0}$ – начальный уровень адаптации $k$-ой семьи;
$s_{k_0}$ – начальный уровень толерантности $k$-ой семьи.

Степень идентичности женщины в $k$-ой семье в момент времени $t = t_j$ определим функцией

$$i_{kj} = \begin{cases} 0, & \text{если женщина семейно-ориентирована,} \\ 1, & \text{если женщина профессионально-ориентирована.} \end{cases}$$

Динамику изменения капитала $r_{kj}$ опишем следующей разностной задачей

$$\begin{cases} r_{k(j+1)} = r_{kj} - \gamma_{kj} r_{kj} + [\alpha_{kj} + \beta_{kj}] H_j; \\ r_{k_0} = r_k^0. \end{cases} \tag{7.1}$$

Вторая часть уравнения (7.1) $(-\gamma_{kj} r_{kj} + [\alpha_{kj} + \beta_{kj}] H_{kj})$ выражает соответственно расход и общий доход семьи, где

$$\alpha_{kj} = \begin{cases} 0, & \text{если семья распалась,} \\ \alpha_k^0, & \text{иначе} \end{cases}$$

– функция дохода мужчины в $k$-ой семье;

$$\beta_{kj} = \begin{cases} 0, & \text{если семья распалась или } i_{kj} = 0, \\ \beta_k^0, & \text{если } i_{kj} = 1 \end{cases}$$

– функция дохода женщины.

$\gamma_{kj}$ – функция расхода капитала $k$-ой семьи.

Функция $H_j$ выражает количество ресурса в источнике дохода в момент времени $t = t_j$ $(j = 1, 2, ...)$. Динамику изменения ресурса зададим следующим уравнением

$$\begin{cases} H_{j+1} = H_j - [\alpha_{kj} + \beta_{kj}]H_j + \delta_j; \\ H_0 = H^0, \end{cases} \tag{7.2}$$

где $\delta_j$-прирост/убыль ресурса в источнике с определенной периодичностью. В период экономического кризиса $(\delta_j < 0)$ происходит уменьшение ресурса в источнике дохода. Во время стабильного экономического развития $(\delta_j > 0)$ ресурс в источнике постепенно увеличивается.

Опишем **правила оценки ситуации и выбора семьей той или иной стратегии адаптивного поведения**. Зададим кризисные границы адаптивности $\overline{a}_k$ и толерантности $\overline{s}_k$ для семьи: $\overline{a}_k = 2a_{k_0}/\overline{a}_{max}$ и $\overline{s}_k = s_{k_0}/\overline{s}_{max}$, где $a_{max} = const$ – максимально заданный уровень адаптации семьи, $s_{max} = const$ – максимально заданный уровень толерантности семьи. Пусть $r_{max} = const$ – максимально заданный уровень капитала семьи, а $\overline{r} = const$ – заданная граница экономического кризиса для семьи. Оценка ситуации и выбор стратегии поведения определяются с помощью величины $r_{k(j+1)}$ следующим образом:

(1) Если $r_{k(j+1)} < \overline{a}_k \cdot \overline{r}$, то констатируется, что $k$-ая семья находится в поисках более богатого источника дохода и

$\gamma_{k(j+1)} = \gamma_{kj}$;

$i_{k(j+1)} = i_{kj}$;

$\beta_{k(j+1)} = \beta_{kj}$.

(2) Если $r_{k(j+1)} < \overline{s}_k \cdot \overline{a}_k \cdot \overline{r}$, тогда констатируется, что семья живет не по средствам, и принимается решение об уменьшении расходов, т.е.

$$\gamma_{k(j+1)} = \begin{cases} \gamma_{kj}/\overline{\gamma}, & \text{если } \gamma_{kj} > \overline{\gamma}, \\ \gamma_{kj}, & \text{иначе}; \end{cases}$$

$$i_{k(j+1)} = \begin{cases} i_{kj}, & \text{если } \gamma_{kj} > \overline{\gamma}, \\ 1, & \text{иначе;} \end{cases}$$

$$\beta_{k(j+1)} = \begin{cases} \beta_{kj}, & \text{если } \gamma_{kj} > \overline{\gamma}, \\ \beta_k^0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $\overline{\gamma} = const$ – минимальный уровень расхода.

(3) Если $\overline{a}_k \cdot \overline{r} < r_{k(j+1)} < \overline{s}_k \cdot \overline{a}_k \cdot r_{max}$, то семья живет в достатке и нет необходимости в изменениях:

$\gamma_{k(j+1)} = \gamma_{kj}$;

$i_{k(j+1)} = i_{kj}$;

$\beta_{k(j+1)} = \beta_{kj}$.

(4) Если $r_{k(j+1)} > \overline{s}_k \cdot \overline{a}_k \cdot r_{max}$, тогда

$$\gamma_{k(j+1)} = \begin{cases} \gamma_{kj}/\hat{\gamma}, & \text{если } \gamma_{kj} < \hat{\gamma}, \\ \gamma_{kj}, & \text{иначе;} \end{cases}$$

$$i_{k(j+1)} = \begin{cases} i_{kj}, & \text{если } \gamma_{kj} < \hat{\gamma}, \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

$$\beta_{k(j+1)} = \begin{cases} \beta_{kj}, & \text{если } \gamma_{kj} < \hat{\gamma}, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $\hat{\gamma} = const$ – средний уровень расхода.

(5) Если $r_{k(j+1)} < \hat{r}$, $\gamma_{kj} < \overline{\gamma}$, $i_{kj} = 1$, где $\hat{r} = const$ – граница острого кризиса для семьи, то происходит распад $k$-ой семьи, $\alpha_{k(j+1)} = 0$, $\beta_{k(j+1)} = 0$, и вычисления с помощью уравнения (7.1) дальше не производятся.

Условие (1) означает, что семьи с более высокой адаптацией ощутили происходящие изменения в экономике заблаговременно, до наступления острого кризиса, и успевают сориентироваться. Таким образом, выбирается стратегия **поиска более денежной работы**.

Условие (2) характеризует стратегию **снижения расходов**, когда еще не достигнут самый нижний уровень жизнеобеспечения. Другими словами, семья выбирает тип поведения "перекрутимся, будем экономить на всем". Если все же снизить расходы невозможно, то при достаточном уровне толерантности в семье женщина должна будет искать работу.

Условие (3) предполагает выбор **выжидательной стратегии** адаптивного поведения. Капитал достаточно большой и семья выбирает тип поведения "будем жить как раньше; нам пока хватает".

Условие (4). Семья живет с доходом, превышающем среднюю границу дохода на семью. В этом случае семья может увеличивать свои расходы, и в дальнейшем женщина может оставить работу и посвятить себя домохозяйству.

Условие (5). Нет возможности выбрать какую-либо из стратегий адаптивного поведения в условиях кризиса. Следовательно, семья не может адаптироваться к кризису, она имеет недостаточный капитал при обоих работающих супругах в семье, расход ниже прожиточного минимума для выживания, и это **ведет к распаду семьи**. Распад семьи – показатель неадаптированности семьи.

Проанализируем, при каких условиях происходит **смена идентичности** женщин. До экономического кризиса, с повышением дохода семьи растет доля женщин, которые предпочитают семью работе, и наоборот. Таким образом, уменьшение занятости женщин в общественном производстве, их ориентация на семейные ценности обусловлены тем, что у мужчин имеется возможность хорошо зарабатывать и обеспечивать семью достаточным капиталом ($r_{kj+1} > \overline{s}_k \cdot \overline{a}_k \cdot r_{max}$). Расход семьи при этом намного выше прожиточного минимума ($\gamma_{kj} > \hat{\gamma}$). Экономический кризис ломает сложившийся образ жизни, и в семьях, где мужчины имеют достаточный уровень толерантности к профессиональной активности женщин, для того чтобы семьи выжила женщины с высокой творческой энергией и адаптивными способностями идут работать ($r_{kj+1} < \overline{s}_k \cdot \overline{a}_k \cdot \overline{r}, \gamma_{kj} < \overline{\gamma}$).

### 7.2.3. Компьютерный эксперимент

Построенная модель реализована на языке $Objective - C$ в мульти-агентной системе моделирования $\mathcal{SWARM}$. Возможности встроенного графического интерфейса пользователя в данном пакете позволяют визуально наблюдать за ходом развития процесса. С помощью специального инструментария, содержащегося в основных библиотеках, мы выводим на экран анимационную картину. Выводится среда исследования (сеточная область), на которой располагаются семьи, состоящие из агента-мужчины и агента-женщины, а также отображается количество ресурса в каждой ячейке. Клетки, содержащие семьи с различной идентичностью агентов, окрашены в разные цвета. Степень богатства ресурса в источниках среды различается по цветовой гамме: чем больше ресурс, тем ярче цвет. Таким образом, мы можем выявить более богатый источник дохода. Процесс можно наблюдать как в непрерывном, так и в пошаговом режиме. В любой момент времени можно узнать значение характеристик семьи, идентичность агентов, вызвав вспомогательное графическое окно на каждую семью. Изменяя в данном окне значения параметров, мы имеем возможность переместить семью к другому источнику дохода, поменять ее характеристики.

При первоначальном запуске программы-модели появляется пользовательская панель управления, позволяющая переключать режимы работы (остановка, непрерывный и пошаговый режим, сохранение любого этапа имитации), панель начальных данных модели, где отображаются начальные значения параметров, которые устанавливаются исследователем.

Для описанной выше модели проведены компьютерные эксперименты и подобраны значения характеристик, при которых поведение агентов согласуется с моделируемой ситуацией. Рассматривалось поведение семьи до, во время и после экономического кризиса. Первоначально в модели задается докризисная ситуация, характеризующаяся семейно-ориентированным образом жизни членов семьи, предполагающем принятие как мужчинами, так и женщинами традиционных ролей, т.е. муж-

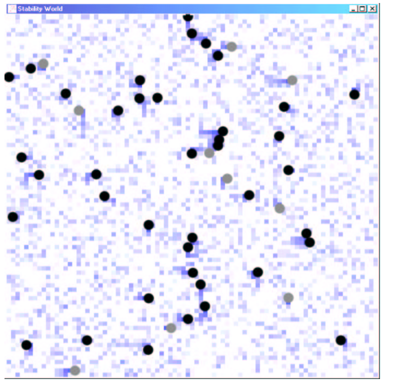



Рис. 7.1: Стадия жизни семьи в стабильном обществе

чина работает, а женщина нет.

Семьи располагаются случайным образом, имея определенные внутренние характеристики: начальный капитал, уровень адаптации, толерантности, степень идентичности женщины в семье, коэффициенты дохода мужчины, женщины и расхода семьи. Рассматривалось 50 семей (рис.7.1). Темными точками отображаются семьи с двумя работающими супругами, светлыми – семьи, в которых муж обеспечивает семью полностью. Вокруг агентов располагаются с различной яркостью квадратики, характеризующие наличие ресурса в источниках дохода семьи. Через некоторые промежутки времени происходит то уменьшение ресурса в источниках дохода семьи, то увеличение. Задача агентов состоит в поддержании равновесия между доходом и потреблением ресурсов в семье.

В период роста доходов большая часть агентов-женщин ориентированы на семью (рис. 7.1). Но приходит время, когда резкое сокращение ресурсов в источниках доходов ведет к наступлению экономического кризиса в семье. В этом случае агентам необходимо сориентироваться и выбрать наиболее приемлемую для их семьи стратегию адаптивного поведения. Это может быть: 1) поиск более денежной работы (агенты

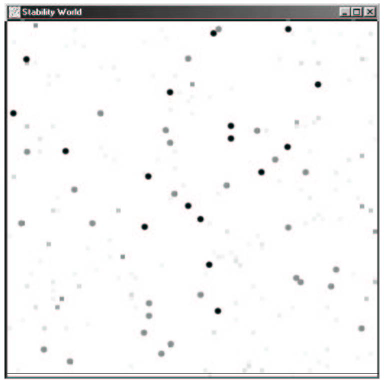



Рис. 7.2: Семьи искусственного общества в состоянии экономического кризиса

перемещаются ближе к наиболее богатым местам расположения ресурсов); 2) снижение притязаний (агенты вынуждены в связи с острой нехваткой доходов сократить свои расходы); 3) смена идентичности — агент-женщина с высокой персональной активностью может изменить на время кризиса семейную ориентацию на профессиональную. Можно видеть, что в случае долгого экономического кризиса большинство агентов-женщин имеют профессиональную ориентацию (рис.7.2). Если стратегия адаптивного экономического поведения выбрана успешно, то в этих семьях устанавливается баланс роста и потребления ресурса.

По истечении некоторого времени можно наблюдать изменение наличного капитала, коэффициента расхода семьи, самоидентичности женщин, количество семей преодолевших кризисную ситуацию, а также увеличение/уменьшение ресурса в источниках дохода с определенным периодом. Мы можем устанавливать временные периоды экономических кризисов и стабильного развития. В данном примере период равен 400. Таким образом, сначала мы задаем этап стабильного развития общества, а затем при $t = 400$ наступает период экономическо-

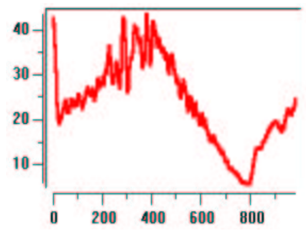



Рис. 7.3: Динамика изменения капитала семьи

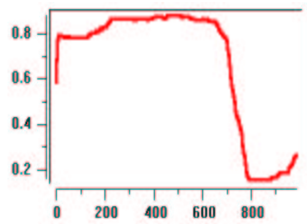



Рис. 7.4: График изменения коэффициента расхода капитала семьи

го кризиса и т.д.

На рис. 7.3 дана динамика изменения капитала семьи. На промежутке времени $(0, 400)$ наблюдается колебательный рост капитала семьи. В момент времени $t = 400$ (заданное время наступления экономического кризиса) происходит резкое уменьшение наличного капитала. Жизнь становится дороже, а доходы все меньше (количество ресурса с наступлением кризиса в источниках дохода уменьшается). По окончании экономического кризиса ($t = 800$) постепенно капитал семьи начинает возрастать.

На рис. 7.4 изображен график изменения коэффициента расхода капитала семьи со временем. В период стабильного развития $(0, 400)$ коэффициент расхода семьи возрастает в соответствии с ростом наличного капитала семьи (рис. 7.3) и со временем стабилизируется. С наступлением экономического кризиса ($t = 400$) малая часть семей уменьшает свои расходы, но большинство придерживаются старого коэффициента расхода, т.е. они пытаются сохранить прежний образ жизни. Но в момент времени ($t \approx 750$), когда капитал семьи (рис. 7.3) падает ниже заданной границы, означающей острый экономический кризис в семье ($\overline{r} = 10$), основное количество семей вынужденно резко снизить свои расходы. После экономического кризиса некоторое время коэффициент расхода семьи сохраняется малым. Это объясняется тем, что семьи находятся еще

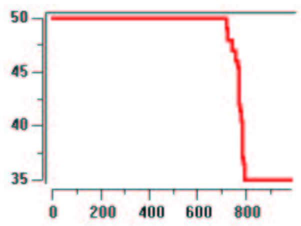



Рис. 7.5: График изменения количества семей

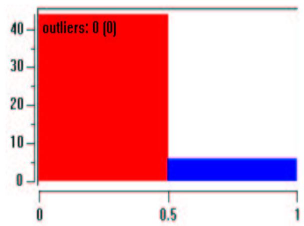



Рис. 7.6: Диаграмма соотношения количество семей с различной идентичностью женщин

в ожидании того, что жизнь станет труднее материально, и боятся, смогут ли они приспособиться, если сразу повысят свои расходы. В дальнейшем, когда капитал семьи превышает среднюю границу дохода, семья начинает понемногу увеличивать расходы. Но не до того уровня, который наблюдался до экономического кризиса. Следовательно, первоначально, во время кризисной ситуации, большинство семей не хотят расставаться с привычным уровнем жизни и, используя внутренние резервы семьи, выбирают такие стратегии адаптивного поведения, как поиск более денежной работы и выжидательная стратегия. Можно заключить, что стратегия снижения расходов востребывается семьей в ситуации острого экономического кризиса.

На рис. 7.5 дан график изменения количества семей со временем. Из графика видно, что количество семей в период кризиса некоторое время сохраняется (происходит выбор различных стратегий адаптивного поведения), но позже ($t \approx 750$), когда капитал семьи намного ниже прожиточного минимума и нет успешной стратегии выживания, семья находится на "краю" устойчивости, и происходит распад некоторого количества семей. С прекращением экономического кризиса количество семей опять стабилизируется.

На рис. 7.6 диаграмма отражает изменение соотношения количество семей с профессиональной и семейной идентич-

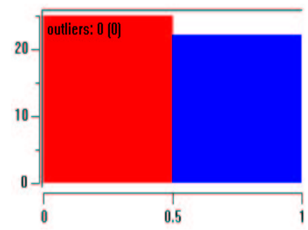



Рис. 7.7: Диаграмма соотношения при наступлении экономического кризиса

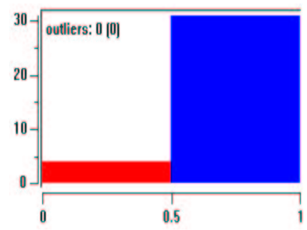



Рис. 7.8: Диаграмма соотношения в период острого кризиса

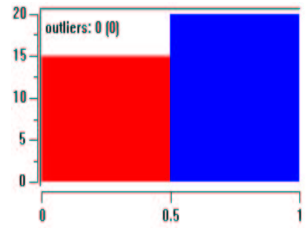



Рис. 7.9: Диаграмма соотношения при преодолении экономического кризиса

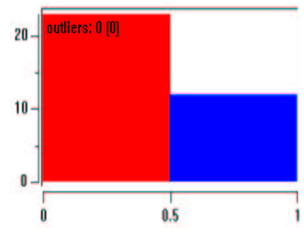



Рис. 7.10: Диаграмма соотношения на этапе стабильного развития

ностью женщин. Первый столбец показывает количество семей, в которых женщина семейно-ориентированна, второй – профессионально-ориентированна. Проанализируем, когда происходит изменение идентичности женщины в семье. Из диаграммы на рис. 7.6 видно, что большинство женщин до кризиса не работают в соответствии с традиционным образом семьи.

С наступлением экономического кризиса растет доля профессионально-ориентированных женщин (рис. 7.7). В период острого кризиса подавляющее большинство женщин вынуждены работать. Здесь уже муж и жена делят между собой ответственность за финансовое обеспечение семьи (рис. 7.8).

Стратегия "домашней хозяйки" формируется по мере преодоления экономического кризиса и достижения стабильности в обществе (рис. 7.9). В дальнейшем, на этапе стабильного развития общества, явно перевешивается чаша весов в сторону семей, в которых женщины не работают, поскольку доход мужа обеспечивает высокий жизненный уровень (рис. 7.10).

Полученные результаты говорят не столько об удельном весе той или иной стратегии, сколько о тенденциях поведения семей в стремлении преодолеть кризисную ситуацию. Выявленное в исследовании различие стратегий показывает, что основным внутренним резервом при наступлении экономического кризиса, который пытается использовать семья, является возможность женщины сменить семейную ориентацию на профессиональную. Это дает дополнительный доход семье и возможность преодолеть экономический кризис.

---

**Лев Николаевич Гумилёв** (1912-1992). После возвращения (1956) из сталинских лагерей работал по приглашению ректора Ленинградского государственного университета А.Д. Александрова в Научно-исследовательском институте географии при ЛГУ. Доктор исторических наук. Заложил основы новой теории этногенеза, основанной на понятиях пассионарности и пассионарной энергии. Автор книги "Этногенез и биосфера Земли".

*Глава восьмая*

# Этнические системы Гумилёва

# Глава 8

# Этнические системы Гумилёва

В данной главе строится математическая модель этнического поля. Описываются процессы возникновения, развития и угасания этнических систем, т.е. этносов. Используется теория этногенеза Льва Гумилёва [19]. Учитываются распространение влияния этносов и их взаимодействие. Модель построена на основе балансового интегрального уравнения. Моделируются потоки пассионарной энергии на территории Европы, Северной Африки и Ближнего Востока.

## 8.1. Основные понятия теории этногенеза

**Этнос** – это естественно сложившийся на основе оригинального стереотипа[1] поведения коллектив людей, существующий как энергетическая система, противопоставляющая себя другим таким же коллективам, исходя из ощущения *компли-*

[1] *Стереотип* – неизменный общепринятый образец, которому все следуют.

*ментарности.* Положительная (отрицательная) комплиментарность – это ощущение подсознательной взаимной симпатии (антипатии) людей, определяющее деление на "своих" и "чужих" [19].

**Этническое поле** – это поле, обеспечивающее взаимодействие членов этноса и регулирующее их совместную целенаправленную деятельность. Этническое поле формируется за счет *пассионарной энергии*[2]. Каждый этнос формирует свое уникальное поле и каждый член этноса реагирует именно на это поле. Воздействие поля проявляется в стереотипе поведения членов этноса, в ландшафте, который окружает человека с рождения, в культурных ценностях этноса.

## 8.2. Напряжение и энергия этнического поля

### 8.2.1. Построение функции напряжения этнического поля

Для оценки степени интенсивности воздействий этнического поля существует методика [19, с.408], согласно которой интенсивность измеряется в частоте исторических событий. В нашем случае необходимо рассматривать события этнической истории. Применим эту методику для построения функции *напряжения этнического поля.*

Рассмотрим некоторый начальный промежуток времени в истории продолжительностью 10 лет. На территории этноса определим опорные точки — местонахождение крупных населенных пунктов, где велась запись исторических событий в этот период. Обозначим множество этих точек $(x_i, y_i) \in \mathbb{R}^2$ как множество $\mathcal{G}$. Подсчитаем количество этнических событий в каждой точке из $\mathcal{G}$ на протяжении исследуемого временного

[2] *Пассионарная энергия* – это избыток биохимической энергии живого вещества (людей), подавляющий в человеке инстинкт самосохранения и определяющий способность к целенаправленным сверхнапряжениям [22].

периода. Построим функцию $h : \mathcal{G} \to \mathbb{R}^+$, принимающую полученные значения. Пусть $D_0 \subset \mathbb{R}^2$ — односвязная область с кусочно-гладкой границей, содержащая внутри все точки из $\mathcal{G}$. Теперь построим непрерывную кусочно-линейную функцию $g : D_0 \to \mathbb{R}^+$, совпадающую с функцией $h$ на множестве $\mathcal{G}$, причем равную нулю на границе области $D_0$. Полученную функцию $g$ назовем ***функцией напряжения этнического поля*** данного этноса на заданном промежутке времени.

Теперь разобьем временной период жизни этноса $[0, T]$ ($T \geq 10$) на участки по 10 лет ($t_0 = 0, t_1 = 10, ..., t_n = T$). Построим указанным выше способом для каждого промежутка времени $[t_j, t_{j+1})$ области $D_j$ и функции напряжения этнического поля $g_j$. Пусть $D \subset \mathbb{R}^2$ — односвязная область с кусочно-гладкой границей, включающая в себя объединение областей $D_j$,

$$D_0 \cup D_1 \cup ... \cup D_{n-1} \subset D.$$

Построим непрерывную кусочно-линейную[3] функцию $E : D \times [0, T] \to \mathbb{R}^+$, совпадающую с семейством функций $\{g_j\}_{j=0}^{n-1}$ в дискретные моменты времени $t = t_j$. Причем, функция $E$ принимает значение равное нулю на границе области $D$. Построенная функция $E(x, y, t)$ описывает динамику изменения напряжения этнического поля на всем промежутке $[0, T]$ времени жизни этноса.

### 8.2.2. Связь напряжения и энергии этнического поля

Каждый член этноса обладает своей степенью восприимчивости к воздействию этнического поля. Кроме того, у каждого индивида своя степень целенаправленного использования пассионарной энергии. Припишем каждому $i$-ому члену этноса величину $Q_i$, оценивающую степень восприимчивости и целенаправленного использования пассионарной энергии. Рассмо-

[3]Для каждой фиксированной точки $x \in P$.

трим «действие»[4] $i$-го члена этноса

$$S_i = \int\limits_{t_1}^{t_2} k_S Q_i(t) E(x(t), y(t), t) dt,$$

где $k_S$ – некоторый коэффициент, $E(x(t), y(t), t)$ — напряжение этнического поля в точке $(x(t), y(t))$ нахождения члена этноса в момент времени $t$.

Пусть

$$O(t) = \sum_i Q_i(t) = \iint\limits_G q(x, y, t) dx dy,$$

где $q : D \times [0, T] \to \mathbb{R}^+$ – плотность величины $Q(t)$ в области $G \subset D$. Суммирование по $i$ проводится по всем членам этноса находящимся в области $G$. Будем предполагать, что $q$ является непрерывной. Тогда суммарное действие, совершаемое членами этноса, находящимися в области $G$, за промежуток времени $[t, t + \Delta t]$ будет равно

$$S = \int\limits_t^{t+\Delta t} \iint\limits_G k_S q(x, y, t) E(x, y, t) dx dy dt.$$

Определим энергию $U(t)$ этнического поля в момент времени $t$ как «мгновенную скорость действия», совершаемого членами этноса в области $G$ за промежуток времени $[t, t+\Delta t]$ при $\Delta t \to 0$. Получим

$$U(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} \int\limits_t^{t+\Delta t} \iint\limits_G k_S q(x, y, t) E(x, y, t) dx dy dt.$$

Мы предположили, что $q(x, y, t)$ является непрерывной функцией, а функция $E(x, y, t)$ является непрерывной по построе-

[4] $S_i$ действительно имеет размерность действия (эрг·сек) и при варьировании по $x$, $y$ дает закон движения членов этноса в этническом поле.

нию (см. 8.2.1.). Поскольку подынтегральная функция непрерывна, то по теореме о среднем значении получаем

$$U(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \iint_G k_S q(x, y, t_\theta) E(x, y, t_\theta) dx dy,$$

где $t_\theta = t + \theta \Delta t$. Учитывая, что $\Delta t \to 0$, получаем

$$U(t) = \iint_G k_S q(x, y, t) E(x, y, t) dx dy.$$

Пусть

$$u(x, y, t) = k_S q(x, y, t) E(x, y, t).$$

Эту функцию будем называть *плотностью энергии этнического поля.* Данная формула показывает связь напряжения этнического поля и плотности энергии поля.

## 8.3. Построение модели этнического поля

### 8.3.1. Балансовое уравнение и описание потоков пассионарной энергии

Будем рассматривать динамику нескольких этносов на некоторой территории. Пусть $k$ – количество этносов. Зафиксируем односвязную область $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ с кусочно-гладкой границей, охватывающую территорию влияния всех $k$ этносов на промежутке времени $[0, T]$,

$$\bigcup_{i=1}^{k} \bigcup_{j=0}^{n-1} D_j^i \subset \Omega.$$

Здесь $k$ — количество этносов, $n$ — количество разбиений по времени, $D_j^i$ — область влияния $i$-го этноса на $j$-м временном промежутке (см. 8.2.1.).

Пусть функция $u_i(x, y, t) : \Omega \times [0, T] \to \mathbb{R}^+$ описывает динамику плотности пассионарной энергии этнического поля $i$-го этноса. Возьмем произвольную область $G \subset \Omega$ с кусочно-гладкой границей $\Gamma$. Полную пассионарную энергию $i$-го этноса в этой области в момент времени $t$ определим формулой

$$U_i(t) = \iint\limits_G u_i(x, y, t) dx dy.$$

Предположим, что для пассионарной энергии в любой области выполняется закон сохранения энергии. Тогда изменение полной пассионарной энергии будет равно сумме всех потоков энергии, втекающих в область и вытекающих из нее.

Определим четыре основных процесса изменения пассионарной энергии, а также потоки энергии, сопровождающие эти процессы. Опишем изменение плотности энергии в любой заранее заданной области $G$ при протекании этих процессов.

1. **Растекание пассионарной энергии.** Этнос стремится расширить пределы своего расселения. Пассионарная энергия "расплывается" по территории ландшафта. Потоки энергии этноса идут во всех направлениях, но неравномерно, что связано с различными коммуникационными трудностями перемещения. Таким образом, процесс растекания пассионарной энергии можно описать выражением

$$R_i(t) = \oint\limits_\Gamma \varepsilon_i(x, y, t) \frac{\partial u_i}{\partial n}(x, y, t) d\gamma,$$

где $R_i$ — пассионарная энергия, втекающая (вытекающая, когда $R_i < 0$) в область $G$ через ее границу $\Gamma$, $\varepsilon_i(x, y, t)$ — коэффициент, который будем называть *пассионаропроводимостью* ландшафта (предполагается, что $\varepsilon_i \geq 0$). Этот коэффициент характеризует скорость распространения пассионарной энергии и учитывает коммуникационные особенности ландшафта. Выражение $\frac{\partial u_i}{\partial n}$ означает производную функции $u_i$ по направлению внешней нормали $\vec{n}$ к участку границы $d\gamma$ и определяется как

$$\frac{\partial f}{\partial n} = \frac{\partial f}{\partial x}\cos(x,\vec{n}) + \frac{\partial f}{\partial y}\sin(x,\vec{n}),$$

где $(x,\vec{n})$ — угол между осью $Ox$ и вектором нормали $\vec{n}$.

2. **Целенаправленное перемещение энергии.** При возникновении противостояний между соседними этносами каждый из них начинает перемещать свои силы в направлении враждебного этноса. Опишем данный процесс целенаправленного переноса пассионарной энергии по ландшафту выражением

$$P_i(t) = \oint_\Gamma -(\vec{a}_i,\vec{n})u_i(x,y,t)d\gamma,$$

где $P_i$ — пассионарная энергия, втекающая в область $G$ в результате направленного перемещения энергии через границу $\Gamma$, $\vec{a}_i$ — векторное поле, задающее направления перемещений энергии, $\vec{n}$ — внешняя нормаль к участку границы $d\gamma$. Если движение, задаваемое полем $\vec{a}_i$, не имеет вихрей, т.е. оно потенциально ($\mathrm{rot}\ \vec{a}_i = 0$), то существует скалярная функция $\varphi_i$ такая, что $\vec{a}_i = -\mathrm{grad}\ \varphi_i(x,y,t)$. При этом $-(\vec{a}_i,\vec{n}) = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\cos(x,n) + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\sin(x,n)$, и выражение для $P_i$ примет вид

$$P_i(t) = \oint_\Gamma \frac{\partial\varphi_i}{\partial n}(x,y,t)u_i(x,y,t)d\gamma.$$

3. **Индукция пассионарной энергии.** Пассионарность обладает важным индуктивным свойством [19]. Это значит, что гармоничные люди (а в еще большей степени — импульсивные), оказавшись в непосредственной близости от пассионариев, начинают вести себя так, как если бы они были пассионариями. Этот процесс опишем выражением

$$T_i^+(t) = \iint_G \beta_i^+(x,y,t)u_i(x,y,t)dxdy.$$

Здесь $T_i^+(t)$ — приток пассионарной энергии за счет процесса индукции в заданной области $G$, линейно зависящий от плотности пассионарной энергии с коэффициентом $\beta_i^+(x, y, t)$, отражающем интенсивность процесса индукции пассионарной энергии (предполагаем, что $\beta_i^+ \geq 0$).

4. **Утрата пассионарной энергии.** Утрата пассионарной энергии происходит при изменении ландшафта и вследствие ведения военных действий, ведущих к гибели членов этноса. Затраты энергии, связанные с переустройством ландшафта, можно описать выражением

$$T_i^-(t) = \iint_G -\beta_i^-(x, y, t)u_i(x, y, t)dxdy,$$

где $T_i^-(t)$ — поток утрачиваемой энергии, связанный с жизнеобеспечением членов этноса и поддержанием ландшафта. Поток пропорционален плотности пассионарной энергии с коэффициентом $\beta_i^-(x, y, t)$, отражающем интенсивность процесса утраты пассионарной энергии (предполагаем, что $\beta_i^- \geq 0$).

При столкновении двух этносов происходит уменьшение пассионарной энергии пропорционально энергии обоих этносов. Опишем этот процесс выражением

$$K_i(t) = \iint_G -\Big(\sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij}(x, y, t)u_j(x, y, t)\Big)u_i(x, y, t)dxdy,$$

где $u_j$ — плотность пассионарной энергии враждебного этноса, $\gamma_{ij}(x, y, t)$ — коэффициент утраты энергии при соперничестве $i$-го и $j$-го этносов. В сумме присутствует слагаемое $\gamma_{ii}u_i^2$, описывающее внутренние конфликты в этносе, интенсивность которых нарастает с ростом плотности пассионарной энергии.

Согласно предположению об изменении общей пассионарной энергии, сделанному выше, запишем балансовое уравнение. Изменение объема энергии $i$-го этноса $\Delta U_i$ с момента времени $t_1$ до $t_2$ равно сумме всех потоков энергии за этот промежуток времени, т.е.

$$\Delta U_i = U_i(t_2) - U_i(t_1) =$$

$$= \int\limits_{t_1}^{t_2} \left[ R_i(t) + P_i(t) + T_i^+(t) + T_i^-(t) + K_i(t) \right] dt, \tag{8.1}$$

$$i = 1, 2, ..., k.$$

Следовательно, имеем систему интегральных уравнений, описывающих изменение пассионарной энергии $k$ этносов в любой области $G$,

$$\iint\limits_G u_i(x,y,t_2) - u_i(x,y,t_1) dxdy =$$

$$= \int\limits_{t_1}^{t_2} \left\{ \oint\limits_\Gamma \left[ \varepsilon_i(x,y,t) \frac{\partial u_i}{\partial n}(x,y,t) + \frac{\partial \varphi_i}{\partial n}(x,y,t) u_i(x,y,t) \right] d\gamma + \right.$$

$$+ \iint\limits_G \left( \beta_i^+(x,y,t) - \beta_i^-(x,y,t) \right) u_i(x,y,t) dxdy + \tag{8.2}$$

$$\left. + \iint\limits_G - \left( \sum_{j=1}^k \gamma_{ij}(x,y,t) u_j(x,y,t) \right) u_i(x,y,t) dxdy \right\} dt,$$

$$i = 1, 2, ..., k.$$

Ниже мы приведем эту систему к системе дифференциальных уравнений параболического типа.

### 8.3.2. Вывод уравнения этнического поля

Докажем, что функция плотности пассионарной энергии этноса $u_i(x,y,t)$ удовлетворяет уравнению этнического поля

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + \nabla \varphi_i \nabla u_i + \Delta \varphi_i u_i +$$

$$+ \left( \beta_i^+ - \beta_i^- - \sum_{j=1}^k \gamma_{ij} u_j \right) u_i \tag{8.3}$$

во всей области $\Omega$ на промежутке времени $[0, T]$.

Перечислим условия, накладываемые на функции в правой части уравнения:

A) $\varepsilon_i$ — непрерывно-дифференцируема на $\Omega$, непрерывна по $t$ на всем промежутке $[0, T]$;

B) $\varphi_i$ — дважды непрерывно-дифференцируема на $\Omega$, непрерывна по $t$ на $[0, T]$;

C) $\beta_i^+, \beta_i^-, \gamma_{ij}$ — непрерывны на $\Omega \times [0, T]$.

**Теорема**. *Пусть все функции* $u_i(x, y, t) : \Omega \times [0, T] \to \mathbb{R}^+$, $i = 1, 2, ...k$, *имеют вторые непрерывные производные в* $\Omega$, *непрерывные производные по* $t$ *и удовлетворяют уравнению* (8.2). *Предположим, что область* $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ *односвязна и имеет кусочно-гладкую границу, а функции* $\varepsilon_i$, $\varphi_i$, $\beta_i^+$, $\beta_i^-$, $\gamma_{ij}$ *удовлетворяют условиям* A), B), C). *Тогда каждая функция* $u_i$ *внутри области* $\Omega$ *удовлетворяет уравнению* (8.3) *на промежутке* $[0, T]$.

**Доказательство**. Зафиксируем некоторый номер $i$. Возьмем произвольную область $G \subset \Omega$ с кусочно-гладкой границей $\Gamma$.

Поскольку функция $\varepsilon_i$ непрерывно-дифференцируема на $\Omega$, функция $u_i$ дважды непрерывно-дифференцируема на $\Omega$, то это остается верным и для области $G$. Значит, к выражению для $R_i(t)$ из (8.1) можно применить следствие из формулы Грина [71, с.179]

$$\iint\limits_G v \Delta u dx dy = -\iint\limits_G \left( \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} \right) dx dy + \oint\limits_\Gamma v \frac{\partial u}{\partial n} d\gamma. \quad (8.4)$$

В результате получим

$$R_i(t) = \oint\limits_\Gamma \varepsilon_i \frac{\partial u_i}{\partial n} d\gamma = \iint\limits_G (\varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i) dx dy, \quad (8.5)$$

где

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}, \quad \nabla f \nabla g = \frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y}\frac{\partial g}{\partial y}.$$

Поскольку функция $\varphi_i$ дважды непрерывно-дифференцируема, то к выражению для $P_i(t)$ из (8.1) также можно применить следствие из формулы Грина (8.4)

$$P_i(t) = \oint\limits_{\Gamma} \frac{\partial \varphi_i}{\partial n} u_i d\gamma = \iint\limits_{G} (u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i) dxdy. \qquad (8.6)$$

Подставляем выражения для описанных функций (8.5), (8.6) в (8.1) и получаем

$$\iint\limits_{G} u_i(x,y,t_2) - u_i(x,y,t_1) dxdy = \int\limits_{t_1}^{t_2} \iint\limits_{G} \Big[ \varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i +$$

$$+ u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i + \beta_i^+ u_i - \beta_i^- u_i - \Big( \sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij} u_j \Big) u_i \Big] dxdydt.$$

Поскольку подынтегральные функции непрерывны в области $\Omega$ и, следовательно, они непрерывны в $G$, то к интегралам по $G$ применима теорема о среднем значении [71, с.134]. Согласно этой теореме найдется точка $(\bar{x}, \bar{y}) \in G$ такая, что

$$\iint\limits_{G} f(x,y) dxdy = f(\bar{x}, \bar{y}) \cdot \sigma(G), \quad \text{где} \quad \sigma(G) = \iint\limits_{G} dxdy.$$

Получаем

$$\big[ u_i(x_1, y_1, t_2) - u_i(x_1, y_1, t_1) \big] \cdot \sigma(G) = \int\limits_{t_1}^{t_2} \Big[ \varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i +$$

$$+ u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i + \beta_i^+ u_i - \beta_i^- u_i - \big( \sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij} u_j \big) u_i \Big] \Big|_{(x_2, y_2, t)} \cdot \sigma(G) dt,$$

где $(x_1, y_1) \in G$, $(x_2, y_2) \in G$.

Поскольку функции в правой части непрерывны по $t$, то к интегралу по $t$ также применима теорема о среднем, т.е. найдется $t_3 \in [t_1, t_2]$ такое, что

$$\big[u_i(x_1, y_1, t_2) - u_i(x_1, y_1, t_1)\big] \cdot \sigma(G) = \Big[\varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + u_i \Delta \varphi_i +$$

$$+\nabla u_i \nabla \varphi_i + \beta_i^+ u_i - \beta_i^- u_i - (\sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij} u_j) u_i\Big]\Big|_{(x_2, y_2, t_3)} \cdot \sigma(G) \Delta t,$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$.

Поскольку функция $u_i$ имеет непрерывную производную по $t$, то к выражению в левой части применима теорема о конечном приращении, согласно которой найдется точка $t_4 \in [t_1, t_2]$ такая, что

$$\big[u_i(x_1, y_1, t_2) - u_i(x_1, y_1, t_1)\big] \cdot \sigma(G) = \frac{\partial u_i}{\partial t}\Big|_{(x_1, y_1, t_4)} \cdot \sigma(G) \Delta t.$$

Теперь на $\sigma(G)\Delta t$ можно поделить правую и левую часть уравнения, после чего получаем

$$\frac{\partial u_i}{\partial t}\Big|_{(x_1, y_1, t_4)} = \Big[\varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i +$$

$$+\beta_i^+ u_i - \beta_i^- u_i - (\sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij} u_j) u_i\Big]\Big|_{(x_2, y_2, t_3)}.$$

Поскольку полученное выражение верно для любой области $G$, то, зафиксировав некоторую точку $A$ внутри $G$, будем стягивать $G$ в эту точку, а $t_2$ устремим к $t_1$. В результате такого предельного перехода получим уравнение (8.3).

В силу произвольности выбора области $G$, точки $A$ и номера $i$, верным является утверждение о том, что уравнение (8.3) выполняется во всех точках области $\Omega$, для каждого номера $i$ и на всем промежутке $[0, T]$.

Теорема доказана.

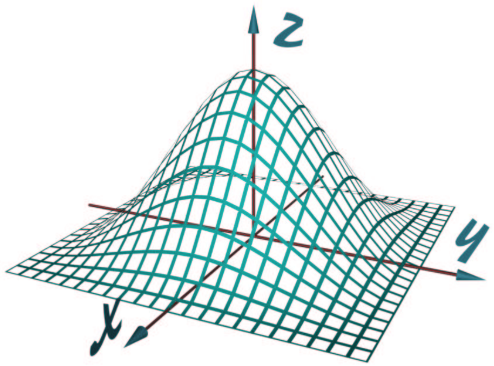



Рис. 8.1: Поверхность $z = e^{-(x^2+y^2)}$

### 8.3.3. Функция переноса пассионарной энергии

Рассмотрим один пример функции переноса пассионарной энергии $\varphi(x, y, t)$. Напомним, что $\vec{a} = \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)$ — вектор направления перемещения пассионарной энергии в точке $(x, y)$ в момент времени $t$. Если построить поверхность $z = \varphi(x, y)$ в трехмерном пространстве $(x, y, z)$, то поле направлений перемещения $\vec{a}$ в плоскости $xOy$ будет задаваться проекциями векторов нормалей к поверхности, построенных в каждой точке. Причем необходимо выбирать ту нормаль, которая направлена в сторону уменьшения координаты $z$.

Приводимый пример функции $\varphi$ соответствует перемещению энергии в заданную точку $(x_0, y_0)$. Потоки энергии направлены из всех точек в заданную точку. Эта точка является целью, к которой стремится этнос. В данном случае полагаем

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \Lambda(x, y)(x_0 - x),$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \Lambda(x,y)(y_0 - y),$$

где $\Lambda(x,y)$ — функция, регулирующая скорость перемещения. Определим ее следующим образом

$$\Lambda(x,y) = \lambda e^{-\mu((x_0-x)^2+(y_0-y)^2)}.$$

Здесь $\lambda > 0$, $\mu > 0$ — постоянные величины.

В таком случае, вектор grad $\varphi$ имеет компоненты

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \lambda e^{-\mu((x_0-x)^2+(y_0-y)^2)}(x_0 - x),$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \lambda e^{-\mu((x_0-x)^2+(y_0-y)^2)}(y_0 - y).$$

Проинтегрируем эти выражения и получим функцию $\varphi$

$$\varphi(x,y) = \frac{\lambda}{2\mu} e^{-\mu((x_0-x)^2+(y_0-y)^2)} + C,$$

где $C$ — произвольная постоянная.

В данном случае поверхность $z = \varphi(x,y)$ является поверхностью, которую можно назвать "шапочкой" (рис.8.1). Вершиной, т.е. точкой с наибольшей координатой $z$, является точка $(x_0, y_0, z_0)$, где $z_0 = \frac{\lambda}{2\mu} + C$. При отдалении от вершины функция $\varphi(x,y)$ монотонно убывает и на бесконечности стремится к значению $C$. Очевидно, что эта поверхность является гладкой.

Построенная, таким образом, функция $\varphi$ удовлетворяет условию В) из 8.3.2..

### 8.3.4. Функция пассионаропроводимости

Функция $\varepsilon(x,y,t) : \Omega \times [0,T] \to \mathbb{R}^+$ описывает коэффициент пассионарнопроводимости. Суть данного коэффициента заключается в том, что он отражает скорость перемещения пассионарной энергии по территории разных ландшафтов. Значения, принимаемые данной функцией, могут быть определены экспериментально. В таком случае, мы получаем таблицу значений коэффициента пассионаропроводимости в зависимости от типа ландшафта $\xi_\varepsilon : L \to \mathbb{R}^+$, где $L$ — множество типов ландшафтов. Для определения функции $\varepsilon$ необходимо в каждой точке из $\Omega$ задать тип ландшафта и соответствующее ему значение $\xi_\varepsilon$.

Построим прямоугольную область $S \supset \Omega$

$$S = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x_0 \le x \le \overline{x},\ y_0 \le y \le \overline{y}\}.$$

На $S$ зададим сетку

$$\omega_{h_x,h_y} = \{(x_i, y_j) \in S \mid x_i = x_0 + i \cdot h_x,\ y_j = y_0 + j \cdot h_y\},$$

где $i = 0, 1, 2, ..., n_x$, $n_x = (\overline{x} - x_0)/h_x$, $j = 0, 1, 2, ..., n_y$, $n_y = (\overline{y} - y_0)/h_y$.

Будем считать, что в каждом узле сетки известен тип ландшафта. Таким образом, на сетке $\omega_{h_x,h_y}$ задана функция $l_\omega : \omega_{h_x,h_y} \to L$.

Данное построение функции $l_\omega$ является математической моделью карты ландшафтов рассматриваемой территории. Здесь $S$ — образ географической карты, $\omega$ — множество узлов, соответствующее точкам пересечения параллелей и меридианов, $l_\omega$ — функция, задающая соответствие между географическим положением и типом ландшафта. Эта функция указывает, какой тип ландшафта имеет точка с заданными координатами. На географической карте тип ландшафта задается определенным цветом. Поэтому можно считать, что множество $L$ состоит из набора цветов, используемых для раскраски географической карты.

Отображение $\xi_\varepsilon$ определяет соответствие между типом ландшафта и скоростью перемещения этнического поля. Таким образом, отображение $\xi_\varepsilon(l_\omega(x_i, y_j))$ задает скорость перемещения в узлах сетки $\omega_{h_x,h_y}$. Для получения непрерывного отображения области $S$ на $\mathbb{R}^+$ необходимо задать значения функции вне сетки. Это задача интерполяции. Поскольку область $S \subset \mathbb{R}^2$, то для решения задачи интерполяции наиболее используемыми являются билинейная и бикубическая интерполяции. Билинейная проще, но бикубическая обеспечивает выполнение дополнительных условий, например дифференцируемость интерполирующей функции в узлах сетки.

Итак, построим функцию $\varepsilon_S(x, y)$, интерполирующую функцию $\xi_\varepsilon(l_\omega(x_i, y_j))$ на прямоугольнике $S$, используя бикубическую сплайн-интерполяцию. В результате получаем непрерывно-дифференцируемую функцию на $S$, принимающую значения $\xi_\varepsilon(l_\omega(x_i, y_j))$ в узлах сетки $\omega_{h_x,h_y}$. Функция $\varepsilon$ определяется сужением области определения $\varepsilon_S$ на $\Omega$

$$\varepsilon(x, y) = \{\varepsilon_S(x, y) \mid (x, y) \in \Omega\}.$$

Пусть $I_\Omega$ — оператор интерполяции в области $\Omega$, тогда функцию $\varepsilon$ можно записать так

$$\varepsilon(x, y) = I_\Omega(\xi_\varepsilon \circ l_\omega)(x, y).$$

Если с течением времени меняются значения функций $\xi_\varepsilon$ или $l_\omega$, то естественным образом строится функция $\varepsilon(x, y, t)$. Пусть $t_k$, $k = 0, 1, 2, ..., N$, – моменты времени изменения значений функций $\xi_\varepsilon$ и $l_\omega$. Изложенным выше способом строим функции $\varepsilon_k(x, y)$, соответствующие моменту времени $t_k$. Функция $\varepsilon(x, y, t)$ может быть построена с помощью линейной интерполяции по времени. В таком случае, функция $\varepsilon(x, y, t)$ будет непрерывной по $t$.

Итак, построенная функция $\varepsilon(x, y, t)$ является непрерывно-дифференцируемой в области $\Omega$ и непрерывной по $t$, что удовлетворяет условию А) из 8.3.2..

### 8.3.5. Функции интенсивности индукции и утраты

Функция $\beta(x, y, t) : \Omega \times [0, T] \to \mathbb{R}^+$ отражает интенсивность процесса индукции и утраты пассионарной энергии этноса. В нашей модели мы представляем эту функцию в виде разности двух функций

$$\beta(x, y, t) = \beta^+(t) - \beta^-(x, y).$$

Функция $\beta^+(t) : [0,T] \to \mathbb{R}^+$ отражает процесс индукции пассионарной энергии. Эта функция не зависит от координат точек, а только от возраста этноса. Она является убывающей от возраста; чем старше становится этнос, тем ниже скорость индукции. Опишем ее следующим образом

$$\beta^+(t) = \beta_0 - \beta_1 \cdot (t - T_0),$$

где $\beta_0$, $\beta_1$ — константы, задающие начальную скорость индукции и "ускорение" убывания индукции. Постоянная $T_0$ — момент рождения этноса.

Функция $\beta^-(x,y) : \Omega \to \mathbb{R}^+$ описывает скорость утраты пассионарной энергии. В нашей модели эта функция не зависит от времени, но зависит от типа ландшафта. По сути, она описывает затраты этноса на жизнеобеспечение и приспособление к ландшафту. Эта функция отражает приспосабливаемость этноса к определенному типу ландшафта. В родственном ландшафте затраты минимальны, а в других затраты возрастают в зависимости от пригодности данного ландшафта для жизни людей.

Функцию $\beta^-(x,y)$ можно построить способом, указанным в 8.3.4. Для этого зададим функцию $\xi_\beta : L \to \mathbb{R}^+$, которая ставит в соответствие типу ландшафта значение коэффициента утраты пассионарной энергии. Построим бикубический сплайн $\beta_S$ на прямоугольнике $S$ для функции $\xi_\beta(l_\omega(x_i, y_j))$. Функция $\beta^-$ определяется сужением функции $\beta_S$ на область $\Omega$. Зададим функцию $\beta^-$ следующим образом

$$\beta^-(x,y) = I_\Omega(\xi_\beta \circ l_\omega)(x,y).$$

### 8.3.6. Коэффициент соперничества

Коэффициент $\gamma_{ij}$ утраты пассионарной энергии при соперничестве этносов задает соотношение потерь пассионарной энергии в точке взаимодействия соперничающих этносов. В самом простом случае этот коэффициент можно задать в виде матрицы $(\gamma_{ij})$, элементами которой являются действительные неотрицательные числа. Если эта матрица симметрична, то потери $i$-го этноса равны потерям $j$-го при их соперничестве. Диагональные элементы $\gamma_{ii}$ показывают интенсивность утраты пассионарной энергии при внутренних конфликтах. Причем, член $\gamma_{ii}u_i^2$ сказывается тем сильнее, чем больше $u_i$, что связано с нарастанием внутренних конфликтов при увеличении пассионарного напряжения.

### 8.3.7. Модель этнического поля

Построенная модель является одним из возможных способов формализации теории этногенеза Л.Н. Гумилева [19]. Модель подчеркивает энергетический и географический аспекты теории и дает четкое формальное описание внутренних процессов.

Модель попадает в класс непрерывных детерминированных систем, что обеспечивает не только проведение численных экспериментов, но и возможность теоретического исследования.

Особенность модели заключается в использовании аппарата математической физики к описанию этносоциальных процессов. И это позволяет описать динамику энергетических процессов с учетом пространственного распространения.

Модель позволяет построить компьютерную реализацию с допустимой степенью приближения. Полученные с помощью компьютера результаты могут быть представлены в удобном для исследователя виде.

Данная модель может быть использована в качестве инструмента для исследований в области глобального развития общества. Проводимые эксперименты с привлечением данной модели смогут дать исследователю численные оценки той или иной исторической гипотезы, связанной с развитием этносферы.

Итак, приведем окончательный вариант модели взаимодействия этнических полей. Модель представляет собой систему из $k$ параболических дифференциальных уравнений с начальными и краевыми условиями

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + \nabla \varphi_i \nabla u_i + \Delta \varphi_i u_i +$$
$$+\left(\beta_i^+ - \beta_i^- - \sum_{j=1}^{k} \gamma_{ij} u_j\right) u_i, \qquad (8.7)$$
$$u_i(x,y,0) = u_i^0(x,y), \quad (x,y) \in \Omega,$$
$$u_i(x,y,t) = 0, \qquad (x,y) \in \partial\Omega,$$
$$i = 1, 2, ..., k,$$
$$\varphi_i(x,y) = \frac{\lambda_i}{2\mu_i} e^{-\mu_i((x_i^0 - x)^2 + (y_i^0 - y)^2)},$$
$$0 < \lambda_i, \mu_i, \quad (x_i^0, y_i^0) \in \Omega,$$
$$\varepsilon_i(x,y) = I_\Omega(\xi_{\varepsilon_i} \circ l_\omega))(x,y),$$
$$l_\omega : \omega_{h_x,h_y} \to L, \quad \xi_{\varepsilon_i} : L \to \mathbb{R}^+,$$
$$\beta_i^-(x,y) = I_\Omega(\xi_{\beta i} \circ l_\omega)(x,y), \quad \xi_{\beta i} : L \to \mathbb{R}^+,$$
$$\beta_i^+(t) = \beta_i^0 - \beta_i^1 \cdot (t - T_0^i), \quad \beta_i^0, \beta_i^1 \in \mathbb{R}^+, \quad T_0^i \geq 0,$$
$$\gamma = \begin{pmatrix} \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1j} & \cdots & \gamma_{1k} \\ \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ \gamma_{i1} & \cdots & \gamma_{ij} & \cdots & \gamma_{ik} \\ \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ \gamma_{k1} & \cdots & \gamma_{kj} & \cdots & \gamma_{kk} \end{pmatrix}, \quad \gamma_{ij} \in \mathbb{R}^+.$$

## 8.4. Результаты моделирования

Приведем результаты компьютерных экспериментов, проведенных с предложенной моделью. Эксперименты были получены с помощью программного обеспечения "Моделирование этнических полей", созданного специально для моделирования данной системы. Целью эксперимента было выяснение зависимости от типа ландшафта разделения территорий между некомплиментарными этническими системами.

Выяснение зависимости проводилось на основе вполне конкретных географических особенностей ландшафта территории Европы, Северной Африки и Ближнего Востока. Именно эта территория и была выбрана для проведения эксперимента. Для определения распределения ландшафтов были использованы географические атласы и современные карты ландшафтных зон.

В эксперименте участвовали три суперэтнические системы, которые получили следующие условные названия: "западно-католический", "славяно-православный" и "арабо-мусульманский". Каждый суперэтнос описывался своим набором параметров. Эксперимент проводился без фиксации определенного места и времени рождения этноса. Этносы зарождались в разной временной последовательности и в разных местах. Но после проведения более 400 "запусков модели" при разных начальных условиях мы получили среднестатистическую картину разделения территорий между данными суперэтническими системами. И эта картина очень сильно напоминает картину современного состояния всемирной этнической системы. Более того, полученная картина показывает наиболее характерные точки столкновений некомплиментарных этнических систем. Эти точки определяются ландшафтом.

### 8.4.1. Исходные данные эксперимента

Для проведения эксперимента необходимо задать исходные данные. Это та информация, которой достаточно для того, чтобы модель начала функционировать. В нашей модели для этого необходимо описать все функции, входящие в условие задачи (8.7).

Для описания функции $l_\omega$ будем использовать обычную карту ландшафтов (карту природных зон) (рис.8.2). Таким образом, отсканировав карту или получив ее в электронном виде с географического сайта в Интернете, мы каждому типу ландшафта приписываем тот цвет, которым он обозначен на карте. Мы получаем однозначное соответствие между географическими координатами (широта и долгота) и типом ландшафта

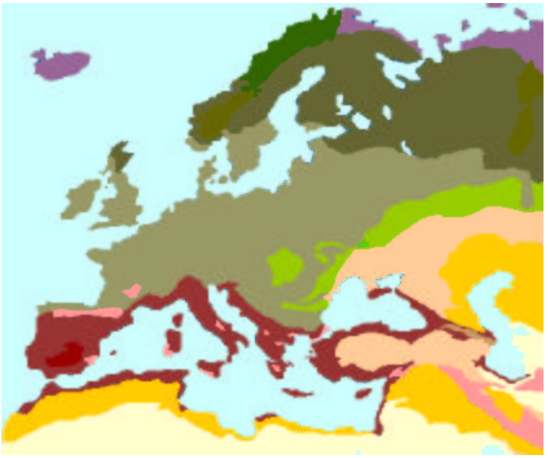


Рис. 8.2: Карта ландшафтов

Рис. 8.3: Физическая карта

(цвет на карте). Приписав каждому типу ландшафта определенное значение $\beta_l^i$, мы можем описать функцию $\beta_i^-(x,y)$:

$$\beta_i^-(x,y) = \beta_l^i \text{ при } \; l_\omega(x,y) = l.$$

При этом все значения $\beta_l^i$ различны при разных $i$. Это позволяет нам задать разницу между приспособленностью разных этносов к одному ландшафту. Для одного этноса ландшафт с номером $l$ является родственным, а другой этнос должен "привыкать" к данному ландшафту. Поэтому значение $\beta_l^{i_1}$ должно быть меньше, чем $\beta_l^{i_2}$, т.е. затраты этноса $i_1$ меньше в данном ландшафте.

Для описания функции пассионаропроводимости $\varepsilon(x,y)$ будем использовать другую карту – физическую карту того же региона (рис.8.3). Она сопоставляет географическим координатам высоту и тип местности. Мы зададим соответствие между информацией, полученной с географической карты, и скоростью перемещения пассионарной энергии. Чем светлее местность на карте, тем ниже скорость перемещения. Эта скорость связана с перемещением людей по ландшафту с целью обретения новых земель для проживания. Не нужно путать ее со скоростью перемещения людей по территории. Важным аспектом является использование данной местности для проживания. В горах и пустынях она невысока и увеличивается по мере перехода к равнинной местности. Зоны морей и океанов также имеют невысокую скорость перемещения.

### 8.4.2. Ход эксперимента

Начальные данные для всех этнических полей задаются равными нулю

$$u_i(x,y,0) = 0, \quad (x,y) \in \Omega.$$

Через некоторый промежуток времени, определяемый случайным образом в заданных пределах, задается ненулевое значение для функции $u_i$ в окрестности некоторой точки ландшафта. Эта точка служит местом рождения этноса. Определяется она также случайным образом, но в пределах допустимой для

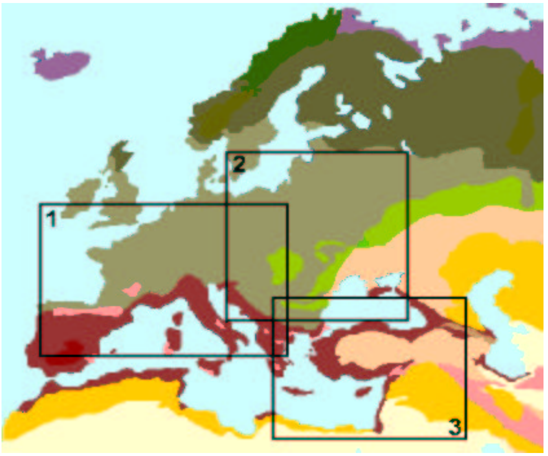



Рис. 8.4: Допустимые области рождения этносов

данного этноса области. Так, например в нашем эксперименте это прямоугольные области, из которых исключены регионы, занимаемые морем (рис.8.4).

Получив первый импульс, этническое поле начинает распространяться (расширяться), занимая соседние территории (рис.8.5). Но поскольку ландшафт задан неоднородный, то и заполнение его будет неравномерным. Поле расширяется в места, где выше скорость перемещения и более приемлемым для этноса является ландшафт. Это задается функциями $\varepsilon$ и $\beta$.

Когда этносы «молоды» они развиваются изолировано друг от друга. Но со временем они сталкиваются. Происходят конфликты, которые ведут к потере пассионарной энергии обоих враждующих этносов. Поскольку мы предположили, что этносы некомплиментарны и подобрали соответствующие коэффициенты $\gamma_{ij}$, то они не могут сосуществовать на одной территории. Поэтому либо один этнос вытесняет другой, либо они делят между собой ландшафт. Между ними образуется пограничная территория, на которой существуют два поля.

Этнические поля продолжали бы распространяться беско-

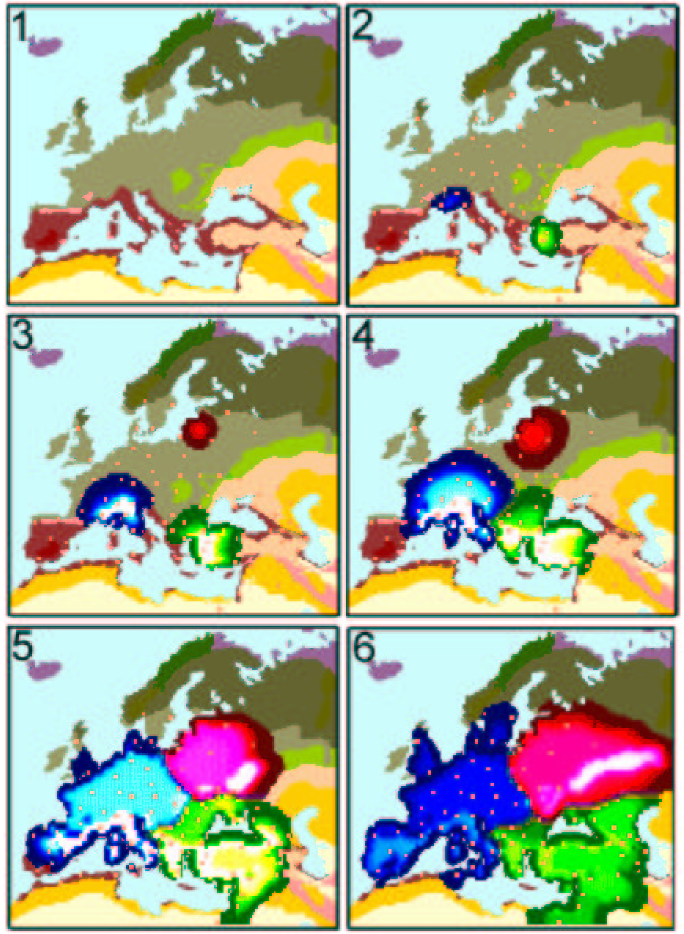



Рис. 8.5: Динамика развития трех этнических полей

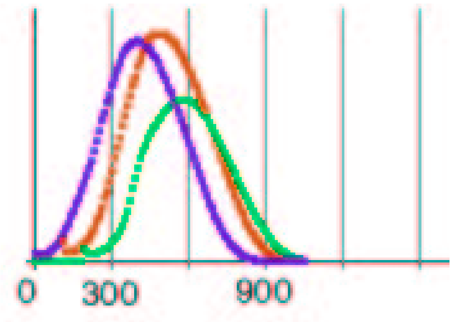



Рис. 8.6: Кривые пассионарного напряжения

нечно долго, если бы не иссякали запасы внутренней энергии, что описывается функцией $\beta^+(t)$. Убывающий вид этой функции говорит о том, что с годами этносу все труднее восстанавливать запасы своей энергии. Отследить этот процесс можно по изменению кривой пассионарного напряжения, которое вычисляется как $L_2$-норма функции $(\bar{u}_i)_t(x,y) = u_i(x,y,t)$ для каждого момента времени $t$. Кривая имеет вид, данный на рис.8.6.

Глядя на эту кривую, заметим, что через 400–500 лет после рождения этноса происходит спад пассионарного напряжения. Это ведет к тому, что этнос уже не пытается захватывать новые территории, а лишь старается сохранить те, которые ему принадлежат. Через 800-1000 лет этнос теряет из-под контроля почти всю свою территорию, которую начинают занимать более молодые этносы.

### 8.4.3. Статистический результат

Наш эксперимент мы проводили следующим образом. Мы исследовали раздел территорий между этносами через 500 лет после рождения первого этноса и фиксировали распределение территорий между этносами.

Для фиксации такой информации мы ввели опорные точки на карте. В их качестве выступали города. Для них мы выбрали современные названия и местоположения. Эти города не играют никакой роли в модели, не оказывают никакого воздействия на этнические поля. Они лишь служат для обозначения тех точек, в которых берутся замеры (точки измерения).

Через 500 лет после рождения первого этноса мы останавливаем динамический процесс и собираем выходную информацию. Информацией служит номер этноса, занявшего определенный город. Сбор информации осуществляется по всем заданным городам (опорным точкам). В результате мы получаем вектор размерности равной количеству заданных городов со значениями равными номеру этноса. Это является результатом одного эксперимента. А мы проводим сотни таких экспериментов. Каждый раз, меняя место и время рождения этносов, обрываем процесс этногенеза через 500 лет после его начала и собираем выходную информацию. Таким образом, мы получаем матрицу, состоящую из векторов выходной информации. Номерами строк матрицы являются номера городов, а номерами столбцов – номера экспериментов. Элементом матрицы является номер этноса, занявшего данный город в данном эксперименте.

Вычисляем вероятности того, что конкретный город будет принадлежать заданному этносу, и получаем картину, приведенную на рис.8.7. На рисунке города обозначаются квадратами, закрашенными в тот цвет, которым обозначается этнос – наиболее вероятный владелец данного города. Цифрами на карте обозначены следующие этносы: 1 – западный, 2 – славянский, 3 – мусульманский. Цифрой «4» обозначается событие, при котором город остается не занятым ни одним из перечисленных этносов.

Существуют города, которые три этноса поделили между собой на практически равные части. Например, современный город Скопье (Македония): западный – 36.36%, славянский – 34.46%, мусульманский – 29.18%. Однако существуют города, которые с большой вероятностью принадлежат одному этносу. Например, Париж (западный – 87.10%), Штутгарт (западный

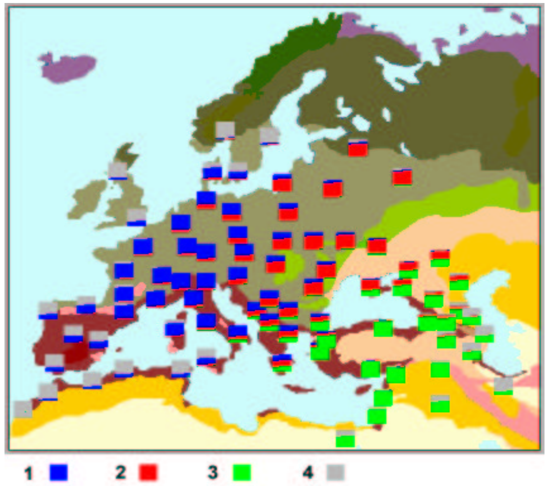



Рис. 8.7: Среднестатистическое распределение этносов

– 88.16%), Киев (славянский – 81.18%), Москва (славянский – 76.96%), Грозный (мусульманский – 60.68%), Халеб (мусульманский – 93.87%).

Выводы:

1) Распределение территорий между этносами действительно зависит от ландшафта.
2) Полученные вероятностные характеристики показывают распределение долей, населяющих данный город людей, по этническому признаку; модель демонстрирует, что картины расселения этносов могут быть различными, но в реальной жизни они расселяются наиболее вероятным способом.
3) Модель наглядно показывает, как могут расселяться народы, что влияет на их расселение и что может служить инструментом для выделения на этнической карте наиболее опасных мест с точки зрения межэтнических конфликтов.

*Глава девятая*

# Социальные системы Парсонса

# Глава 9

# Социальные системы Парсонса

## 9.1. Математическая модель социогенеза

В основе предлагаемой модели социогенеза[1] лежит схема описания общества, принадлежащая Толкотту Парсонсу [54, 55, 56]. Парсонс выделяет следующие подсистемы социальной системы (общества): *социетальное сообщество*, *систему поддержания институционализированных этнических образцов*, *экономическую* и *политическую системы*. Все подсистемы описаны в [24, с.125-142]. Динамику изменения данных подсистем опишем системой дифференциальных уравнений.

Отметим, что переход от формального описания подсистем общества к некоторым, казалось бы, абстрактным математическим функциям вполне согласуется с теорией Т. Парсонса. Понятие "функция" используется в структурном функционализме Парсонса в его математическом значении: этим понятием

[1] *Социогенез* [< лат. soci(etas) общество + гр. genos происхождение] – процесс возникновения и последующего развития общества.

обозначаются формы такой зависимости между величинами, при которой изменение одних (аргументов) сопровождается изменением других величин (переменных). "Основной постулат теории действия состоит в том, что состояния систем действия и того ситуативного мира объектов, в котором они находятся, являются независимыми переменными. При их "столкновении", следовательно, особенно важным свойством объектов является социальное *взаимодействие*", т.е. взаимное изменение состояния [55, с.649].

Что же касается количественных оценок исследуемых величин, то при математическом моделировании основной результат количественных моделей, формулируемый в выводах, всегда носит качественный характер. Глобальная динамика системы (цикличность, устойчивость, хаотическое поведение), определяемая количественной моделью, является ее качественной характеристикой [4]. У моделей имеются вполне определенные коэффициенты, изменяя которые, мы можем изучать поведение системы, оперируя понятиями "ускорение или замедление", "противодействие или поддержка", "больше или меньше".

При изучении динамики величины $X$ в левой части уравнения пишем скорость ее изменения во времени $\frac{dX}{dt}(t)$, в правой части по очереди выписываются потоки, непосредственно связанные с подсистемами социальной системы; причем перед потоком ставится знак "+", если поток содействует развитию $X$, и знак "$-$", если сдерживает развитие[2].

Время $t$ считается непрерывным и измеряется в годах.

### 9.1.1. Описание переменных системы

В качестве управляющего параметра возьмем уровень *пассионарного напряжения* (характеристика этноса), т.к. социальная

[2]Качественное исследование динамических систем предполагает непрерывность правых частей, и это, в какой-то степени, предопределяет вид уравнений.

система в рамках нашей модели имеет этническую основу[3]. По определению Л.Н. Гумилева *пассионарное напряжение* – это пассионарность[4], приходящаяся на одного члена общества [24, с.109]. "Качественные характеристики *пассионарного напряжения* следует рассматривать как некую усредненную оценку представителей этноса" [21, с.123].

Политическую систему будем описывать функцией $G(t)$, экономическую систему – функцией $E(t)$, социетальное сообщество – функцией $K(t)$ и систему поддержания институционализированных этнических образцов – функцией $D(t)$.

В нашей модели будем рассматривать **политическую систему** с точки зрения теории *модернизации*. Под модернизацией понимаются глубинные преобразования в экономической, политической и ценностных системах общества (не обязательно синхронизированные), происходящие вследствие того, что Парсонс называл промышленной, демократической и образовательной революциями [53, с.40].

Процессам политической модернизации многих обществ присущи ускорения и замедления, своего рода "волны". "Каждый конкретный случай модернизации общества обладает, наряду с общими характеристиками, также специфическим набором отличительных свойств[5]" [53, с.41]. Например, в российской истории противоречивые свойства модернизационного процесса наиболее контрастно выражаются в волнообразном развитии через циклы *реформ–контрреформ* (рис. 9.1).

"В определенной степени различные сочетания модерни-

[3]В этой главе мы отождествляем слова "этнический" и "культурный". По существу, эти понятия практически совпадают (например, Т. Парсонс выделяет три основных момента в определении культуры: передаваемость в поколениях, обучаемость и общепринятость). Поэтому их можно отождествлять (см. [54, с.95], [64, с.97-98]).

[4]*Пассионарность как энергия* – это избыток биохимической энергии живого вещества (людей), подавляющий в человеке инстинкт самосохранения и определяющий способность к целенаправленным сверхнапряжениям. *Пассионарность* как характеристика поведения – эффект избытка биохимической энергии живого вещества (людей), порождающий способность к самопожертвованию ради (часто) иллюзорной цели [22, с.65].

[5]Среди них прежде всего выделяется необычайная длительность, растянутость во времени российской модернизации.

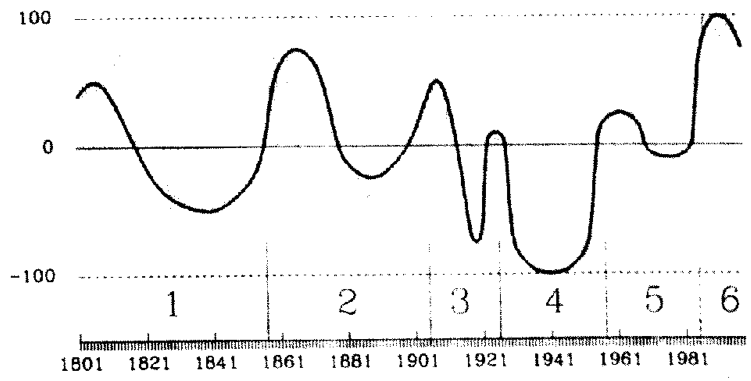



Рис. 9.1: Циклы российской модернизации [53, с.45]

зационных и контрмодернизационных процессов характерны для любого движущегося к современному состоянию общества..." [53, с.50]. Каждый цикл реформ–контрреформ не возвращает общество в исходное состояние, а продвигает его по пути модернизации.

Под *реформами* будем понимать не просто изменение системы государственного управления, а по преимуществу либерализацию[6] политической и экономической жизни, на основе которой происходят дифференциация и усложнение политической системы как таковой. Период *контрреформ* представляет собой более или менее успешную попытку подавления свобод и огосударствление общества, обращение вспять процессов социальной и политической дифференциации, упрощение политической системы. Все это делает более удобным всеобъемлющее централизованное управление [53, с.43].

Модернизацию и реформы, присходящие в политической системе, будем отслеживать, используя понятие *социальный институт*.

**Социальный институт** – относительно устойчивые типы

[6] *Либерализация* [< лат. liberalis свободный] – отмена или ослабление государственного контроля.

и формы социальной практики, посредством которых организуется общественная жизнь, обеспечивается устойчивость связей и отношений в рамках социальной организации общества [60, с.157].

Социальный институт определяется набором специфических социальных норм и предписаний, регулирующих соответствующие типы действия. Институт – это не только совокупность лиц, учреждений, снабженных материальными средствами и осуществляющих конкретную общественную функцию, но это и целостная система стандартов поведения, обязательных для осуществления функции данного института. Каждый институт характеризуется наличием цели своей деятельности, конкретными функциями, набором социальных статусов и ролей, типичных для данного института [60, с.158].

Исходя из вышесказанного, в рамках нашей модели будем рассматривать изменение политической системы с точки зрения ее усложнения и упрощения. Это подсказывает нам единицу измерения *политической дифференциации* – количество политических институтов. Политическая дифференциация – это оценка глубины социально политических изменений, масштабов усложнения или упрощения политической системы[7].

Как сосчитать политические институты? Можно их просто перечислить. Назовем некоторые из политических институтов, которые могут входить в этот список: органы городского и районного самоуправления, организации, связанные с защитой прав и свобод человека (комитеты защиты прав человека, комитеты солдатских матерей), управления городским имуществом, адвокатские коллегии, клубы избирателей.

Развитие **экономической системы** рассмотрим через изменение величины общего капитала. Будем измерять степень экономического развития в условных единицах – *единицах фондов*. В рамках модели считаем, что любой объект экономических отношений (измеряемый в рублях, штуках, тоннах,

[7] Возможное отрицательное значение величины политической дифференциации можно интерпретировать следующим способом: реформы – величина положительна, контрреформы – отрицательна.

м$^2$ и т.п.) или действие можно оценить в этих единицах[8].

Будем считать, что развитие **социетального сообщества**, в рамках предлагаемой модели, измеряется в *количестве социальных институтов*, посредством которых осуществляется *интеграция*[9] общества. Интеграция осуществляется благодаря охранным и контролирующим институтам на основе принимаемых норм поведения. В число институтов социетального сообщества входят организации и нормы поведения, относящиеся к *кооперативному* или *реститутивному праву*[10], а также социальные институты, отвечающие за выполнение *реститутивных санкций*[11] [29].

Примем, что в модели развитие **системы поддержания институционализированных**[12] **этнических образцов** измеряется в *количестве социальных институтов*, которые образуют эту подсистему. Под поддержанием образцов понимаем систему властных мер и законов, защищающих этнические ценности и образцы поведения. Членам социетального сообщества присуща *механическая солидарность* [29], характеризующаяся едиными социальными действиями, опирающимися на этническую организацию, нравы, мораль, религию и т.д., свойственные данному обществу. Подобная солидарность закрепляется в процессе институциализации в виде *уголовного*

[8]Отрицательное значение капитала можно интерпретировать двумя способами:

I) величина фондов рассматривается относительно определенного установленного значения, отвечающего такому состоянию экономики, когда большинство населения достаточно адаптировано к окружающей среде (т.е., в рамках модели, обеспечена пищей, жильем и т.п.). Можно интерпретировать эту величину как "минимальный прожиточный минимум";

II) отрицательное значение – при превышении износа фондов над фондообразованием на протяжении некоторого времени.

[9]*Интеграция* [< лат. integrio восстановление, восполнение] – объединение в целое каких-либо частей, элементов.

[10]*Реститутивное право* включает право собственности, семейное, договорное, коммерческое, процессуальное, административное и конституционное.

[11]Это меры по восстановлению прежнего правового, имущественного и т.д. состояния.

[12]*Институционализация* – правовое и организационное закрепление тех или иных общественных явлений.

*права*, поддерживаемого посредством *репрессивных санкций*.

В качестве возможной характеристики изменения этнических (культурных) образцов можно рассмотреть *стилевую*[13] *дифференциацию культуры*.

Различают *моностилистическую* и *полистилистическую* культуру [32]. Моностилистическая культура имеет место в том случае, когда ее элементы обладают внутренней связностью и, кроме того, активно разделяются либо пассивно принимаются всеми членами общества [32, с.92]. В этой культуре существует строгая канонизация жанров и стилей культурной деятельности, строгое регулирование культурной деятельности, исключение "чуждых" культурных элементов, упрощение сложных культурных феноменов.

При переходе к полистилистической культуре теряется внутреннее единство, происходит ослабление жанровых и стилевых норм, возникают более сложные системы взаимодействия традиций, культурных стилей.

Итак, под $G(t)$ понимаем степень политической дифференциации, количество политических институтов; под $E(t)$ — количество единиц фондов; $K(t)$ измеряется в количестве социальных институтов, посредством которых происходит интеграция общества; под $D(t)$ понимаем количество социальных институтов, которые отвечают за поддержание институционализированных этнических образцов.

### 9.1.2. Уравнение, описывающее политическую систему

Развитие политической системы опишем дифференциальным уравнением

$$\frac{dG}{dt} = G_G + G_E - G_K,$$

где:

[13] *Стиль* – это совокупность идейно-этических норм и характерных черт деятельности, поведения, метода работы, образа жизни [60, с.538].

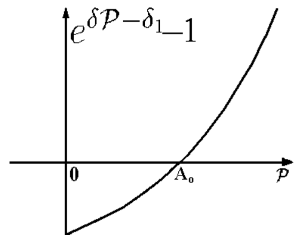



Рис. 9.2: Относительный уровень пассионарности

1) $G_G = k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1) \cdot G$ – это слагаемое описывает процесс самоорганизации политической системы, который обеспечивает поддержание и развитие общественного строя. Он включает действия власти, препятствующие изменению существующей политической системы. Эти действия могут, например, выражаться в принятии законов о разграничении властных полномочий.

Здесь $k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1)$ – учет пассионарности $\mathcal{P}$ при "построении" и поддержке государства. Множитель $(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1)$ – относительный уровень пассионарности (безразмерная величина) (рис.9.2). Множитель $k_{GG}$ – положительный коэффициент.

Чем больше $\mathcal{P}$, тем больше сил вкладывается в укрепление политической системы[14]. При малой пассионарной напряженности ($\mathcal{P} < A_0$) происходит ослабление политической власти $k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1) < 0$. При развитой политической системе ($G > 0$) у государства появляется возможность делать вклад в развитие системы власти, иначе ($G < 0$) происходит разложение политической системы ($G_G < 0$).

2) $G_E$ – усилия людей по укреплению политического режима за счет средств экономики. Степень этих усилий определяется условиями жизни, т.е. уровнем развитости экономики.

Изменение политической системы зависит от состояния экономики. Усложнение и дифференциация политической сфе-

[14]Заметим, что $\mathcal{P}$ всегда положительно.

ры общества возможны лишь при наличии достаточного количества экономических ресурсов. Ресурсы тратятся на содержание институтов власти (таких, как армия, полиция, суды и т.п.). Если ресурсов недостаточно, то действия властей оказываются малоэффективными, происходит утрата контроля. Однако, увеличение уровня развития экономической системы ($E$) не приводит к постоянному усложнению политической системы ($G$). Наступает момент "насыщения", при котором увеличение экономических вложений во власть не приводит к дальнейшему "росту" политической системы.

Функция $G_E$ должна удовлетворять следующим условиям, поддающимся естественной экономической интерпретации:

(1) Если $E<0$, то $G_E<0$, т.к. при $E<0$ экономика требует затрат на свою поддержку и ослабляет политическую систему.

(2) Если $0< E < B_0$ (где $B_0$ – некоторый фиксированный уровень), то $\frac{dG_E}{dE}>0$, т.к. с ростом $E$ увеличивается влияние экономики.

При $E > B_0$ $\frac{dG_E}{dE}<0$, т.к. в случае достаточно развитой экономической системы (при больших значениях $E$) ее вмешательство в политическую систему уменьшается; экономика не нуждается в поддержке государства и перестает вкладывать ресурсы в укрепление политического режима.

(3) $\frac{d^2G_E}{dE^2}<0$ (для любого $E$) – с увеличением $E$ "вливания" экономики во властные структуры уменьшаются ("неповоротливость").

Выберем функцию $G_E$ в виде

$$G_E = (l_G - k_{GE} \cdot E) \cdot E. \tag{9.1}$$

Здесь $(l_G - k_{GE} \cdot E)$ – доля капитала, направленного на укрепление политического режима. Наличие области убывания данного множителя можно объяснить так называемым "законом насыщения потребностей"[15].

Множители $k_{GE}$ и $l_G$ – положительные коэффициенты.

[15] Первый закон Г. Госсена: "С удовлетворением потребности в каком-либо благе его ценность падает или по мере увеличения количества товара его полезность убывает" [7, с.55].

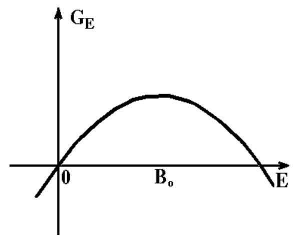



Рис. 9.3: График $G_E$

Все вышеперечисленные свойства (1), (2) и (3) для вида (9.1) функции $G_E$ выполняются (рис. 9.3). В данном случае уровень $B_0 = l_G/2k_{GE}$.

3) $G_K = k_{GK}(K + D) \cdot G$ – ограничения на скорость изменения политической системы, связанные с действующими в обществе традицией (нравственностью) и нормативным порядком. Эти ограничения сказываются при высоком уровне "социализации" $(K + D)$. Сюда входят затраты политической системы на поддержание нормативного порядка[16] и этнических образцов. Также это борьба с преступлениями против порядка (реститутивные санкции или полицейские функции государства и др.) и против общества (уголовные преступления, репрессивные санкции и др.).

Затраты на борьбу приводят к упрощению политической системы, к централизации и сосредоточению власти (а это, в свою очередь, может вести к диктатуре). Чем активнее государство борется с противоправными действиями, тем более централизованной и монополизированной становится власть. При этом малый уровень преступности не должен оказывать существенного влияния на дифференциацию политической сферы.

[16]На государстве лежит "ответственность за поддержание целостности социетального сообщества ... и за действия в любых ситуациях, указывающих на необходимость каких-то мер в "общественных" интересах" [56, с.31].

### 9.1.3. Уравнение, описывающее экономическую систему

Динамика экономики описывается следующим дифференциальным уравнением

$$\frac{dE}{dt} = E_E - E_G - E_K,$$

где:

1) $E_E = k_{EE}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1) \cdot E$ – усилия людей по развитию экономики. Это процесс воспроизводства экономических ресурсов. Экономическая система пополняет запасы ресурсов за счет собственных вложений. Как отмечал Дж. Форрестер: "капитал порождает капитал" [72].

Здесь $k_{EE}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1)$ – влияние пассионарности $\mathcal{P}$ на развитие экономической системы. Множитель $(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1)$ – это относительный уровень пассионарности (безразмерная величина) (рис. 9.2), $k_{EE}$ – некоторый коэффициент.

Чем больше пассионарное напряжение $\mathcal{P}$, тем быстрее развивается экономическая система. При малой пассионарной напряженности ($\mathcal{P} < A_0$) происходит ослабление экономики $k_{EE}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1) < 0$. Развитая экономическая система ($E > 0$) имеет возможность делать вклад в свое развитие, а ослабленная ($E < 0$) саморазрушается ($E_E < 0$).

2) $E_G = l_E \cdot G - k_{EG} \cdot G^2 \geq 0$ – экономические вливания во властные структуры ("... Экономика стремится отделиться ... и от политической системы" [54, с.118]). Для поддержания и развития политической системы требуется вложение экономических ресурсов. Чем более дифференцирована политическая сфера (демократия), тем больше она требует ресурсов для своего поддержания. Государственное регулирование в сфере экономики.

Слагаемое $E_G$ – есть некоторая "саморегуляция" воздействия политической системы на экономическую. Смысл *квадратичной* зависимости в том, что это воздействие определяется коллективным состоянием системы и выражается числом возможных взаимодействий ("парных связей") социаль-

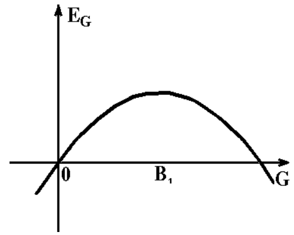



Рис. 9.4: График $E_G$

ных институтов.

В начале развития политическая система слаба и оказывает малое воздействие на экономическую систему (а при $G < 0$ ослабленная политическая система вкладывает определенные ресурсы в экономическую систему, надеясь, за счет этого, улучшить свое положение). Развивающаяся политическая система ($G < B_1$) требует затрат экономики на свою поддержку. Более развитая политическая система уже менее нуждается в экономической подпитке и перестает отбирать большие ресурсы у экономики[17] (рис. 9.4).

3) $E_K = k_{EK}(K + D) \cdot E$ – ограничивающие факторы, связанные с этнокультурными традициями и нормативным порядком. С увеличением уровня "социализации" $(K + D)$ возрастает ее сдерживающее воздействие на развитие экономики, обусловленное перераспределением ролей (между гражданами и социальными институтами) по выполнению адаптивной функции[18]: экономика должна оглядываться на общество.

На поддержание нормативного порядка требуются не только политические "ресурсы", но и экономические. Любой социальный институт требует наличие ресурсов для собственного поддержания и развития. При этом, чем выше уровень тради-

[17]Можно, оценив максимальное значение $G$, подобрать соотношение коэффициентов $l_E$ и $k_{EG}$ так, чтобы $E_G$ не принимало отрицательное значение при $G > 0$.

[18]Адаптивная функция – это по Парсонсу функция экономической системы.

ции ($D$) и нормативного порядка ($K$), тем бо́льшие ограничения они оказывают на рост экономической системы.

### 9.1.4. Уравнение, описывающее социетальное сообщество

Динамику социетального сообщества опишем следующим дифференциальным уравнением

$$\frac{dK}{dt} = K_G - K_K - K_D,$$

где:

1) $K_G = (k_{KG} \cdot G^2 + k_{KE} \cdot E^2) \cdot K$ – соблюдение нормативного порядка и лояльность граждан[19].

Смысл *квадратичной* зависимости скорости изменения социетального сообщества от политический и экономической систем заключается в том, что это взаимодействие определяется коллективным состоянием системы и выражается числом парных связей институтов.

2) $K_K = (l_K \cdot K - k_{KK} \cdot K^2) \cdot \mathcal{P}$ – потери при действиях, направленных на поддержку авторитета устанавливаемого нормативного порядка, связанные с их легитимацией[20]. Нормативный порядок требует соотнесенности с этническими образцами: не каждый разумный закон находит поддержку в консервативных кругах. Увеличение числа институтов социетального сообщества не ведет к постоянному росту потерь. Это можно объяснить ограниченностью "правового пространства", невозможностью сосредоточения всех институтов на задаче по поддержке норм и порядка. Сюда же следует отнести негативное влияние на социетальное сообщества отрицательно комплиментарных этнических химер [20].

[19] "Обычно от имени и в интересах социетальной лояльности выступают государственные органы, они же следят за выполнением соответствующих норм" [56, с.25].

[20] *Легитимация* [< лат. legitimus законный] – признание или подтверждение законности.

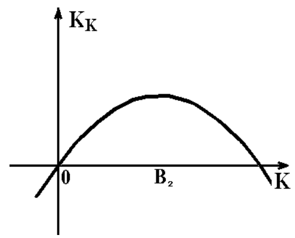



Рис. 9.5: График $K_K$

Заметим, что *уровень пассионарного напряжения* $\mathcal{P}$ измеряется[21] как количество исторических событий в год ($\frac{1}{год}$).

При малом значении $K > 0$ нормы и ценности только начинают укореняться в сознании людей и требуют затрат на свое развитие (рис. 9.5), а при ослаблении нормативного порядка ($K < 0$) возникает необходимость в мерах по его укреплению ($K_K < 0$).

Усиление действий по поддержке нормативного порядка ведет к увеличению затрат (в точке $B_2$ – максимальный уровень потерь). При довольно высоком уровне нормативного порядка, когда устанавливаются абсолютные нормы и ценности, нет необходимости в дополнительных затратах[22].

3) $K_D = k_{KD} \cdot D^2$ – сопротивление традиционных (устаревших, древних) устоев общества новым (цивилизованным) нормам и порядку; фундаментализм.

Существует определенный уровень (в нашей модели это $D = 0$), при котором этнические образцы не влияют на нормативный порядок. Но при отклонении от этого уровня этнические образцы сдерживают (ограничивают) развитие социетального сообщества. Любой нравственный человек требует

[21] Одна из шкал, по которой измеряется *пассионарное напряжение* – "частота событий этнической истории". Для построения кривой пассионарного напряжения выделяются события этнического масштаба [19, с.410].

[22] Можно, оценив максимальное значение $K$, подобрать соотношение коэффициентов $l_K$ и $k_{KK}$ так, чтобы $K_K$ не принимало отрицательное значение при $K > 0$.

свободы и ограничений для старых законов. Любой безнравственный человек протестует против любых норм.

### 9.1.5. Уравнение, описывающее систему поддержания институционализированных этнических образцов

Развитие системы поддержания институционализированных этнических образцов опишем дифференциальным уравнением

$$\frac{dD}{dt} = D_G - D_D - D_K,$$

где:

1) $D_G = k_{DG} \cdot G^2 D$ – государственная поддержка этнокультурных образцов поведения, посредством осуществления их институциализации.

Смысл *квадратичной* зависимости $D_G$ от политической дифференциации заключается в том, что это взаимодействие определяется коллективным состоянием системы и выражается числом взаимосвязей политических институтов.

2) $D_D = (l_D \cdot D - k_{DD} \cdot D^2) \cdot \mathcal{P}$ – затраты на установление этнокультурной морали (нравственности), на институциализацию этнических образцов, на защиту этих образцов и традиционного патриархального образа жизни. Постепенно происходит "отход" от организационной первоосновы, свойственной любой этнической системе – традиционная мораль, закон предков уступает место нормативному порядку, цивилизованному закону [24, с.132-133].

При малом $D > 0$ поддержка этнических образцов незначительна и требует увеличение затрат на свое развитие, а при отсутствии поддержки этнических образцов ($D < 0$) возникает необходимость в принятии мер по ее возобновлению ($D_D < 0$) (рис. 9.6). Усиление поддержки этнических образцов ($D > 0$) требует затрат на поддержание уже имеющихся (в точке $B_3$ максимальный уровень потерь). При довольно высоком уровне

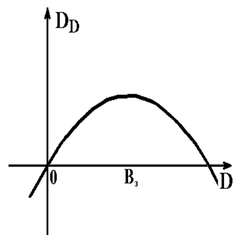



Рис. 9.6: График $D_D$

поддержки этнических образцов нет необходимости в дополнительных затратах[23].

3) $D_K = k_{DK} \cdot K^2$ – соотнесенность с нормативным порядком. Существует определенный уровень ($K = 0$), при котором социетальное сообщество не влияет на поддержание этнических образцов. Но при отклонении от этого уровня происходит борьба с традициями. При построении государства (т.е. при малом уровне развития социетального сообщества) происходит отказ от традиций и переход к новаторству.

Мы не включаем в уравнение *системы поддержания институционализированных этнических образцов* зависимость от экономической системы, так как этнические образцы более независимы "от соображений цены, выгоды или убытков, от текущих потребностей социума или окружающей среды" [56, с.28], чем другие подсистемы общества.

***

Таким образом, в этой главе с помощью дифференциальных уравнений описанны переменные, их взаимосвязи и коэффициенты модели.

Любое общество рождается не на пустом месте, а на обломках когда-то сплоченных государств. Поэтому в качестве начальных данных ($G|_{t=0}{=}G_0, E|_{t=0}{=}E_0, K|_{t=0}{=}K_0, D|_{t=0}{=}D_0$)

[23]Можно, оценив максимальное значение $D$, подобрать соотношение коэффициентов $l_D$ и $k_{DD}$ так, чтобы $D_D$ не принимало отрицательное значение при $D > 0$.

мы можем брать соответствующие величины предшествующих социальных систем (константы $G_0, E_0, K_0, D_0$).

Мы получили следующую задачу Коши

$$
\begin{aligned}
&\frac{dG}{dt} = k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1)G+(l_G E-k_{GE}E^2)-k_{GK}(K+D)G,\\
&\frac{dE}{dt}=k_{EE}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1)E-(l_E G-k_{EG}G^2)-k_{EK}(K+D)E,\\
&\frac{dK}{dt}=(k_{KG}G^2+k_{KE}E^2)K-(l_K K-k_{KK}K^2)\mathcal{P}-k_{KD}D^2,\\
&\frac{dD}{dt}=k_{DG}G^2D-(l_D D-k_{DD}D^2)\mathcal{P}-k_{DK}K^2,\\
&G|_{t=0}=G_0,\ E|_{t=0}=E_0,\ K|_{t=0}=K_0,\ D|_{t=0}=D_0.
\end{aligned}
\tag{9.2}
$$

## 9.2. Модель «политика-экономика»

Система дифференциальных уравнений (9.2) довольно сложна для аналитического исследования. Проанализируем решения первых двух уравнений (для политической и экономической систем)

$$
\begin{cases}
\frac{dG}{dt}=k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1)G+(l_G E-k_{GE}E^2)-k_{GK}(K+D)G,\\
\frac{dE}{dt}=k_{EE}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1)E-(l_E G-k_{EG}G^2)-k_{EK}(K+D)E,\\
G|_{t=0}=G_0,\ E|_{t=0}=E_0.
\end{cases}
\tag{9.3}
$$

Пусть социетальное сообщество ($K$) и система поддержания институционализированных этнических образцов ($D$) зафиксированы на некотором уровне и не меняются во времени.

Для упрощения исследования предположим, что интенсивность реакции политических институтов $k_{GG}$ и интенсивность развития экономики $k_{EE}$ равны. Предположим, что также равны доли социальных институтов ($K$ и $D$), влияющих на политическую дифференциацию и экономический рост, т.е. $k_{GK} = k_{EK}$.

Пусть $A(\mathcal{P}) = k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1} - 1) - k_{GK}(K + D)$, $k_1 = k_{GE}$, $k_2 = k_{EG}$, $l_1 = l_G$, $l_2 = l_E$, $x = G$, $y = E$, $\bar{x} = G_0$, $\bar{y} = E_0$ .

Тогда система (9.3) примет следующий вид

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = Ax + l_1 y - k_1 y^2, \\ \frac{dy}{dt} = Ay - l_2 x + k_2 x^2, \\ x|_{t=0} = \bar{x}, \ y|_{t=0} = \bar{y}. \end{cases} \tag{9.4}$$

Таким образом, мы получили систему из двух дифференциальных уравнений с параметром $A$, который может принимать значения на интервале числовой оси. На начальные данные $x_0$ и $y_0$ не накладываем никаких ограничений.

## 9.3. Качественное исследование модели «политика-экономика»

Рассмотрим систему (9.4). Предполагаем, что $l_1, k_1, l_2, k_2$ положительные коэффициенты, а $A$ – знакопеременный параметр.

Проследим за изменением качественной картины решения системы (9.4) в зависимости от параметра $A$. Для этого изучим возможные состояния равновесия и направления, по которым траектории могут стремиться к ним. Качественное исследование будем проводить, следуя монографии [11].

### 9.3.1. Исследование состояний равновесия

Найдем особые точки. В конечной части плоскости – это точки пересечения двух парабол ($A \neq 0$)

$$Ax + l_1 y - k_1 y^2 = 0, \ Ay - l_2 x + k_2 x^2 = 0. \tag{9.5}$$

Для исследования состояния равновесия $(x_0, y_0)$ рассмотрим величины

$$P(x, y) = Ax + l_1 y - k_1 y^2,$$

$$Q(x,y) = Ay - l_2x + k_2x^2,$$

$$\Delta = \Delta(x_0,y_0) = \begin{vmatrix} P'_x(x_0,y_0) & P'_y(x_0,y_0) \\ Q'_x(x_0,y_0) & Q'_y(x_0,y_0) \end{vmatrix}, \tag{9.6}$$

$$\sigma = P'_x(x_0,y_0) + Q'_y(x_0,y_0). \tag{9.7}$$

Характер состояния равновесия определяется знаком величин $\Delta$, $\sigma$ и $\sigma^2 - 4\Delta$.

Учитывая, что $P(x_0,y_0) = 0$ и $Q(x_0,y_0) = 0$, получаем следующие выражения для $\Delta$ и $\sigma^2 - 4\Delta$

$$\begin{aligned} &\Delta = A^2 + (2k_1y_0 - l_1)(2k_2x_0 - l_2), \\ &\sigma^2 - 4\Delta = -4(2k_1y_0 - l_1)(2k_2x_0 - l_2), \end{aligned} \tag{9.8}$$

$$\sigma = 2A. \tag{9.9}$$

Исключая из (9.8) $l_1$ и $l_2$, получаем

$$\begin{aligned} &\Delta = k_1k_2x_0y_0 - k_1A\tfrac{y_0^2}{x_0} + k_2A\tfrac{x_0^2}{y_0}, \\ &\sigma^2 - 4\Delta = -4k_1k_2x_0y_0 + 4k_1A\tfrac{y_0^2}{x_0} - 4k_2A\tfrac{x_0^2}{y_0} + 4A^2. \end{aligned} \tag{9.10}$$

Или, исключая в (9.8) $k_1$ и $k_2$,

$$\begin{aligned} &\Delta = -3A^2 - 2l_1A\tfrac{y_0}{x_0} + 2l_2A\tfrac{x_0}{y_0} + l_1l_2, \\ &\sigma^2 - 4\Delta = 16A^2 + 8l_1A\tfrac{y_0}{x_0} - 8l_2A\tfrac{x_0}{y_0} - 4l_1l_2. \end{aligned} \tag{9.11}$$

Рассмотрим точку равновесия $(0,0)$. В этой точке $\Delta = A^2 + l_1l_2 > 0$, $\sigma^2 - 4\Delta = -4l_1l_2 < 0$, $\sigma = 2A$. Следовательно, точка $(0,0)$ – простой[24] фокус, устойчивый, когда $A < 0$, и неустойчивый, когда $A > 0$ [11, с.68-72]. Случай $A = 0$ разобран далее (см. стр.224).

[24]Т.к. $\Delta \neq 0$.

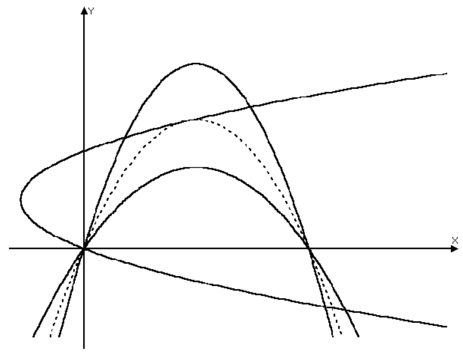



Рис. 9.7:

Из критерия Бендиксона[25] следует, что на плоскости $x$, $y$ при $A \neq 0$ не существует замкнутых контуров, составленных из траекторий, так как $P'_x + Q'_y = \sigma = 2A$ (см. (9.9)).

А. Исследуем систему (9.4) при $A > 0$.

В этом случае имеем два, или три, или четыре состояния равновесия. Их количество зависит от положения парабол (9.5), которые пересекаются в 2-х, 3-х или 4-х точках (рис.9.7).

А.I. Пусть имеется 4 состояния равновесия (рис.9.8, слева).

Точка $(0, 0)$ – неустойчивый фокус.

В точке $M_1$: $x_0 > l_2/k_2 > 0$, $y_0 < 0$, $\Delta < 0$ (см.(9.10)). Следовательно, точка $M_1$ – седло [11, с.72].

Для точки $M_2$: $x_0 > l_2/2k_2 > 0$, $y_0 > l_1/k_1$, $\Delta > 0$, $\sigma^2 - 4 < 0$ (см.(9.8)). Следовательно, точка $M_2$ – неустойчивый фокус [11, с.72].

В точке $M_3$: $0 < x_0 < l_2/2k_2$, $y_0 > l_1/k_1 > 0$, $\sigma^2 - 4 > 0$ (см.(9.8)). Следовательно, точка $M_3$ – седло или узел [11, с.71-72].

Для определения типа состояния равновесия $M_3$, восполь-

[25]**Критерий Бендиксона.** Если в некоторой односвязной области выражение $P'_x + Q'_y$ не меняет знака и не равно нулю тождественно, то в этой области не существует замкнутых контуров, составленных из траекторий [11, с.120].

зуемся следующей теоремой.

**Теорема 1 (Пуанкаре)** . *Если $N$, $N_f$ и $C$ – соответственно число узлов, фокусов и седел в конечной части фазовой плоскости, а $N'$ и $C'$ – число узлов и седел, лежащих на экваторе сферы Пуанкаре (считая точки, расположенные на концах диаметра, за одну точку (рис. 9.12)), то имеет место соотношение* $N + N_f + N' = C + C' + 1$ [11, с.146].

Ниже докажем (стр.229), что на экваторе сферы Пуанкаре лежит один узел. Поэтому $N' = 1$ и $C' = 0$. В конечной части плоскости имеем два фокуса и седло (точки $O$, $M_2$ и $M_1$). Следовательно, точка $M_3$ может быть только седлом.

А.II. Если в точке$M_2$: $0{<}x_0{<}l_2/2k_2$ (рис.9.9, слева), то точка $(0, 0)$ – неустойчивый фокус, а точка $M_1$ – седло. Точки $M_2$ и $M_3$ узлы или седла, т.к. $\sigma^2 - 4\Delta{>}0$ (см.(9.8)). Из теоремы 1 следует, что $M_2$ и $M_3$ неустойчивый узел и седло соответственно.

Итак, если в конечной части фазовой плоскости четыре состояния равновесия, то два из них ($M_1$ и $M_3$) – седла, одно ($O(0, 0)$) – неустойчивый фокус, и одно ($M_2$)– неустойчивый фокус или узел.

А.III. Рассмотрим случай, когда имеются два состояния равновесия (рис.9.8, справа).

Точка $(0, 0)$ – неустойчивый фокус. В точке $M_1$: $x_0{>}l_2/k_2{>}0$, $y_0{<}0$, $\Delta{<}0$. Следовательно, точка $M_1$ – седло [11, с.72].

Поэтому, если в конечной части фазовой плоскости два состояния равновесия, то одно из них ($M_1$) – седло, а другое ($O(0, 0)$) – неустойчивый фокус.

В. Если $A < 0$, то исследование системы (9.4) проводятся аналогично (рис.9.9, справа). При $A < 0$ положения равновесия (фокусы и узел) устойчивы, так как $\sigma = 2A < 0$ [11, с.68-72].

С. Исследуем систему (9.4) при $A = 0$.

В этом случае параболы (9.5) вырождаются в две пары па-

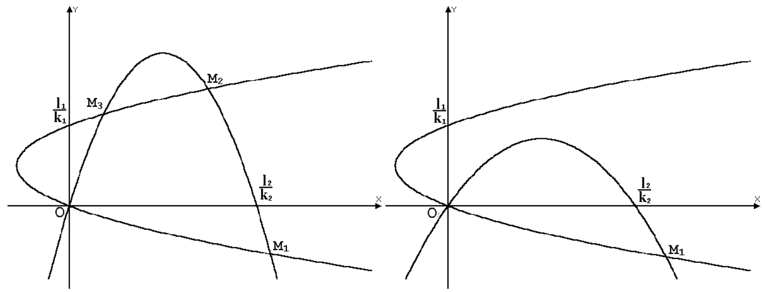



Рис. 9.8:

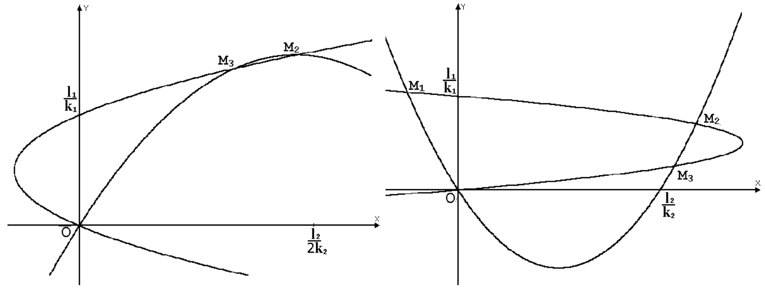



Рис. 9.9:

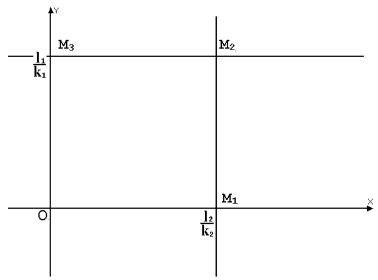



Рис. 9.10:

раллельных прямых (рис.9.10)

$$x = 0, \quad x = \frac{l_2}{k_2}, \quad y = 0, \quad y = \frac{l_1}{k_1}.$$

Система (9.4) при $A = 0$ имеет вид

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = l_1 y - k_1 y^2, \\ \frac{dy}{dt} = -l_2 x + k_2 x^2. \end{cases} \tag{9.12}$$

Таким образом, имеем консервативную (гамильтонову) систему (9.12) с аналитическим интегралом [11, с.136]

$$H(x, y) = \frac{l_1}{2} y^2 - \frac{k_1}{3} y^3 + \frac{l_2}{2} x^2 - \frac{k_2}{3} x^3,$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} = l_1 y - k_1 y^2 = \frac{dx}{dt}, \quad \frac{\partial H}{\partial x} = l_2 x - k_2 x^2 = -\frac{dy}{dt}.$$

В консервативной системе возможны только простые состояния равновесия типа центра или седла, и замкнутые траектории не являются изолированными, а заполняют целые области [11, с.136].

В точках $M_1$ и $M_3$: $\Delta = -l_1 l_2 < 0$ (см.(9.10)). Следовательно, точки $M_1$ и $M_3$ – седла. А точки $M_2$ и $O(0, 0)$ – центры.

D. Рассмотрим случай, когда в особой точке $\Delta = 0$.

Если $\Delta = 0$, то (см.(9.8))

$$A^2 + (2k_1 y_0 - l_1)(2k_2 x_0 - l_2) = 0. \tag{9.13}$$

Точки, удовлетворяющие уравнению (9.13), располагаются в полуполосах: $\{0 < x_0 < l_2/2k_2, \ \ y > l_1/2k_1\}$ и $\{0 < y_0 < l_1/2k_1, \ \ x > l_2/2k_2\}$ (рис.9.11, слева). Таким образом, это может быть только точка $M_3$ (рис.9.8-9.9). В этой точке

$$\frac{2k_2 x_0 - l_2}{A} = \frac{-A}{2k_1 y_0 - l_1}. \tag{9.14}$$

Левая и правая часть равенства (9.14) – угловые коэффициенты касательных к параболам (9.5). Следовательно, касательные параллельны, а точки касания лежат в интервале:

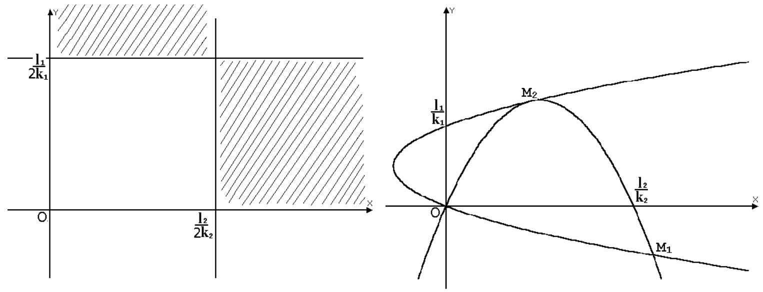



Рис. 9.11:

$0 < x_0 < l_2/2k_2$ (при $A \geq 0$)[26]. Поэтому (рис.9.8-9.9) эти касательные совпадают, т.е. в данном случае параболы касаются (в точке $M_2$), и имеются три точки равновесия в конечной части плоскости (рис.9.11, справа).

Точка $(0, 0)$ – неустойчивый фокус. В $M_1$: $x_0 > l_2/k_2 > 0$, $y_0 < 0$, $\Delta < 0$. Следовательно, точка $M_1$ – седло [11, с.72].

Точка $M_2$ – сложное состояние равновесия ($\Delta$=0). Используя процедуру, описанную в [11, с.90-92], установливается, что точка $M_2$ является седло-узлом.

## 9.3.2. Исследование бесконечно удаленных точек

Проведем исследование "бесконечно удаленных" частей плоскости с помощью сферы Пуанкаре [11, с.112-115]. Это сфера единичного радиуса, касающаяся плоскости $x, y$ в начале координат. Каждой точке $x$ плоскости ставится в соответствие две точки сферы, лежащие на прямой, проходящей через центр сферы и точку $x$. На экватор (большой круг, параллельный плоскости $x, y$) отображаются бесконечно удаленные точки. При этом интегральные кривые плоскости переходят в соответственные кривые сферы, а седла, узлы и фокусы сохраняют тот же вид.

[26]Случай $A \leq 0$ рассматривается аналогично.

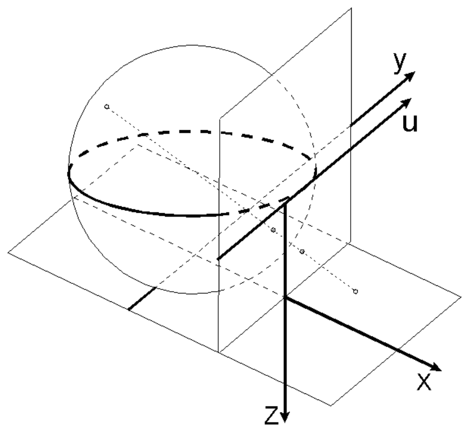



Рис. 9.12: Сфера Пуанкаре

Преобразование $x = 1/z, y = u/z$ позволяет изучить особые точки на экваторе сферы Пуанкаре, за исключением концов оси $y$ (рис.9.12).

Исследуемая система (9.4) содержит в правой части многочлены одинаковой степени: $P(x, y) = Ax + l_1 y - k_1 y^2$ и $Q(x, y) = Ax - l_2 x + k_2 x^2$. Координаты особых точек на экваторе находим из уравнения

$$Q_n(1, u) - uP_n(1, u) = 0,$$

где $Q_n$ и $P_n$ – члены наивысшей степени в $Q$ и $P$. Получаем: $k_2 + k_1 u^3 = 0$. Следовательно, координаты особых точек

$$u^3 = -\frac{k_2}{k_1}.$$

По критерию Пуанкаре[27] находим, что найденная точка – узел.

[27]**Критерий Пуанкаре.** Пусть $Q$ и $P$ одинаковой степени. Простая особая точка $z = 0$, $u = u_0$ будет седлом, если при изменении $u$ от $u_0 - \varepsilon$

Для исследования "концов оси $y$", полагаем $x = v/z$, $y = 1/z$ и рассматриваем точку $(0,0)$. Получаем

$$\frac{dz}{dv} = \frac{-Az^2 - k_2v^2z + l_2vz^2}{-k_1 + l_1z - k_2v^3 + l_2v^2z}.$$

Точка $(0,0)$ не является особая. Следовательно, "концы оси $y$" не могут быть особыми точками.

Таким образом, мы выяснили, что на экваторе сферы Пуанкаре имеются две диаметрально противоположные точки – два узла.

### 9.3.3. Фазовые портреты и исследование системы на наличие бифуркаций

Проследим за сменой фазовых портретов в зависимости от изменения параметра $A$ системы (9.4). Коэффициенты $l_1$, $l_2$, $k_1$ и $k_2$ зафиксированы. Фазовые портреты на рисунках 9.13–9.16 построены[28] при $l_1=1$, $l_2=1.5$, $k_1=1.3$ и $k_2=1.1$. Сплошные линии на рис.9.13–9.16 – траектории решений (положительное направление указано стрелками). Короткие штриховые линии показывают векторное поле решений.

При больших по модулю отрицательных значениях параметра $A$ в конечной части плоскости два состояния равновесия: т.$O$ – устойчивый фокус ($A<0$) и т.$M_3$ – седло (рис.9.13, слева). При увеличении $A$ появляется третья особая точка $M_2$ – седло-узел[29] (рис.9.13, справа и увеличенный фрагмент на

до $u_0 + \varepsilon$ выражение

$$\frac{Q_n(1,u)}{P_n(1,u)} - u$$

переходит от отрицательных значений к положительным, и узлом, если указанное выражение переходит от положительных значений к отрицательным [11, с.115].

[28] Для численного решения использовался метод Рунге-Кутта четвертого порядка. Вычисления и построение графиков выполнены с помощью пакета "DynaSys" (http://www.sci.wsu.edu/idea/DSDoc/). Результаты совпадают с решениями, полученными с помощью других пакетов программ.

[29] В этой точке $\Delta$=0, см. стр.226.

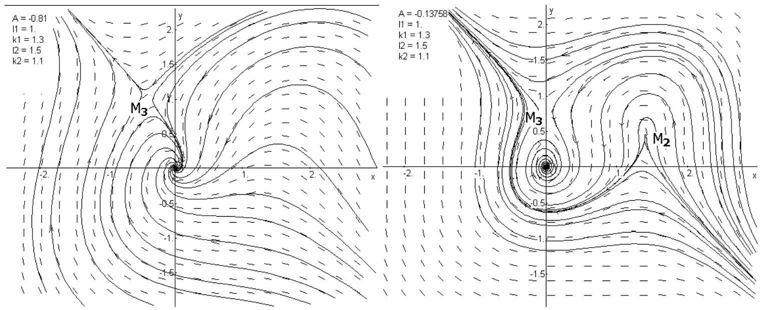



Рис. 9.13: $A$=−0.81 и $A$=−0.13758

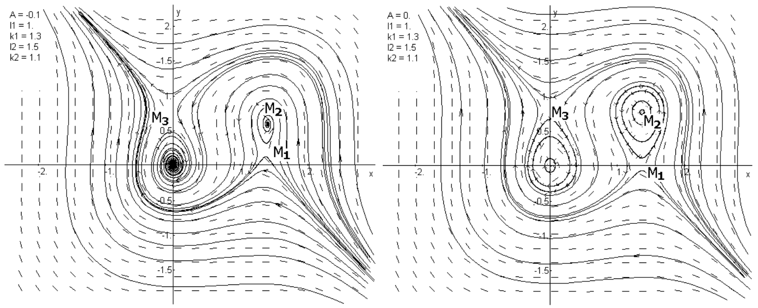



Рис. 9.14: $A$=−0.1 и $A$=0

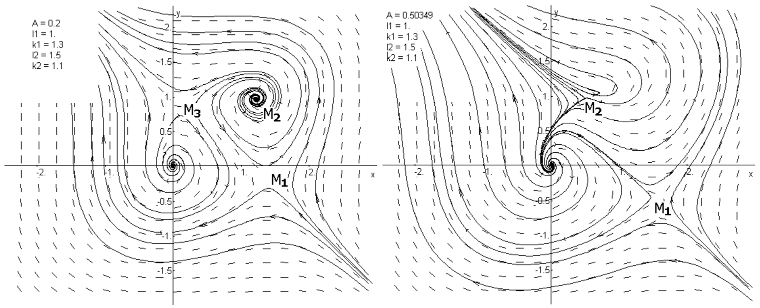



Рис. 9.15: $A$=0.2 и $A$=0.5035

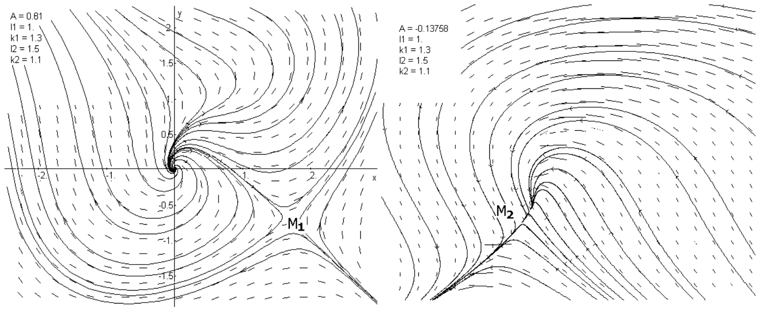



Рис. 9.16: $A$=0.81 и $A$=−0.13758

рис.9.16, справа), которая распадается на седло $M_1$ и устойчивый ($A<0$) узел $M_2$. При дальнейшем увеличении $A$ узел становится устойчивым фокусом $M_2$ (рис.9.14, слева).

При $A$=0 устойчивые фокусы (т.$O$ и т.$M_2$) становятся центрами (случай C на стр.224). Вокруг этих точек расположены циклы (рис.9.14, справа).

При дальнейшем увеличении $A$ фокусы (т.$O$ и т.$M_2$) становятся неустойчивыми, т.к. $A$>0 (рис.9.15, слева). Этот случай соответствует пункту A.I, который разобран на стр.223. Далее фокус $M_2$ переходит в неустойчивый узел (пункт A.II, стр.224), который сливается с седлом $M_3$ (рис.9.15, справа), превращаясь в седло-узел (пункт D на стр.226). При увеличении $A$ седло-узел распадается, и в конечной части плоскости остаются две точки равновесия (пункт A.III, стр.224): т.$O$ – неустойчивый фокус и т.$M_1$ – седло (рис.9.16, слева). При дальнейшем увеличении параметра $A$ характер решения на меняется.

Таким образом, мы исследовали изменение качественного поведения фазовых портретов при изменении параметра вдоль числовой оси и установили, что имеются бифуркационные значения параметра[30]:

[30]Это значения параметра, соответствующие негрубой системе, при переходе через которые происходит смена качественной картины фазовых

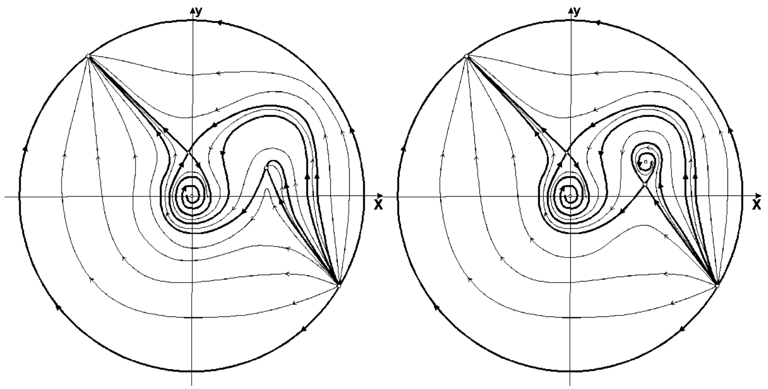



Рис. 9.17: $A$=−0.13758 и $A$=−0.1

1) при переходе через точку $A$=0 происходит смена устойчивости фокусов (т.$O$ и т.$M_2$) без рождения предельного цикла (бифуркационному значению параметра соответствует консервативная система) [11, с.198].

2) при появлении седло-узла и его распадении на седло и узел (и наоборот, слияние узла и седла в седло-узел, который исчезает) при прохождении параметра $A$ через те значения, при которых $\Delta$=0 (пункт А.II, стр.224) [11, с.193-194].

На рис. 9.17-9.18 представлены изображения фазовых портретов на полусфере Пуанкаре. Внешняя окружность на рисунках – экватор сферы Пуанкаре, на который отображаются бесконечно удаленные точки. Линиями изображены траектории решений. Стрелки показывают движение по траекториям в направлении, соответствующем положительному течению времени. Жирными линиями указаны сепаратрисы седел. Рисунки дают полное представление о характере поведения решений во всей плоскости и в окрестности точек равновесия.

портретов [11, с.192].

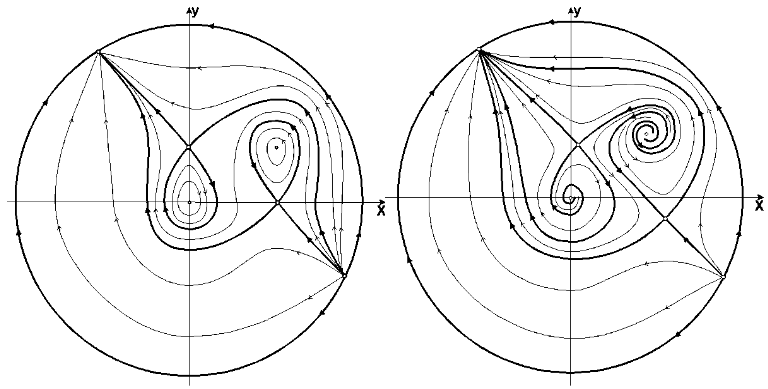



Рис. 9.18: $A$=0 и $A$=0.2

### 9.3.4. Интерпретация результатов качественного исследования и компьютерного моделирования

Мы провели качественное исследование системы (9.2) из двух дифференциальных уравнений (для политической и экономической систем) и получили представление об изменении фазового портрета решения. Дадим интерпретацию решений с точки зрения социологической теории.

Вспомним, что в исследуемой системе (9.4) мы подразумевали в качестве $x$ – уровень политической дифференциации $G$, в качестве $y$ – развитие экономической системы $E$. Коэффициент $A$ – параметр, зависящий от уровня пассионарной напряженности $\mathcal{P}$, от социетального сообщества $K$ и от системы поддержания институционализированных этнических образцов $D$. При этом мы предполагали, что $K$ и $D$ фиксированы.

При исследовании мы задавали параметр $A$ некоторым числом, предполагая, что значение пассионарной напряженности $\mathcal{P}$ берется из математической модели этногенеза [23], [24, с.107-124].

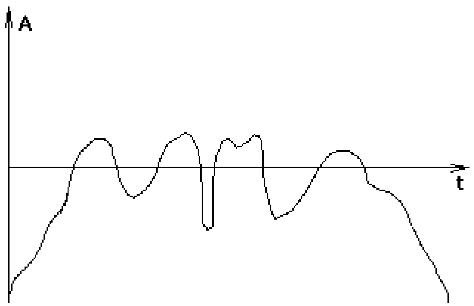



Рис. 9.19: Изменение параметра $A$

Пассионарная напряженность – это качественная характеристика, которую следует рассматривать как некую усредненную оценку этнической системы [21, с.123]. То есть этот параметр характеризует уровень развития этнической компоненты общества. В начале развития этноса $\mathcal{P}$ возрастает, потом стабилизируется возле некоторого значения (возле которого возможны некоторые колебания), а затем идет постепенное убывание [19, с.410]. При построении модели, мы использовали относительный уровень пассионарности $(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1)$ (рис.9.2).

Предположим, что параметр $A = (k_{GG}(e^{\delta\mathcal{P}-\delta_1}-1) - k_{GK}(K+D))$ колеблется около значения $A=0$ и меняется так, как изображено на рис.9.19.

Мы выяснили в 9.3.3, что если параметр $A$ близок к нулю, то у нас четыре точки равновесия – два фокуса и два седла. Причем, при $A{<}0$ фокусы устойчивы (траектории приближаются к фокусу по спирали), а при $A{>}0$ фокусы неустойчивы (траектории удаляются от фокуса по спирали). Если $A{=}0$, то фокусы становятся центрами – вокруг них множество замкнутых траекторий (циклов).

Если параметр $A$ удален от нуля на достаточное расстояние, то имеются две точки равновесия – фокус (устойчивый при $A{<}0$ и неустойчивый при $A{>}0$) и седло. Этот случай мы не будем рассматривать, т.к. он не согласуется с нашими пред-

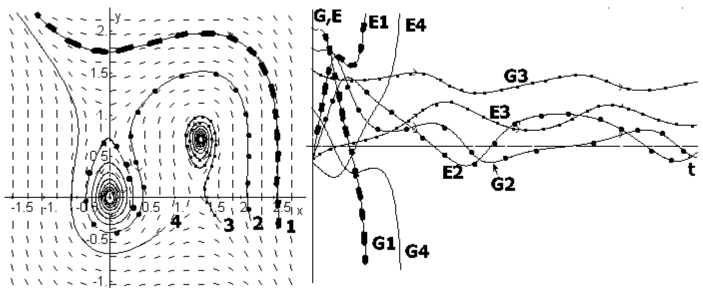


Рис. 9.20: $A$=−0.05

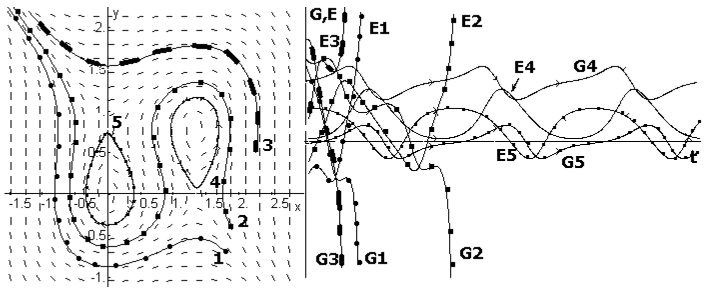


Рис. 9.21: $A$=0

положениями о характере величине изменения параметра $A$.

На рис. 9.20 - 9.21 представлены фазовые портреты и графики решений при различных начальных условиях и с разным значением параметра $A$. Слева на рисунках – фазовые портреты (ось $x$ – величина уровня политической дифференциации $G$, ось $y$ – уровень развития экономической системы $E$). Цифрами обозначены начальные точки. Справа представлены графики зависимости $G$ и $E$ от времени $t$. Обозначения кривых даны в соответствии с номерами начальных точек.

Наиболее интересен случай, когда мы получаем колебания (циклы) в развитии политической и экономической систем. Это хорошо согласуется с политологической и экономически-

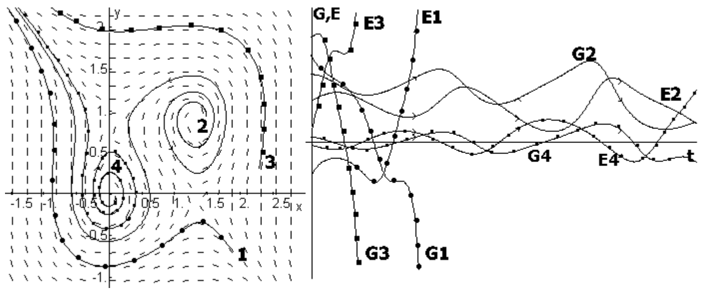



Рис. 9.22: $A$=0.1

ми теориями (циклы реформ-контрреформ, экономические циклы Н. Кондратьева).

Рассмотрим отрицательное значение $A$. При малом отрицательном значении параметра $A$ могут появиться затухающие колебания вокруг двух значений: возле нуля (траектория 2 на рис.9.20) и при $G$>0, $E$>0 (траектория 3 на рис.9.20). Это означает, что система стремится прийти к некоторому состоянию равновесия. То есть экономическая и политическая системы достигают некоторых уровней, которые характерны для данного общества. Две точки равновесия означают две альтернативы в историческом развитии. Существуют моменты, когда траектории, приводящие к разным равновесиям, приближаются друг к другу (например, траектории 2 и 3 на рис.9.20). В этот момент даже небольшое возмущение системы может привести к смене исторической перспективы (смена точки равновесия, к которой стремится траектория). Возмущением может служить, например, природный катаклизм, война и т.п.

Вообще говоря, параметр $A$ может меняться во времени, поэтому характеристики точки равновесия могут меняться (координаты, устойчивость, тип состояния равновесия). Изменение обусловлено внешними по отношению к данной системе факторами. Все это приводит к смене структуры в развитии общества.

При увеличении $A$ до нуля ($A = 0$) колебания становятся периодическими – появляются циклы (траектории 5 и 4 на рис.9.21). Причем амплитуда колебаний зависит от состояния системы в предшествующий момент. Например, для российской истории характерна большая амплитуда колебаний в развитии (реформы-контрреформы, рис.9.1).

При дальнейшем увеличении параметра $A$ амплитуда колебаний увеличивается – происходит "раскручивание" траектории (траектории 2 и 4 на рис.9.22). Увеличивается "глубина" преобразований, как позитивных, так и негативных.

Этот процесс может привести к смене точки равновесия, к которой стремится траектория. Также это может привести к большому отклонению от равновесия, что в свою очередь, ведет к *распаду социальной системы*. Под **распадом** мы подразумеваем уменьшение дифференциации институтов политической системы до определенной величины.

Далее процесс может идти в обратном порядке: убывание $A$ до нуля и т.д. (рис.9.19). При этом меняется последовательность фаз. Причем, эта смена может повторяться многократно. Например, в точке $(0,0)$ при положительных значениях параметра $A$ – неустойчивый фокус (происходит раскручивание траекторий), при $A = 0$ в этой точке – центр, вокруг нее замкнутые циклы, а при отрицательных значениях параметра в точке $(0,0)$ – устойчивый фокус (траектории стремятся к нулю по спирали).

Существуют траектории, которые не приводят к состояниям равновесия, а ведут к *распаду* (траектории 1 и 4 на рис.9.20, 1 и 3 на рис.9.22 и траектории 1, 2 и 3 на рис.9.21). Либо это невозможные, с исторической точки зрения, варианты развития, либо это такие типы обществ, которые быстро распадаются.

Представленная модель является примером построения и исследования математической модели такого сложного объекта как социальная система. Характерной чертой данной модели является описание циклических процессов, происходящих в обществе. Также продемонстрирована возможность изменения исторической перспективы развития социума, причем существуют моменты, когда эти перемены возможны при небольших возмущениях системы.

**Парсонс (Parsons) Толкотт** (1902-1979) – американский социолог-теоретик, один из представителей структурно-функционального направления в социологии. Парсонс опирался на работы М.Вебера, Э.Дюркгейма, В.Парето, а также использовал современные системные и кибернетические представления. Он отстаивал необходимость построения общей аналитической логико-дедуктивной теории человеческого действия как основы решения частных эмпирических задач [60, с.370].

# Глава десятая

# Глава 10

# Системы власти

## 10.1. Структура политической власти империи

В гл. 8, 9 описаны модели глобальных этносоциальных процессов, происходящих в этносе и государстве на протяжении сотен лет. Глобальность понимается в том смысле, что мы рассматриваем общество в целом и не интересуемся действиями отдельных индивидов, групп и социальных институтов. При построении модели мы напрямую не учитывали ни численность населения, ни природные факторы (географическое положение, ресурсы, границы), ни распределение исследуемых величин по территории[1]. В реальности же политическая власть, экономические ресурсы, население распространены неоднородно. Поэтому необходимо разработать модель, учитывающую все эти факторы.

Идея создания модели развития государства возникла в ходе изучения географического и исторического развития России в XVI-XIX веках, в частности, освоения территории и рас-

[1] Конечно, косвенно эти факторы учитываются в коэффициентах модели.

пространение власти в Сибири[2].

При изучении структуры власти выделяют следующие составляющие: административная власть (административные центры, численность чиновников), военная власть (дислокация, крепости, линии укреплений), налоговая система. На них оказывают влияние следующие факторы: географические (ландшафт, климатические условия, коммуникации), этнические, пространственные (площадь территории, плотность населения), политические (границы), задачи управления и другие.

При создании пространственной модели будем использовать развивающиеся в последнее время идеи о функционировании государства-империи и идеи о развитии государства посредством становления административных центров. Мы попытаемся построить и изучить развитие административных региональных центров в зависимости от территориальных характеристик (ресурсы, границы и т.п.). При построении модели будем опираться на процессы, протекавшие в истории России, развитие которой отличается от развития других стран.

"Освоение сибирской территории было не столько освоением территории ... сколько созданием на территории властных центров. Более того, именно создание властного центра и воспринималось как собственно освоение (присвоение) территории" [34, с.31].

Центры обладали относительной стабильностью, а границы административных единиц постоянно изменялись. Распространение нововведений происходило "путем перехода от центра к центру, но в сочетании со сплошным, или площадным, движением-расползанием" [34, с.32]. Идея Центра влечет за собой определенный способ структурирования пространства, которое предполагает наличие не только центра, но и периферии [34, с.33]. "...Центры можно различать в соответствии с их структурной и символической особенностями; с сущностью и видами их деятельности; с их отношением к периферии; со спе-

[2]Замысел этого исследования возник в результате бесед с историком проф. А.В. Ремневым (ОмГУ).

цификой группировок элиты, которые занимают господствующее положение; с сущностью системных тенденций и масштабом перемен, происходящих в процессе социальной и политической динамики" [1, с.28].

В западной науке термином "империя" обозначают политическую систему, охватывающую большие, относительно сильно централизованные территории, в которых центр, воплощенный как в личности императора, так и центральных политических институтах, образовывал автономную единицу [39, с. 31]. По определению А. Филиппова, "империя – это смысл (и реальность) большого и устойчивого политического пространства, длительно переносимый на смысл неполитических действий" [69].

Одним из признаков империи является признак значительности территориальных размеров империи. Критерий величины территории более важен, чем критерий временно́й протяженности. Другими признаками империи являются тенденция к территориальному расширению; отсутствие, либо ограниченность ассимиляции народов, вновь включаемых в состав государства территорий, сохранение ими своих этнокультурных особенностей [39, с. 35].

Для стабильного существования государства необходимо обеспечить независимость от внешних условий. Это достигается путем накопления внутренних энергетических и вещественных резервов. Максимизация объема контролируемых ресурсов путем территориального расширения является более или менее универсальным способом адаптации. Центральная власть империи ставит под собственный контроль наиболее важные ресурсы и, маневрируя ими, поддерживает собственное господство [39, с. 32].

Территориальный рост ограничивается наличием соседних социумов с аналогичными амбициями, недостатком людских ресурсов, чрезмерно неблагоприятными природными условиями и другими факторами [39, с. 38].

## 10.2. Описание модели развития империи

Продемонстрируем как может быть построена модель империи, если опираться на следующие предположения:

1. Развитие государства рассматривается через изменение численности населения, добычу и воспроизводство ресурсов, территориальное изменение, появление и распад административных центров.

2. Ресурс – пространственная характеристика. Это некоторое усредненное значение по всем ресурсам. Не производится деления ресурсов на составляющие. Рассматриваем только природные (возобновляемые и невозобновляемые) ресурсы, их добычу и возобновление.

3. Количество административных центров ограничено. За каждым административным центром закреплена своя территория[3]. Считаем, что территория принадлежит государству, если на нее распространено влияние какого-либо административного центра данного государства.

4. Политическое влияние центра (управление периферией) – пространственная характеристика. Она показывает степень влияния центра на зависимые от него территории. Власть как бы распространяется по территории.

5. Сила, мощь административного центра – это характеристика каждого центра.

6. Численность населения – глобальная величина, т.е. не рассматриваем численность отдельных частей государства.

7. Изменение границ и изменение властных центров – некоторая внешняя функция центра. Полагаем, что это есть довольно значительное влияние центра государства-империи на развитие регионов.

8. Внешние параметры для административного центра – это уровень развития политической и экономической систем. Они определяются с помощью математической модели социогенеза, описанной в гл.9.

[3]Например, в России до XX века – это губернии.

Опишем математическую модель развития государства.

Мощь административного центра опишем функцией $M_i(t) : \mathbb{R}^+ \to \mathbb{R}$ ($i$ - номер центра), численность населения – функцией $N(t) : \mathbb{R}^+ \to \mathbb{R}$, природный ресурс – функцией $R^*(x, y, t) : \mathbb{R}^3 \to \mathbb{R}$, добытый ресурс – функцией $R(t) : \mathbb{R}^+ \to \mathbb{R}$, политическое влияние центра функцией $P_i(x, y, t) : \mathbb{R}^3 \to \mathbb{R}$, внешнюю функцию центра государства для $i$-го административного центра – функцией $C_i(t) : \mathbb{R}^+ \to \mathbb{R}$.

Будем рассматривать развитие государства в некоторой области $G \in \mathbb{R}^2$.

Уравнения модели строим по аналогии с моделью мировой динамики Дж.Форрестера [72]. Под моделью в данном случае имеем в виду систему дифференциальных уравнений (обыкновенных и в частных производных). В левой части уравнения пишем скорость изменения величины от времени $t$, а в правой – разность показателей скорости прироста и убыли описываемой функции.

Уравнение, описывающее изменение *мощи административного центра*[4], имеет вид

$$\frac{dM}{dt} = B_M - D_M.$$

Здесь

$$B_M = [Bn_M \cdot M] \cdot B_M(R) \cdot B_M(P, C) \cdot B_M(N),$$

$$D_M = [Dn_M \cdot M] \cdot D_M(R) \cdot D_M(P, C) \cdot D_M(N)$$

– соответственно скорости прироста и убыли мощи $M$;

$Bn_M$ и $Dn_M$ – скорости естественного прироста и убыли $M$;

$B_M(R)$, $B_M(P, C)$ и $B_M(N)$ – коэффициенты, влияющие на рост $M$, в зависимости от $R$, $P$, $C$, $N$, т.е. это некоторые функции от этих величин;

$D_M(R)$, $D_M(P, C)$ и $D_M(N)$ – аналогичные коэффициенты для величины $D_M$.

[4]Для упрощения записи далее мы опускаем индексы $i$.

Изменение численности *населения*, опишем уравнением

$$\frac{dN}{dt} = B_N - D_N + \frac{E}{E_1} \cdot N,$$

где

$$B_N(r,t) = N \cdot Bn_N \cdot B_N(r),$$

$$D_N(r,t) = N \cdot Dn_N \cdot D_L(r)$$

– темп рождаемости и темп смертности населения ($Bn_N$ и $Dn_N$ – нормальные темпы рождаемости и смертности);

$r = R/R'(N)$ – ресурсообеспеченность (эффективность *добытого ресурса*); $R'(N)$ – количество ресурса, необходимого для жизни $N$ человек.

$(E/E_1) \cdot N$ – изменение скорости прироста населения в зависимости от внешнего параметра – уровня развития экономической системы $E$ ($E_1$ – нормирующий множитель).

Изменение ресурса $R^*$ вычисляют в каждой точке плоскости $x, y$, исходя из уравнения

$$\frac{dR^*}{dt}(x,y,t) = -D_R(E(t), C(t), P(x,y,t)) + k_R.$$

Здесь $D_R$ – функция, описывающая величину расхода природного ресурса $R^*$; $k_R$ – скорость возобновления ресурса ($k_R \sim 0.05$).

Скорость роста *добытого ресурса* $R_1$ зависит от его наличия $R^*(x,y,t)$ и возможности его добыть (что определяется степенью влияния центра на данную территорию $P(x,y,t)$)

$$R_1(t) = \iint\limits_G P(x,y,t) R^*(x,y,t) dxdy.$$

Скорость расхода ресурса

$$R_2(t) = r_0 \cdot N(t),$$

где $r_0$ – ресурс, необходимый для одного человека.

Следовательно, уравнение, описывающее изменение *добытого ресурса*, имеет вид

$$\frac{dR}{dt} = R_1(t) - R_2(t).$$

Изменение *политического влияния* записывается, следующим образом

$$\frac{\partial P}{\partial t}(x,y,t) = Q(x,y,t)\cdot\triangle P + f_1(C,\bar{P},M)\cdot P + \nabla R^*\cdot\nabla P - P^2,$$

где:

$Q(x,y,t)\cdot\triangle P$ – распространение влияния, $Q(x,y,t)$ – коэффициент, зависящий от географических условий (ландшафт, климат и т.п.);

$f_1(C,\bar{P},M)$ – функциональная зависимость от внешней функции центра государства, от $\bar{P}$ – внешнего параметра – уровня развития политической системы (см. гл.9) и от мощи административного центра;

$\nabla R^*\cdot\nabla P$ – распространение влияния в направлении увеличения количества ресурса $R^*$;

$-P^2$ – противодействие увеличению политического влияния $P$, связанное с ограниченностью "властного" пространства.

***

Такова возможная модель системы власти – империи. Она состоит из нескольких дифференциальных уравнений, число которых зависит от числа административных центров.

Для того чтобы проводить компьютерное моделирование необходимо решить следующие задачи:

– реализовать на компьютере алгоритм численного решения системы дифференциальных уравнений;

– результаты моделирования представить в виде географической карты, на которой обозначены административные центры и границы;

– отобразить изменением цветовой гаммы на карте территорий степень политического влияния в регионах;

– представить интегральные характеристики $(N, R)$ в виде графиков их зависимости от времени. Исходные данные для модели могут быть определены из реальных исторических и географических источников.

В предложенной модели не рассматривается процесс образования новых административных центров, поэтому внешняя функция центра, процесс изменения границ и образование административных центров должны задаваться в процессе моделирования.

# Литература


[1] Айзенштадт С.Н. *Цивилизационные измерения социальных изменений. Структура и история* // Цивилизации. Вып.4. М.: МАЛП, 1997. С.20-32.

[2] Аниконов Ю.Е. *О математическом моделировании этнических процессов* // Математические проблемы экологии. Новосибирск: Ин-т мат-ки СО РАН, 1994. С.3-6.

[3] Аниконов Ю.Е. *О математическом моделировании этнических процессов.* Докл. РАН. 1995. Т.345, N.1. С.7-9.

[4] Андреев А.Ю., Бородкин Л.И., Левандовский М.И. *Синергетика в социальных науках: пути развития, опасности и надежды* // Website в Интернет http://kleio.dcn-asu.ru/aik/krug/5/4.html

[5] Багрецов С.А., Львов В.М., Наумов В.В. и др. Диагностика социально-психологических характеристик малых групп с внешним статусом. СПб.: Лань/ун-т МВД России, 1999.

[6] Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. *Неравновесная термодинамика и физическая кинетика.* М.: МГУ, 1989.

[7] Бартенев С.А. *История экономических учений в вопросах и ответах.* М.: Юристъ, 1998.

[8] Бартоломью Д. *Стохастические модели социальных процессов.* М.: Финансы и статистика, 1985.

[9] Бауман З. *Спор о постмодернизме* // Социологический журнал. 1995. N.4. С.70-71.

[10] Батыгин Г.С. *Лекции по методологии социологических исследований.* М., 1995.

[11] Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. *Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости.* М.: Наука, 1976.

[12] Берн Э. *Люди, которые играют в игры. Игры, в которые играют люди.* М: Центр общечеловеческих ценностей, 1990.

[13] Бехтерев В.М. *Избранные работы по социальной психологии.* М.: Наука, 1994.

[14] Бехтерев В.М. *Объективная психология.* М.: Наука, 1991.

[15] Богданов А.А. *Тектология. Всеобщая организационная наука.* Кн.1,2. М.: Экономика, 1989.

[16] Владимиров Ю.С. *Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 1. Теория систем отношений.* М.: МГУ, 1996.

[17] Владимиров В.С. *Обобщенные функции в математической физике.* М.: Наука, 1976.

[18] Гараджа А. Ж. *Бодрийар* // Современная западная философия: Словарь М., 1991.

[19] Гумилев Л. Н. *Этногенез и биосфера Земли.* М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.

[20] Гумилев Л. Н. *От Руси к России. Очерки отечественной истории.* М.: Экопрос, 1992.

[21] Гумилев Л.Н. *География этноса в исторический период* // Звезда. 1990. N2.

[22] Гуц А.К. *Глобальная этносоциология*: Учебное пособие. Омск: ОмГУ, 1997.

[23] Гуц А. К., Коробицын В. В., *Компьютерное моделирование этногенетических процессов* // Рукопись деп. в ВИНИТИ 24.09.1997, N 2903-В97. Омский гос.ун-т, 1997.

[24] Гуц А.К., Коробицын В.В., Лаптев А.А., Паутова Л.А., Фролова Ю.В. *Социальные системы: формализация и компьютерное моделирование.* Омск: ОмГУ, 2000.

[25] Гуц А.К. *Религия: истина для сердца вместо знания для ума* // Взаимосвязь физической и религиозной картин мира. Физики-теоретики о религии. Кастрома: Из-во МИИЦАОСТ, 1996. С.32-43.

[26] Данилов Н.Н., Крылов А.Л. *Физиология высшей нервной деятельности.* Ростов-на-Дону: Феникс, 1999.

[27] Девятко И.Ф. *Методы социологического исследования.* Екатеринбург, 1998.

[28] Демин А.Н. *О совмещение количественного и качественного подходов в исследовательском цикле* // Социологический журнал. 1999. N 1.

[29] Дюркгейм Э. *О разделении общественного труда. Метод социологии.* М.: Наука, 1991.

[30] Емелин В. *Постиндустриальное общество и культура постмодерна.*

[31] Иванов Д.В. *Виртуализация общества.* СПб., 2000.

[32] Ионин Л.Г. *Основания социокультурного анализа.* М.: Рос. гос. гуманит. ун-т, 1996.

[33] *Исследования по общей теории систем.* М.: Прогресс, 1969.

[34] Замятина Н.Ю. *Модели политического пространства* // Полис. 1999. N4. С.29-41.

[35] Здравомыслова Е.А., Темкина А.А. *Социальное конструирование гендера* // – http://win.www.nir.ru/socio/scipubl/sj/34-zdrav.htm

[36] Здравомыслова О.М., Арутюнян М.Ю. *Российская семья на европейском фоне.* М., 1998.

[37] Иваничев Г.А. *Спинально-стволовый полисинаптический рефлекс.* – http://www.infamed.com/enmg/sspr.html

[38] Капитонов Э.А. *Социология XX века.* Ростов-на-Дону, 1996.

[39] Каспэ С.И. *Империи: генезис, структура, функции* // Полис. 1997. N5. С.31-48.

[40] Коломинский Я.Л. *Психология взаимоотношений в малых группах.* Минск: ТетраСистемс, 2000.

[41] Кулаков Ю.И. *Элементы теории физических структур.* Новосибирск: НГУ, 1968.

[42] Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В. *Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику.* М.: Архимед, 1992.

[43] Лазарсфельд П. *Измерение в социологии / Американская социология: перспективы, проблемы, методы.* М., 1972.

[44] Лаптев А.А. *Построение математической модели общества* // Естественные науки и экология: Ежегодник. Вып.4: Межвузовский сборник научных трудов. - Омск: Издательство ОмГПУ, 1999. С.15-33.

[45] Левин К. *Теория поля в социальных науках.* СПб.: Речь, 2000.

[46] Либин А.В. *Дифференциальная психология: на пересечении европейских, российских и американских традиций.* М.: Смысл, 1999.

[47] Лиотар Ж-Ф. *Состояние постмодерна.* СПб. 1998.

[48] Макгиннис Р. *Новое в методах исследования* // Американская социология: перспективы, проблемы, методы. М., 1972.

[49] Мангейм Дж. Б., Рич Р.К. *Политология. Методы исследования.* М., 1997.

[50] Миронов Б.Н. *Социальная история России периода империи (XVIII – начало XX вв.).* В 2-х тт. СПб.: "Дмитрий Буланин", 1999.

[51] Михайличенко Г.Г. *Математический аппарат теории физических структур.* Горно-Алтайск: Г-АГУ, 1997.

[52] Острейковский В.А. *Теория систем.* М.: Высшая школа, 1997.

[53] Пантин В., Лапкин В. *Волны политической модернизации России* // Полис. 1998. N 2.

[54] Парсонс Т. *Понятие общества: компоненты и их взаимоотношения* // Тезис. Т.1, N 2. С.94-122.

[55] Парсонс Т. *О структуре социального действия.* М.: Академический Проект, 2000.

[56] Парсонс Т. *Система современных обществ.* М.: Аспект Пресс, 1997.

[57] Пивоваров Ю.С. *Концепция политической культуры в современной науке* // Политическая наука. Теоретико-методологические и историко-культурные исследования. М., 1996.

[58] Подгозин И.А. *Проблемы дефиниции и оценки политического риска в зарубежных исследованиях* // Вестник МГУ. Сер. 12. Политические науки. 1996. N 5.

[59] Посконин В.В. *Социально-политическая теория Т.Парсонса: методологический аспект.* Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1994.

[60] *Российская социологическая энциклопедия* / Под ред. Г.В.Осипова. М.: Издательская группа НОРМА–ИНФРА-М, 1998.

[61] Самарский А.А., Михайлов А.П. *Математическое моделирование.* М.: Наука · Физматлит, 1997.

[62] Сеченов И.М. *Избранные произведения.* М., 1958.

[63] *Современный словарь иностранных слов.* М.: Рус. яз., 1992.

[64] Смелзер Н. *Социология.* М.: Феникс, 1994.

[65] Сушков И.Р. *Психология взаимоотношений.* М.: Академический Проект, ИП РАН, Екатеринбург: Деловая книга, 1999.

[66] Тихонов А.Н., Самарский А.А. *Уравнения математической физики.* М.: Наука, 1977.

[67] Торндайк Э., Уотсон Д.Б. *Бихевиоризм.* М.: АСТ, 1998.

[68] Фейерабенд П. *Избранные труды по методологии науки.* М., 1986.

[69] Филиппов А.Ф. *Смысл империи: к социологии политического пространства.* – http:// www.russ.ru/antolog/inoe/filipp.htm/filipp.htm

[70] *Физика платоновских форм.* – http://www.context.ru/chapter1.htm

[71] Фихтенгольц Г. М. *Курс дифференциального и интегрального исчисления.* Т. 3. М.: Наука, 1970.

[72] Форрестер Дж. *Мировая динамика.* М., Наука, 1978.

[73] Фролова Ю.В., Коробицын В.В., Лаптев А.А.. *Компьютерная модель влияния ресурсообеспечения мужчин на поведение женщин* // Математические структуры и моделирование. 2000. N 5. С.97-103.

[74] Халеева И.И. *Гендер как интрига познания* // Гендер как интрига познания. Сборник статей. М., 2000.

[75] Хейзинга Й. *Homo ludens.* М., 1996.

[76] *Хрестоматия по курсу гендерных исследований.* М.: Изд-во "Московского центра гендерных исследований", 2000.

[77] Эйнштейн А. *Собрание научных трудов.* Т.4. М.: Наука, 1967.

[78] Энгельс Ф. *Происхождение семьи, частной собственности и государства* / Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. М., 1961. Т.21.

[79] *Энциклопедический социологический словарь.* М., 1995.

[80] Ядов В.А. *Стратегия социологического исследования.* М.,1998.

[81] Якупов Р.А. *Мигательный рефлекс.* – http://www.infamed.com/enmg/br.html

[82] Bogdanoff A.A. *Algemeine Organisationslehre (Tektologie).* Bd.1. Berlin, 1926; Bd.II. Berlin: Hirzel, 1928.

[83] Bouchaud J.-P., Cont R. *A Langevin approach to stock market fluctuations and crashes* // Eur. Phys. J. 1998. V.B6. P.543-550.

[84] Epstein J.M., Axtell R. *Growing Artificial Societies.* Washington, Brookings Institution Press, 1996.

[85] Helbing D. *Boltzmann-like and Boltzmann-Fokker-Planck Equations as a Foundation of Behavioral Models.* – Los Alamos E-preprint: cond-mat/9805384 (1998). –http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/9805384

[86] Helbing D. *Quantitative Sociodynamics.* Dordrecht: Kluwer Academic, 1995.

[87] Helbing D. *A Mathematical Model for the Behavior of Individuals in a Social Field.* – Los Alamos E-preprint: cond-mat/9805194 (1998). – http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/9805194

[88] Hołyst J.A., Kacperski K., Schweiitzer F. *Phase transitions in social impact models of opinion formation* // Physica. 2000. V.A285. P.199-210.

[89] Hołyst J.A., Kacperski K., Schweiitzer F. *Phase transitions in social impact models of opinion formation.* – Los Alamos E-preprint: cond-mat/0004026 (2000). – http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0004026

[90] Neshchadim M.V. *Dynamical model of the ethnic system. Formulas in direct and inverse problems.* // J. Inv. Ill-Posed Problems. 1998. V.6, N.6. P.605-617.

[91] Scafetta N., Hamilton P., Grigolini P. *The Thermodynamics of Social Processes: The Teen Birth Phenomenon.* – Los Alamos E-preprint: cond-mat/0009020 (2000). – http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0009020

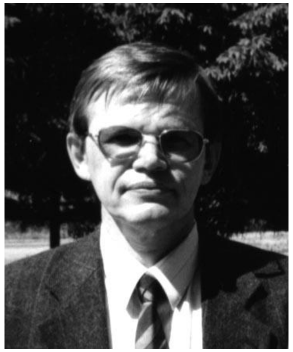
[92] Schweiitzer F., Holyst J.A. *Modelling Collective Openion Formation be Means of Active Brownian Particles.* – Los Alamos E-preprint: adap-org/9911005 v2 (2000). – http://xxx.lanl.gov/abs/adap-org/9911005

[93] Sornette D. *Fokker-Planck equation of distributions of financial returns and power laws.* – Los Alamos E-preprint: cond-mat/0011088 (2000). – http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0011088

[94] Weidlich W., Haag G. *Concepts and Models of Quantitative Sociology.* Berlin: Springer, 1983.

[95] Weidlich W. *Physics and Social Science. The Approach of Synergetics* // Physics Reports. 1991. V.204. P.1-163.

# Авторский коллектив

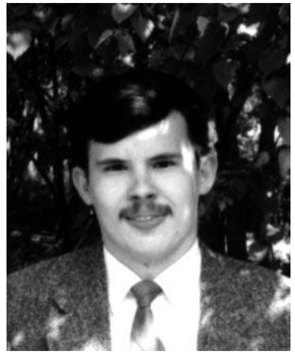


**Гуц Александр Константинович**
доктор физико - математических наук, профессор Омского государственного университета, заведующий кафедрой математического моделирования.
E-mail: *guts@univer.omsk.su*

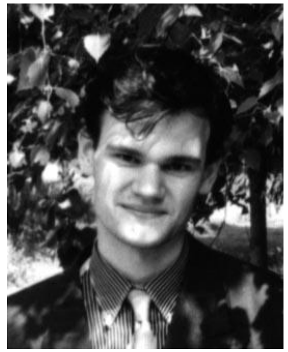
**Паутова Лариса Александровна**
кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и политологии Омского государственного университета, член комитета по социокибернетике Международной социологической ассоциации (ISA).
E-mail: *pautova@univer.omsk.su*

**Фролова Юлия Владимировна**
аспирант кафедры математического моделирования Омского государственного университета, сотрудник лаборатории "Моделирования биологических и социальных систем".
E-mail: *frolova@univer.omsk.su*

**Лаптев Александр Анатольевич**
аспирант кафедры математического моделирования Омского государственного университета, сотрудник лаборатории "Моделирования биологических и социальных систем".
E-mail: *laptev@univer.omsk.su*



**Коробицын Виктор Викторович**
аспирант кафедры математического моделирования Омского государственного университета, сотрудник лаборатории "Моделирования биологических и социальных систем".
E-mail: *korobits@univer.omsk.su*



# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Учебное пособие

Авторский коллектив

А.К. Гуц, В.В. Коробицын, А.А. Лаптев,
Л.А. Паутова, Ю.В. Фролова

Лицензия ЛР 020380 от 29.01.97.
Подписано в печать 25.12.00.
Формат $60 \times 84$ 1/16. Печ.л. 21,1. Уч.-изд.л. 22.
Тираж 150 экз.

Полиграфический центр КАН
644050, Омск-50, пр. Мира, 32, к.11
тел. (3812) 65-47-31
Лицензия ПЛД N 58-47 от 21.04.97 г.