

На правах рукописи

ЛАТУТА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Специальность: 08.00.13 Математические и инструментальные
методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2006

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

доктор экономических наук, доцент
Силкина Галина Юрьевна

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

доктор экономических наук, профессор
Медников Михаил Дмитриевич
кандидат экономических наук, доцент
Козлов Андрей Владимирович

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов».

Защита состоится «__» _____ 2006 г. в __ часов на заседании диссертационного Совета Д 212.229.23 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. III уч. корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «__» _____ 2006 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат экономических наук, доцент

Сулоева С.Б.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Проблема экономической безопасности чрезвычайно важна в условиях рыночной системы хозяйствования, где хозяйствующие субъекты, обладающие экономической самостоятельностью, определяют собственную социальную и экономическую политику, организуют производство, полностью отвечают за результаты хозяйственной деятельности. Все это актуализирует проблему обеспечения экономической безопасности в современных условиях.

Анализ сложившейся практики и специальной литературы по рассматриваемой проблеме побуждает сделать вывод о том, что теория экономической безопасности находится в стадии становления. К числу наименее изученных вопросов относятся региональные аспекты проблемы обеспечения экономической безопасности, в том время как в России, являющейся федеративным государством, именно они являются ключевыми. Современные исследования в сфере экономической безопасности касаются, в первую очередь, ее общенациональных аспектов, что во многом объясняется сложившейся в обществе трактовкой термина «безопасность». Экономическая безопасность представляется в них материальной основой национальной безопасности, гарантией устойчивого, стабильного развития страны, ее независимости. Экономическая безопасность регионов обычно рассматривается в рамках сочетания интересов центра и территории, носящей двойственный характер: территория выступает полигоном, где наблюдаются локализованные социально-экономические, экологические, демографические процессы, которые могут угрожать экономической безопасности страны.

Сложившееся положение сказывается и на качестве научно-методического обеспечения оценки состояния экономической безопасности регионов. При анализе методов оценки экономической безопасности систем можно выделить два основных подхода, получивших отражение в научной литературе: сравнение с пороговыми значениями показателей и ранжирование. Сопоставление фактических показателей, характеризующих состояние анализируемого объекта с некоторыми критическими значениями, называемых пороговыми, позволяет сделать вывод о степени кризисности ситуации в конкретный момент времени, выявить дестабилизацию или нормальный уровень экономической безопасности. Выход хотя бы одного показателя за критическую границу, трактуется как нарушение устойчивости системы. Частный случай классификации – ранжирование – призван разбить группы однородных объектов на классы на основе некоторых признаков. В качестве основных недостатков существующих систем индикаторов и показателей экономической безопасности выделяются:

- эмпирический подход, упор на статистические взаимосвязи в ущерб причинно-следственным зависимостям в экономике;
- субъективизм в отборе показателей, в результате чего индикаторы рассыпаются в мозаику, не дающую целостной картины;
- статическая интерпретация экономических явлений в отрыве от их динамической составляющей.

В совокупности эти недостатки приводят к неоднозначности дифференциации регионов, прогнозирования социально-экономических ситуаций в них, искаженному представлению межрегиональных различий и, как следствия, к ошибкам в характере принимаемых решений.

Приведенные аргументы свидетельствуют о том, что назрела потребность отработки подходов к систематизированному анализу вопросов экономической безопасности, основанному на модельном представлении при адекватной информационной поддержке.

Построение и анализ моделей экономической безопасности регионов России позволит оценить достигнутый уровень экономической безопасности, диагностировать периоды неустойчивого функционирования региона, выявить возможные причины этой неустойчивости, а также направления борьбы с ними.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка и исследование математических моделей экономической безопасности регионов, базирующегося на ее модельном представлении.

Достижение поставленной цели потребовало постановки и решения комплекса научно-практических задач:

- уточнение теоретических положений концепции экономической безопасности регионов, и анализ значений факторов различных сфер жизнедеятельности региона в ее обеспечении;
- формирование набора факторов, значимых с позиции экономической безопасности региона, и анализ вида связи между ними;
- построение математической модели, описывающей зависимость экономической безопасности от факторов внутренней среды и ее нелинейную динамику;
- формирование метода оценки степени кризисности ситуации в регионе;
- проведение анализа устойчивости математической модели экономической безопасности региона к негативным воздействиям;
- проектирование и разработка информационной системы, позволяющей автоматизировать сбор, обработку информации и анализ экономической безопасности региона;
- проведение анализа экономической безопасности регионов на примере Хабаровского края, Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Объектом исследования выступает экономическая безопасность региона.

Предметом исследования являются теоретические, методические и практические вопросы математического моделирования экономической безопасности.

Теоретически-методологическая основа и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды российских и зарубежных ученых-экономистов, результаты фундаментальных и прикладных исследований в области информатики и математики.

Концептуальные подходы к проблемам экономической безопасности содержатся в работах Т. Д. Ромащенко, А.П. Градова, Б. Ю. Сербиновского, А. В. Тарасова, А. Илларионова, Н. П. Ващекина, М. И. Дзлиева, И. Я. Богданова, В.

В. Шлыкова. Методологические подходы к исследованию экономической безопасности рассматриваются в трудах А. И. Татаркина, А. А. Куклина, А. Л. Мызгина, Е. А. Олейникова, Е. Д. Кормишкина, Л. П. Гончаренко, Д. С. Львова.

Вопросы национальной экономической безопасности рассматриваются в работах Л. Н. Абалкина, В. К. Сенчагова, С. Е. Лелюхина, П. А. Бочкова и др. Проблемы экономической безопасности регионального уровня занимают Н. В. Дюженкова, Г. В. Гутман, В. И. Яковлев, В. Н. Чуканов, А. А. Козицын, А. М. Мастепанов и др.

При построении и исследовании математических моделей экономической безопасности был применен аппарат теории катастроф (Р. Тома, Т. Постон, Эн. Стюарт, Ю. А. Алексеев) и нейросетевого моделирования (Ф. Уоссермен, В. К. Круглов, В. В. Борисов, А. И. Галушкин).

В диссертации использовались законодательные нормы и правовые акты Российской Федерации и ее субъектов.

Информационную базу исследования составили материалы Госкомитета по статистике РФ, Хабаровского края, Санкт-Петербурга и Ленинградской области; научные доклады и тематические сборники научных трудов экономических научно-исследовательских институтов, аналитические и отчетные материалы региональных органов исполнительной власти субъектов РФ.

Научная новизна исследования. Научную новизну диссертации определяют следующие ее результаты:

- сформирован набор факторов экономической безопасности региона, выявлены и обоснованы формы связи между ними;
- построена концептуальная модель в составе системы целей, критериев и показателей экономической безопасности региона, основанная на анализе выявленных особенностей факторов экономической безопасности и связей между ними;
- разработана аналитическая модель экономической безопасности региона, состоящая из локальных функций безопасности целенаправленной деятельности и интегрирующей их функции экономической безопасности;
- на основе исследования структурной устойчивости аналитической модели средствами математической теории катастроф выделены и аналитически описаны бифуркационные поверхности, то есть места ветвления вариантов развития системы;
- построена и оттестирована нейросетевая модель оценки кризисности ситуации в регионе;
- разработана информационная система поддержки принятия решений по управлению экономической безопасностью региона.

Практическая значимость полученных результатов. Практическая направленность исследования определяется тем, что его результаты могут быть использованы как промежуточное звено между уровнем, где принимаются стратегические решения, направленные на обеспечение безопасности, и уровнем, где формируются конкретные средства и меры, реализующие разработанную стратегию. Применение разработанной методики оценки кризисности си-

туации и анализа устойчивости позволит повысить обоснованность управленческих решений, направленных на обеспечение экономической безопасности регионов.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертации на различных этапах исследования представлялись в научных докладах и получили положительную оценку на международных, региональных научно-практических конференциях. Реализованная методика и, поддерживающая ее, информационная система приняты к тестированию и последующему использованию в работе отдела по экономическому развитию администрации Комсомольского и Ванинского районов Хабаровского края.

Публикации. По теме опубликовано 6 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и 4 приложений. Работа содержит 188 страниц основного текста, 15 таблиц, 34 рисунка и включает список литературы из 158 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, описаны объект, предмет и теоретико-методологическая база исследования, раскрыта научная новизна работы, ее практическая значимость и степень апробации.

В первой главе Экономическая безопасность представлена в системном контексте; выделено особое место экономической безопасности среди других видов безопасностей, проанализированы ее структурные элементы. Обоснована приоритетность исследования региональных аспектов экономической безопасности, основанного на ее модельном представлении. Определена общая концепция работы, которая сводится к тому, чтобы на основе накопленного в России и за рубежом опыта, предшествующих разработок и фундаментальных теорий разработать и исследовать математическую модель экономической безопасности региона.

Во второй главе проведен анализ существующей теории и практики анализа и оценки экономической безопасности региона, определены наименее проработанные аспекты оценки достигнутого уровня экономической безопасности. Обоснованы преимущества нейросетевого подхода к оценке степени кризисности ситуации в регионе. Доказаны возможности применения математической теории катастроф к исследованию устойчивости функционирования региона. Приведены основные факты из теории нейронных сетей и теории катастроф, которые использованы в дальнейшем при построении и исследовании математических моделей экономической безопасности региона.

В третьей главе описан процесс и представлены результаты моделирования экономической безопасности региона. В результате этапов логического и качественного моделирования разработана концептуальная модель экономической безопасности региона в составе системы целей, критериев и показателей экономической безопасности региона. Выбрана и обоснована структура искусственной нейронной сети и метода ее обучения для решения статической задачи классификации. Для анализа устойчивости региона построены локальные функции и интегрирующая их функция экономической безопасности, проведен

анализ последней на структурную устойчивость. Определены и аналитически описаны бифуркационные поверхности, в точках которых возможно резкое изменение текущего состояния региона.

В четвертой главе представлена созданная информационная система, предназначенная для оценки экономической безопасности регионов, а также – проведенный на ее основе и с использованием аналитических и статистических данных анализ экономической безопасности Хабаровского края, Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Изложены результаты выполненного анализа.

В заключении сформулированы выводы в соответствии с целью и задачами диссертационного исследования.

II. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

В ходе проведения моделирования была построена концептуальная модель экономической безопасности региона в составе системы целей, критериев и показателей экономической безопасности региона, основанная на анализе выявленных особенностей факторов экономической безопасности и связей между ними. Иерархия целей для достижения экономической безопасности региона показана на рис. 1.



Рис. 1. Иерархия целей

Каждой из этих конкретных целей был поставлен в соответствие критерий, который характеризует степень достижения цели. Полный список критериев для иерархии целей экономической безопасности региона:

1. Поддержание и развитие научно-технического потенциала региона:

- 1.1. Обеспечение финансированием научно-технической деятельности и научных исследований;
- 1.2. Способность экономики к инновационному развитию;
2. Обеспечение приемлемого уровня существования в регионе:
 - 2.1. Обеспечение приемлемого уровня жизни в регионе;
 - 2.2. Устойчивость рынка труда;
 - 2.3. Устойчивость к депопуляции региона;
 - 2.4. Исключение криминализации общества и сфер хозяйственной и финансовой деятельности региона;
 - 2.5. Обеспечение потребности региона в сельскохозяйственной продукции;
3. Способность экономики региона к устойчивому развитию:
 - 3.1. Способность экономики региона к росту и расширенному воспроизводству;
 - 3.2. Способность производственного потенциала адекватно реагировать на падение промышленного производства региона;
 - 3.3. Зависимость экономики региона от импорта важнейших видов продукции и продовольствия;
 - 3.4. Устойчивость финансовой системы региона;
 - 3.5. Обеспечение энергетической безопасности;
4. Способность сохранения баланса между природой и человеком в регионе:
 - 4.1. Обеспечение чистоты атмосферного воздуха;
 - 4.2. Обеспечение чистоты водных объектов;
 - 4.3. Контроль соблюдения правил пользования земельными ресурсами и рекультивация нарушенных земель.

Критерии в свою очередь выражаются показателями (факторами) экономической безопасности. Таким образом, анализ экономической безопасности региона производится по четырем сферам экономической безопасности, которым соответствуют обобщенные показатели (макро-факторы):

- Поддержание и развитие научно-технического потенциала региона;
- Обеспечение приемлемого уровня существования в регионе;
- Способность экономики региона к устойчивому росту;
- Способность сохранения баланса между природой и человеком в регионе.

Макро-факторы подразделяются на показатели меза-уровня (меза-факторы), которые рассчитываются на основе показателей экономической безопасности микро-уровня (микро-факторы). В математической модели используются безразмерные переменные, являющиеся преобразованными показателями согласно следующим требованиям:

- максимизация результата, т. е. из двух значений переменной более предпочтительным является большее;
- нормировка переменных – принимаемые значения параметров должны по возможности лежать в диапазоне от 0 до 1.

Реализованный в диссертации комплексный подход анализа экономической безопасности включает построение и исследование двух моделей: статической модели оценки кризисности ситуации (нейронная сеть) и динамической модели, состоящей из локальных функций и интегрирующих функции экономической безопасности.

Оценка состояния экономической безопасности происходит на основе полученных показателей, позволяющих классифицировать его по степени кризисности. В рамках нейросетевого подхода задача определения кризисности ситуации в соответствии с табл. 1. рассматривается как задача классификации образов по 8 классам объектов.

Таблица 1

Классификация ситуаций экономической безопасности

Характер ситуации (зона)	Номер ситуации	Определение
Нормальная	0	- в целом стабильная и устойчивая обстановка
Предкризис 1 (начальный)	1	- экономическая независимость с невысокой способностью к саморазвитию
Предкризис 2 (развивающийся)	2	- возвращение к стабильности и устойчивости за счет внутреннего потенциала региона
Предкризис 3 (критический)	3	- возвращение к стабильности и устойчивости за счет внешних воздействий
Кризис 1 (нестабильный)	4	- регулируемое негативное влияние общей ситуации
Кризис 2 (угрожающий)	5	- мало регулируемое негативное влияние общей ситуации
Кризис 3 (критический)	6	- резко ухудшающаяся общая ситуация
Кризис 4 (чрезвычайный)	7	- экономическое бедствие

В ходе исследования была выбрана следующая архитектура нейронной сети:

- многослойный персептрон;
- количество нейронов во входном слое равно количеству безразмерных переменных, в выходном – количеству классификационных групп;
- используется квадратичный сумматор, так как нейросети с квадратичными сумматорами обладают на порядок лучшими аппроксимирующими способностями по сравнению с нейросетями с линейными сумматорами, имеющими такое же число подстрочных параметров:

$$S = \sum_i x_i^2, \quad (1)$$

где x_i – выходной сигнал синапса;

- активизационная функция – рациональная сигмоида:

$$f(S) = \frac{S}{1 + |S|}, \quad (2)$$

которая обладает свойством усиливать слабые сигналы лучше, чем большие, и предотвращает насыщение от больших сигналов, так как они соответствуют областям аргументов, где сигмоид имеет пологий наклон.

Для обучения нейронной сети применен метод обратного распространения ошибки исходя из следующих соображений. Данный алгоритм обучения ориен-

тирован на сеть выбранной архитектуры, а так же на сегодняшний день из всего многообразия методов обучения именно он является наиболее изученным и распространенным для задач классификации. Результатом обучения искусственной нейронной сети является сформированная карта синапсов. Обученная нейронная сеть при подаче на нее входных параметров делает заключение о степени кризисности ситуации в регионе. Таким образом, нейронная сеть позволяет оценить значения внутренних факторов для развития системы.

Однако знаний о текущей ситуации системы не достаточно для принятия управленческих решений. Необходимо также обладать информацией о возможном поведении системы при воздействии угроз и опасностей. Отсюда и вытекает вторая задача, решенная в рамках комплексного подхода – задача анализа устойчивости ситуации в регионе.

Решение названной задачи определило построение и исследование аналитической модели экономической безопасности региона. Для этого каждой цели пространства поставлен в соответствие «показатель эффективности» (ценность), формирующий некоторую локальную функцию, которая названа функция безопасности целенаправленной деятельности. Свойства локальной функции предопределены предшествующим логическим анализом экономической безопасности региона: проведенные исследования, базирующиеся на анализе статистических данных и теоретически обобщающие их, позволили провести аналитическое исследование экономической безопасности на базе определенной гипотезы о виде этой функции. Выделены следующие свойства локальной функции:

- монотонность – функция возрастает на всей оси; возрастание следует из преобразования «максимизация результата» произведенного над параметрами;
- при значительном негативном значении переменной функция равна (-1) либо асимптотически к ней приближается;
- незначительное увеличение значения переменной приводит к сильному изменению значения локальной функции, то есть к значительному улучшению ситуации;
- существует «точка перехода», в которой происходит перегиб функции, и в которой ее характер меняется;
- по мере приближения значения переменной функции к единице или бесконечности функция становится практически постоянной; даже существенные приращения не оказывают заметного влияния на значение локальной функции.

Приведенными свойствами обладает логистическая функция, которая задается формулой:

$$\nu(k) = \frac{c \cdot e^{2 \cdot \lambda \cdot k} - 1}{c \cdot e^{2 \cdot \lambda \cdot k} + 1}, \quad (3)$$

где k – безразмерная переменная, соответствующая выбранной цели; c и λ – константы, значения которых находятся из начальных условий.

Функция служит для косвенного сопоставления важности тех или иных значений безразмерных переменных. Степень достижения каждой цели описы-

вается упорядоченным множеством числовых значений переменных, относящихся к этой цели, и варьируется от (-1) до 1 . Единица обозначает, что цель достигнута. Минус один является минимальным значением степени достижения цели. Описанная функция $\nu(k)$ является решением дифференциального уравнения:

$$\frac{d\nu(k)}{dk} = (\nu(k) - \nu^{\min})(\nu(k) - \nu^{\max}). \quad (4)$$

Функции целенаправленной деятельности микро-уровня объединяются в локальную функцию более высокого уровня на основе аддитивно-сепарабельной модели, аргументированной взаимонезависимостью показателей:

$$V(k) = \sum_{i=1}^m \nu(k_i), \quad (5)$$

где m – количество показателей, принадлежащих одной ветке иерархии.

Функция экономической безопасности является функцией от нескольких переменных и в силу взаимозависимости переменных не может быть представлена в аддитивном виде. С одной стороны, функция экономической безопасности должна отражать то, что ни один из факторов не является независимым по полезности. С другой – единство подхода к оценке экономической безопасности различных уровней дает основание утверждать, что глобальная функция экономической безопасности подобна функциям более низкого уровня (логистической кривой). Следовательно, искомая функция является решением системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x} &= g_1(y, z, q) \cdot (F - F^{\min}) \cdot (F^{\max} - F), \\ \frac{\partial F}{\partial y} &= g_2(x, z, q) \cdot (F - F^{\min}) \cdot (F^{\max} - F), \\ \frac{\partial F}{\partial z} &= g_3(x, y, q) \cdot (F - F^{\min}) \cdot (F^{\max} - F), \\ \frac{\partial F}{\partial q} &= g_4(x, y, z) \cdot (F - F^{\min}) \cdot (F^{\max} - F), \end{aligned} \quad (6)$$

где x – локальная функция поддержки и развития научно-технического потенциала; y – локальная функция обеспечения приемлемого уровня существования в регионе; z – локальная функция способности экономики к устойчивому росту; q – локальная функция способности сохранения баланса между человеком и природой в регионе.

Каждое из этих уравнений разрешимо относительно F :

$$\begin{aligned}
F &= \frac{e^{2g'_1(x,y,z,q)+2\varphi_1(y,z,q)} - 1}{e^{2g'_1(x,y,z,q)+2\varphi_1(y,z,q)} + 1}, \\
F &= \frac{e^{2g'_2(x,y,z,q)+2\varphi_2(x,z,q)} - 1}{e^{2g'_2(x,y,z,q)+2\varphi_2(x,z,q)} + 1}, \\
F &= \frac{e^{2g'_3(x,y,z,q)+2\varphi_3(x,y,q)} - 1}{e^{2g'_3(x,y,z,q)+2\varphi_3(x,y,q)} + 1}, \\
F &= \frac{e^{2g'_4(x,y,z,q)+2\varphi_4(x,y,z)} - 1}{e^{2g'_4(x,y,z,q)+2\varphi_4(x,y,z)} + 1}.
\end{aligned} \tag{7}$$

Требование согласованности обосновывает выполнение равенств:

$$\begin{aligned}
g'_1(x,y,z,q) + \varphi_1(y,z,q) &= g'_2(x,y,z,q) + \varphi_2(x,z,q) = \\
&= g'_3(x,y,z,q) + \varphi_3(x,y,q) = g'_4(x,y,z,q) + \varphi_4(x,y,z).
\end{aligned}$$

Функция $g'_1(x,y,z,q) + \varphi_1(y,z,q)$ представляет собой некоторую функцию от четырех макропеременных, ни одна из которых не является независимой по предпочтению от другой. Данная зависимость выражается функцией вида:

$$g'_1(x,y,z,q) + \varphi_1(y,z,q) = \frac{x \cdot y \cdot z \cdot q}{x + y + z + q}. \tag{8}$$

На основании вышеизложенного сделано заключение о том, что функция экономической безопасности имеет следующий вид:

$$F = \frac{\Phi e^{2G\left(\frac{x \cdot y \cdot z \cdot q}{x+y+z+q}\right)} - 1}{\Phi e^{2G\left(\frac{x \cdot y \cdot z \cdot q}{x+y+z+q}\right)} + 1}, \tag{9}$$

где Φ и G – константы, которые находятся из начальных условий, аналогично c и λ .

Анализ данной функции методами теории катастроф позволил отследить возможность резкого скачкообразного изменения ситуации (катастрофы). Термином "катастрофа" называют качественные, внезапные изменения в развитии. Необходимо отметить, что понятие катастрофы включает в себя не только какие-либо негативные изменения в динамике, но и положительные.

Первым шагом исследования явилось выделение множества критических точек, в которых «сидят» катастрофы. Критическое множество K определяется

условием: $\frac{\partial F}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial y} = \frac{\partial F}{\partial z} = \frac{\partial F}{\partial q} = 0$, и для построенной функции экономической

безопасности имеет вид:

$$K = \begin{pmatrix} 0 & y & z & 0 \\ 0 & y & 0 & q \\ 0 & 0 & z & q \\ x & 0 & 0 & q \\ x & 0 & z & 0 \\ x & y & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

В виду симметричности функции анализ всех полученных критических точек аналогичен, поэтому приведем результаты анализа функции в одной критической точке ($K' = (0; y; z; 0)$). Расщепление функции проведено согласно технологии Морса, показавшей, что в окрестностях вырожденной критической точки функция экономической безопасности представляется в виде суммы двух составляющих:

$$F \sim F^* = M^2 + \frac{\Phi \cdot e^{2G \cdot x \cdot q(-x-q)} - 1}{1 + \Phi e^{2G \cdot x \cdot q(-x-q)}}, \quad (10)$$

первая из которых представляет собой морсовское седло (M^2) и описывает плавное развитие системы, а вторая является вырожденную частью, то есть функцией катастрофы. Именно вырожденная часть определяет скачкообразное поведение системы и подлежит анализу и сопоставлению с известными видами элементарных катастроф. Надо отметить, что переменные, содержащиеся в вырожденной части являются значимыми, то есть определяющими катастрофу. Отсутствующие переменные называются незначимыми.

Полученная функция катастрофы была приведена к стандартному виду (универсальной деформации) с помощью разложения в ряд Тейлора в критической точке. В результате проведенных вычислений универсальная деформация функции приняла вид:

$$f = \alpha_1 + \alpha_2 x^2 q + \alpha_2 x q^2 + \beta_1 x^2 + \beta_2 x q + \beta_3 q^2 + \beta_4 q + \beta_5 x. \quad (11)$$

Сравнение структурно устойчивой функции с таблицей элементарных катастроф приводит к заключению о том, что функция в наибольшей степени соответствует катастрофе символической омбилики ($F = \pm(x_1^3 + x_2^4 + c_5 x_2^2 x_1 + c_4 x_2^2 + c_3 x_1 x_2 + c_2 x_2 + c_1 x_1)$), но все же отличается от нее.

Проведенным исследованием установлено, что модель содержит в себе катастрофу в общем случае во всех шести критических точках. Были выявлены 6 бифуркационных поверхностей ($(0, y, 0, q)$, $(0, y, z, 0)$, $(0, 0, z, q)$, $(x, 0, 0, q)$, $(x, 0, z, 0)$ и $(x, y, 0, 0)$), т. е. поверхностей, в которых система испытывает неустойчивость, обозначенных P_i , $i = 1, \dots, 6$. Бифуркационные поверхности представляют собой переломный, критический момент в развитии системы, в котором она осуществляет выбор пути; иначе говоря, это место ветвления вариантов развития, место, в котором происходит катастрофа.

Для конкретного текущего состояния экономической безопасности региона с фазовыми координатами (x^t, y^t, z^t, q^t) можно найти ближайшее расстояние до

перечисленных поверхностей. Расстояние до каждой поверхности P_i , $i=1,\dots,6$ определяется по формуле:

$$L_i = \sqrt{(x_i^0 - x^t)^2 + (y_i^0 - y^t)^2 + (z_i^0 - z^t)^2 + (q_i^0 - q^t)^2}, \quad (12)$$

где $x_i^0, y_i^0, z_i^0, q_i^0$ – принадлежит одной из поверхностей P_i , $i=1,\dots,6$.

Кратчайшее расстояние от точки до гиперповерхности определяет задачу оптимизации: $L_i \rightarrow \min$, которая может быть решена градиентным методом минимизации функции.

Таким образом, в зависимости от близости к бифуркационным поверхностям можно оценить насколько стабильно текущая ситуация в регионе и не угрожают ли ей в ближайшем будущем катастрофы. Изменение движения системы из текущего состояния в сторону бифуркационных поверхностей является флагом катастрофы и сигналом к увеличению контрмер для поддержания стабильности в регионе.

Исследование функции экономической безопасности на структурную устойчивость вблизи вырожденных критических точек показало, что функция является неустойчивой и любое воздействие опасностей и угроз способно вызвать непредсказуемые скачкообразные изменения уровня экономической безопасности региона.

Основное назначение построенной модели экономической безопасности региона заключается в определенной формализации и количественном обосновании управленческих решений в регионе, которые в слабо структурированной проблеме обеспечения экономической безопасности региона принимаются в основном на интуитивном уровне. Предлагаемый подход позволяет делать обоснованное заключение о текущем уровне экономической безопасности региона, исходя не из отдельного фактора, а из всей их совокупности.

Для реализации разработанной методики была создана информационная система, предназначенная для системных исследований экономической безопасности региона, быстрого и эффективного проведения анализа степени кризисности ситуации в регионе и оценки возможности катастроф. Структура информационной системы представлена на рис. 2.

Система основывается на среде визуального программирования Delphi, имеет необходимый инструментарий для настройки своей работы и интегрирована с пакетом MS Office.

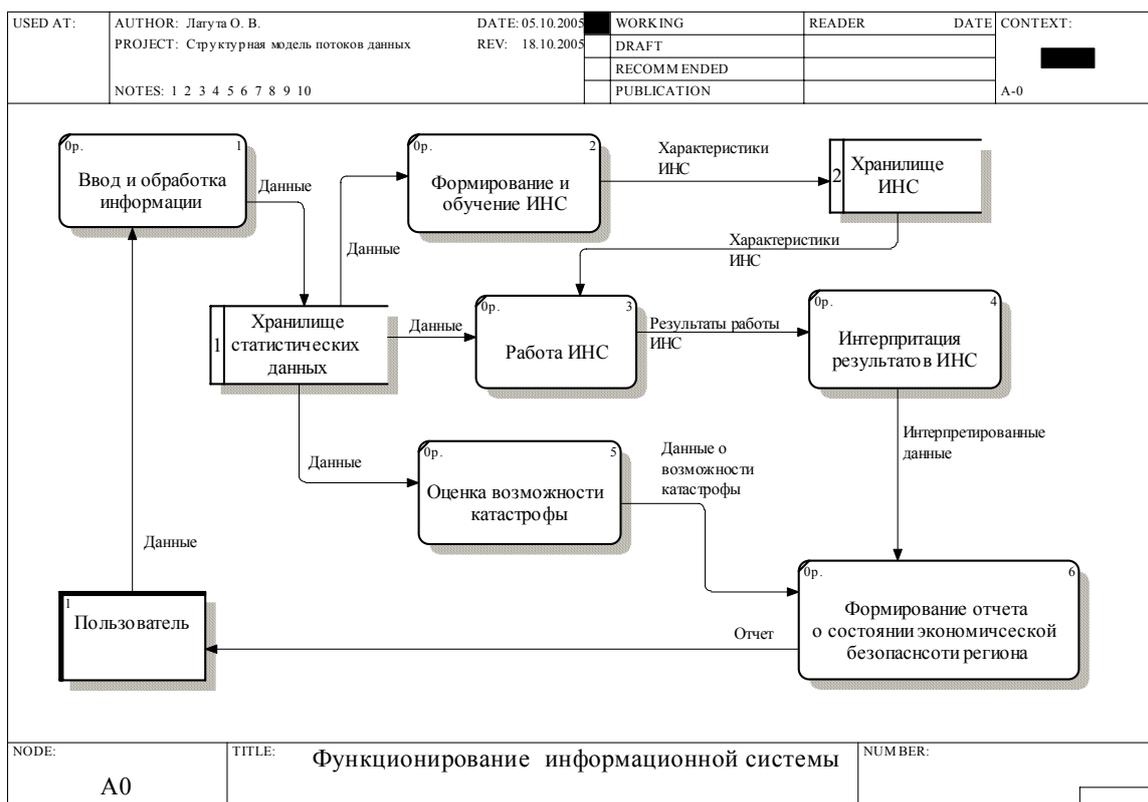


Рис. 2. Структурная модель потоков данных в информационной системе

Описанная методика анализа экономической безопасности была опробована на примере Хабаровского края, Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Исследования показали, что, несмотря на полную зависимость Санкт-Петербурга от продовольственного и энергетического снабжения из других регионов России, его экономическая безопасность находится на высоте, и на протяжении анализируемого периода протяженностью 14 лет ее состояние являлась в принципе устойчивым (табл. 2 и рис. 3).

Таблица 2

Динамика экономической безопасности Санкт-Петербурга

Год	Номер ситуации	Расстояния до бифуркационных плоскостей					
		$(x, y, 0, 0)$	$(x, 0, z, 0)$	$(x, 0, 0, q)$	$(0, y, 0, q)$	$(0, 0, z, q)$	$(0, y, z, 0)$
1990	1	1,65009	0,28199	1,93098	3,62636	2,25807	1,97717
1991	1	1,06778	0,69826	1,76482	3,04507	2,67553	1,97834
1992	1	1,79672	1,42187	3,21739	3,77336	3,39853	1,97788
1993	1	2,06085	0,77974	2,83931	4,0384	2,75724	1,97878
1994	1	2,71871	0,4533	3,17085	4,50469	2,23902	1,787
1995	1	3,20208	0,56841	3,76926	5,17973	2,54594	1,97875
1996	1	3,25067	1,31983	4,56932	5,22783	3,29695	1,97821
1997	1	3,76135	1,63472	5,39492	5,73878	3,6118	1,97825
1998	1	4,64758	0,71892	5,36527	6,62493	2,69631	1,97846
1999	1	4,59882	1,88129	6,47889	6,5762	3,85876	1,97861
2000	1	4,53862	1,39011	5,92756	6,5153	3,36678	1,97778
2001	1	4,28854	0,38978	4,67716	6,26042	2,3616	1,97296
2002	1	6,11115	3,93068	6,08289	6,10866	3,92818	3,95653
2003	1	5,54226	3,96007	5,54329	5,54085	3,95865	3,95768

В противоположность ему состояние экономической безопасности Ленинградской области и Хабаровского края, можно характеризовать как неустойчивое, постоянно «балансирующее на грани». У Ленинградской области опасность скачкообразного развития в течение анализируемого периода наблюдалась 10 раз (табл. 3 и рис.3).

Таблица 3

Динамика экономической безопасности Ленинградской области

Год	Номер ситуации	Расстояния до бифуркационных плоскостей					
		$(x,y,0,0)$	$(x,0,z,0)$	$(x,0,0,q)$	$(0,y,0,q)$	$(0,0,z,q)$	$(0,y,z,0)$
1990	2	2,95274	3,3944	2,38883	2,95254	3,39421	3,95802
1991	2	3,05366	2,23971	1,33508	3,05051	2,23656	3,95509
1992	2	2,71708	2,37438	1,13335	2,71676	2,37406	3,95783
1993	1	2,17325	2,26228	0,4776	2,17314	2,26216	3,95806
1994	5	2,05053	2,19066	0,28342	2,04905	2,18919	3,95643
1995	1	1,9852	2,39587	0,4234	1,9851	2,39577	3,95773
1996	1	2,71148	3,14909	1,90296	2,71138	3,14899	3,95749
1997	5	2,1594	3,21489	1,41687	2,15947	3,21495	3,95761
1998	2	2,06651	2,94825	1,05725	2,06457	2,94631	3,95565
1999	5	4,53596	3,06622	3,64431	4,53282	3,06308	3,95459
2000	5	2,17308	2,59937	0,8149	2,17303	2,59932	3,95765
2001	2	2,04823	2,49705	0,58781	2,04793	2,49674	3,95731
2002	2	4,34736	2,38577	2,77568	4,34736	2,38577	3,95746
2003	2	2,07269	3,35816	1,47348	2,07279	3,35826	3,95768

Однако, как показано на рисунке, только в шести случаях катастрофа произошла. При этом основным источником катастрофических тенденций стабильно являлись экономическая и социальная сферы. Хабаровскому краю скачек угрожал 9 раз, но реализовался только в трех (табл. 4 и рис. 3).

Таблица 4

Динамика экономической безопасности Хабаровского края

Год	Номер ситуации	Расстояния до бифуркационных плоскостей					
		$(x,y,0,0)$	$(x,0,z,0)$	$(x,0,0,q)$	$(0,y,0,q)$	$(0,0,z,q)$	$(0,y,z,0)$
1990	6	3,33171	2,88763	2,28571	3,10061	2,65639	3,70238
1991	6	2,55988	3,33729	1,97513	2,56301	3,34042	3,92529
1992	6	2,37486	3,36172	1,88017	2,42322	3,41007	3,90488
1993	6	1,54716	1,71281	0,79405	2,29329	2,45894	3,21213
1994	1	1,48032	1,06113	2,39771	3,37908	2,95992	2,04242
1995	1	2,10874	2,32102	4,37682	4,06073	4,273	2,00492
1996	1	1,46322	1,62986	3,05475	3,4231	3,58973	1,99824
1997	6	3,91411	0,98923	4,87239	5,87768	2,95267	1,99434
1998	5	3,29111	0,47983	3,76364	5,26651	2,45512	1,98258
1999	5	4,07482	0,71032	4,76654	6,0438	2,67919	1,98744
2000	6	3,19905	0,84133	4,02613	5,17106	2,81333	1,98623
2001	2	3,25856	1,88455	5,1339	5,23295	3,85899	1,9836
2002	2	3,38997	1,04203	4,4189	5,36237	3,01442	1,98532
2003	2	3,10511	0,20024	3,28821	5,07563	2,17069	1,98759

Дестабилизирующими сферами являются социальная и экологическая. Надо отметить, что наблюдаемые скачки в Ленинградской области и Хабаровском крае носили не только негативный, но и положительный характер.

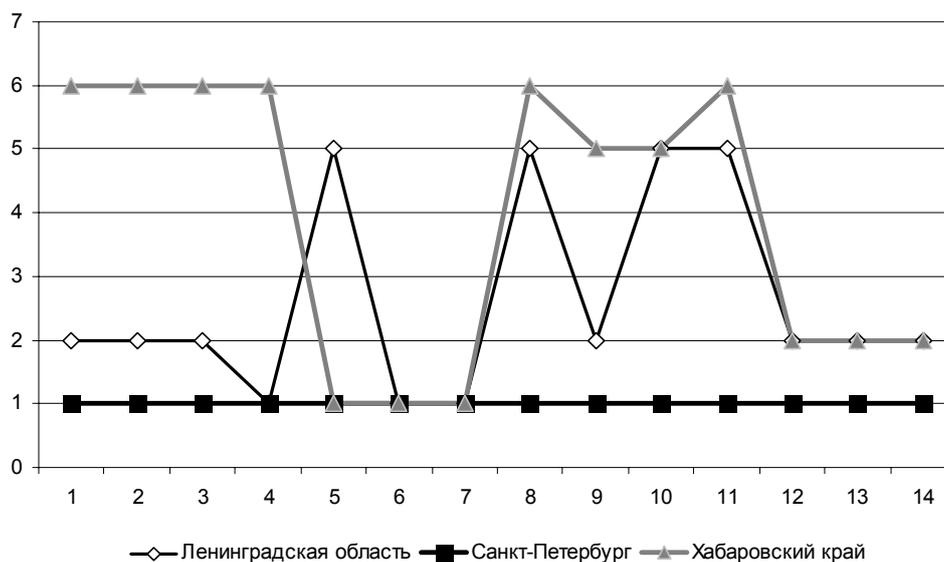


Рис. 3. Динамика кризисности ситуаций

В целом выполненное исследование развивает новый подход к процессу анализа и оценки экономической безопасности региона. Практическое применение предлагаемой методики позволяет усовершенствовать процесс управления регионами, что является актуальной задачей для России на сегодняшний день.

Основные положения диссертации представлены в следующих публикациях:

1. Латута О. В. Информационная система как инструмент обеспечения экономической безопасности // Становление информационной экономики: теория и практика. Сб. науч. трудов/ Под ред. д.э.н. Б. В. Корнейчука. СПб.: Нестор, 2006. – С.103-105.
2. Латута О. В. К проблеме разработки понятия экономической безопасности // Материалы XLII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Экономика: Ч. I / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2004. – С. 50-52.
3. Латута О. В. Кто предупрежден, тот защищен (Экономическая безопасность и теория катастроф) // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды IX Международной науч.- техн. конф. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2005. – С. 120-122.
4. Латута О. В. Место и роль экономической безопасности региона в национальной безопасности // Вестник государственного образовательного учреждения «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». Вып. 4. Сб. 1. Инновационные процессы в социально-экономическом развитии общества: В 2 ч. Ч. 2: Сб. науч. тр./Редкол.: Ю. Г. Кабалдин (отв. ред.) и др., 2004. – С. 145-149.
5. Латута О. В., Силкина Г.Ю. Научно-методические предпосылки математического моделирования экономической безопасности региона // Вестник Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». Вып. 5: В 3 ч. Ч. 2: Сб. науч. тр./Редкол.: Ю. Г. Кабалдин (отв. ред.) и др., 2005. – С. 50-55.
6. Латута О. В. Системные аспекты экономической безопасности региона // Экономика и конкурентоспособность России: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. № 6. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2004. – С. 148-151.