

*Мурад Тагиев*

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ТЕОРИИ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО  
ХАОСА**

*Murad Tagiev*

**ECONOMIC ASPECTS OF  
THE THEORY OF  
DETERMINISTIC CHAOS**



THE UNIVERSITY OF GEORGIA  
PUBLISHING HOUSE

Мурад Тагиев  
**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА**

Murad Tagiev  
**ECONOMIC ASPECTS OF THE THEORY OF DETERMINISTIC CHAOS**

© The University of Georgia Publishing House, 2024

All Rights Reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or information storage and retrieval systems, without the prior written consent of the publisher.

ISBN 978-9941-9897-5-9

TBILISI - BAKU - 2024

*Посвящается моим Родителям Рамизу и Земфире:  
вклад ваш в моем становлении неоценим.*



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	4
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ. . . . .</b>	<b>12</b>
§1.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. . . . .	12
§1.2 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ . . . . .	17
§1.3 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ . . . . .	23
<b>ГЛАВА 2. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. . . . .</b>	<b>28</b>
§2.1 ЭНТРОПИЯ И АТТРАКТОРЫ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ . . . . .	28
§2.2 О ПРОБЛЕМАХ НЕЛИНЕЙНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ. . . . .	33
§2.3 ХАОС И ШУМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ . . . . .	43
<b>ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА В АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ . . . . .</b>	<b>51</b>
§3.1 МЕТОД ПУАНКАРЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДИСКРЕТНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ . . . . .	51
§3.2 ЭНТРОПИЯ В РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ С «ТЯЖЕЛЫМ ХВОСТОМ» . . . . .	57
§3.3 КАТАСТРОФЫ И ИХ ВИДЫ В ЭКОНОМИКЕ . . . . .	62
<b>ГЛАВА 4. ФРАКТАЛЫ И АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ . . . . .</b>	<b>72</b>
§4.1 ФРАКТАЛЫ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СМЫСЛ . . . . .	72
§4.2 ПОСТОЯННАЯ ХЕРСТА. . . . .	77
§4.3 МЕТОДЫ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА В АНАЛИЗЕ ДИНАМИКИ ФОНДОВЫХ РЫНКОВ . . . . .	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. . . . .	91
ECONOMIC ASPECTS OF THE CHAOS DETERMINISTIC THEORY . . . . .	96
LOGISTIC EQUATION AND ENVIRONMENTAL POLLUTION PROBLEM . . . . .	105
FRACTALS AND THEIR APPLICATION IN ECONOMICS . . . . .	110
CONCLUSION . . . . .	112

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших научных достижений XX века в области системного анализа является развитие нелинейной динамики. Оказалось, что нелинейность присутствует во всех науках. Такие, на первый взгляд, разные научные направления, как физика плазмы, гидродинамика, кинетика, динамика популяций, макроэкономическая динамика, динамика народонаселения, и, даже такая актуальная на сегодняшний день задача, как распространение эпидемий, имеют общие черты. Значит их можно исследовать похожими методами. Несмотря на свои предметные различия их динамика описывается нелинейными дифференциальными уравнениями. Открытие нелинейности сблизило многие науки и дало толчок к развитию такой науки, как синергетика. Эта наука основана на математических методах, а также определенных закономерностях той науки, систему которой необходимо исследовать. Таким образом, можно сказать, что существует универсальный механизм устройства окружающего нас нелинейного мира. Сущность нелинейности, вне зависимости от науки, которую она объясняет, заключается в непропорциональной реакции внутренней составляющей на внешние раздражители. Экономический смысл нелинейности заключается в том, что после определенного состояния законы дальнейшего развития резко и без промежуточных переходов изменяются. Это скачкообразный переход без промежуточного этапа. Точка, после которой происходит переход, называют критической или бифуркационной точкой. Причём, экономическая теория не в состоянии объяснить данные изменения.

---

Инструментом анализа сложных нелинейных экономических систем, является синергетика. Синергетика, как и всякая новая наука, имеет много определений. Нами предлагается рассматривать синергетику как науку, изучающую процессы перехода от хаоса к порядку в нелинейных системах.

Основоположником синергетики В-Б.Зангом [1] введено понятие синергетическая экономика. Предметом синергетической экономики является экономика. Нелинейность, фазовые переходы, самоорганизация – это все объекты исследования теории самоорганизации, которая является частью синергетики. В основе системного анализа лежит принцип системности, а в основе теорий самоорганизации – принцип развития. Оба принципа взаимно дополняют друг друга. К теориям самоорганизации относятся синергетика, теория изменений и теория катастроф. Синергетика, основные положения которой были сформулированы профессором Штутгартского университета Г. Хакеном [2], представляет собой эвристический метод исследования открытых самоорганизующихся систем, подверженных кооперативному эффекту, который сопровождается образованием пространственных, временных или функциональных структур; или, кратко, процессов самоорганизации систем различной природы.

Линейность мироздания основывается на принципах, связанных жёсткими, причинно-следственными связями. Следствие, если и не тождественно причине, то пропорционально ей, то есть чем больше вложено энергии, тем пропорционально больше результат. Чем больше площадь посева, тем больше урожай. То

есть, фактически, речь идет о механистической картине мира и механицизме, как методе, подходящем к миру, как гигантскому механизму, а к отдельным объектам и процессам, как деталям этого механизма. Экономическая наука всегда была скрыто связана с физикой. Со времён Адама Смита основным механизмом действия рыночной экономики являлся принцип равновесия, который основывался на принципах Ньютоновской механики. Линейность игнорирует интенсивные методы развития экономики, а также эффект масштаба. Синергетика, как и другие теории самоорганизации, пытается восполнить „белые пятна”, которые оставил после себя механицизм, главное среди которых – практически полное отсутствие обобщений, касающихся поведения открытых систем. Синергетика, изучая законы самоорганизации, само дезорганизации и самоуправления сложных систем, даёт то универсальное знание законов самоорганизации и развития систем, в котором давно назрела насущная потребность. Г.Хакен, выступая на первой в СССР конференции по синергетике, определил цели, которые она ставит перед собой, так: перегруженную огромным количеством деталей информацию о системах различной природы, изучаемых современной наукой, необходимо сжать, превратив в небольшое число законов или концепций. Появление концепций самоорганизации (в частности синергетики) можно рассматривать как новый важный этап диалога наук [3].

Настоящая монография посвящена проблемам использования понятий и методов нелинейной динамики и синергетики в анализе динамики сложных экономических систем. Одной из



целью настоящей работы является придание экономического смысла математическим результатам, которые были получены в результате исследования сложных саморазвивающихся систем. Она состоит из четырёх глав, каждая из которой поделена на три параграфа, а также заключения и обширного обобщения на английском языке. В первой главе, описаны методологические вопросы экономического анализа в условиях глобализации, систематизированы различия экономического развития в эпоху специализации и глобализации. Кроме этого, произведён сравнительный анализ физических и экономических систем, а также исследовано поведение сложных экономических систем. Вторая глава посвящена сущности синергетических идей. Подробно рассмотрены энтропия в экономических системах. Обоснована актуальность исследования энтропии вообще и информационной энтропии в частности, в динамике сложных экономических систем. Кроме этого, рассмотрены вопросы экономических аттракторов, а также хаоса в экономической динамике. Третья глава посвящена проблемам хаоса и возникающих при этом шумам в экономических системах. Также рассмотрены фракталы и их роль в анализе финансовых рынков. Исследованы процессы, происходящие на хвостах вероятностных распределений. И, наконец четвёртая глава посвящена фракталам и анализу основных характеристик финансовых рядов. Кроме этого, в четвёртой главе затронуты вопросы методологии анализа динамики фондовых рынков методами теории детерминированного хаоса.

В заключении данной монографии автор формулирует те изменение и добавление в экономической теории которые, по его мнению, необходимы для анализа экономических систем в эпоху глобализации. Характерные черты глобализации наложившие принципиальные изменения в парадигму классического экономического мышления требуют от экономистов-теоретиков немедленного реагирования на те новшества, которые были преподнесены современными методами математического моделирования и междисциплинарным подходом в экономическую науку. Такие понятия как нелинейность, диссипативность, глобальная детерминированность и частная стохастичность, масштабная инвариантность, фрактальность должны быть частью экономического мышления. Наряду со статистическими и эконометрическими методами экономического анализа, основанных на нормальном вероятностном распределении (распределение Гаусса), необходимо принять и другие вероятностные распределения не имеющие отношения к центральной предельной теореме. Особое место в системном анализе экономических процессов как на макроуровне, так и на уровне предприятия и отрасли должны занимать экологические составляющие. Экологические факторы должны рассматриваться не как отдельные параметры и ограничения экономического роста, а только как элемент системы в рамках устойчивого экономического развития, на уровне факторов производства, таких как труд и капитал.

Далее в заключении продвигается вывод о том, что принципы теории детерминированного хаоса справедливы не только при

---

анализе высоко формализуемых систем, таких как физические, технические, биологические и т.д., но и для политологического анализа и прогноза. Проникновение междисциплинарного подхода в политические науки само по себе не нова. Идея детерминированности многих политических событий с некоторыми стохастическими вкраплениями, по мнению автора является основной предпосылкой политического анализа в будущем.

Для увеличения читательской аудитории, автором переведены на английский язык основные моменты данного исследования, а также заключение.

При подготовке данной монографии автором использованы все его статьи и выступления, в данной области начиная с 2008 года и включённые в материалы исследований, опубликованных в иностранных и местных периодических изданиях и ежегодниках.

Данная монография предназначена для ученых-экономистов, которые интересуются мировыми трендами развития экономической науки. Для привлечения широкого круга читателей текст не перегружен математическими выкладками. Автором использован простой математический аппарат, а также придан экономический смысл всем математическим терминам и преобразованиям.

В заключении автор благодарит доктора экономических наук, профессора, действительного члена Национальной Академии Наук Азербайджана, руководителя экономической комиссии Парламента Азербайджана З.А.Самедзаде, доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного педагога

Азербайджанской Республики, заведующего кафедрой математической экономики Бакинского Государственного Университета Э. Г. Оруджева и доктора физико-математических наук, Заслуженного деятеля науки Азербайджанской Республики, заведующего кафедрой Общей и прикладной математики Азербайджанского университета нефти и промышленности А.Р.Алиева за многочасовые обсуждения основных научных подходов и концепций, изложенных в данной монографии.

Особо хотелось бы отметить помощь, предоставленную в обсуждении и публикации этой монографии, нашими грузинскими коллегами из Университета Грузии (UG). Эта книга увидела свет благодаря непосредственному участию Ректора Университета Грузии (UG) Константине Топурия, Директора школы науки и технологии Университета Грузии (UG) профессора Мераба Топурия, доктора физико-математических наук, профессора департамента (кафедры) информатики Серго Цирамуа; профессора кафедры математики Эмзара Хмаладзе; профессора, директора института математики при Университете Georgia Роланда Дудурава; доктора математических наук, профессора кафедры математики Кетеван Кутхашвили и лично руководителя издательства Университета Грузии (UG) Джульетты Андгуладзе.

## UG seminar IM

### The University of Georgia, Seminar of the Institute of Mathematics



Dear Colleagues!

Institute of Mathematics of the University of Georgia is pleased to invite you to the Hybrid "UG seminar IM" Seminar. The seminar is organized at the University of Georgia, building 4, room 214 on Thursday at 16:00 (local time in Tbilisi; Compare to your local time at the

WEB: <https://www.timeanddate.com/worldclock/georgia/tbilisi>).

#### Talk on April 4:

**Speaker:** Prof. Murad Tagiev, Baku State University;

[Murad Taghiyev - Руководитель семинара - Azerbaijan State University of Economics · UNEC | LinkedIn](#)

**The title of the lecture:** "Economic aspects of the chaos deterministic theory".

**Abstract:** In the era of Newtonian mechanics, all sciences were closely related to each other. As science developed, segmentation of scientific areas occurred. Today, with the passage of time, there is a return to interdisciplinary approaches. Such seemingly different scientific fields as plasma physics, hydrodynamics, kinetics, population dynamics, macroeconomic dynamics, population dynamics, and even such a pressing problem today as the spread of epidemics, have common features. Therefore, they can be studied using similar methods. An analysis of the causes and consequences of recent economic and financial crises has shown that their suddenness and unpredictability are primarily associated with outdated scientific approaches to forecasting socio-economic development. If in technical systems with high potential for formalization and certainty many problems can be solved at a deterministic level, then in economic systems it is necessary to use new scientific approaches for analysis and forecasting. Our today's scientific seminar is dedicated to these new interdisciplinary approaches..

**Date:** April 4, 2024;

**Time:** 16:00 local time in Tbilisi; Compare to your local time at the

WEB: <https://www.timeanddate.com/worldclock/georgia/tbilisi>

#### How to join:

The seminar is organized on the platform of WEBEX. If you get this poster on your personal mail, you are already in the mailing list and do not need to register. If you want to be removed from the mailing list or want to join the seminar, please send an e-mail to [seminarim@ug.edu.ge](mailto:seminarim@ug.edu.ge) or register here

<https://forms.gle/xrOJ9fg1uqe7CrZw6>

You will then receive further information.

#### Organizers:

1. R. Duduchava, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi
2. E. Khmaladze, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi
3. T. Pirashvili, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi
4. G. Tephnadze, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi

#### Secretary:

M. Tsaava, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi

#### Technical support:

G. Tutberidze, Institute of Mathematics, University of Georgia, Tbilisi

# **ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ**

## **§1.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Анализ причин и последствий последних экономических и финансовых кризисов показал, что их внезапность и непрогнозируемость в первую очередь связана с устаревшими научными подходами к прогнозированию социально-экономического развития. Методологическая ошибка этих научных прогнозов заключается в том, что в условиях экономической глобализации нельзя рассматривать экономику отрасли и, даже экономику страны, как замкнутую систему. Изучение влияния внешних факторов на экономику должно рассматриваться как элемент экономической системы. Отсюда следует и неадекватность линейных математических моделей, которые не учитывают влияния внешних факторов и, как следствие, не могут описать внезапные колебания поведения рынков, происхождение кумулятивных процессов в экономике и так далее

Глобализация, пришедшая на смену специализации, ставит серьёзные требования к экономическому анализу и математическим моделям, особенно если они описывают макроэкономические процессы. Влияние внешних факторов, кумулятивность, эффект масштаба – все это не укладывается в линейную парадигму развития. В этой связи усложняются как детерминированные, так и стохастические модели экономической динамики. Если в детерминированных моделях увеличиваются степенные

показатели уравнений, что приводит к некоторым сложностям с нахождением их корней, то в стохастических моделях приходится отказываться от привычной мысли о нормальности распределений экономических показателей. Это в свою очередь вынуждает нас быть более внимательным к событиям вероятность возникновения, которых находятся на хвостах графиков распределения. Асимптотическое приближение хвостов нормального распределения к оси ОХ, а, следовательно, бесконечно малые значения вероятности возникновения тех или иных событий, сегодня не могут быть приняты априори.

Процессы, в которых изменения происходят из-за большого количества небольших отклонений, статистически описываются нормальным или гауссовским распределением. Если же мы наблюдаем небольшое количество больших изменений, то такие процессы имеют фрактальные распределения. Другими словами, фрактальные распределения описывают кумулятивные процессы, процессы для которых необходимо скопление больших ресурсов (энергии, капитала и так далее) [4].

При изучении распределения доходов населения традиционно считалось, что оно нормально распределено, то есть, количество бедного и богатого населения, приблизительно, одинаково и их численность невелика. Доходы, как бедных, так и богатых имеют нижний и верхний предел соответственно. При нормальном распределении доходов основная часть населения средний класс.