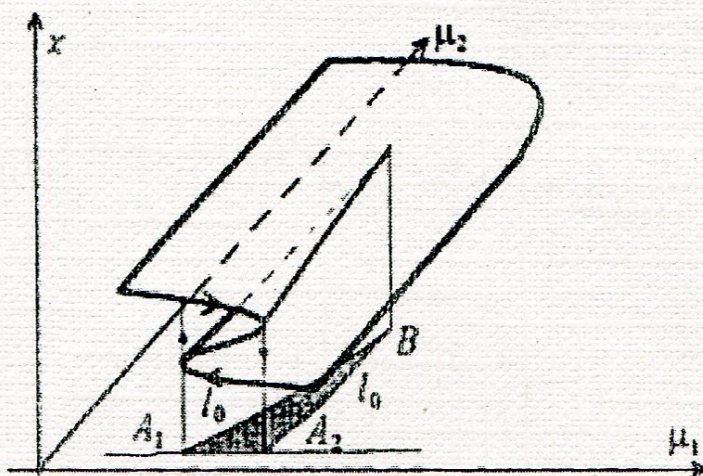




В.И. ЛЕБЕДЕВ И.В. ЛЕБЕДЕВА

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ**



МОНОГРАФИЯ

**СТАВРОПОЛЬ
2011**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский государственный технический университет»
«Ставропольский институт Сервиса (филиал) Южнороссийского
государственного университета экономики и сервиса»

В. И. Лебедев, И. В. Лебедева

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ**

Монография

Ставрополь
2011

Тверской государственный университет



Научная библиотека 00296086

Ф3

У.В.631

Л33

УДК 519.86:33+330.46

ББК 65.010.19в631

Л 33

Рецензенты: Доктор экономических наук, профессор
Торопцев Евгений Львович,
Доктор экономических наук, доцент
Мараховский Александр Сергеевич

Лебедев, В. И.

Л 33 Математические модели синергетической экономики : монография /
В. И. Лебедев, И. В. Лебедева. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2011. – 232 с.
ISBN 978-5-9296-0621-2

В монографии изложены идеи и методы как традиционного прогнозирования развития экономических систем на основе стационарных математических моделей, так и с помощью синергетических моделей, учитывающих возможности существования катастроф и хаоса в экономических системах. Обсуждается концепция хаоса и установлено наличие хаоса в макроэкономических моделях роста, моделях развития городов и моделях региональной и интернациональной экономики. Показано, что развивающиеся экономические системы обладают внутренними свойствами, порождающими опасность непредсказуемого, хаотического поведения. Обнаруживаются новые фундаментальные ограничения возможностей экономического прогнозирования. Однако, детерминизм, присущий хаосу, означает, что многие случайные экономические явления более предсказуемы.

Монография адресована аспирантам, преподавателям и студентам, а также всем исследователям, работающим с математическими моделями развития и прогнозирования экономических систем.

УДК 519.86:33+330.46

ББК 65.010.19в631

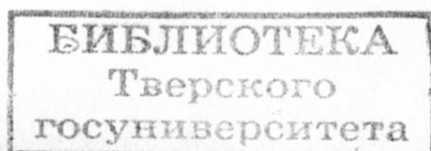
ISBN 978-5-9296-0621-2

© Лебедев В. И., 2011

© Лебедева И. В., 2011

© ГОУВПО «Северо-Кавказский
государственный технический уни-
верситет», 2011

© ГОУВПО «СТИС (филиал)
ЮРГУЭС», 2011



МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ГЛАВА 1. Математические модели стационарных и нестационарных экономических систем	11
1.1 Системный подход к моделированию экономических систем	11
1.1.1 Системный подход к описанию экономической системы	11
1.1.2 Моделирование экономических систем и классификация моделей	17
1.1.3 Определение стационарности экономической системы	23
1.1.4 Определение нестационарности экономической системы	24
1.2 Стационарные модели макроэкономики	27
1.2.1 Классическая стационарная модель рыночной экономики	27
1.2.2 Модели Кейнса и Фридмана	34
1.3 Статические модели нерыночной экономики	36
1.3.1 Экономико-математическая модель межотраслевого баланса	36
1.3.2 Модель Леонтьева	38
1.4 Нестационарные модели макроэкономики	40
1.4.1 Динамическая модель Солоу	41
1.4.2 Режимы функционирования систем в модели Солоу	44
1.4.3 Учёт запаздывания при вводе фондов в модели Солоу	46
1.4.4 Модель динамического межотраслевого баланса	48
1.4.5 Линейная модель экономики в форме Кейнса	50
1.4.6 Линейная модель экономика в форме Самуэльсона-Хикса	51
1.5 Экономические модели развивающихся систем	52
1.5.1 Нелинейные динамические системы	52
1.5.2 Нелинейная модель Кейнса	53
1.5.3 Модель Мандела-Флеминга	54
1.5.4 Нелинейная модель экономики как система обыкновенных дифференциальных уравнений	56
ГЛАВА 2. Исследование устойчивости и структурных изменений развивающихся экономических систем	58
2.1 Классификация поведения экономических систем	58
2.1.1 Качественный анализ динамики развивающихся экономических систем	58
2.1.2 Влияние управляющих параметров на поведение систем	59
2.2 Классификация особых точек динамических систем	60
2.2.1 Особые точки моделей в виде системы дифференциальных уравнений	60
2.2.2 Поведение систем вблизи особых точек	62
2.3 Устойчивость развивающихся экономических систем	67

2.3.1 Устойчивость динамических систем вблизи особых точек	67
2.3.2 Структурная устойчивость моделей	68
2.4 Элементы теории бифуркаций нелинейных экономических систем	70
2.4.1 Основные понятия теории бифуркаций	70
2.4.2 Направления развития теории бифуркаций	72
2.4.3 Некоторые бифуркации нелинейных систем	77
2.5 Элементы теории экономических катастроф	81
2.5.1 Вводные замечания. Морсовские точки	81
2.5.2 Неморсовские особые точки. Классификация катастроф	82
2.5.3 Флаги катастроф	85
2.5.4 Сравнительный анализ экономических катастроф «складка» и «сборка»	87
ГЛАВА 3. Модели структурных изменений и циклов в экономических системах	91
3.1 Структурные изменения и статистический анализ при катастрофах «сборка» и «складка»	91
3.1.1 Статистический анализ в теории катастроф	91
3.1.2 Модели динамики регионального развития	94
3.1.3 Управление ресурсами	96
3.2 Модели экономических циклов	99
3.2.1 Характер экономических циклов	99
3.2.2 Теорема Хопфа о бифуркациях	101
3.2.3 Модель делового цикла Кейнса	102
3.2.4 Монетарные циклы в модели Тобина	104
3.2.5 Циклы урожайности сельскохозяйственных культур	106
ГЛАВА 4. Хаос в экономических системах	110
4.1 Сценарии перехода к хаосу в экономических системах	110
4.1.1 Характер перехода к хаосу в экономических системах	110
4.1.2 Сценарии перехода систем к хаосу	111
4.2 Хаос в экономических моделях с непрерывным временем	116
4.2.1 Модель динамики развития городов	116
4.2.2 Странный аттрактор Лоренца в экономических системах	118
4.2.3 Хаос в модели кооперации экономик	121
4.3 Хаос в моделях макроэкономики с дискретным временем	122
4.3.1 Модели систем с дискретным временем и их отображения	122
4.3.2 Хаос в дискретных моделях экономического развития	124
4.3.3 Сценарий Фейгенбаума. Теория универсальности	128
4.3.4 Хаос в многомерных моделях экономики и их отображениях	129

ГЛАВА 5. Самоорганизация экономических систем, странные аттракторы и структура хаоса	133
5.1 Самоорганизация и фазовые превращения экономических систем	133
5.1.1 Синергетика фазовых переходов развивающихся экономических систем	133
5.1.2 Непрерывные структурные переходы	135
5.1.3 Структурные переходы первого рода, катастрофы	143
5.2 Детерминированный хаос на финансовых рынках	149
5.2.1 Случайность и необходимость на финансовых рынках	149
5.2.2 Показатель Херста для финансовых рядов и фракталы	153
5.3 Странные аттракторы экономических систем и их характеристики	159
5.3.1 Спектральный анализ и качественные показатели динамического хаоса	159
5.3.2 Вычисление корреляционной энтропии аттракторов и старшего показателя Ляпунова. Энтропия	163
 ГЛАВА 6. Реконструкция экономических моделей по временным рядам, прогнозирование и управление	 168
6.1 Построение моделей с помощью стационарных временных рядов	168
6.1.1 Задачи и проблемы статистического анализа временных рядов	168
6.1.2 Выбор уравнения регрессии урожайности пшеницы	171
6.1.3 Определение циклической компоненты временного ряда	174
6.1.4 Факторный анализ модели временного ряда	178
6.2 Построение динамических моделей на основе нестационарного динамического ряда	185
6.2.1 Реконструкция динамических систем на основе нестационарных временных рядов	185
6.2.2 Нестационарные ряды и модели нелинейной динамики	190
6.3 Реконструкция странных аттракторов экономических систем по временным рядам	192
6.3.1 Восстановление аттрактора экономической системы по временному ряду	192
6.3.2 Корреляционные размерности рядов и размерности аттракторов	194
6.3.3 Построение фазового портрета системы и восстановление Аттрактора	197
6.3.4 Построение аттрактора компании в период дефолта экономической системы	199
6.4 Применение нейронных сетей в задачах классификации, прогнозирования и анализа временных рядов	205
6.4.1 Сеть Хопфилда или как работают нейронные сети	205
6.4.2 Задачи классификации и нейронные сети	208

6.4.3	Применение нейронных сетей для исследования динамических рядов	210
6.4.4	Нейросетевые структуры для моделирования поведения курсов акций	214
6.5	Методы управления экономическими системами	216
6.5.1	Управление динамическими экономическими системами с детерминированными моделями	216
6.5.2	Управление в условиях полной или частичной Неопределённости	218
	Заключение	221
	Использованная литература и источники	225