



Книжная полка студента

Изв.вузов «ПНД», т.3, № 3, 1995

Книга доктора Даниэля Каплана и профессора Леона Гласса «Понимание нелинейной динамики» рассчитана на студентов выпускных курсов университетов по специальностям: биология, биохимия и биофизика. Книга в доступной форме служит введением в современные проблемы нелинейной динамики. Она содержит главы об устойчивости, мультистабильности, клеточных автоматах и активных средах, фракталах, размерности, циклах и хаосе. В отдельную главу вынесен материал по численному анализу временных рядов, являющийся важным для экспериментальных исследований динамики нелинейных систем.

Книга не претендует на строгое математическое описание рассматриваемых проблем, предполагая, что студенты имеют соответствующую подготовку по физико-математическим дисциплинам университетских программ. В то же время книга содержит большое количество интересных примеров и задач прикладного характера, что очень важно для стимулирования самостоятельной работы.

Книга написана интересно, доступным языком и будет полезна в качестве учебного пособия по прикладной нелинейной динамики студентам, изучающим науки о жизни.

B.C. Анищенко

UNDERSTANDING NONLINEAR DYNAMICS

by Daniel Kaplan & Leon Glass

Department of Physiology McGill University
Montréal, Québec, Canada

ISBN 0-387-94440-0

Published by:

© Springer-Verlag New York, Inc., 1995

Printed and bound by: Hamilton Printing Co.,
Castleton on Hudson, NY, USA.

Contents

Preface	vii
About the Authors	xiii
1 Finite-Difference Equations	1
1.1 A Mythical Field	1
1.2 The Linear Finite-Difference Equation	2

1.3	Methods of Iteration	6
1.4	Nonlinear Finite-Difference Equations	8
1.5	Steady States and Their Stability	12
1.6	Cycles and Their Stability	20
1.7	Chaos	27
1.8	Quasiperiodicity	33
	<i>1 Chaos in Periodically Stimulated Heart Cells</i>	37
	Sources and Notes	41
	Exercises	42
	Computer Projects	51
2	Boolean Networks and Cellular Automata	55
2.1	Elements and Networks	56
2.2	Boolean Variables, Functions, and Networks	58
	<i>2 A Lambda Bacteriophage Model</i>	64
	<i>3 Locomotion in Salamanders</i>	70
2.3	Boolean Functions and Biochemistry	73
2.4	Random Boolean Networks	77
2.5	Cellular Automata	79
	<i>4 Spiral Waves in Chemistry and Biology</i>	88
2.6	Advanced Topic: Evolution and Computation	91
	Sources and Notes	94
	Exercises	96
	Computer Projects	101
3	Self-Similarity and Fractal Geometry	105
3.1	Describing a Tree	106
3.2	Fractals	
3.3	Dimension	111
	<i>5 The Box-Counting Dimension</i>	115
3.4	Statistical Self-Similarity	116
	<i>6 Self-Similarity in Time</i>	117
3.5	Fractals and Dynamics	121
	<i>7 Random Walks and Lóvy Walks</i>	126
	<i>8 Fractal Growth</i>	137
	Sources and Notes	141
	Exercises	142
	Computer Projects	143
4	One-Dimensional Differential Equations	147
4.1	Basic Definitions	148
4.2	Growth and Decay	149
	<i>9 Traffic on the Internet</i>	156
	<i>10 Open Time Histograms in Patch Clamp Experiments</i>	158
	<i>11 Gompertz Growth of Tumors</i>	163
4.3	Multiple Fixed Points	164
4.4	Geometrical Analysis of One-Dimensional Nonlinear Ordinary Differential Equations	166
4.5	Algebraic Analysis of Fixed Points	168
4.6	Differential Equations versus Finite-Difference Equations	172
4.7	Differential Equations with Inputs	174
	<i>12 Heart Rate Response to Sinusoid Inputs</i>	182
4.8	Advanced Topic: Time Delays and Chaos	183
	<i>13 Nicholson's Blowflies</i>	186
	Sources and Notes	188
	Exercises	189
	Computer Projects	205

5	Two-Dimensional Differential Equations	209
5.1	The Harmonic Oscillator	209
5.2	Solutions, Trajectories, and Flows	211
5.3	The Two-Dimensional Linear Ordinary Differential Equation	213
5.4	Coupled First-Order Linear Equations	219
	14 <i>Metastasis of Malignant Tumors</i>	221
5.5	The Phase Plane	226
5.6	Local Stability Analysis of Two-Dimensional, Nonlinear Differential Equations	230
5.7	Limit Cycles and the van der Pol Oscillator	240
5.8	Finding Solutions to Nonlinear Differential Equations	244
	15 Action Potentials in Nerve Cells	245
5.9	Advanced Topic: Dynamics in Three or More Dimensions	248
5.10	Advanced Topic: Poincaré Index Theorem	253
	Sources and Notes	260
	Exercises	260
	Computer Projects	275
6	Time-Series Analysis	279
6.1	Starting with Data	279
6.2	Dynamics, Measurements and Noise	280
	16 <i>Fluctuations in Marine Populations</i>	281
6.3	The Mean and Standard Deviation	286
6.4	Linear Correlations	291
6.5	Power Spectrum Analysis	298
	17 <i>Daily Oscillations in Zooplankton</i>	300
6.6	Nonlinear Dynamics and Data Analysis	303
	18 <i>Reconstructing Nerve Cell Dynamics</i>	304
6.7	Characterizing Chaos	314
	19 <i>Predicting the Next Ice Age</i>	330
6.8	Detecting Chaos and Nonlinearity	338
6.9	Algorithms and Answers	347
	Sources and Notes	348
	Exercises	349
	Computer Projects	353
Appendix A. A Multi-Functional Appendix		359
A.1	The Straight Line	361
A.2	The Quadratic Function	362
A.3	The Cubic and Higher-Order Polynomials	362
A.4	The Exponential Function	363
A.5	Sigmoidal Functions	364
A.6	The Sine and Cosine Functions	367
A.7	The Gaussian (or «Normal») Distribution	368
A.8	The Ellipse	370
A.9	The Hyperbola	371
	Exercises	371
Appendix B. A Note on Computer Notation		381
Solutions to Selected Exercises		385
Bibliography		401
Index		409