Изв. вузов «ПНД», т. 16, № 1, 2008 УДК 517.9

ЗАДАЧИ ПО УЧЕБНОМУ КУРСУ «ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС»

С.П. Кузнецов, А.П. Кузнецов

Представлены задачи для решения с помощью компьютера по курсу «Динамический хаос». Система задач охватывает тематику от природы хаоса до сценариев его возникновения. Даны методические рекомендации.

Введение

Современная теория и исследование динамического хаоса в большой степени превратились в компьютерную науку. Поэтому очень важным является дополнение соответствующего курса лекций решением задач компьютерного характера. Предлагаем вниманию читателей ПНД подборку задач для компьютерного практикума по курсу «Динамический хаос», читаемого студентам факультета нелинейных процессов Саратовского госуниверситета. Подборка задач охватывает основные моменты теории хаоса: от его простейших иллюстраций и обсуждения природы хаоса – до сценариев его возникновения. Еще более полный вариант задач можно найти в четвертой главе книги «Нелинейность: от колебаний к хаосу» (см. раздел «Книжная полка студента» настоящего номера).

Сделаем несколько методических замечаний. Продолжительность курса два-три семестра. Семестровое задание должно содержать пять-шесть задач, так что разные студенты могут получать несколько различающиеся задания. Однако обязательными для всех студентов целесообразно считать задачи 4–9, 11, 14, 21. В пределах учебной группы студенты могут получать одинаковые задачи, отличающиеся выбором конкретной динамической системы. Студенты не должны использовать какие-либо стандартные программы, но могут использовать собственные программы (например, по построению карт динамических режимов), которые были подготовлены ими в рамках предшествующих учебных курсов, в первую очередь, курса «Динамические системы и бифуркации». Написание программы «своими руками» максимально приближает решение задач к реальной исследовательской работе. Заметим, наконец, что многие задачи при глубокой проработке и творческом подходе могут использоваться и как курсовые работы.

Хаос и его свойства

1. Природа хаоса в простейшей модели. Задайте случайный код из двух символов достаточно большой длины N, для чего используйте стандартную процедуру генерации случайных чисел.

а) Для логистического отображения $x_{n+1} = 1 - \lambda x_n^2$ при $\lambda = 2$ методом итераций в обратном времени получите значение x, с которого надо стартовать для того, чтобы последовательность знаков переменной при прямых итерациях воспроизвела вашу случайную последовательность. До каких N компьютер правильно воспроизводит последовательность?

б) Воспроизведите расчеты для меньших значений λ, например, $\lambda = 1.8$. Оцените, какой процент кодов определенной длины составляют запрещенные, приводящие на некотором шаге к появлению отрицательного числа под знаком квадратного корня.

в) При $\lambda = 2$ сопоставьте результаты прямых итераций, начиная от $x_0 = \sqrt{3}/2$, и расчета по аналитической формуле

$$x_n = -\cos(2^n \arccos(-x_0)).$$

При каких n наступает расхождение?

2. Перемешивание. Продемонстрируйте на экране компьютера несколько шагов итераций двумерных консервативных отображений – как деформируется закрашенная область, в качестве которой возьмите изображение кота, как у Арнольда. Проделайте это:

- для отображения «кот Арнольда», заданного уравнениями

$$x_{n+1} = x_n + y_n, \qquad y_{n+1} = x_n + 2y_n \pmod 1;$$

- для отображения пекаря

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= 2x_n, & y_{n+1} &= y_n/2, & x_n &\le 1/2, \\ x_{n+1} &= 2x_n - 1, & y_{n+1} &= (y_n+1)/2, & x_n &> 1/2. \end{aligned}$$

В чем выражается наличие свойства перемешивания?

3. Система Лоренца. Проведите исследование системы Лоренца.

а) Составьте программу численного решения уравнений Лоренца

$$dx/dt = \sigma(y - x), \quad dy/dt = rx - y - xz, \quad dz/dt = xy - bz$$

стандартным методом Рунге–Кутты четвертого порядка. Постройте графики временной зависимости для динамических переменных от времени и проекции фазового портрета на плоскости (x, y), (y, z), (z, x). Используйте «классический» набор параметров: $r = 28$, $b = 8/3$, $\sigma = 10$.

б) Запуская траекторию системы Лоренца из окрестности начала координат, отследите ее поведение при $r = 5$, 12, 13.927, 20, 24.06, 28. Остальные параметры стандартные: $\sigma = 10$, $b = 8/3$. Обсудите результаты в контексте бифуркационного анализа.

в) Составьте анимационную программу, показывающую вращение жидкости в конвективной петле, описываемое уравнениями Лоренца при $b = 1$. Распределение температуры кодируйте цветом. Пронаблюдайте разные типы динамики при различной интенсивности подогрева.

4. Регулярные режимы и хаос в трехмерных потоках. Постройте фазовые портреты аттракторов для следующих систем.

а) Система Ресслера

$$\frac{dx}{dt} = -(y+z), \quad \frac{dy}{dt} = x + ay, \quad \frac{dz}{dt} = b + z(x-c)$$

при $a = 0.2$, $b = 0.2$ и различных c в интервале от 2 до 5.

б) Генератор с инерционной нелинейностью Анищенко–Астахова

$$dx/dt = mx + y - xz,\ dy/dt = -x,\ dz/dt = g(-z + \Phi(x)),\ \ \Phi(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0 \\ x^2, & x > 0 \end{cases}$$

при $g = 0.6$ и различных значениях m от 0.4 до 1.5.

в) Несколько систем Спротта

$$\begin{aligned}
&dx/dt = yz, && dy/dt = x - y, && dz/dt = 1 - xy,\\
&dx/dt = -y, && dy/dt = x + z, && dz/dt = xz + 3y,\\
&dx/dt = yz, && dy/dt = x^2 - y, && dz/dt = 1 - 4x\\
&dx/dt = -0.2y, && dy/dt = x + z, && dz/dt = x + y^2 - z,\\
&dx/dt = xy - z, && dy/dt = x - y, && dz/dt = x + 0.3y,\\
&dx/dt = -2y, && dy/dt = x + z^2, && dz/dt = 1 + y - 2z.
\end{aligned}$$

5. Неавтономные потоковые системы. Проведите исследование неавтономных систем по следующей схеме.

а) Постройте несколько различных реализаций $x(t)$ для значений параметров, отвечающих периодическим и хаотическим режимам.

б) Продемонстрируйте существование чувствительной зависимости от начальных условий, для чего слегка измените эти условия для хаотической реализации; подберите эту вариацию так, чтобы на экране дисплея реализации на начальном участке совпадали, а затем – расходились.

в) Продемонстрируйте чувствительную зависимость от начальных условий для фазовых траекторий на плоскости x, $\dot{x}$.

г) Создайте программу, рисующую проекцию портрета аттрактора на плоскость x, $\dot{x}$, и пронаблюдайте трансформацию аттрактора при вариации параметров.

д) Продемонстрируйте возможность сосуществования аттракторов при фиксированных значениях параметров.

е) Создайте программу, которая рисует не только фазовые траектории на плоскости x, $\dot{x}$, но и точки в сечении Пуанкаре (соответствующие сечения должны быть проведены через период внешнего воздействия); пронаблюдайте различные режимы с помощью таких сечений.

ж) Используя программу построения отображения Пуанкаре, получите карту динамических режимов на плоскости параметров (как правило, используйте плоскость амплитуда – частота воздействия).

Неавтономные системы для исследования.

• Система Уеды

$$d^2x/dt^2 + kdx/dt + x^3 = B\cos t.$$

• Осциллятор Дуффинга

$$d^2x/dt^2 + kdx/dt + x - x^3/6 = A\sin \omega t.$$

• Система ван дер Поля

$$d^2x/dt^2 - (\lambda - x^2)\dot{x} + x = A\sin \omega t,$$

• Брюсселятор (положите $A = 0.4$)

$$dx/dt = A - Bx + x^2y - x + A\cos s\omega t,$$
$$dy/dt = Bx - x^2y.$$

6. Сечение Пуанкаре и метод Эно. Создайте программу, позволяющую строить сечения Пуанкаре для трехмерных потоков. Для определения координат точки пересечения с секущей плоскостью используйте метод Эно. Получите вид аттракторов в сечении Пуанкаре и пронаблюдайте их эволюцию при вариации параметров. Сопоставьте вид сечений с соответствующими фазовыми портретами. Модифицируйте программу так, чтобы она демонстрировала так же и отображение первого возвращения, используя в качестве переменной одну из координат точки пересечения фазовой траектории с плоскостью. Что можно сказать о динамике системы на основе полученных иллюстраций? Постройте бифуркационные деревья для той же переменной в зависимости от одного из параметров.

Динамические системы для исследования.

• Система Ресслера.

• Генератор с инерционной нелинейностью.

• Генератор Кислова–Дмитриева.

$$T\frac{dx}{dt} + x = F(z), \quad \frac{dy}{dt} = x - z, \quad \frac{dz}{dt} = y - z/Q\,,$$

где $F(z) = Mz\exp(-z^2)$ для $Q = 10$ и $T = 1$.

7. Двухпараметрическое исследование трехмерных потоков. Используя предыдущую программу и программу построения карт динамических режимов двумерных отображений, постройте карты для трехмерных потоков. Постройте трехмерные портреты аттракторов в характерных точках плоскости параметров. Пронаблюдайте каскад удвоений периода, хаотические аттракторы, аттракторы, отвечающие «островкам устойчивости» в хаотической области.

Динамические системы для исследования те же, что и в предыдущей задаче.

Устойчивость и показатели Ляпунова

8. Показатели Ляпунова. Составьте программы, позволяющие вычислять старший показатель Ляпунова для одномерных отображений, двумерных отображений и потоков. Получите графики зависимости этого показателя от какого-либо параметра. Самостоятельно подберите диапазон изменения управляющего параметра и значения остальных параметров, чтобы зафиксировать интересные особенности динамики (удвоения периода, хаос и др.). Отметьте точки циклов максимальной устойчивости, точки бифуркаций удвоения периода, области хаоса.

Одномерные отображения.

• Логистическое $x_{n+1} = \lambda - x_n^2$.

• Кубическое $x_{n+1} = a - bx_n + x_n^3$.

• Окружности $x_{n+1} = x_n + \Omega + k\sin 2\pi x_n, \mod 1$.

Двумерные отображения.

• Отображение Эно $x_{n+1} = \lambda - x_n^2 - by_n, y_{n+1} = x_n$.

• Отображение (комплексное) Икеды $z_{n+1} = A + Bz_n \cdot \exp(i\,|z_n|^2)$.

• Нелинейное модельное отображение с бифуркацией Неймарка–Сакера

$$x_{n+1} = Sx_n - y_n - (x_n^2 + y_n^2),$$
$$y_{n+1} = Jy_n - (x_n^2 + y_n^2)/5.$$

Потоки.

• Система Ресслера.

• Система Лоренца.

• Система Уеды.

• Генератор с инерционной нелинейностью.

• Одна из систем Спротта: $d^2x/dt^2 + \lambda x - (dx/dt)^2 + x = 0$, $2.12 < \lambda < 2.18$.

9. Двухпараметрический анализ Ляпунова. Составьте программу по построению карт показателя Ляпунова, на которых оттенком цвета отобразите его величину. Для положительных значений используйте оттенки желтого и оранжевого, а для отрицательных – голубого и синего. Как представлены на таких картах циклы максимальной устойчивости? Области crossroad area? Языки синхронизации?

Динамические системы для исследования.

• Кубическое отображение.

• Логистическое отображение под действием гармонического сигнала $x_{n+1} = \lambda - x_n^2 + \varepsilon\cos 2\pi\omega n$, где частота ω принимает значения 1/3, 1/5, 1/7.

• Отображение окружности.

• Отображение Эно.

• Отображение Икеды.

• Универсальное отображение с бифуркацией Неймарка–Сакера из предыдущей задачи.

10. Устойчивость по Пуассону и возвраты Пуанкаре.

а) Для одной из систем с хаотической динамикой (Лоренца, Ресслера, или любой другой) отследите последовательность возвратов Пуанкаре, взяв несколько значений ε, задающих точность возврата. Какой характер носит последовательность временных интервалов между возвратами?

б) Рассмотрите систему двух осцилляторов с несоизмеримыми частотами. Отследите последовательность возвратов Пуанкаре, взяв несколько значений ε, задающих точность возврата. Какой характер носит последовательность временных интервалов между возвратами?

Геометрия странных аттракторов

11. Геометрия странных аттракторов.

а) Для отображения Эно при $b = -0.3$, $a = 1.4$ получите изображение странного аттрактора на плоскости (x, y), а также в увеличенном масштабе фрагменты этого изображения, позволяющие рассмотреть канторо-подобную поперечную структуру аттрактора. Рассмотрите далее аналогичным образом критический аттрактор в точке $b = 0.3$, $a_\text{c} = 1.9516465$. В чем отличие этих случаев?

б) Придумайте способ графического изображения на экране компьютера процедуры последовательного построения аттрактора Смейла–Вильямса. Этот аттрактор имеет место в трехмерном отображении, определение которого в цилиндрических координатах (r, φ, z) таково:

$$r_{n+1} = 1 + 0.2(r_n - 1) + 0.1\cos\varphi r_n, \quad z_{n+1} = 0.1\sin\varphi r_n, \quad \varphi_{n+1} = 2\varphi r_n \ (\mathrm{mod} 2\pi).$$

Связь цилиндрических координат с декартовыми: $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$, $z = z$. Тор, фигурирующий на начальном этапе построения, в сечении имеет окружность радиуса 0.3.

12. Фрактальная размерность. Следующая процедура позволяет генерировать последовательность точек, принадлежащих двухмасштабному канторову множеству с масштабными факторами a и b:

$$x_{2n} = b(x_n + 1), \quad x_{2n+1} = -a(x_n + 1), \quad x_0 = b/(1 - b).$$

Опробуйте на этом множестве алгоритм вычисления размерности по Grassberger–Procaccia. Специально рассмотрите случай $a = b = 1/3$, что соответствует классическому канторову множеству, а также $a = 2.5029...$, $b = a^2$, что отвечает аппроксимации аттрактора Фейгенбаума двухмасштабным канторовым множеством. Сравните значение размерности с теоретическим.

13. Бассейны притяжения. Постройте бассейны притяжения отображения Эно при $b = 0.3$ и значениях параметра $\lambda = 1.15$, 1.395 и 1.405. Укажите другими цветами аттракторы системы и седловые точки и циклы. Пронаблюдайте эволюцию границы бассейнов притяжения и ее фрактализацию.

Удвоения периода и теория Фейгенбаума

14. Удвоения периода. Создайте программу, демонстрирующую бифуркационное дерево для системы с удвоениями периода и одновременно – портрет аттрактора в выбранной с помощью «мыши» точке на дереве. Пронаблюдайте удвоения периода, хаотические режимы, основные периодические окна в хаотической области и каскад удвоений на их базе, бифуркации слияния полос. Исследование проведите для одномерного необратимого, двумерного обратимого отображений и потока.

- Логистическое отображение.
- Отображение Эно.
- СистемаРесслера.
- Что общего, а что различного обнаруживается для этих классов систем?

15. Скейлинг для систем с удвоениями периода. Представьте иллюстрации скейлинга на бифуркационном дереве и графике ляпуновского показателя для одномерного отображения, демонстрирующего удвоения периода. Предварительно определите положение критической точки.

Системы для исследования.

- Логистическое отображение.
- Отображение $x_{n+1} = \lambda \cos x_n$.

16. Фрактальные свойства критического аттрактора при переходе к хаосу через удвоения периода.

а) Составьте программу, позволяющую находить неустойчивые циклы периода $2, 4, 8, ...2^k$для логистического отображения $x_{n+1} = 1 - \lambda x_n^2$ в критической точке $\lambda_c = 1.401155189092$ и вычислите мультипликаторы этих циклов. Для нахождения циклов используйте хорошо сходящуюся рекуррентную схему $x^{(n+1)} = x^{(n)} + $ $+(f(x^{(n)}) - x^{(n)})/2.6$, где $f(x)$ обозначает результат 2^k-кратной итерации логистического отображения при старте из точки x.

б) Для логистического отображения получите на экране компьютера несколько первых уровней построения критического аттрактора, как канторoподобного множества.

в) Постройте график сигма-функции Фейгенбаума.

г) Вычислите размерность Хаусдорфа критического аттрактора Фейгенбаума D. Для этого составьте программу, вычисляющую сумму l_i^D, где l_i – длины интервалов, отвечающие k-му уровню построения аттрактора, и подберите D так, чтобы значения суммы для k-го и $(k+1)$-го уровней совпадали. Как зависит точность расчета от уровня k?

д) Составьте программу, позволяющую получить спектр обобщенных размерностей Реньи D_q и скейлинг-спектр $f(\alpha)$. Постройте графики этих зависимостей при различном выборе уровня k. Сравните результаты с расчетами по модели двухмасштабного канторова множества. Вычислите по возможности точно информационную и корреляционную размерности критического аттрактора.

17. Воздействие шума на системы с удвоениями периода.

а) Постройте бифуркационное дерево и график показателя Ляпунова для логистического отображения под действием шума $x_{n+1} = \lambda - x_n^2 + \varepsilon y_n$, где y_n – случайная последовательность, генерируемая компьютером. Покажите, что шум разрушает тонкую структуру дерева тем сильнее, чем более глубокий уровень организации дерева мы рассматриваем. Как влияет шум на положение границы хаоса?

б) Продемонстрируйте скейлинг на бифуркационном дереве и графике показателя Ляпунова. Для этого действуйте аналогично задаче 15, но пересчитывайте амплитуду шума на каждом шаге преобразовании подобия в $\mu_F = 6.618...$ раз. (Константа μ_F найдена Кратчфильдом с соавторами).

в) Продумайте, как можно использовать свойство скейлинга для оценки константы μ для отображений $x_{n+1} = \lambda - x_n^N + \varepsilon y_n$ с другим порядком экстремума. Сделайте такие оценки для $N = 4,\ 6,\ 8$.

г) Постройте карты показателей Ляпунова для кубического отображения $x_{n+1} = a - bx_n + x_n^3 + \varepsilon y_n$ при различных значениях амплитуды шума. Как трансформируется граница хаоса и режимы максимальной устойчивости?

Перемежаемость

18. Перемежаемость. Пронаблюдайте переход к хаосу через перемежаемость в логистическом отображении при выходе из окна периода 3 в сторону уменьшения параметра λ (начните с $\lambda = 1.76$). Постройте графики зависимости x от дискретного времени n для нескольких значений параметра λ меньших порога возникновения перемежаемости. Пронаблюдайте присутствие ламинарных и турбулентных стадий и изменение их длительности в зависимости от параметра λ.

Квазипериодические явления

19. Разложите в цепную дробь $157/225$.

20. Разложите в цепную дробь: $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$. Попробуйте самостоятельно подумать о свойствах цепных дробей, которые получаются при разложении $\sqrt{n}$, где n – натуральное число, не являющееся квадратом натурального числа.

21. Синхронизация и квазипериодические режимы для отображения окружности. Постройте карту динамических режимов для отображения окружности. Получите так называемую «чертову лестницу», дающую зависимость числа вращения от параметра при $K < 1$ и $K = 1$. Укажите на этой лестнице ступеньки, отвечающие нескольким последовательным уровням построения дерева Фейри. Получите увеличенный фрагмент чертовой лестницы в окрестности иррационального числа вращения, $\omega = (\sqrt{5} - 1)/2$, известного как «золотое сечение» при $K = 1$. Идентифицируйте ступеньки этой лестницы, отвечающие аппроксимации золотого сечения при помощи чисел Фибоначчи. Получите итерационные диаграммы, демонстрирующие циклы с числами вращения 1/3 и 2/5. Получите итерационную диаграмму, отвечающую какому-либо квазипериодическому режиму. Постройте спектр в этой точке. Как в структуре спектра проявляется квазипериодический характер режима?

22. Удвоения торов. Для логистического отображения с квазипериодическим воздействием

$$x_{n+1} = \lambda - x_n^2 + \varepsilon\cos(2\pi y_n), \quad y_{n+1} = y_n + \omega \pmod 1, \quad \omega = (\sqrt{5} - 1)/2.$$

Пронаблюдайте при небольших ε ($\varepsilon \le 0.1$) инвариантные кривые (торы). С помощью отображения первого возвращения для переменной x продемонстрируйте удвоения торов с ростом управляющего параметра λ при фиксированной амплитуде ε. Могут ли пересекаться инвариантные кривые, отвечающие удвоенному тору? Как изображающая точка «прыгает» по 2-тору? 4-тору? Определите примерное положение линий удвоения торов на плоскости (λ, ε). Какие значения параметра λ отвечают точкам, в которых эти линии подходят к оси λ? Обсудите связь бифуркации удвоения торов с обычными удвоениями.

23. Странные нехаотические аттракторы. Для логистического отображения под действием квазипериодического воздействия с частотой, отвечающей золотому сечению,

$$x_{n+1} = \lambda - x_n^2 + \varepsilon \cos(2\pi y_n + \varphi), \quad y_{n+1} = y_n + \omega \pmod 1, \quad \omega = (\sqrt{5}-1)/2,$$

постройте отображения первого возвращения для переменной x при $\varepsilon = 0.3$, $\lambda = 0.9$; $\varepsilon = 0.15$, $\lambda = 0.9$; $\varepsilon = 0.45$, $\lambda = 0.8$; $\varepsilon = 0.45$, $\lambda = 0.9$. Какие из полученных объектов обладают фрактальной структурой? Найдите в каждом случае показатели Ляпунова. Классифицируйте соответствующие аттракторы. Значение $\lambda_c = 1.1580968$, $\varepsilon_c = 0.3602485$, $\varphi_c = 2.48323$ отвечают критической ситуации, в которой сходятся области существования странного нехаотического аттрактора, хаоса и различных торов. Постройте фазовый портрет аттрактора в этой точке. С помощью программы, рисующей фазовые портреты, просмотрите возможные режимы в окрестности критической точки на плоскости (λ, ε).

Хаос в Интернете

24. Подготовьте интернет-страницу по нелинейной динамике, фракталам и аналогичной тематике. Она может: отражать Ваши личные научные интересы; быть посвящена какому-либо избранному вопросу нелинейной динамики; содержать, например, исторические сведения, персоналии, элементы учебного характера, литературу и т.д. Предварительно, используя поисковые системы и ссылки, которые можно найти на уже известных Вам страницах, найдите и ознакомьтесь в сети Интернет с аналогичными сайтами. Используйте Интернет для накопления материала для Вашего сайта и ссылок. Используйте знания и материалы, полученные Вами при обучении в университете – от лекций до решения задач (с указанием автора и с соответствующей ссылкой. Необходимо получить и согласие автора.) Тема сайта может быть как достаточно глобальной (бифуркации, катастрофы и их приложения и др.), так и более частной (золотое сечение, математический маятник и др.). Дизайн страницы может быть как предельно простым и лаконичным, так и изысканным – по Вашим вкусам и возможностям.

Демонстрации хаоса

32. Подготовьте несколько анимационных программ, иллюстрирующих явления нелинейной динамики (различные бильярды, «прыгающий шарик», двойной маятник, система Лоренца и т.д.). Сделайте программы удобными для демонстраций и пользования.

Саратовский государственный университет

Поступила в редакцию *25.01.2008*

PROBLEMS FOR EDUCATIONAL COURSE «DYNAMICAL CHAOS»

A.P. Kuznetsov, S.P. Kuznetsov

Problems for students are presented to be solved with computer for the educational course «Dynamical Chaos». The set of problems covers topics from the nature of chaos to the scenarios of its appearance. Methodical recommendations are given.

Кузнецов Сергей Петрович – родился в Москве (1951). Окончил Саратовский государственный университет (1973). С 1988 – сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН, в настоящее время – заведующий лабораторией теоретической нелинейной динамики. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в СГУ (1977) и доктора наук (1987) по специальности радиофизика. Профессор кафедры динамических систем. Автор учебно-научной монографии «Динамический хаос» и «Нелинейные колебания» (в соавторстве с А.П. Кузнецовым и Н.М. Рыскиным). Опубликовал свыше 150 научных статей по нелинейной динамике, радиофизике и электронике. Под руководством С.П. Кузнецова защищены семь кандидатских диссертаций. Лауреат государственной научной стипендии для ученых России (1994-1996), Соросовский доцент (1998), Соросовский профессор (2000, 2001). Член редакционной коллегии журнала «Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика».
E-mail:spkuz@rambler.ru

Кузнецов Александр Петрович – родился в 1957 году. Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН, профессор Саратовского госуниверситета, заведующий базовой кафедрой динамических систем СГУ в СФ ИРЭ РАН. Специалист по нелинейной динамике, теории динамического хаоса и теории критических явлений. Занимается использованием идей теории катастроф и теории бифуркаций, а также развитием концепции сценариев перехода к хаосу применительно к многопараметрическим модельным и физическим нелинейным системам. Соросовский профессор (2000, 2001), научный руководитель студенческой лаборатории «Теоретическая нелинейная динамика» и школьной научной лаборатории. Опубликовал более 100 научных работ. Автор нескольких оригинальных учебных курсов для факультета нелинейных процессов и лицея прикладных наук СГУ, 10 учебных пособий и монографии «Нелинейные колебания» (совместно с С.П. Кузнецовым и Н.М. Рыскиным. М.: Физматлит, 2002).
E-mail: alkuz@sgu.ru; www.sgtnd.narod.ru