

СООТВЕТСТВУЕТ
ГОСТ 7.56-2002
СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ
ISSN 2541-7851

№ 24 (102). Ч.3. ДЕКАБРЬ 2020

ВЕСТНИК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

 РОСКОМНАДЗОР

ПИ № ФС 77-50633 • ЭЛ № ФС 77-58456



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»

[HTTPS://SCIENCEPROBLEMS.RU](https://scienceproblems.ru)

ЖУРНАЛ: [HTTP://SCIENTIFICJOURNAL.RU](http://scientificjournal.ru)

 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



**ВЕСТНИК НАУКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ**
2020. № 24 (102). Часть 3



Москва
2020

Содержание

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	6
<i>Айматова Ф.Х. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ОРГАНИЗАТОРОВ В ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ / Aymatova F.Kh. THE USE OF GRAPHIC ORGANIZERS IN HIGHER MATHEMATICS</i>	<i>6</i>
<i>Джуракулова Ф.М. О ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО АНАЛОГА СТРОГО НЕВОЛЬТЕРРОВСКОГО КВАДРАТИЧНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ОПЕРАТОРА / Dzhurakulova F.M. NUMERICAL SOLUTIONS OF A CONTINUOUS ANALOGUE OF A STRICTLY NON-VOLTERRA QUADRATIC STOCHASTIC OPERATOR</i>	<i>9</i>
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ	13
<i>Костин П.И. ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПРИ РУБКАХ УХОДА ЗА ЛЕСОМ / Kostin P.I. FEATURES OF MECHANIZATION OF WORKS ON FOREST CARE</i>	<i>13</i>
<i>Костин П.И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБОК УХОДА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ / Kostin P.I. IMPROVING THE EFFICIENCY OF FOREST THINNING BY MEANS OF SMALL-SCALE MECHANIZATION</i>	<i>16</i>
ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ	19
<i>Ражабова Д.Я. SOME FOREIGN SOURCES ABOUT THE HISTORY OF THE BUKHARA EMIRATE / Rажабова Д.Я. О НЕКОТОРЫХ ИНОСТРАННЫХ ИСТОЧНИКАХ ИСТОРИИ БУХАРСКОГО ЭМИРАТА</i>	<i>19</i>
<i>Шакирова Д.А. ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАУЧНУЮ ЖИЗНЬ / Shakirova D.A. SPECIFIC FEATURES OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF RUSSIA IN THE FIRST HALF OF THE XIX CENTURY AND THEIR INFLUENCE ON SCIENTIFIC LIFE</i>	<i>23</i>
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	26
<i>Тургунов Т.Т., Менгноров А.А. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ / Turgunov T.T., Mengnоров A.A. MATHEMATICAL METHODS FOR FORECASTING AGRICULTURAL PRODUCTIONS</i>	<i>26</i>
<i>Оберт Т.Б. МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ КЛАСТЕРОВ / Obert T.B. GLOBAL EXPERIENCE IN CLUSTER DEVELOPMENT</i>	<i>30</i>
<i>Оберт Т.Б. НЕОБХОДИМОСТЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ / Obert T.B. FEATURES OF STATE INFLUENCE ON BUSINESS ACTIVITY IN RUSSIA</i>	<i>33</i>
<i>Журабоев М.Э. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА / Juraboev M.E. ENSURING ECONOMIC SECURITY IN THE CONDITIONS OF DIGITAL DEVELOPMENT OF THE ECONOMY OF UZBEKISTAN</i>	<i>36</i>

О ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО АНАЛОГА СТРОГО НЕВОЛЬТЕРРОВСКОГО КВАДРАТИЧНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ОПЕРАТОРА

Джуракулова Ф.М. Email: Dzhurakulova6102@scientifictext.ru

*Джуракулова Фарангис Мурат кизи – магистр,
кафедра математического анализа, физико-математический факультет,
Бухарский государственный университет, г. Бухара, Республика Узбекистан*

Аннотация: создан программный пакет для численного исследования систем одного из нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Так, применяя метод Эйлера (это так называемая рекуррентная формула, когда новое значение вычисляемой величины зависит от её предыдущего значения) к непрерывным аналогам строго невольтерровского квадратичного стохастического оператора (система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений), найдены ее численные решения, при частных значениях параметров. При этом использован пакет программ, составленный автором на языке C++.

Ключевые слова: динамические системы, квадратичные стохастические операторы, численные решения, метод Эйлера, состояние динамической системы, аппроксимации, визуализация вычислений.

NUMERICAL SOLUTIONS OF A CONTINUOUS ANALOGUE OF A STRICTLY NON-VOLTERRA QUADRATIC STOCHASTIC OPERATOR Dzhurakulova F.M.

*Dzhurakulova Farangis Murat kizi - Master Student,
DEPARTMENT OF MATHEMATICAL ANALYSIS, FACULTY OF PHYSICS AND MATHEMATICS,
BUKHARA STATE UNIVERSITY, BUKHARA, REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

Abstract: created a software package for the numerical study of systems of one nonlinear ordinary differential equations of the first order. So, applying the Euler method (this is the so-called recurrent formula, when the new value of the calculated quantity depends on its previous value) to continuous analogs of the strictly non-Volterra quadratic stochastic operator (a system of ordinary differential equations), its numerical solutions were found, for particular values of the parameters. In this case, a software package compiled by the author in C++ was used.

Keywords: dynamic systems, quadratic stochastic operators, numerical solutions, Euler method, dynamic system state, approximations, computation visualization.

УДК 517.988.52

Прежде всего, дадим определение динамическим системам. Динамическая система — это математическая модель эволюции конкретной системы (физической, биологической, математической генетики, экономики и т.д.), в которой состояние в любой момент времени определяется ее начальным состоянием.

Закон эволюции динамических систем выражается на математическом языке по-разному и может задаваться дифференциальными уравнениями, дискретными отображениями, теорией графов, теорией марковских цепей.

Суть теории динамических систем состоит в изучении кривых, определяемых этими уравнениями, например, заданными дифференциальными уравнениями. В частности, изучаются разбиение фазового пространства на траектории, исследование

предельного состояния этих траекторий, классификация точек равновесия, определение множества аттракторов и репеллеров из них.

Динамические системы делятся на две: дискретные (каскады) и непрерывные (потoki).

Следовательно, исследования динамических систем в основном изучают эволюционное состояние системы. Как было сказано выше, эволюционное состояние записывается с помощью некоторого закона. Состояние динамической системы в любой момент времени описывается множеством вещественных чисел (или векторов), соответствующих определённой точке в пространстве состояний. Эволюция динамической системы определяется детерминированной функцией, то есть через заданный интервал времени система примет конкретное состояние, зависящее от текущего.

Квадратичные стохастические операторы используются при исследовании закономерностей, порождаемых математической генетикой. В этом отношении квадратичные стохастические операторы, особенно строгие невольтерровские квадратичные стохастические операторы, имеют широкое практическое значение.

Хорошо известно, что время играет важную роль в изучении закономерности. В зависимости от задачи изучаются динамические системы с непрерывным временем (если изучается состояние системы в каждый момент) или с дискретным временем (если состояние системы в определенные моменты, т.е. отдельно полученные моменты).

Динамические системы с дискретным временем изучались многими учеными Р.Н. Ганиходжаевым [1-3,9], М. Уламом [4], Ю.И. Любичом [5], Р.Д. Дженкс [6], Р.Т. Мухитдиновым [7], Дж. Хофбауэром [8], У.А. Розиковым, У.У. Джамиловым [9-12]. Однако квадратичные стохастические операторы с непрерывным временем (система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений), а также нелинейные дифференциальные уравнения с частными производными сравнительно мало изучены [13-15].

Следует отметить, что состояние системы зависит от ряда параметров и выражается с помощью системы нелинейных дифференциальных уравнений. Эта система дифференциальных уравнений не всегда может быть решена аналитически. Поэтому после анализа системы дифференциальных уравнений ее можно решить численными методами с использованием допустимых параметров.

В статье узбекских ученых У.А. Розикова и У.У. Джамилова [10] изучалась динамика строго невольтерровских квадратичных стохастических операторов в двумерном симплексе:

Пусть $E = \{1, 2, \dots, n\}$.

Множество

$$S^{n-1} = \left\{ x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n : x_i \geq 0, \sum_{i=1}^n x_i = 1 \right\}$$

называется $n - 1$ мерным симплексом. Любой $x \in S^{n-1}$ является мерой вероятности в E и может рассматриваться как состояние биологической (физической и подобной) системы, состоящей из n элементов.

$V: S^{n-1} \rightarrow S^{n-1}$ квадратичный стохастический оператор имеет следующий вид:

$$V: x'_k = \sum_{i,j} p_{ij,k} x_i x_j \quad (1)$$

где

$$p_{ij,k} \geq 0, \quad p_{ij,k} = p_{ji,k}, \quad \sum_{i,j} p_{ij,k} = 1 \quad (2)$$

Определение. Квадратичный оператор (1), (2) называется строго невольтерровским, если

$$p_{ij,k} = 0 \text{ при } k \in \{i, j\}, \quad i, j, k = 1, \dots, n.$$

В статье [10] исследуется отдельно случай $n = 3$ и для произвольного n . В этом случае, т.е. когда $n = 3$ строго невольтерровский оператор выглядит так:

$$V: \begin{cases} \dot{x}_1 = \alpha x_2^2 + c x_3^2 + 2x_2 x_3 \\ \dot{x}_2 = a x_1^2 + d x_3^2 + 2x_1 x_3 \\ \dot{x}_3 = b x_1^2 + \beta x_2^2 + 2x_1 x_2 \end{cases}$$

где

$$\alpha, \beta, a, b, c, d \geq 0, \quad \alpha + \beta = a + b = c + d = 1$$

В этой статье рассматривается численное решение непрерывного аналога строго невольтерровского квадратичного оператора [10], которое в нашем случае имеет вид

$$\begin{cases} \dot{x}_0 = \alpha x_1^2 + c x_2^2 + 2x_1 x_2 - x_0 \\ \dot{x}_1 = a x_0^2 + d x_2^2 + 2x_0 x_2 - x_1 \\ \dot{x}_2 = b x_0^2 + \beta x_1^2 + 2x_0 x_1 - x_2 \end{cases} \quad (3)$$

Для исследования системы (3) применен явный метод Эйлера для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Заметим, что метод Эйлера основан на аппроксимации интегральной кривой кусочно-линейной функцией, так называемой ломаной Эйлера. Получены отдельные численные решения (3) с помощью программирования на языке C++, при некоторых частных значениях $\alpha, \beta, a, b, c, d$.

Важнейшим этапом численно-аналитического моделирования нелинейных динамических систем является визуализация численных результатов компьютерного моделирования. Визуализация математической модели позволяет не только выявить основные закономерности описываемого ею процесса, но и обнаружить некоторые детали, недоступные выявлению аналитическими методами исследования.

Следует отметить, что численные эксперименты в последнее время являются основным инструментом, позволяющим продолжить исследования нелинейных систем дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными.

Список литературы / References

1. Ганиходжаев Р.Н. Квадратичные стохастические операторы, функции Ляпунова и турниры // Матем. сб., **183**:8, 1992. С. 119–140.
2. Ганиходжаев Р.Н. Об одном семействе квадратичных стохастических операторов, действующих в S // Докл. АН УзССР, 1989. С. 3–5.
3. Ганиходжаев Р.Н., Эшмаматова Д.Б. Квадратичные автоморфизмы симплекса 2 и асимптотическое поведение их траекторий // Владикавказ. матем. журн., **8**:2, 2006. 12–28.
4. Ulam S.M. A collection of mathematical problems, New York–London, Interscience Publ., 1960.
5. Любич Ю.И. Математические структуры в популяционной генетике, Наукова думка. Киев, 1983.
6. Jenks R.D. Quadratic differential systems for interactive population models // J. Differential Equations, **5**:3, 1969. С. 497–514.
7. Мухитдинов П.Т. О строго невольтерровском квадратичном операторе, Тезисы докладов международной конференции Операторные алгебры и квантовая теория вероятностей // Ташкент, 2005. С. 134–135.
8. Hofbauer J, Sigmund K. The theory of evolution and dynamical systems. Mathematical aspects of selection // London Math. Soc. Stud. Texts, 7, Cambridge Univ. Press., Cambridge, 1988.

9. *Ganikhodzhaev N.N., Rozikov U.A.* On quadratic stochastic operators generated by Gibbs distributions // Regul. Chaotic Dyn., **11**:4 (2006), С. 467–473.
10. *Жамилов У.У., Розиков У.А.* О динамике строго невольтерровских квадратичных стохастических операторов на двумерном симплексе // Матем. сб., **200**:9, 2009. С. 81–94.
11. *Розиков У.А., Жамилов У.У.* F-квадратичные стохастические операторы // Математические заметки, **83**:4, 2008.
12. *Mamurov B.J., Rozikov U.A., Xudayarov S.S.* Quadratic Stochastic Proresses of type $(\sigma|\mu)$. Markov Processes and Related Fields. 26, 2020. 915-933.
13. *Rasulov Kh.R.* On a continuous time F–quadratic dynamical system, Uzbek mathematical journal. № 4, 2018. Pp. 126-130.
14. *Расулов Х.Р., Рашидов А.Ш.* О существовании обобщенного решения краевой задачи для нелинейного уравнения смешанного типа. Вестник науки и образования. № 19, 2020. (97). Ч. 1.
15. *Devaney R.L.* An introduction to chaotic dynamical systems, Stud. Nonlinearity, Westview Press, Boulder, CO, 2003.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»
[HTTPS://WWW.SCIENCEPROBLEMS.RU](https://www.scienceproblems.ru)
EMAIL: [INFO@P8N.RU](mailto:info@p8n.ru), +7(910)690-15-09



**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»
В ОБЯЗАТЕЛЬНОМ ПОРЯДКЕ РАССЫЛАЕТСЯ:**

- 1. Библиотека Администрации Президента Российской Федерации, Москва;
Адрес: 103132, Москва, Старая площадь, д. 8/5.**
- 2. Парламентская библиотека Российской Федерации, Москва;
Адрес: Москва, ул. Охотный ряд, 1**
- 3. Российская государственная библиотека (РГБ);
Адрес: 110000, Москва, ул. Воздвиженка, 3/5**
- 4. Российская национальная библиотека (РНБ);
Адрес: 191069, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 18**
- 5. Научная библиотека Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова (МГУ), Москва;
Адрес: 119899 Москва, Воробьевы горы, МГУ, Научная библиотека**

ПОЛНЫЙ СПИСОК НА САЙТЕ ЖУРНАЛА: [HTTP://SCIENTIFICJOURNAL.RU](http://scientificjournal.ru)



**Вы можете свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материалы
и создавать новое, опираясь на эти материалы, с ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ указанием авторства.
Подробнее о правилах цитирования: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru>**

ЦЕНА СВОБОДНАЯ