

сионной надбавки за счет накопительного компонента с учетом инфляции и среднерыночной интенсивности роста капитала. Показано, что моделирование распределения страховой премии между cedentом (ОАО НПФ) и цессионарием (государством) позволяет найти пороговые значения  $p$  и  $q$ , которые предопределяют банкротство НПФ при фиксированном значении других параметров ренты.

### **Библиографический список**

1. Пронь С.П., Сидун Л.В., Сидун Д.Ю. О влиянии модели перестрахования накопительной части пенсии на эффективность УК и НПФ // Ломоносовские чтения на Алтае : сб. научных статей международной школы-семинара, Барнаул, 5–8 ноября, 2013: в 6 ч. – 2013. – Ч. I. – С. 233–235.
2. Артамонов А.П., Дедиков С.В. Проблема страхового интереса в договорах перестрахования // Законы России: опыт, анализ, практика. – 2011. – №11. – С. 76–81.

**УДК 517.938**

## **Визуальное моделирование и анализ нелинейной хаотической системы**

***К.В. Рощупкин**  
АлтГУ, Барнаул*

В последние годы интерес исследователей привлекают динамические хаотические системы, обладающие рядом полезных свойств. Эти преимущества обусловлены структурой и свойствами хаотических аттракторов. В частности, для существенного изменения состояний этих систем достаточно незначительного определённого воздействия на управляющий параметр [1].

Указанный класс моделей позволяет анализировать не только природные, но и социальные системы с множеством агентов. Перспективной для исследования является модель Лотки-Вольтерра, хорошо известная, как модель взаимодействия двух видов типа «хищник – жертва», которая исследовалась в работе [2].

В нашей работе проводится моделирование процесса структурирования групп людей, расчёты возможных траекторий системы и визуализация результатов с помощью программного пакета Matlab 7.12.0.

Исследуемая модель (1) описывает взаимодействия между несколькими объектами (группами лиц) и показывает, как группы сливаются в более крупные формирования, поглощая друг друга. Её особенностью является то, что она относится к классу хаотичных систем [2–3].

$$\begin{aligned} u' &= a(u - u^{st}) - \alpha uv - \beta uw; \\ v' &= -b(v - v^{st}) + \alpha uv - \gamma vw - \delta vs; \\ w' &= -c(w - w^{st}) + \beta uw + \gamma vw - \mu ws; \\ s' &= -d(s - s^{st}) + \delta vs + \mu ws, \end{aligned} \quad (1)$$

при  $u_0 = 4, v_0 = 4,8, w_0 = 7, s_0 = 4$

где коэффициенты  $u, v, w, s$  – описывают изменения состояний групп, коэффициенты  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu$  – параметры взаимодействия,  $u^{st}, v^{st}, w^{st}, s^{st}$  – стационарные значения переменных, к которым релаксирует система при отсутствии взаимодействия.

Для расчёта решения системы использовался метод Рунге-Кутты четвертого и пятого порядка с точностью 0,000001. Анализировалась система при изменении контрольного параметра  $c$ . Одной из проблем являлся поиск значений параметров системы, при которых возникали бы бифуркации [4–5]. В результате расчётов были показаны вид и параметры модели.

На рисунке 1 видно, что данная модель имеет схожее строение со странным аттрактором Рёсслера – компактным подмножеством фазового пространства динамической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности. В зависимости от значения параметра  $c$  изменяется форма аттрактора. Так, к примеру, если в интервале от 12 до 14 колебания носят периодический характер, то при больших значениях в системе начинают наблюдаться хаотические изменения.

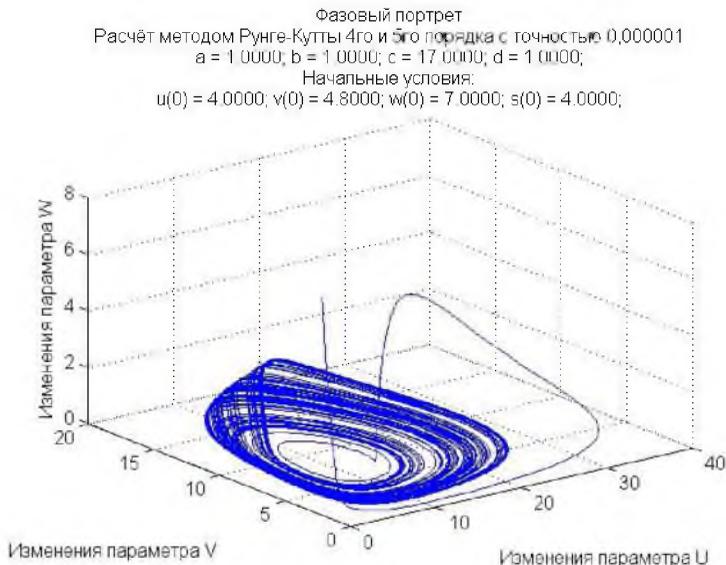


Рис. 1. Вид аттрактора системы (1) в плоскостях  $(u, v, w)$

Проведённые исследования позволяют отыскивать множество значений параметров модели (1), в которых проявляются характерные свойства хаотических систем. Кроме того результаты показывают возможность и перспективы данной модели для описания процесса структурирования групп людей, при котором повышается эффективность их деятельности.

#### Библиографический список

1. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент / изд. 6-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 312 с.
2. Буланicheв В.А., Серков Л.А. Самоорганизация экономических систем с детерминированным хаосом // Математическое моделирование. – 2007. – Т. 19, № 4. – С. 116-126.
3. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: учебное пособие / изд. 4-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 152 с.
4. Постнов Д.Э., и др. Методы нелинейной динамики: учебное пособие для студентов физ. фак. – Саратов, 2008. – 120 с.: ил.
5. Прошин Ю.Н., Еремин И.М. Вычислительная физика (Практический курс): учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский государственный университет, 2009. – 180 с.