

Катермина Татьяна Сергеевна¹,
канд. техн. наук, доцент;
Платонов Владимир Владимирович²,
д-р экон. наук, профессор, профессор;
Яковлева Елена Анатольевна³,
д-р экон. наук, доцент, профессор

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ВИРУСНЫХ ЭПИДЕМИЙ**

¹ Нижневартровский государственный университет,
Нижневартовск, Россия,
nggu-lib@mail.ru,

^{2,3} Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Россия,
² vladimir.platonov@gmail.com, ³ helen7199@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследования применения технологии создания интеллектуальных динамических систем на основе лингво-комбинаторного моделирования сложных систем с хаотической динамикой и учетом прошлого опыта по имеющимся статистическим данным распространения вирусных эпидемий, оценке последствий и минимизации причинённого ущерба.

Ключевые слова: лингво-комбинаторное моделирование, хаос, прогнозирование, риск, вирусные эпидемии.

Tatiana S. Katermina¹,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
Vladimir V. Platonov²,
Doctor of Economics, Professor;
Elena A. Iakovleva³,
Doctor of Economics, Professor

**SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELING
FOR PREDICTING THE SPREAD OF VIRAL EPIDEMICS**

¹ Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia,
nggu-lib@mail.ru,

^{2,3} St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia,
² vladimir.platonov@gmail.com, ³ helen7199@gmail.com

Abstract. The article presents the results of the study on the application of the technology for the intelligent dynamic systems analysis based on linguistic-combinatorial modeling developed for the complex systems with chaotic dynamics that accounting for past experiences using the available statistical data on the spread of viral epidemics. It allows to assess the impact and minimize the damage.

Keywords: linguistic-combinatorial modeling, chaos, forecasting, risk, virus epidemics.

Введение

Актуальность определения хаотической динамики развития эпидемий в текущих условиях COVID-19 не вызывает сомнения для мониторинга, прогнозирования, обоснования соответствующих подходов и инструментов для построения динамических моделей. Современные условия предполагают высокую территориальную мобильность населения, расширяющиеся коммуникации. Обусловлено это и усиливающейся глобализацией различных процессов в экономике и культуре, развитием транспортной инфраструктуры и другими процессами. Для моделирования сложных систем, в том числе и систем, имеющих хаотическую динамику, можно применять метод лингво-комбинаторного моделирования, разработанный Игнатьевым М.Б. и другие подходы к семантическому моделированию. Представление о сложных системах складывается на основе анализа таких структур как группа городов, связанных между собой сетями авиа-, ж/д и автодорожного сообщения. Такая система является сложной самоорганизующейся, для нее необходимо создать модель для прогнозирования ее поведения в опасных ситуациях, например, в ситуации быстро распространяющихся заболеваний.

1. Анализ научных источников: теория сетей и лингво-комбинаторное моделирование сложных систем с хаотической динамикой. Учет прошлого опыта

Определение хаотической динамики развития эпидемий в прогнозировании и обосновании методов и инструментов для построения динамических моделей в текущих условиях COVID-19 хорошо иллюстрирует теория сетей [0], дополненная инструментами лингво-комбинаторного [0], динамического и семантического моделирования с учетом вопросов управления хаосом и применения технологий искусственного интеллекта.

2. Методы и технология исследования: лингво-комбинаторный подход к моделированию динамики развития эпидемий

Кратко опишем принципы построения математической модели слабо формализованных систем по методу лингво-комбинаторного моделирования [0]. В первом приближении строится модель системы на естественном языке, что чаще всего не составляет труда [0, 0]. Переход

от описания на естественном языке к языку математических формул происходит следующим образом. Например, пусть имеется фраза

$$W1+W2+W3. \quad (1)$$

В данной фразе слова (W) обозначаются, а смысл слов только подразумеваем. Введем смыслы (S) в следующем виде:

$$(W1)*(S1)+(W2)*(S2)+(W3)*(S3)=0. \quad (2)$$

Будем обозначать слова как A_i от английского Appearance, а смыслы – как E_i (от английского Essence), звездочка * означает операцию умножения. Тогда уравнение (2) можно представить как

$$A_1E_1 + A_2E_2 + A_3E_3 = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) может быть разрешено либо относительно A_i , либо относительно E_i введением еще одной группы переменных — произвольных коэффициентов U_s :

$$\begin{aligned} A_1 &= U_1E_2 + U_2E_3 \\ A_2 &= -U_1E_1 + U_3E_3 \\ A_3 &= -U_2E_1 - U_3E_2 \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1A_2 + U_2A_3 \\ E_2 &= -U_1A_1 + U_3A_3 \\ E_3 &= -U_2A_1 - U_3A_2 \end{aligned} \quad (5)$$

где U_1, U_2, U_3 – произвольные коэффициенты, которые можно использовать для решения различных задач на многообразии (3). Если уравнения (4) или (5) подставить в уравнение (3), то оно тождественно обратится в нуль при любых U_s .

Лингво-комбинаторное моделирование заключается в том, что в конкретной предметной области выделяются ключевые слова, которые объединяются во фразы типа (1), на основе которых строятся эквивалентные системы уравнений с произвольными коэффициентами.

3. Результаты: пути моделирования динамики распространения эпидемий для самоорганизующейся системы с хаотической динамикой

В качестве примера управления хаосом при моделировании динамики распространения COVID-19 с использованием произвольных коэффициентов рассмотрим задачу построения аттрактора на сфере [7]. Для построения аттрактора на сфере была сгенерирована система дифференциальных уравнений движения точки по сфере. При этом обязательным является нахождение точки на сфере. Неопределенные коэффициенты необходимо назначить так, чтобы их изменения

(переназначения) приводили к значительным изменениям переменных, на которые эти коэффициенты влияют [0].

Результаты моделирования представлены на рисунках 1 и 2.

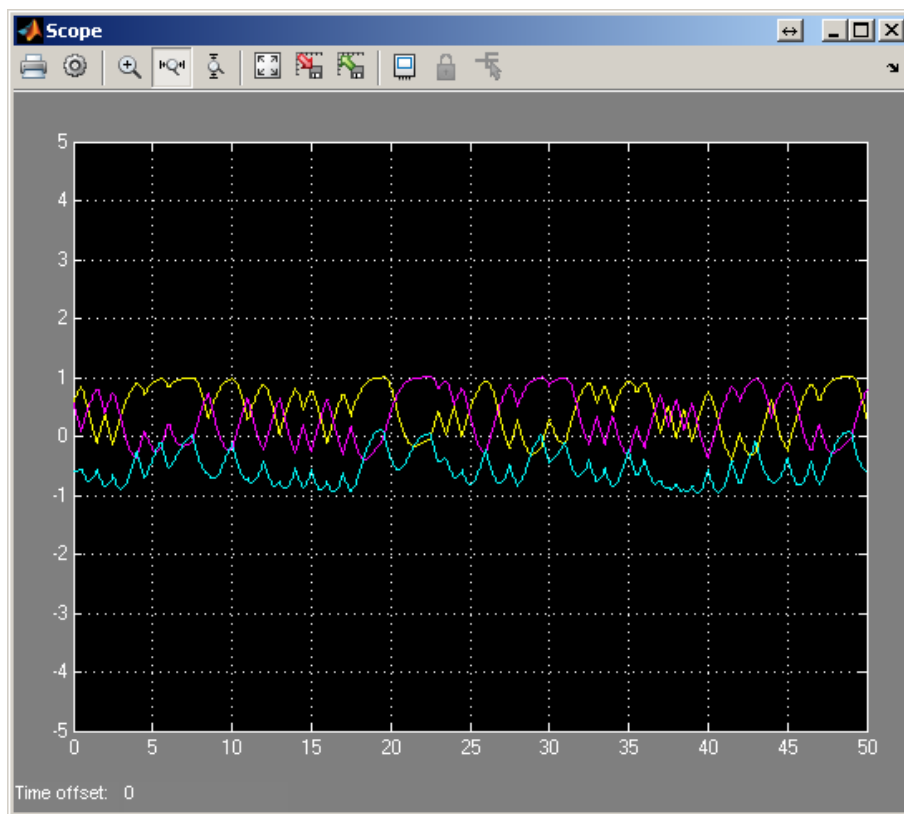


Рис. 1. Графики зависимости переменных x_1 , x_2 , x_3 от времени t

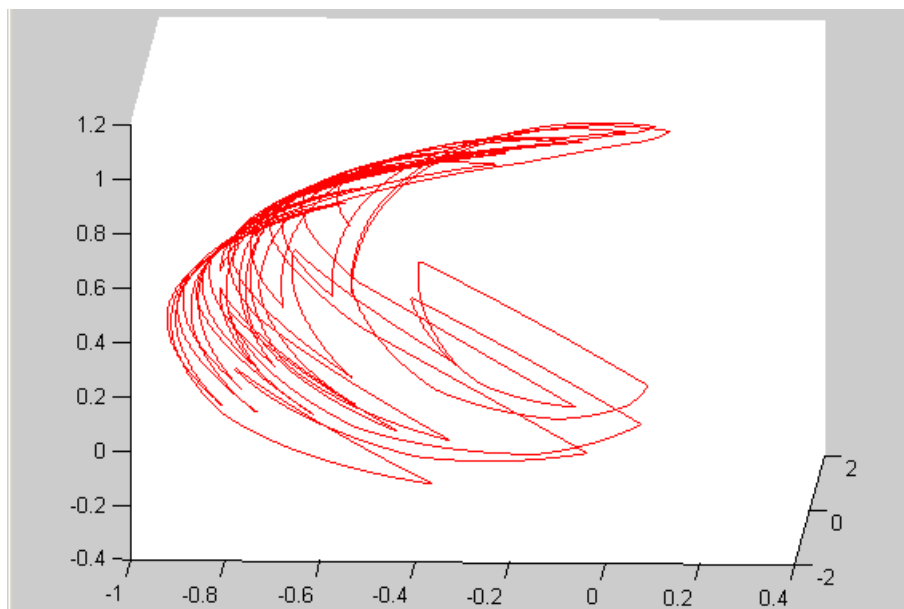


Рис. 2. Траектория на поверхности сферы с координатами x_1 , x_2 , x_3

Было показано, как можно управлять хаосом, манипулируя числом произвольных коэффициентов или назначая их таким образом, чтобы уменьшить влияние хаоса или организовать аттрактор.

Выводы

Авторы предлагают иной, когнитивный инструментарий для определения эффективности мер и оценки последствий – это инструментарий лингво-комбинаторного моделирования и логико-лингвистического анализа процесса адаптации предметной области под воздействием функций субъектов управления. Тогда критериями могут выступать повышение уровня качества жизни и скорость адаптации всей системы, качество управления системой здравоохранения. Соответственно, предлагаемый аппарат моделирования должен быть проработан для системного анализа последствий, учета и прогноза состояния, синтеза решений для всех участников (субъектов управления).

Список литературы

1. Евин И.А. Введение в теорию сложных сетей. //Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2. № 2. С. 121–141.
2. Игнатъев М.Б. Кибернетическая картина мира. Теория сложных систем: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 230000 «Информатика и вычислительная техника». СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. 447 с.
3. Игнатъев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ задач прогнозирования и планирования развития сложных структур: лингво-комбинаторный подход // Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Ч.1. СПб.: Издательство Политехнического ун-та Петра Великого, 2018. С. 115–118.
4. Ignatiev M.B., Karlik A.E., Iakovleva E.A., Karlik E.M. Challenges for strategic management of the development of the digital economy and advanced training // Proceedings of 2018 17th Russian Scientific and Practical Conference on Planning and Teaching Engineering Staff for the Industrial and Economic Complex of the Region, PTES 2018. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 197–200.
5. Ignatiev M.B., Karlik A.E., Iakovleva E.A., Platonov V.V. Linguo-combinatorial model for diagnosing the state of human resources in the digital economy // Proceedings of 2018 17th Russian Scientific and Practical Conference on Planning and Teaching Engineering Staff for the Industrial and Economic Complex of the Region, PTES 2018. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 201–204.
6. Игнатъев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ проблемы управления хаосом // Сб. науч. тр. XX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 129–136.
7. Ignatyev M.B., Katermina T.S. Chaos control and uncertainty. Proceedings of the 19th international conference on soft computing and measurements, SCM 2016. Saint Petersburg. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. P. 449–452.