

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ ЦЕНОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА

А.С. Дулесов, Д.А. Калашников

*ГОУ ВПО «Хакасский государственный университет
им. Н. Ф. Катанова», г. Абакан, Республика Хакасия*

Рецензент Н.П. Пучков

Ключевые слова и фразы: адекватность результатов; алгоритм; аниматор простого числа; имитационная модель; программный комплекс.

Аннотация: Рассматриваются вопросы разработки алгоритма и программного комплекса самоорганизующейся имитационной модели динамики N -распределения на основе рядов простых чисел, базирующиеся не только на процессе «рождения» и «размножения», но и на «старении» и «гибели» видов простых чисел. Проведены исследования адекватности результатов описанию реальной структуре техноценозов.

Введение. Проблема разработки и применения методов системного анализа и моделирования для исследования сложных прикладных систем остро стоит перед учеными. Значение решения научных и технических проблем данного направления для народного хозяйства состоит в разработке новых и совершенствовании существующих методов и средств анализа, обработки информации и управления сложными системами, а также в повышении эффективности, надежности и качества технических систем.

Имитационное моделирование на вычислительных машинах является одним из наиболее эффективных средств исследования сложных динамических систем. Как и любое компьютерное моделирование, оно позволило выполнять вычислительные эксперименты с проектируемыми объектами и изучать системы, натурные эксперименты с которыми невозможны, очень длительны и дороги. Структуры имитационных моделей, реализованных на современных ЭВМ, в достаточной мере соответствуют уровню сложности структуры изучаемого объекта. Задачи реализации моделей постоянно усложняются, что обусловлено наличием эволюционного процесса в производственных системах. Масштабы и объемы технологических решений настолько возросли, что задача их реализации превратилась в задачу научных исследований фундаментальной значимости.

Дулесов А.С. – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная информатика» Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова; Калашников Д.А. – инженер Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан.

Каждая объективно существующая самоорганизующаяся система, относящаяся к системам ценологического типа, стремится к устойчивому состоянию, описываемому H -распределением. Системой ценологического типа можно считать множество элементов, для которого действует H -распределение. В 1974 году профессором Б.И. Кудриным была предложена для описания структуры ценозов каноническая форма H -распределения на основе разложения факториала числа на простые сомножители. Модель H -распределения имеет вид:

$$\Omega(x) = \frac{W_0}{x^{1+\alpha}}; \quad (1)$$

$$\gamma = 1 + \alpha; \quad (2)$$

$$W_0 = R^{1+\alpha}, \quad (3)$$

где W_0 – количество видов; x – ранг; α – характеристический показатель; R – показатель объема; γ – коэффициент.

В последующем существенный вклад в моделирование структуры ценозов внесли А.Е. Якимов и А.С. Исаев. В 1989 г. В.В. Фуфаевым предложен алгоритм структурно-топологической динамики H -распределения простых чисел при постоянном объеме выборки, учитывающий процесс гибели видов. Но ограниченные возможности вычислительной техники того времени не позволили реализовать алгоритм в виде программного комплекса.

В настоящей работе рассматриваются вопросы создания имитационной модели и программного комплекса, реализующего процесс динамики структуры ценозов на базе H -распределения простых чисел.

Постановка задачи. Модель в полной мере должна отражать процессы не только «рождения и размножения видов» простых чисел, но и процессы «постепенного старения и гибели», а также учитывать все возможные варианты моделирования динамики структуры ценологических систем.

Объектом моделирования (исследования) является динамика структуры ценозов, для которых должно соблюдаться условие стабильного во времени количества особей в ценозе ($U = \text{const}$). В качестве исходных данных целесообразно использовать результаты, полученные на основе выполнения свыше 1000 исследований, включающих в себя статистическую обработку более 2,5 млн особей видовых распределений, включенных в базу данных научной школы Б.И. Кудрина.

Цель проводимых исследований предполагает решение ряда задач.

1. Представить математическое описание процессов рождения и размножения простых чисел в генераторе канонического H -распределения (в виде временных рядов разложения $N!$), и формализовать механизм старения и гибели различных видов простых чисел.

2. Разработать алгоритм и программный комплекс самоорганизующейся имитационной модели динамики H -распределения на основе рядов простых чисел, базирующиеся не только на процессе рождения и размножения, но и на старении и гибели видов простых чисел.

3. Выполнить проверку на адекватность имитационной модели эмпирическим ценологическим данным.

4. Формализовать структурно-топологическую динамику N -распределения применительно к модели ценоза временных рядов простых чисел на основе разложения факториала числа на простые сомножители.

5. Осуществить моделирование динамики структуры N -распределения простых чисел, и оценить адекватность результатов описанию реальной структуре техноценозов, представленной в [1].

Реализация модели. Основные ключевые компоненты модели и схема их взаимодействий представлены на рис. 1. В процессе работы модели предусмотрено две фазы. Первая фаза – генерация простых чисел до заданного пользователем значения U . Вторая фаза – моделирование динамики, учитывающей процессы рождения, размножения, постепенного старения и гибели видов.

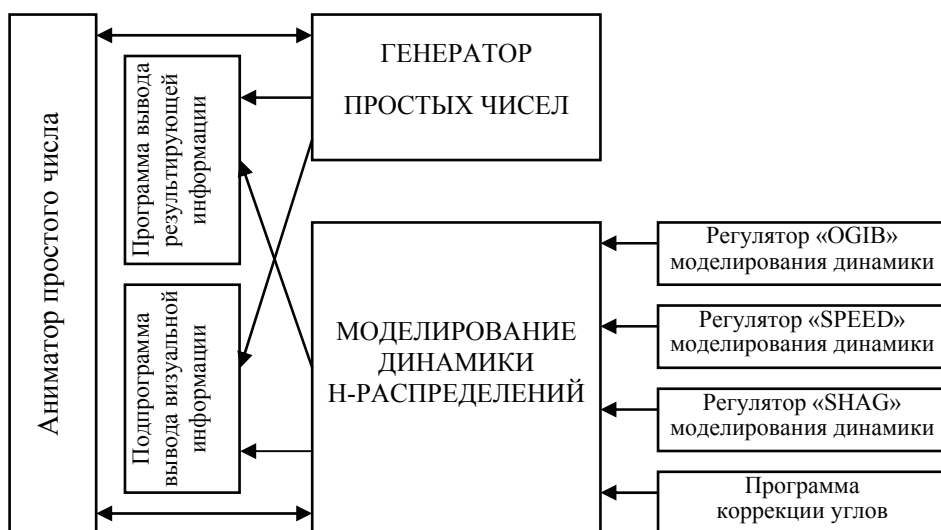


Рис. 1. Схема взаимодействия ключевых компонентов модели

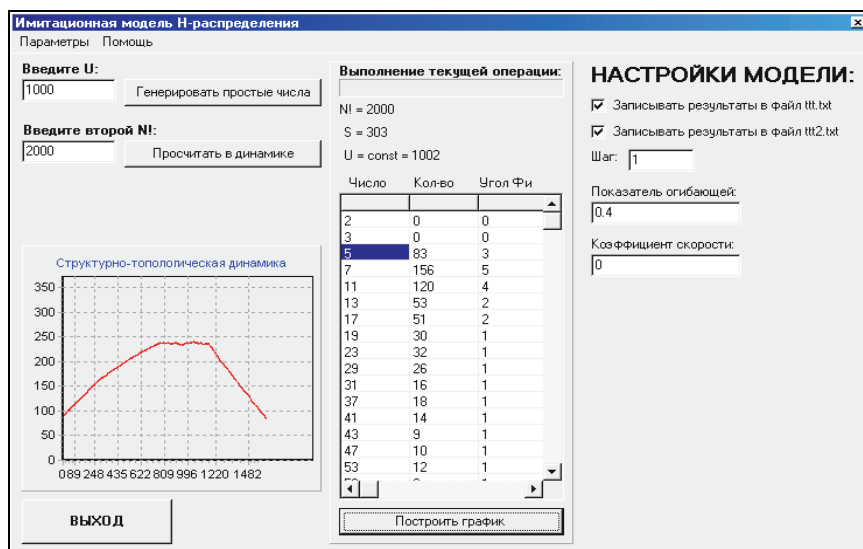


Рис. 2. Интерфейс имитационной модели

При разработке модели реализован интуитивно понятный и простой для пользователя интерфейс. Для задания входящих параметров управления моделью и предварительного анализа результатов подготовлена одна универсальная форма, представленная на рис. 2.

Модель в режиме реального времени выдает результаты своей работы на экран, а также записывает эти промежуточные результаты в текстовые файлы для дальнейшей обработки и анализа.

Достоинством разработанной модели является то, что лишь прямой счет позволяет моделировать в динамике структуры ценоза процессы рождения и гибели простых чисел и получать динамические характеристики N -распределений при наблюдении жизненного цикла структуры по факториалу переменной, стремящейся к бесконечности.

С целью проверки имитационной модели на адекватность описания реальной структуры ценоза использовались длинные непрерывные временные ряды N -распределений ремонтируемых (помесечно, поквартально, по полугодиям, по годам) в течение 18 лет электрических двигателей, находящихся в объединении «Абаканвагонмаш» и ПТП «Черметэлектроремонт» (централизованный ремонт заводов черной металлургии Европейской части России).

Анализ вариантов верификации модели показал, что на всем диапазоне моделирования $0 < \alpha < 1$ (при $U = \text{const}$) устойчивость значения характеристического показателя α гарантировано самой природой генерации N -распределений простых чисел и фундаментальностью процесса рождения и гибели видов простых чисел, интерпретированных в виде структурно-топологической динамики, положенной в основу модели.

Для проверки имитационной модели на адекватность описания реальной структуры ценоза создано специальное приложение к основной программе, которое перебирает все варианты (изменяя настроечные регуляторы) моделирования на предмет совпадения со следующими показателями: W_1 – количество видов (простых чисел), встретившихся один раз каждый; N_0 – численность наибольшей популяции (количество двоек, полученных при разложении $N!$ на простые числа).

Регуляторы модели, при которых происходит совпадение с данными статистики, являются параметрами имитационной модели и позволяют адекватно описать динамику N -распределения выбранного для моделирования ценоза.

Исследования закона распределения параметров W_1 и N_0 показали: параметры выборок помесечно, поквартально, по полугодиям, по годам рядов ремонтируемых электрических двигателей соответствуют нормальному закону распределения случайных величин. Учитывая данный факт, для проведения проверки точности моделирования рассматриваемой статистики использовались средние значения параметров $W_1^{\text{ср}}$ и $N_1^{\text{ср}}$ однородных выборок в динамике, как оценки математического ожидания их нормального распределения.

Результаты проверки адекватности результатов моделирования приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Результат проверки адекватности моделирования динамики
Н-структуры ремонтируемых электрических двигателей
ПО «Абаканвагонмаш»**

	Выборка							
	месячная		квартальная		полугодовая		годовая	
	W_1	N_0	W_1	N_0	W_1	N_0	W_1	N_0
Математическое ожидание	24,24	11,62	51,19	26	80,55	49,86	126,82	94,36
Дисперсия	82,75	17,35	278,55	67	659,69	357,08	1947,56	1453,06
Среднее квадратичное отклонение	0,83	0,38	2,43	1,20	5,48	4,03	13,31	11,49

Таблица 2

**Результат проверки адекватности моделирования динамики
Н-структуры ремонтируемых электрических машин
ПТП «Черметэлектроремонт» (60 Н-распределений)**

	Месячная выборка	
	W_1	N_0
Математическое ожидание	31,31	15,63
Дисперсия	131,16	59,84
Среднее квадратичное отклонение	1,59	1,07

Из табл. 1, 2 видно, что имитационная модель адекватно описывает реальную динамику структуры потоков ремонтируемых электрических двигателей: математическое ожидание ошибки не превышает для месячных выборок – 1 %, квартальных – 2,5 %, полугодовых – 5,5 %, годовых – 13,5 %, Наибольшая погрешность в нашем случае обусловлена, прежде всего, недостаточностью объема статистической информации, предоставленной для проверки модели на адекватность.

С целью сравнения одного из эмпирических (статик) Н-распределений электрических двигателей в табл. 3 приведен временной срез динамического ряда простых чисел, а в табл. 4 – видовое распределение.

При сравнении видно достаточно хорошее совпадение не только по обобщенным параметрам Н-распределений W_1 , N_0 , но и по кастам и численностям отдельных видов. Таким образом, структурно-топологическая динамика простых чисел, заложенная в основу имитационной модели, гарантирует фундаментальное совпадение модельного и эмпирического Н-распределений.

Данная часть программного комплекса обеспечивает одновременно проверку адекватности моделирования и настройку параметров имитационной модели для моделирования динамики структуры выбранной природы выборок.

Таблица 3

Временной срез динамического ряда Н-распределения простых чисел

K	I	$W(i)$	$i*W(i)$	Характеристика вида (простые числа)
1	1	23	20	3; 23; 31; 41; 43; 53; 59; 61; 67; 73; 79; 83; 89; 97; 101; 103; 107; 109; 113; 127; 131; 137; 139
2	2	3	8	37; 47; 71
3	3	3	6	17; 19; 29
4	5	1	4	13
5	9	1	8	11
6	10	1	11	7
7	22	1	18	5

Примечание. $W_1 = 23$ – количество видов (простых чисел), встретившихся один раз каждый; $N_0 = 22$ – численность наибольшей популяции; $U = 84$ – число особей ценоза; $S = 34$ – общее количество видов; $D = 2,47058823529412$; $\gamma = 1,95$.

Таблица 4

**Видовое распределение электрических двигателей
(на момент – октябрь 1994 г.)**

K	I	$W(i)$	$i*W(i)$	Характеристика вида (двигатели)
1	1	23	23	Двигатели: 0.18 4А; 320.0 4А; 75.0 4А; 1.1 4А; 7.5 МТФ; 37.0 МТФ; 3.0 АИР; 6.8 иностр.; 18.5 иностр. Трансформатор 380/480 В, мощность 0.25 кВА; трансформ. ОСМ. Двигатель 2-х скоростной; 3.0 двигатель пост. тока. Плита эл. магнита (япон.). Электромурфта (япон.). Генератор с автоматом 12 А. Двигатель с ЧПУ. КПА. Стартер болгарский. Электродрель.
2	2	6	12	3.6 4А; 0.27 АОЛ; 2.2 двигатель пост. тока; катушка 220 В; стартер.
3	4	1	4	Катушка электромагнита
4	7	1	7	1.54 А
5	8	1	8	Катушка
6	10	1	10	Электромагнит
7	22	1	22	Катушка 380 В

Примечание: $W_1 = 23$ – количество видов (простых чисел), встретившихся один раз каждый; $N_0 = 22$ – численность наибольшей популяции; $U = 86$ – число особей ценоза; $S = 34$ – общее количество видов.

Вывод. Имитационная модель динамики Н-распределения, посредством наложения на процесс рождения и размножения простых чисел процесса старения и гибели видов, позволяет рассматривать все возможные варианты эволюции структуры ценозов любой природы.

Список литературы

1. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин; ПТП «Чермет-электроремонт». – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 1993. – 552 с.
-

Modeling and Management of Dynamics of the Structure of Coenosis-Type Systems

A.S. Dulesov, D.A. Kalashnikov

Katanov State University of Khakassia

Key words and phrases: adequacy of results; algorithm; animator of prime number; simulation model; program set.

Abstract: Matters of algorithm and program set of self-organizing simulation model of H-distribution dynamics on the basis of prime numbers series are considered. This model is based not only on «birth» and «reproduction», but also «aging» and «death» of prime numbers. The adequacy of experimental results to real structure of techno-coenoses is studied.

© А.С. Дулесов, Д.А. Калашников, 2007