

СИМВОЛИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

© В.И. Левин

Предложена новая система знаний о закономерностях динамического поведения природных, общественных и технических систем, описываемых математической моделью конечного автомата. Она основана на открытой автором возможности выражать в символической форме динамические процессы в структурах конечных автоматов по заданным динамическим процессам на входах этих структур с помощью адекватного математического аппарата непрерывной логики, переходящего при высокой размерности структуры и входных процессов в аппарат логических определителей. Данная система образует новую науку - символическую динамику конечных автоматов, решающую следующие основные проблемы: обозримое представление, эффективный расчет, качественный анализ и синтез динамических процессов в структурах любых объектов, описываемых моделью конечного автомата.

Символическая динамика конечных автоматов включает следующие разделы.

1. Математический аппарат непрерывной логики (свойства и представления непрерывно-логических функций, виды и способы решения уравнений и неравенств непрерывной логики и т.д.).

2. Методы расчета, анализа и синтеза динамических процессов в логических элементах и простых структурах конечных автоматов без памяти с помощью непрерывной логики.

3. Методы расчета, анализа и синтеза динамических процессов в простых структурах конечных автоматов с памятью при помощи непрерывной логики.

4. Методы канонизации представления входных процессов для сложных (высокоразмерных) структур конечных автоматов.

5. Общие методы изучения динамических процессов в сложных структурах конечных автоматов с помощью логических определителей.

6. Методы представления, расчета, анализа и синтеза динамических процессов в сложных структурах конечных автоматов без памяти с конечными входными воздействиями.

7. То же для бесконечных входных воздействий.

8. Методы представления, расчета, анализа и синтеза динамических процессов в сложных структурах конечных автоматов с памятью.

9. Методы представления, расчета, анализа и синтеза динамических процессов в инерционных элементах-задержках и фильтрах (линейных и нелинейных, определенных и неопределенных).

10. Общие методы изучения динамических процессов в структурах неопределенных конечных автоматов (методы огибающих, раздетерминизации).

11. Методы расчета, анализа и синтеза динамических процессов в неопределенных логических эле-

ментах и простых структурах конечных автоматов без памяти.

12. Методы расчета, анализа и синтеза динамических процессов в неопределенных простых структурах конечных автоматов с памятью.

13. То же в неопределенных сложных структурах конечных автоматов без памяти.

14. То же в неопределенных сложных структурах конечных автоматов с памятью.

15. Приближенные методы изучения динамических процессов в структурах определенных конечных автоматов.

16. То же для структур неопределенных конечных автоматов.

17. Составление справочных таблиц формул динамических процессов в типовых элементах и схемах автоматов.

Областями применения символической динамики конечных автоматов являются произвольные естественные, общественные и технические системы, описываемые математической моделью конечного автомата. Применение к этим системам методов и результатов данной науки позволяет создавать содержательные теории их динамического поведения. Таким путем созданы:

1. Теория и методы расчета, анализа и синтеза переходных процессов в цифровых информационных, вычислительных и управляющих устройствах;

2. Теория надежности технических и других систем, устанавливающая логические связи моментов отказов и восстановлений системы и аналогичных моментов в ее элементах;

3. Теория и метод распознавания образов, где расстояние образа от эталона моделируется выходным процессом автомата, реализующего функцию-расстояние;

4. Теория и метод анализа сцен, где объекты моделируются импульсами, а взаиморасположение объектов на сцене - взаимодействием этих импульсов в автомате-модели;

5. Теория и метод расчета систем синхронизации параллельно работающих источников информации или энергии;

6. Теория и метод анализа вычислительных сетей, при автоматной модели алгоритма доступа станций к сети;

7. Теория и методы расчета регулярных систем обслуживания, где интервалы заявок моделируются одними импульсными процессами, а интервалы предоставления услуг - другими, и те и другие - входные для автомата-модели;

8. Теория и методы анализа и синтеза динамических тестов для обнаружения временных неисправностей в цифровых информационных и вычислительных устройствах;

9. Теория и методы расчета динамического поведения нейронных сетей;

10. Теория и методы анализа и синтеза экономических систем (спрос-предложение, поддержание занятости и др.);

11. Теория и методы решения проблем взаиморасположения объектов в пространствах различной размерности;

12. Теория и методы анализа динамического поведения социальных групп;

13. Теория временного разделения компонент (раздельное питание, прием лекарств);

14. Теория, анализ и синтез коллективных мероприятий для индивидуальных участников;

15. Теория и анализ распределения по времени исторических и природных событий.

Преимущество символической динамики конечных автоматов состоит в возможности символического, основанного на твердой и единой математической базе непрерывной логики и логических определителей, изучения динамических процессов в системах различной природы, описываемых единой моделью конечного динамического автомата. Это существенно повышает уровень знаний о динамическом поведении таких систем, позволяя устанавливать в них новые свойства и явления.

Сложность символического описания и вычисления с помощью непрерывной логики динамических процессов в конечных автоматах находится в положительной степенной зависимости от числа входов в схеме автомата и числа изменений в каждом входном процессе, в отрицательной степенной зависимости от ширины схемы и в экспоненциальной зависимости от ее длины. Сложность представления указанных процессов с помощью логических определителей в K раз меньше, где K - число непре-

рывно-логических операций при вычислении одного определителя.

Полный список работ автора по данному направлению содержит свыше 350 названий. Ниже приведен список некоторых важнейших работ.

1. *Левин В.И.* Бесконечнозначная логика и переходные процессы в конечных автоматах // Автоматика и вычисл. техника. 1972. № 6.
2. *Левин В.И.* Переходные процессы в конечных автоматах при затянутых фронтах сигналов // Изв. АН СССР. Технич. кибернетика. 1975. № 2.
3. *Левин В.И.* Таблицы для расчета и анализа переходных процессов в дискретных устройствах. Рига: Зинатне, 1975. 60 с.
4. *Рогинский В.Н., Божманн Д., Левин В.И. и др.* Динамические процессы в автоматах. Берлин: Техник, 1977. 250 с., нем.
5. *Левин В.И.* Введение в динамическую теорию конечных автоматов. Рига: Зинатне, 1975. 376 с.
6. *Левин В.И.* Динамические процессы в цифровых устройствах автоматизации: Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. политехн. ин-та, 1978. 65 с.
7. *Левин В.И.* Динамика логических устройств и систем. М.: Энергия, 1980. 232 с.
8. *Левин В.И.* Бесконечнозначная логика в задачах кибернетики. М.: Радио и связь, 1982. 176 с.
9. *Левин В.И.* Логическая теория надежности сложных систем. М.: Энергоатомиздат, 1985. 128 с.
10. *Левин В.И.* Динамические процессы в автоматах с периодическими воздействиями. I, II // Изв. АН СССР. Технич. кибернетика. 1985. № 4; 1986. № 1.
11. *Левин В.И.* Каноническое представление входных воздействий в динамике автоматов // Проблемы передачи информации. 1986. Т. XXII. Вып. 4.
12. *Левин В.И.* Исследование динамики дискретных автоматов с возможной неопределенностью сигналов. I, II // Кибернетика. 1988. № 6; 1989. № 2.
13. *Волгин Л.И., Левин В.И.* Непрерывная логика. Теория и применение. Таллин: Изд-во АН Эстонии, 1990. 210 с.
14. *Левин В.И.* Математические основы динамической диагностики и цифровых схем. Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1994. 84 с.
15. *Левин В.И.* Теория динамических автоматов. Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1995. 408 с.

Поступила в редакцию 5 марта 1998 г.

НЕПРЕРЫВНАЯ ЛОГИКА - АДЕКВАТНЫЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ СИМВОЛИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОНЕЧНЫХ АВТОМАТАХ

© В.И. Левин

Предложен принципиально новый подход, позволивший впервые выражать в символической форме динамические процессы в структурах конечных динамических автоматов по заданным динамическим процессам на их входах. Подход отличается тем, что моменты изменения в выражаемых внутренних и выходных динамических процессах автомата представляются через моменты изменения в заданных входных процессах в виде суперпозиции двух операций непрерывной логики: дизъюнкции (взятия максимума) и конъюнкции (взятия минимума) непрерывных переменных. Это положение, на наш взгляд, является открытием, вносящим крупное изменение в уровень знаний о поведении произвольных систем, описываемых автоматной моделью, и позволяющим установить ряд неизвестных ранее свойств и явлений в таких системах. Обнару-

женная возможность выражать в символической форме с помощью непрерывной логики динамические процессы во внутренних и выходных узлах произвольных структур конечных автоматов по произвольным заданным процессам на входах базируется на:

1. Известной из теории конечных автоматов возможностью структурной реализации производительного конечного автомата с помощью любого функционально полного набора логических элементов (автомат без памяти) или с помощью такого набора и элемента задержки (автомат с памятью);

2. Доказанной автором возможности выражать в символической форме, с помощью непрерывной логики, динамические процессы на выходах любых логических элементов различных функционально полных наборов по произвольным заданным про-