

УДК 519.3

А.Е. Городецкий, В.В. Дубаренко, В.Г. Курбанов, И.Л. Тарасова

**ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОХО
ФОРМАЛИЗИРУЕМЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**

Рассматриваются методы логико-вероятностного моделирования структурно-сложных систем и плохо формализуемых процессов с использованием алгебраического подхода к описанию логических задач и приближенного вычисления вероятностей сложных логических функций. Этот подход для решения задач логического управления позволит представлять логические системы, описывающие модели систем, как линейные структуры (линейно последовательностные машины) и для анализа и синтеза их свойств использовать математический аппарат векторно-матричной алгебры.

Даются рекомендации по ускоренному принятию решения при поиске наилучших моделей и оценке их адекватности.

Логико-вероятностная модель; логико-вероятностная переменная; вероятность сложных логических функций.

A.Y. Gorodetsky, V.V. Dubarenko, V.G. Kurbanov, I.L. Tarasova

**LOGICAL-AND-PROBABILISTIC METHODS OF MODELING OF POORLY
FORMALIZABLE PROCESSES AND SYSTEMS**

Methods of logical-and-probabilistic modeling of structurally complex systems and poorly formalizable processes with use of the algebraic approach to the description of logical problems and the approximate calculation of probabilities of complex logical functions are observed here. This approach to problem solving logic control will be the logical system model describing the system as a linear structure (linear sequential machines) and for the analysis and synthesis of their properties to use the mathematical formalism of vector and matrix algebra.

Recommendations on accelerated decision-making while in search of the best models and estimation of their adequacy are also proposed in the article.

Logical-and-probabilistic model; logical-and-probabilistic variable; probability of complex logical function.

При моделировании структурно-сложных систем и плохо формализуемых процессов во многих случаях целесообразно использовать логико-вероятностные методы [1], позволяющие находить оптимальную стратегию и тактику поиска векторов состояний и управлений путем вычисления матрицы систем алгебраических уравнений по модулю 2 (САУМ2) с минимальным числом единиц и упорядочивания ее строк по убыванию вероятности, соответствующих им решений. Тогда возникает проблема логического вывода и принятия решения для САУМ2, записанной в символьном виде. Использование в этом случае алгебраического подхода, рекомендованного в [2, 3] для решения задач логического управления, позволит представлять логические системы, описывающие модели систем, как линейные структуры и для анализа и синтеза их свойств использовать математический аппарат векторно-матричной алгебры.

Процесс построения логико-вероятностной модели (ЛВМ) может быть сведен к решению задачи поиска аппроксимирующего образа I_b в вероятностном смысле, наиболее близком к идеальному I образу этой системы [4, 5]. Решение этой задачи можно свести к поиску наилучшего бинарного отношения g_0 , которое является элементом или подмножеством из множества G ($g_0 \in G$) и которое отвечает соотношению $I_b g_0 I$ при выполнении ограничений $I_b q_i U_i$ и $I q_i U_i$ ($q_i \in Q$, $i = 1, 2, \dots, m$), где G и Q , – некоторые фиксированные компактные множества, а U_i – заданные

априори модели или изображения ограничений. При этом можно считать, что планы или стратегии и тактики построения модели допустимы по i -му ограничению, если пара $(I_b, U_i) \stackrel{i}{q}_i$ и пара $(I, U_i) \stackrel{i}{q}_i$, и построенная модель I_b – оптимальна, если пара $(I_b, I) \stackrel{i}{g}_0$, мощность множества g_0 минимальна ($|g_0| = \min$) и элементы множества упорядочены по убыванию вероятности [4].

При этом даются рекомендации по решению следующих основных проблем, возникающих при логико-вероятностном моделировании: вычисление вероятности сложных логических функций (СЛФ); выявление и анализ имеющихся в моделируемой системе неопределенностей с построением одной из логико-вероятностных моделей (ЛВМ) [6]; аппроксимация изображения сложных систем путем перевода исходных данных в логическую форму алгебры по модулю 2 и создания фундаментального вектора логической системы F [2]; решение задачи получения логических переменных x ; вектора F и задачи замены линейных и нелинейных функций на логические функции умножения по модулю два или конъюнкции между логическими переменными, либо – импликаций между ними с вычислением их вероятностей [1, 8]; проведение обязательных проверок как контроль размерностей, контроль порядков, контроль характера зависимостей, контроль экстремальных ситуаций, контроль граничных условий, контроль физического смысла и контроль математической замкнутости с учетом особенности ЛВМ, отличающейся тем, что при этом каждому объекту моделирования можно поставить в соответствие m -ю оптимальную модель лишь с некоторой вероятностью [1]; поиск наилучших моделей или оценку их адекватности с использованием известных вычислительных методов, базирующихся на оценке бинарных отношений [4, 5]; ускорение процесса принятия решения при ЛВМ за счет распознавания полученных изображений моделируемых объектов, т.е. отнесение их к тому или иному классу образов идеального изображения, который хорошо изучен и для которого получено оптимальное решение, путем использования метода ситуации привычности [7], позволяющего искомое решение заметить аналогом.

Заключение. Методы логико-вероятностного моделирования позволяют получать адекватные модели структурно сложных систем и плохо формализуемых процессов при не полноте информации и векторных заданиях показателей качества, пригодных для решения задач интеллектуального управления и предсказания эволюции или деградации структурно сложных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Городецкий А.Е., Тарасова И.Л.* Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 336 с.
2. *Городецкий А.Е., Дубаренко В.В., Ерофеев А.А.* Алгебраический подход к решению задач логического управления // А и Т. – 2000. – № 2. – С. 127-138.
3. *Дубаренко В.В., Курбанов В.Г.* Метод приведения систем логических уравнений к форме линейных последовательностных машин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – Т. 7, № 4. – С. 37-41.
4. *Городецкий А. Е., Тарасова И. Л.* Алгебраические методы получения и преобразования изображений при технической диагностике сложных систем в условиях неполной определенности. (Ч. 1) // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 5.
5. *Городецкий А. Е., Тарасова И. Л.* Алгебраические методы получения и преобразования изображений при технической диагностике сложных систем в условиях неполной определенности. (Ч. 11) // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 6.
6. *Городецкий А.Е.* Основы теории интеллектуальных систем управления // Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2011. – 314 с.

7. *Gorodetsky A.E. Fuzzy Decision Making in Design on the Basis of the Habituality Situation Application // Fuzzy Systems Design. Social and Engineering Applications/ Leonid Reznik, Vladimir Dimitrov, Janusz Kacprzyk – Editors. Physica-Verlag. A Springer-Verlag Company. New York, 1998. – P. 63-73.*
8. *Дубаренко В.В., Курбанов В.Г., Кучмин А. Ю. Об одном методе вычисления вероятностей логических функций // Информационно-управляющие системы. – 2010. – № 5. – С. 2-7.*

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. Б.А. Кулик.

Городецкий Андрей Емельянович – Институт проблем машиноведения РАН; e-mail: mail:g27764@yandex.ru; Санкт-Петербург, Большой пр., 61; тел.: 88123214778; зав. лабораторией методов и средств автоматизации; д.т.н.; профессор.

Дубаренко Владимир Васильевич – e-mail: Vladimir.dubarenko@gmail.com; зав. лабораторией механики управляемых систем; д.т.н.; профессор.

Курбанов Вугар Гариб оглы – e-mail: vugar_borchali@yahoo.com; с.н.с.; к.ф.-м.н.

Тарасова Ирина Леонидовна – e-mail: g17265@yandex.ru; с.н.с.; к.т.н.

Gorodetsky Andrej Emel'yanovich – Institute of Mechanical Engineering Problems of RAS; e-mail: mail:g27764@yandex.ru; 61, Big pr., St.-Petersburg; phone: +78123214778; head of laboratory of optimization methods; dr. of eng. sc.; professor.

Dubarenko Vladimir Vasil'evich – e-mail: Vladimir.dubarenko@gmail.com; head of laboratory of mechanics for control systems; dr. of eng. sc.; professor.

Kurbanov Vugar Garib Ogly – e-mail: vugar_borchali@yahoo.com; senior research fellow; cand. of phis.-math. sc.

Tarasova Irina Leonidovna – e-mail: g17265@yandex.ru; senior research fellow; cand. of eng. sc.

УДК 51-74

А.Я. Твердохлебов, С.В. Пивнева, П.В. Ивашин

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПОТОКА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Проведено исследование характеристик ионизационного тока в двигателе внутреннего сгорания, работающего на различных видах топлива. Разработано программное обеспечение для сбора параметров работы двигателя внутреннего сгорания. Полученные данные использованы для анализа параметров горения различных видов топлива. Выявлена зависимость величины ионизационных токов, работы цикла двигателя внутреннего сгорания и уровня турбулентных пульсаций в камере сгорания. Выявлена возможность определения энергетических параметров горелочных устройств с помощью одного датчика ионизационного тока.

Обработка потока данных; ионизационный ток; двигатель внутреннего сгорания.

A.Y. Tverdokhlebov, S.V. Pivneva, P.V. Ivashin

DATAFLOW PROCESSING SYSTEM FOR OPERATING MODES ANALYSIS OF SPARK-IGNITION ENGINE

Investigation on ionization current characteristic in a spark-ignition engine fueled with filled various fuels was conducted. The software for operating parameters acquisition of the spark-ignition engine was developed. The obtained data were used to analyze the combustion parameters of different fuels. The correlation between the magnitude of the ionization current, the spark-ignition engine work and the level of turbulent fluctuations in the combustion chamber was revealed. The possibility of determining the energy parameters of burning using a single ionization current sensor was found.

Dataflow processing; ionization current; spark-ignition engine.