

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ РЕШЕТОК

Аннотация.

Актуальность и цели. Разработка и внедрение в практику проектирования новейших методов исследования характеристик сложных информационно-управляющих и информационно-вычислительных систем различных уровней является актуальной проблемой современной науки. При проектировании сложных информационных систем важную роль следует уделить процессу моделирования данных. Поэтому рассмотрена классификация методов моделирования данных и указаны их преимущества и недостатки.

Материалы и методы. Используются методы комбинаторно-упорядоченного моделирования. Приводится модель решетки.

Результаты и выводы. Описанные технологии моделирования позволяют более детально проектировать структуры данных информационных систем, используя многочисленные функции решеток.

Ключевые слова: моделирование, данные, информационные системы, комбинаторно-упорядоченное моделирование, диаграммы Хассе, основные алгебраические и геометрические свойства.

V. B. Lebedev, E. A. Fedotov

INFORMATION SYSTEM DATA MODELING USING THE LATTICE THEORY METHODS

Abstract.

Background. Development and implementation into modeling practice of latest methods of research of information-control and information-computing systems of various levels is an urgent problem of modern science. In the design of complex information systems a strong emphasis should be placed on the process of data modeling. Therefore, the article considers a classification of data modeling techniques, as well as advantages and disadvantages thereof.

Materials and methods. The authors used the methods of combinatorial ordered modeling. The article adduces a lattice model.

Results and conclusions. The described modeling technologies make it possible to perform more detailed design of data information systems, using multiple lattice function.

Key words: modeling, data, information systems, combinatorial and ordered modeling, Hasse diagram, basic algebraic and geometric properties.

Введение

Одна из проблем современной науки и техники – разработка и внедрение в практику проектирования новейших методов исследования характеристик сложных информационно-управляющих и информационно-вычислительных систем различных уровней (например: автоматизированных систем научных исследований и комплексных испытаний, систем автоматизации проектирования, комплексов и сетей, информационных систем). При проектировании сложных систем и их подсистем возникают многочисленные зада-

чи, требующие оценки количественных и качественных закономерностей процессов функционирования таких систем, проведения структурного алгоритмического и параметрического их синтеза.

Ограниченность возможностей экспериментального исследования больших систем делает актуальной разработку методики их моделирования, которая позволила бы в соответствующей форме представить процессы функционирования систем, описание протекания этих процессов с помощью математических моделей, получение результатов экспериментов с моделями по оценке характеристики исследуемых объектов. Причем на разных этапах создания и использования перечисленных систем для всего многообразия входящих в них подсистем применение метода моделирования преследует конкретные цели, а эффективность метода зависит от того, насколько грамотно разработчик использует возможности моделирования.

Одним из наиболее эффективных методов моделирования считается комбинаторно-упорядоченное моделирование (КУМ). В основе названия КУМ-метода лежат принципиальные положения о его комбинаторной природе и наличии отношений порядка (предпорядка) на множестве элементов КУМ. Решетка является основным типом математической модели в КУМ-методах [1].

1. Классификация методов моделирования

Обычно бывает трудно, а иногда и невозможно проследить за поведением реальных систем в разных условиях или изменить эти системы. Решить данную проблему можно с помощью моделирования. Модель системы позволяет многократно возвращаться к представлению начального состояния системы, а также наблюдать за поведением системы в изменяющихся условиях.

Модель представляет собой объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств последнего; упрощенное представление системы для ее анализа и предсказания, а также получения качественных и количественных результатов, необходимых для принятия правильного управленческого решения [2].

При решении конкретной задачи, когда необходимо выявить определенное свойство изучаемого объекта, модель оказывается не только полезным, но и порой единственным инструментом исследования. Один и тот же объект может иметь множество моделей, а разные объекты могут описываться одной моделью.

Единая классификация видов моделей затруднительна в силу многозначности понятия «модель» в науке и технике. Ее можно проводить по различным основаниям: по характеру моделей и моделируемых объектов; по сферам приложения и др.

Рассмотрим условную классификацию методов моделирования, которую можно разделить на следующие группы:

1. Графические методы представляют собой способы графического представления и визуального анализа структуры системы, при этом используется специальная нотация, т.е. наборы графических символов и правил их соединения для описания потоков информации. Графические методы обладают преимуществом в наглядности модели, простотой построения и интерпретации результатов анализа. Недостаток графического метода – ограничен-

ная сложность анализируемых структур, так как при большом числе элементов системы графические модели становятся необозримыми.

2. Методы формального структурного моделирования характеризуются строгими математическими моделями, свойства которых адекватно представляют объект моделирования. В этих методах для представления свойств структуры системы часто используется хорошо развитый математический аппарат комбинаторной теории. Наиболее известные методы этого типа теоретико-графовые (графоаналитические) и теоретико-решетчатые (методы комбинаторно-упорядоченного моделирования) обладают высокой адекватностью представления структуры системы, имеют не менее наглядный, чем в графических методах, способ представления моделей (диаграммы графов и диаграммы Хассе решеток), но вместе с тем обладают развитым аналитическим аппаратом и хорошо представимы в ЭВМ [1, 3].

3. Методы семиотического анализа, основанные на анализе языковых структур, могут быть также отнесены к группе методов формального структурного моделирования. Но они являются менее наглядными и более сложными в интерпретации, чем графоаналитические методы формального структурного моделирования. Семиотический анализ выполняется на синтаксическом, семантическом и прагматическом уровнях [3].

4. Косвенные методы анализа структурных свойств системы посредством анализа ее функций, реализующие концепцию функционально-структурного подхода, основаны на представлении о функциональной целостности системы и могут быть успешно применены при проектировании различных систем.

5. Методы экспериментального структурного анализа не являются основными и играют вспомогательную роль. В частности, известен модуль-метод, который применяется для анализа структуры системы и заключается в запуске типовой карточки с фиксированным сообщением по исследуемому структурному каналу управления. При движении карточки в ней фиксируются все операции обработки информации. Последующая обработка карточек позволяет получить экспериментальные значения показателей качества системы.

6. CASE-методы, основанные на технологии CASE, представляют современное, мощное средство структурного моделирования систем, основанное на применении ЭВМ. CASE-технологии являются интегрирующими и могут быть использованы в комплексе со всеми рассмотренными выше методами анализа.

2. Комбинаторно-упорядоченные методы моделирования

Методы комбинаторно-упорядоченного моделирования применяются на практике как для моделирования данных, так и для моделирования информационных систем. Эти методы основаны на теории упорядоченных множеств, изучающей более сложные объекты, чем графы. Рассмотрим методы КУМ, которые используют понятие решетки (дискретной структуры), представляющей разновидность частично упорядоченного множества. Методы КУМ имеют следующие особенности:

- универсальность (унифицированность);
- наглядность;
- структурность;

- хорошая представимость в ЭВМ;
- обладание алгебраическими и геометрическими свойствами.

Упорядоченное множество задается моделью $\Psi(P, R_2^<)$, где P – носитель; $R_2^<$ – сигнатура модели, определяющая бинарные отношения упорядочения на элементах носителя P [3].

Для построения модели данных используют решетку L_Ψ , построенную с помощью оператора замыкания $\widehat{A} = \bigcup_{R_A \in \{R\}} R_A$, заданного на исходном по-

рождающем семействе множеств $\{R\} \subseteq 2^P$ (например, семействе атрибутов исходных данных), где $A \subseteq \bigcup R$, $A \subseteq R_A$, $R_A \in \{R\}$, $P = \bigcup_{R \in \{R\}} R$ – носитель

модели L_Ψ . Все замкнутые подмножества такие, что $A = \widehat{A}$, образуют полную решетку L_Ψ , упорядоченную включением [3]. На решетке L_Ψ определены теоретико-решетчатые операции: $A \vee B = \widehat{A \cup B}$ и $A \wedge B = A \cap B$, где $A, B \in L_\Psi$; $\widehat{}$ обозначает операцию замыкания объединения множеств.

Структурные нуль $\mathbf{0}$ и единица $\mathbf{1}$ решетки L_Ψ задаются выражениями $\mathbf{0} = \widehat{\emptyset} = \bigcap_{R \in \{R\}} R$, $\mathbf{1} = P = \bigcup_{R \in \{R\}} R$. Решетка L_Ψ является частным

булевой решетки $\mathbf{B}(P)$ относительно оператора замыкания $\widehat{A} = \bigcap R_A$, причем нижние грани в L_Ψ совпадают с нижними гранями в $\mathbf{B}(P)$ [4].

Для наглядного представления упорядоченных множеств применяют диаграммы Хассе, которые являются диаграммами транзитивных орграфов, не содержащими петель и транзитивно замыкающих дуг.

Эквивалентное определение решетки вводится как алгебра $\langle P, \vee, \wedge \rangle$, в которой операции \vee и \wedge удовлетворяют законам идемпотентности, коммутативности, ассоциативности и поглощения [5]. Таким образом, модель $\Psi(P, R_2^<)$, в которой любое двухэлементное подмножество $\{a, b\} \in P$ имеет точную верхнюю и точную нижнюю грани, эквивалентна алгебраической модели $\Psi\langle P, \vee, \wedge \rangle$, где \vee и \wedge – теоретико-решетчатые операции. Алгебраические свойства комбинаторно-упорядоченной модели данных позволяют выполнять различные операции над данными.

В задачах управления данными важным классом КУМ являются частично упорядоченные множества специального вида – комбинаторные геометрии, которые, благодаря своей геометрической природе, могут быть получены как моделизация аксиом классической геометрии. Геометрические свойства частично упорядоченных множеств определяют с помощью оператора замыкания, удовлетворяющего свойству замены (аксиоме замены Штейница). Практически полезной является геометрия инцидентности (разновидность комбинаторной геометрии), которая обладает большой наглядностью [3].

Комбинаторные геометрии обладают высоким уровнем абстрагирования в случае представления систем данных и имеют не только методологическое значение при синтезе моделей, сохраняющих целостность, но находят и чисто прикладное применение при разработке эффективных методов проектирования. Геометрическая природа упомянутых моделей помогает наглядно представлять многие свойства систем управления, интерпретация которых при традиционных методах моделирования, например графовых, затруднительна, а чаще всего просто невозможна. Например, с помощью комбинаторных геометрий можно выявлять геометрические особенности структуры данных, что можно использовать, например, в задачах управления потоками данных.

3. Пример построения модели данных методом комбинаторно-упорядоченного моделирования

Рассмотрим порождающее семейство множеств данных $\{R\} = \{R_1, R_2, R_3, R_4\}$, где $R_1 = \{1, 2, 3, 4\}$, $R_2 = \{2, 4, 5, 7\}$, $R_3 = \{2, 5, 6\}$, $R_4 = \{1, 4\}$. Используя оператор замыкания $\hat{A} = \bigcap R_A$, путем построения таблиц и последовательного определения попарных пересечений множеств семейства $\{R\}$ с помощью алгоритма [1] построим решетку L_{Ψ} . Диаграмма Хассе этой решетки показана на рис. 1.

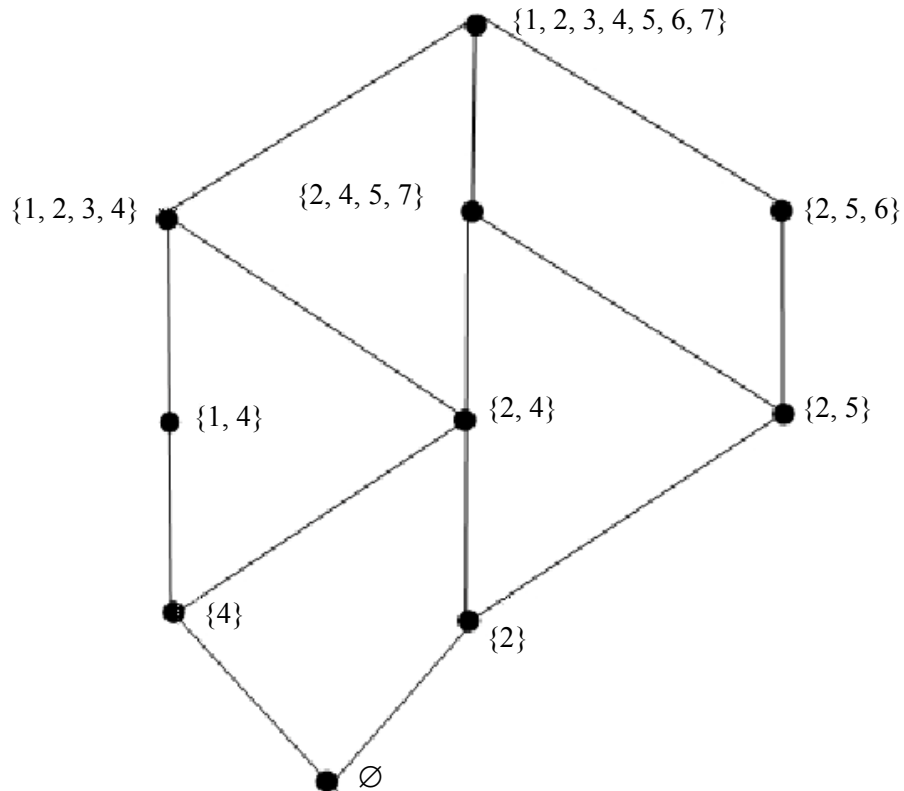


Рис. 1. Диаграмма Хассе решетки данных L_{Ψ}

Структурный нуль $\mathbf{0}$ и структурная единица $\mathbf{1}$ построенной решетки определяются следующими выражениями:

$$\mathbf{0} = \bigcap_{R \in \{R\}} R = R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 = \{1, 2, 3, 4\} \cap \{2, 4, 5, 7\} \cap \{2, 5, 6\} \cap \{1, 4\} = \emptyset,$$

$$\begin{aligned} \mathbf{1} = P &= \bigcup_{R \in \{R\}} R = R_1 \cup R_2 \cup R_3 \cup R_4 = \{1, 2, 3, 4\} \cup \{2, 4, 5, 7\} \cup \{2, 5, 6\} \cup \{1, 4\} = \\ &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}. \end{aligned}$$

Заключение

Рассмотренный метод комбинаторно-упорядоченного моделирования обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами моделирования данных. Прежде всего он дает адекватную модель структуры данных и позволяет использовать достаточно развитый аппарат теории решеток для аналитического исследования свойств данных. Метод представляет модель в достаточно компактном и наглядном виде.

Список литературы

1. Лебедев, В. Б. Анализ ассоциаций данных методом комбинаторно-упорядоченного моделирования / В. Б. Лебедев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Сер. Технические науки. – 2005. – № 5 (20). – С. 99–106.
2. Материалы по информационным технологиям. Методы моделирования и модели разработки ИС. – URL: <http://infdis.narod.ru/pis/pis-p3-1.htm> (дата обращения: 12.08.2015).
3. Айгнер, М. Комбинаторная теория / М. Айгнер. – М.: Мир, 1982. – 558 с.
4. Лебедев В. Б. Моделирование структуры данных методами теории решеток // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : сб. ст. X Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский дом знаний, 2010. – С. 41–45.
5. Горбатов, В. А. Основы дискретной математики : учеб. пособие для вузов / В. А. Горбатов. – М.: Высшая школа, 1986. – 311 с.

References

1. Lebedev V. B. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Ser. Tekhnicheskie nauki* [University proceedings. Volga region. Engineering sciences]. 2005, no. 5 (20), pp. 99–106.
2. *Materialy po informatsionnym tekhnologiyam. Metody modelirovaniya i modeli razrabotki IS* [Materials on information technologies. Modeling methods and development models of information systems]. Available at: <http://infdis.narod.ru/pis/pis-p3-1.htm> (accessed 12.08.2015).
3. Aygner M. *Kombinatornaya teoriya* [Combinatorial theory]. Moscow: Mir, 1982, 558 p.
4. Lebedev V. B. *Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike: sb. st. X Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Problems of informatics in education, management, economics and engineering: proceedings of X International scientific and technical conference]. Penza: Privolzhskiy dom znaniy, 2010, pp. 41–45.

5. Gorbatov V. A. *Osnovy diskretnoy matematiki: ucheb. posobie dlya vuzov* [Foundations of discrete mathematics: tutorial for universities]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 311 p.

Лебедев Виктор Борисович

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационного обеспечения
управления и производства, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: llvvbb@mail.ru

Lebedev Viktor Borisovich

Doctor of engineering sciences, professor,
sub-department of information support
of management and production,
Penza State University (40 Krasnaya
street, Penza, Russia)

Федотов Евгений Анатольевич

аспирант, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: bomzpunk@mail.ru

Fedotov Evgeniy Anatol'evich

Postgraduate student, Penza State
University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

УДК 004.62

Лебедев, В. Б.

Моделирование данных информационных систем методами теории решеток / В. Б. Лебедев, Е. А. Федотов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 3 (35). – С. 104–110.