

4. Ultra low-Power Electronics and Design / Edited by Macii E. Dordrecht, 2004.
5. Киреев А.О., Светлов А.В. Исследование энергетических режимов работы автономных микромошных систем // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации: Труды Междунар. науч.-техн. конф. «Шляндинские чтения – 2010». – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – С. 48-52.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Белевцев.

Светлов Анатолий Вильевич
Пензенский государственный университет.
E-mail: rtech@pnzgu.ru.
440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел.: 88412563511.

Киреев Александр Олегович
E-mail: skao@pochta.ru.

Svetlov Anatoly Vil'evich
Penza State University.
E-mail: rtech@pnzgu.ru.
40, Khusnaya Street, Penza, 440026, Russia.
Phone: +78412563511.

Kireev Alexander Olegovich
E-mail: skao@pochta.ru.

УДК 681.3.06

А.И. Баранчиков, А.Ю. Громов

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ В ЧЕТВЕРТОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЕ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Предлагается алгоритм построения схем реляционных баз данных на основе многозначных зависимостей, учитывающий атрибуты различной степени конфиденциальности. Он позволяет корректно проектировать схемы реляционных баз данных, содержащих информацию категоризируемую по признаку и степени конфиденциальности. В основе разработанного алгоритма лежит приведение переменных отношений к третьей нормальной форме и четвертой нормальной форме. Схемы баз данных, построенные таким образом, удовлетворяют особой разновидности четвертой нормальной формы. Проведена оценка временной сложности и сходимости алгоритма.

Реляционная; многозначная зависимость; конфиденциальность; синтез; атрибут.

A.I. Baranchikov, A.Yu. Gromov

CONSTRUCTING SCHEMES OF RELATIONAL DATABASES IN FOURTH NORMAL FORM FOR THE INFORMATION SYSTEMS WITH CONFIDENTIAL INFORMATION

The algorithm for constructing relational databases schemes based on multivalued dependencies is proposed; it takes into consideration confidentiality attributes of different levels. It allows you to design the scheme of relational databases properly containing categorized information on the feature and the degree of confidentiality. At the core of the algorithm is reduced variables relations to third normal form and fourth normal form. Database schema, constructed so, satisfy a special kind of fourth normal form. Time complexity assessment and algorithm convergence is provided.

Relational; multivalued dependency; confidentiality; synthesis; attribute.

Модификации алгоритмов декомпозиции [1] и синтеза [2] схем реляционных баз данных, учитывающие различную степень конфиденциальности атрибутов, рассматриваются только на множестве функциональных зависимостей. Поскольку функциональные зависимости (F-зависимости) являются частным случаем многозначных зависимостей (MV-зависимости) и зависимостей соединения (J-зависимости) [3], то возникает необходимость расширить функционал существующих алгоритмов за счет учета наличия MV-зависимостей во входном множестве семантических зависимостей.

В данной статье рассматривается разработка алгоритма построения схемы реляционной базы данных на основе многозначных и функциональных зависимостей, учитывающего атрибуты различной степени конфиденциальности. Схемы баз данных, построенные таким образом, удовлетворяют особой разновидности четвертой нормальной формы (4НФ).

В основе разработанного алгоритма лежит приведение переменных отношений к 3НФ и 4НФ.

Поскольку схема R отношения r находится в четвертой нормальной форме (4НФ) тогда и только тогда, когда в случае существования таких подмножеств A и B атрибутов этой схемы отношения R , для которых выполняется нетривиальная многозначная зависимость $A \twoheadrightarrow B$, все атрибуты схемы отношения R также функционально зависят от атрибута A [4], то алгоритм может базироваться на этом свойстве.

Другой основой алгоритма может быть определение принадлежности отношения к 4НФ, когда оно находится в нормальной форме Бойса–Кодда (НФБК) и не содержит нетривиальных многозначных зависимостей. То есть все многозначные зависимости являются, по сути, функциональными зависимостями от ключей отношения [4].

Для соблюдения требований к нормализации итоговых схем баз данных и учета конфиденциальности их атрибутов определим правила [1]:

$S1$ – если в нормализованном отношении имеются открытые и конфиденциальные атрибуты, то все конфиденциальные атрибуты должны войти в новое отношение;

$S2$ – в этом отношении могут присутствовать открытые атрибуты только в том случае, если это необходимо для поддержания целостности данных при выделении конфиденциальных атрибутов в отдельные отношения.

Описание алгоритма:

- ◆ вход: схема отношения R , множество F- и MV-зависимостей U , подмножества X (открытых) и Y (конфиденциальных) атрибутов, принадлежащих R ($X \cap Y = \emptyset$ и $X \cup Y = R$);
- ◆ выход: схема баз данных $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$, удовлетворяющая 3НФ и 4НФ, а также правилам $S1$ и $S2$.

Поскольку MV-зависимости связаны с декомпозицией без потерь следующим образом: отношение r удовлетворяет MV-зависимости $X \twoheadrightarrow Y$ тогда и только тогда, когда r без потери информации разлагается в отношения со схемами $R_1 = XY$ и $R_2 = XZ$, где r – отношение со схемой R ; X, Y, Z – подмножества из R такие, что $Z = R - (XY)$ [3], то для выполнения правил $S1$ и $S2$ [1] необходимо ввести во входное множество F- и MV-зависимостей избыточность для учёта конфиденциальности атрибутов, вид которой будет описан далее.

В модифицированном алгоритме синтеза [2] поставленная задача была решена относительно множества F-зависимостей, здесь же требуется расширение на множество MV-зависимостей.

Алгоритм построения схемы реляционной базы данных на основе многозначных зависимостей, учитывающий атрибуты различной степени конфиденциальности, будет выглядеть следующим образом:

- ◆ вход: множество F- и MV-зависимостей F над R , подмножества X (открытых) и Y (конфиденциальных) атрибутов, принадлежащих $R(X \cap Y = \emptyset$ и $X \cup Y = R)$;
- ◆ выход: полная схема базы данных R с учетом конфиденциальных атрибутов.

Определение 1

Усиленная с точки зрения конфиденциальности атрибутов третья нормальная форма (S-усиленная 3НФ или 3SNF). Отношение находится в S-усиленной 3НФ, если оно находится в 3НФ и все неключевые атрибуты отношения относятся к одному классу конфиденциальности.

Понятие 3SNF использовалось в [1, 2] в виде правил определенных для выходных данных модифицированных алгоритмов декомпозиции и синтеза.

Определение 2

Усиленная с точки зрения конфиденциальности атрибутов четвертая нормальная форма (S-усиленная 4НФ или 4SNF). Отношение находится в S-усиленной 4НФ, если оно находится в 4НФ и все неключевые атрибуты отношения относятся к одному классу конфиденциальности.

Рассмотрим два варианта приведения исходной схемы отношения $R=(R_1, R_2, \dots, R_n)$ к 4SNF.

Первый вариант основан на декомпозиции отношений R_i в том случае, если они не удовлетворяют условиям нормализации и конфиденциальности. В работе [1] описаны алгоритмы, позволяющие получать отношения, удовлетворяющие условиям 3SNF для множества F-зависимостей.

Для множества MV-зависимостей по ранее описанным требованиям к отношениям R_i для удовлетворения 4SNF происходит декомпозиция данных отношений.

Второй вариант базируется на синтезе схемы отношений R на основе множества F-зависимостей по алгоритму, описанному в работе [2].

Для множества MV-зависимостей происходит аналогичное построение схем отношений R_i на основе множества входных MV-зависимостей с учетом кольцевых покрытий [3] и требований к конфиденциальности атрибутов.

Построение схемы РБД на основе синтеза отношений

Алгоритм SynthesiseMV:

вход: множество зависимостей U , включающее подмножества F-зависимостей F и MV-зависимостей MV ($U=F \cup MV$), подмножества X (открытых) и Y (конфиденциальных) атрибутов, принадлежащих $R(X \cap Y = \emptyset$ и $X \cup Y = R)$;

выход: схема баз данных $R=(R_1, R_2, \dots, R_n)$, удовлетворяющая S-усиленным 3НФ и 4НФ.

Предполагается, что входное множество MV- и F-зависимостей является минимизированным и редуцированным (для учета CF-зависимостей [3]).

Шаг 1. Добавление избыточности во входное множество атрибутов. Для каждого входного конфиденциального ключевого атрибута K_i схемы R вводится избыточность в виде атрибутов K_i' , таких что:

$K_i \rightarrow K_i'$ и $K_i' \rightarrow K_i$, то есть $K_i \leftrightarrow K_i'$, где K – множество входных ключевых атрибутов, K' – множество атрибутов, введенных для однозначного определения конфиденциальных ключевых входных атрибутов.

Шаг 2. Обработка входного множества MV-зависимостей. Происходит компоновка наборов атрибутов для дальнейшего построения отношений R_i , удовлетворяющих S-усиленной 4НФ.

Перебор MV-зависимостей:

- ◆ если для рассматриваемой зависимости вида $A \rightarrow B | C$ имеется F-зависимость $A \rightarrow D$, где D – подмножество входных атрибутов, то происходит построение двух отношений:

$$R_{i1}=ABD \text{ и } R_{i2}=AC$$

в противном случае происходит построение отношений:

$$R_{i1}=AB \text{ и } R_{i2}=AC;$$

- ◆ удаление использованных зависимостей из U .

Цикл продолжается до тех пор, пока в U не исчерпаются все MV-зависимости (пока MV не станет пустым множеством).

Шаг 3. Обработка зависимостей, содержащих конфиденциальные атрибуты.

1. На основе F-зависимостей по алгоритму Msynthesise [2] происходит построение заголовков отношений R_i , удовлетворяющих 3SNF.

2. Преобразовать множество MV-зависимостей:

- ◆ если MV-зависимость вида $A \rightarrow B$ содержит в правой части как открытые, так и конфиденциальные атрибуты, то добавить к множеству U дубликат данной MV-зависимости, заменив в нем конфиденциальные атрибуты K_i на K_i' ;
- ◆ в противном случае (если конфиденциальные атрибуты только ключевые, в левых частях) заменить в рассматриваемой MV-зависимости конфиденциальные атрибуты A_i на A_i' .

Шаг 4. Построение схемы реляционных баз данных $R=(R_1, R_2, \dots, R_k)$ на основе полученных схем отношений R_i .

Алгоритм SynthesiseMV является сходящимся, так как входные множества атрибутов A и зависимостей U конечны, а значит, и число шагов, необходимых для их обработки, является конечным.

Под элементарной операцией будем понимать шаг алгоритма. Пусть n – количество входных атрибутов, m – количество входных зависимостей, тогда временную сложность S алгоритма SynthesiseMV можно рассчитать следующим образом:

- 1) за n шагов (худший случай) происходит добавление избыточности ко входному множеству атрибутов;
- 2) обработка множества многозначных зависимостей MV происходит за $(2m^2+5)$ шагов;
- 3) удовлетворение требованиям конфиденциальности происходит за $m(n+2n+3)$;
- 4) на построение схемы баз данных $R=(R_1, R_2, \dots, R_k)$ на основе полученных схем отношений R_i требуется k шагов, где k – количество отношений полученных на выходе алгоритма SynthesiseMV.

Упрощаем оценку временной сложности, принимая $k=m=n$ ($n>k$, $n>m$) и пренебрегая коэффициентами и слагаемыми, являющимися константами:

$$S=n^2+n. \quad (1)$$

Временная сложность алгоритма SynthesiseMV по формуле (1) имеет порядок $O(n^2)$.

В качестве результатов проделанной работы можно выделить следующие:

- 1) разработан алгоритм, позволяющий строить схемы реляционных баз данных на основе многозначных зависимостей, учитывающий атрибуты различной степени конфиденциальности;
- 2) доказана сходимость данного алгоритма;
- 3) показана полиномиальная временная сложность алгоритма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранчиков А.И, Громов А.Ю. Алгоритм построения схемы реляционной базы данных, содержащей атрибуты различной степени секретности // Информатика и прикладная математика. – Рязань: Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, 2008. – С. 7-12.

2. *Баранчиков А.И., Громов А.Ю.* Алгоритм синтеза реляционной базы данных, учитывающий атрибуты различной степени секретности // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 3 (37). – С. 25-37.
3. *Мейер Д.* Теория реляционных баз данных. – М.: Мир, 1987. – 608 с.
4. *К. Дж. Дейт* Введение в системы баз данных = Introduction to Database Systems. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – С. 1328. – ISBN 0-321-19784-4.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Е.А. Башков.

Громов Алексей Юрьевич

Баранчиков Алексей Иванович

Рязанский государственный радиотехнический университет.

E-mail: alexib@inbox.ru.

391000, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Тел.: 84912460303.

Gromov Aleksey Urievich

Baranchikov Aleksey Ivanovich

Ryazan State Radio Engineering University.

E-mail: alexib@inbox.ru.

59/1, Gagarina Street, Ryazan', 391000, Russia.

Phone: +74912460303.

УДК 543.421:621.38:556.388:681.2

А.В. Вовна, А.А. Зори, В.Д. Корнев, М.Г. Хламов, Н.И. Чичикало

**ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРИМЕНЕНИЯ**

Приведены результаты научных работ по направлениям повышения эффективности газоаналитических, гидрофизических, экологических и промышленного применения информационно-измерительных систем. Предложены и обоснованы критерии эффективности, проведена оценка использования различных методов и средств, с целью повышения точности, быстродействия и метрологической надежности измерителей путем математического моделирования и экспериментальных исследований. На основе данных разработок опубликованы десятки научных статей. Результаты работы доложены на международных конференциях, получено и внедрено 15 авторских свидетельств на изобретения, защищены докторская и кандидатские диссертации, издано несколько монографий.

Измерительная система; эффективность; точность; неопределенность; быстродействие; надежность; критерий; параметр.

A.V. Vovna, A.A. Zori, V.D. Korenev, M.G. Khlamov, N.I. Chichikalo

**THE IMPROVEMENT EFFICIENCY OF INFORMATION-MEASURING
SYSTEMS OF SCIENTIFIC RESEARCH AND INDUSTRIAL APPLICATIONS**

Given the results of scientific work on improving of information and measurement systems's efficiency of gas analysis, hydro, environmental and industrial applications. Proposed and grounded the criteria of efficiency, evaluated using various methods and tools to improve accuracy, performance and reliability of the metrology meters by means of mathematical modeling and experimental studies. On the basis of the given developments tens scientific articles are published.