УДК 004.655

ВНЕШНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ ТАБЛИЧНОЙ АЛГЕБРЫ БЕСКОНЕЧНЫХ ТАБЛИЦ

И.М. Глушко

Розглядається таблична алгебра нескінченних таблиць. Сигнатура табличної алгебри нескінченних таблиць поповнена зовнішніми множинними операціями. Задано формальну математичну семантику цих операцій і наведено приклади їх застосування.
Ключові слова: реляційні бази даних, таблична алгебра нескінченних таблиць, зовнішнє об'єднання, зовнішня різниця, зовнішній перетин.

Рассматривается табличная алгебра бесконечных таблиц. Сигнатура табличной алгебры бесконечных таблиц пополнена внешними множественными операциями. Задано формальную математическую семантику этих операций и приведены примеры их применения.
Ключевые слова: реляционные базы данных, табличная алгебра бесконечных таблиц, внешнее объединение, внешняя разница, внешнее пересечение.

Table algebra of infinite tables is considered. The signature of table algebra of infinite tables is filled up with outer set operations. A formal mathematical semantics of these operations is defined.
Key words: relation databases, table algebra of infinite tables, outer union, outer difference, outer intersection.

Введение

Системы управления базами данных (СУБД) в настоящее время используются практически во всех сферах человеческой деятельности, связанных с сохранением и обработкой информации. Прогресс, достигнутый в области технологий баз данных, в значительной степени базируется на реляционной модели, предложенной Э. Коддом в 70-х годах XX в. Суть реляционного подхода составляет понятие реляции. Уточнение реляции в терминах именных множеств было совершено В.Н. Редько, Ю.И. Броной, Д.Б. Буем, С.А. Поляковым [1]. При таком уточнении рассматривается один универсальный домен, что позволяет исследовать общие свойства табличных манипуляций, не вводя к рассмотрению несущественные детали, и упростить рассуждения. В работе [2] введено к рассмотрению табличную алгебру бесконечных таблиц, которая является обобщением табличной алгебры предложенной в [1] и, в свою очередь, существенно обобщает классическую реляционную алгебру Кодда. Обобщение заключается в том, что под реляцией понимается произвольное множество односхемных строк, в частности, бесконечное, при этом каждой таблице приписывается определенная схема.

В ходе развития коммерческих реляционных СУБД возникла потребность в использовании дополнительных операций, в частности, операций внутренних и внешних соединений, операции полусоединения, внешних множественных операций, агрегатных операций. Остановимся более подробно на внешних множественных операциях. Всем хорошо известны операции внешних соединений, которые позволяют учесть строки таблиц-аргументов, которые не попали в результат исходного внутреннего соединения. Кроме операций внешних соединений выделяют "внешние" версии других операторов реляционной алгебры, в частности объединения, пересечения и разности [3, 4].

Elmasri R. и Navathe S. описывают операцию внешнего объединения (outer union) таблиц [4]. Операция используется для объединения строк двух таблиц, схемы которых различны. Данные таблицы должны быть частично совместимы по объединению, то есть некоторые атрибуты должны быть одинаковы для обеих таблиц. Предполагается, что список одинаковых атрибутов содержит ключ для обеих таблиц. Строки, которые имеют тот же ключ в исходных таблицах, представлены в результирующей таблице только один раз и имеют значение для каждого атрибута. Атрибуты, которые являются различными для данных таблиц, тоже входят в схемы, а строки, не имеющие значения для этих атрибутов, пополняются значением Null.

В книге в качестве примера рассмотрено внешнее объединение двух таблиц: STUDENT (Name, SSN, Department, Advisor) и FACULTY (Name, SSN, Department, Rank). В результате получаем таблицу R (Name, SSN, Department, Advisor, Rank), в которую включены все строки обеих таблиц. Строки таблицы STUDENT имеют значение Null для атрибута Rank, а строки таблицы FACULTY имеют значение Null для атрибута Advisor. Строка, которая в обеих таблицах имеет одинаковые значения для атрибутов Name, SSN, Department, будет иметь значение для всех атрибутов, то есть для атрибутов Name, SSN, Department, Advisor, Rank.

Кодд Э. [10] кроме операции внешнего объединения, задает также операции внешнего пересечения (outer set intersection) и внешней разницы (outer set difference). При этом вводится понятие, которое является более общим за понятие равенства строк – понятие близкого аналога (close counterpart). Строка таблицы S является близким аналогом строки таблицы T, если выполняются условия:

• таблицы S и T имеют одинаковые первичные ключи;

• две строки (одна из S, а другая из T) имеют равные значения первичного ключа;

• попарное равенство известных значений сохраняется для тех атрибутов таблицы S, которые соответствуют атрибутам таблицы T.

По сути, вводится бинарное отношение на декартовом произведении таблиц S×T. Детальный анализ этого отношения и приведенных в [3, 4] примеров показывает, что отношение близкого аналога совпадает с отношением совместимости строк. Поэтому при задании внешних множественных операций используется именно отношение совместимости двух строк.

Табличная алгебра бесконечных таблиц

Рассмотрим два множества: $\boldsymbol{A}$ – множество атрибутов и $\boldsymbol{D}$ – универсальный домен. Произвольное (бесконечное) множество атрибутов $R \subseteq \boldsymbol{A}$ назовем схемой.

Рядком схемы R называется именное множество на паре R, $\boldsymbol{D}$, проекция которого за первой компонентой равна R (то есть, по сути, рассматривается функция вида $s : R \to \boldsymbol{D}$).

Под таблицей схемы R понимаем пару $\langle t, R \rangle$, где t – множество (в частности, бесконечное) строк указанной схемы R. В дальнейшем как $(\langle t, R \rangle)_1$ будем обозначать первую компоненту пары $\langle t, R \rangle$, то есть множество t.

Множество всех строк (таблиц) схемы R обозначим $S(R)$ (соответственно $\boldsymbol{T}(R)$), а множество всех строк (таблиц) – S (соответственно $\boldsymbol{T}$). Таким образом,

$$S = \bigcup_{R \subseteq \mathrm{A}} S(R),\ \mathrm{T}(R) = \{\langle t, R \rangle \mid t \in P(S(R))\},\ \mathrm{T} = \bigcup_{R \subseteq \mathrm{A}} \mathrm{T}(R),$$

где $P(X)$ – булеан множества X.

Под табличной алгеброй бесконечных таблиц понимаем (частичную параметрическую) алгебру $\langle \mathrm{T}, \Omega_{P,\Xi} \rangle$, где $\boldsymbol{T}$ – множество всех таблиц,

$$\Omega_{P,\Xi} = \left\{ \bigcup_R, \bigcap_R, \setminus_R, \sigma_{p,R}, \pi_{X,R}, \underset{R_1,R_2}{\otimes}, \div_{R_2}^{R_1}, Rt_{\xi,R}, \sim_R \right\}_{X,R,R_1,R_2 \subseteq \mathrm{A}}^{p \in P, \xi \in \Xi}$$

– сигнатура, P, Ξ – множество параметров. Операции сигнатуры задано в работе [2].

Внешние множественные операции

Зададим формальную математическую семантику внешних множественных операции табличной алгебры бесконечных таблиц.

Рассмотрим две таблицы $\langle t_1, R_1 \rangle$ и $\langle t_2, R_2 \rangle$, причем $R_1 \cap R_2 \neq \varnothing$. Для обозначения отсутствующих значений в результирующей таблице используется особый элемент универсального домена $NULL$. Обозначим через $s_{R,NULL}$ константную строку схемы R вида $s_{R,NULL} : R \to \{NULL\}$, которая присваивает всем атрибутам своей схемы значение $NULL$.

Пусть $\varphi : \boldsymbol{T}(R_1) \times \boldsymbol{T}(R_2) \tilde{\to} \boldsymbol{T}(R_1 \cup R_2)$ – некоторая частичная бинарная операция на множестве таблиц, причем выполняется включение $(\varphi(\langle t_1, R_1 \rangle, \langle t_2, R_2 \rangle))_1 \subseteq \left(\langle t_1, R_1 \rangle \underset{R_1,R_2}{\otimes} \langle t_2, R_2 \rangle \right)_1$ для всех $\langle \langle t_1, R_1 \rangle, \langle t_2, R_2 \rangle \rangle \in \mathrm{dom}\,\varphi$. Отметим, что операции внешних соединений $\underset{R_1,R_2}{Cj}$ (декартово соединение), $\underset{R_1,R_2}{\otimes}$ (естественное соединение), $\underset{A_1,\ldots,A_n,R_1,R_2}{\otimes}$ (соединение за атрибутами $A_1,\ldots,A_n$), $\underset{p,R_1,R_2}{\otimes}$ (соединение за предикатом p) именно такие.

Зафиксируем таблицы $\langle t_1, R_1 \rangle$, $\langle t_2, R_2 \rangle$ с области определения операции φ. Тогда таблица $\langle t_1, R_1 \rangle$ предполагает следующее представление:

$$\langle t_1, R_1 \rangle = \left\langle t_1 \underset{\varphi}{\cap} t_2, R_1 \right\rangle \cup_{R_1} \left\langle t_1 \underset{\varphi}{-} t_2, R_1 \right\rangle,$$

где

$$\left\langle t_1 \underset{\varphi}{\cap} t_2, R_1 \right\rangle = \left\langle \{ s_1 \mid s_1 \in t_1 \wedge \exists s_2 (s_2 \in t_2 \wedge s_1 \cup s_2 \in (\varphi(\langle t_1, R_1 \rangle, \langle t_2, R_2 \rangle))_1)\}, R_1 \right\rangle,$$

$$\left\langle t_1 \underset{\varphi}{-} t_2, R_1 \right\rangle = \left\langle \{ s_1 \mid s_1 \in t_1 \wedge \forall s_2 (s_2 \in t_2 \Rightarrow s_1 \cup s_2 \notin (\varphi(\langle t_1, R_1 \rangle, \langle t_2, R_2 \rangle))_1)\}, R_1 \right\rangle.$$

Другими словами, строки из таблицы $\left\langle t_1 \bigcap_{\varphi} t_2, R_1 \right\rangle$ используются при формировании результата соединения, а строки из таблицы $\left\langle t_1 \underset{\varphi}{-} t_2, R_1 \right\rangle$ не используются. Аналогичное представление таблицы $\langle t_2, R_2 \rangle$ получим, заменив роли таблиц $\langle t_1, R_1 \rangle$, $\langle t_2, R_2 \rangle$ в представлении таблицы $\langle t_1, R_1 \rangle$.

Зададим операции внешнего объединения, внешней разницы и внешнего пересечения. Для всех операций схема результирующей таблицы равна объединению схем таблиц-аргументов.

Определение 1. Внешним объединением (outer union) таблиц схем R_1 и R_2 называется бинарная параметрическая операция вида

$$\backslash\bigcup_{R_1,R_2}/^{1} : \boldsymbol{T}(R_1)\times \boldsymbol{T}(R_2) \to \boldsymbol{T}(R_1 \cup R_2),$$

причем

$$\langle t_1, R_1 \rangle \backslash \bigcup_{R_1,R_2} / \langle t_2, R_2 \rangle =$$

$$= \left(\langle t_1, R_1 \rangle \underset{R_1,R_2}{\otimes} \langle t_2, R_2 \rangle \right) \bigcup_{R_1 \cup R_2} \left\langle t_1 \underset{\underset{R_1,R_2}{\otimes}}{-} t_2, R_1 \right\rangle \underset{R_1,R_2\backslash R_1}{\otimes} \left\langle \{ s^{NULL}_{R_2 \backslash R_1} \},\ R_2 \backslash R_1 \right\rangle \bigcup_{R_1 \cup R_2} \left\langle t_2 \underset{\underset{R_2,R_1}{\otimes}}{-} t_1, R_2 \right\rangle \underset{R_2,R_1\backslash R_2}{\otimes} \left\langle \{ s^{NULL}_{R_1 \backslash R_2} \}, R_1 \backslash R_2 \right\rangle,$$

где $\left\langle t_1 \underset{\underset{R_1,R_2}{\otimes}}{-} t_2, R_1 \right\rangle = \left\langle t_1 \underset{\varphi}{-} t_2, R_1 \right\rangle$, а φ – операция внешнего естественного соединения и $\langle t_1, R_1 \rangle \in \boldsymbol{T}(R_1)$, $\langle t_2, R_2 \rangle \in \boldsymbol{T}(R_2)$.

Таким образом, результирующая таблица содержит строки, полученные в результате всяких объединений совместимых строк таблиц-аргументов, и строк первой и второй таблиц, которые не используются при формировании результата соединения, пополненные значением *NULL* для обозначения отсутствующих значений.

Нужно отметить, что операция внешнего объединения является частичным случаем операции полного внешнего соединения, когда операция φ является операцией внутреннего природного соединения.

Пример 1. Рассмотрим табл. 1 и 2: $\langle \textit{Спортсмены}, R_1 \rangle$ со схемой R_1 = {Фамилия, Имя, Группа, Факультет, Год_р} и $\langle \textit{Отличники}, R_2 \rangle$ со схемой R_2 = {Фамилия, Имя, Группа, Форма_обуч}. Определим $\langle \textit{Спортсмены}, R_1 \rangle \backslash \bigcup_{R_1,R_2} / \langle \textit{Отличники}, R_2 \rangle$.

Таблица 1. Спортсмены

Фамилия	Имя	Группа	Факультет	Год_р
Баков	Семен	МИ-11	Физико-математический	1991
Бойко	Иван	МЕз-31	Физико-математический	1988
Кайдан	Юлия	Ип-16	Историко-юридический	1991
Мыкытюк	Ирина	Ан-12	Иностранных языков	1990
Наменко	Алина	Уаз-21	Филологический	1989

Таблица 2. Отличники

Фамилия	Имя	Группа	Форма_обуч
Борода	Игорь	ПФ-41	Дневная
Бойко	Иван	МЕз-31	Заочная
Кайдан	Юлия	ИП-16	Дневная
Поданюк	Павел	СИ-11	Дневная

[1] Для обозначения внешних множественных операций, как и Код используем знаки \,/ , при этом указываем еще схемы таблиц-аргументов.

Результатом выполнения операции внешнего объединения данных таблиц является табл. 3 из схемой R_3 = {Фамилия, Имя, Группа, Факультет, Год_р, Форма_обуч}.

Таблица 3. Внешнее объединение

Фамилия	Имя	Группа	Факультет	Год_р	Форма_обуч
Баков	Семен	МИ-11	Физико-математический	1991	*NULL*
Бойко	Иван	МЕз-31	Физико-математический	1988	Заочная
Кайдан	Юлия	ИП-16	Историко-юридический	1991	Дневная
Мыкытюк	Ирина	АН-12	Иностранных языков	1990	*NULL*
Наменко	Алина	УАз-21	Филологический	1989	*NULL*
Борода	Игорь	ПФ-41	*NULL*	*NULL*	Дневная
Поданюк	Павел	СИ-11	*NULL*	*NULL*	Дневная

Для операции внешнего объединения имеет место равенство

$$\langle t_1, R_1\rangle \setminus\bigcup_{R_1,R_2}/\langle t_2, R_2\rangle = \langle t_2, R_2\rangle \setminus\bigcup_{R_2,R_1}/\langle t_1, R_1\rangle,$$

которое аналогично коммутативности в силу коммутативности операции объединения $\bigcup_{R_1,R_2}$.

Определение 2. Внешней разницей (outer difference) таблиц схем R_1 и R_2 называется бинарная параметрическая операция вида

$$\setminus\setminus_{R_1,R_2}/ : \boldsymbol{T}(R_1)\times\boldsymbol{T}(R_2)\to\boldsymbol{T}(R_1\cup R_2),$$

причем

$$\langle t_1, R_1\rangle \setminus\setminus_{R_1,R_2}/\langle t_2, R_2\rangle = \left(\langle t_1, R_1\rangle \setminus_{R_1} \left\langle t_1 \underset{\substack{\otimes \\ R_1,R_2}}{\cap} t_2, R_1\right\rangle\right) \underset{R_1,R_2\setminus R_1}{\otimes} \left\langle \{s^{Null}_{R_2\setminus R_1}\}, R_2\setminus R_1\right\rangle = \left\langle t_1 \underset{\substack{\otimes \\ R_1,R_2}}{-} t_2, R_1\right\rangle \underset{R_1,R_2\setminus R_1}{\otimes} \left\langle \{s^{Null}_{R_2\setminus R_1}\}, R_2\setminus R_1\right\rangle,$$

где $\langle t_1, R_1\rangle \in \boldsymbol{T}(R_1)$, $\langle t_2, R_2\rangle \in \boldsymbol{T}(R_2)$.

Таким образом, результирующая таблица содержит те строки первой таблицы, пополненные значением $NULL$ для обозначения отсутствующих значений, которые не используются при формировании результата соединения.

Пример 2. Отыскать

$$\langle \textit{Спортсмены}, R_1\rangle \setminus\setminus_{R_1,R_2}/\langle \textit{Отличники}, R_2\rangle \text{ и } \langle \textit{Отличники}, R_2\rangle \setminus\setminus_{R_2,R_1}/\langle \textit{Спортсмены}, R_1\rangle.$$

В результате получим соответственно табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4. Внешняя разница $\langle \textit{Спортсмены}, R_1\rangle \setminus\setminus_{R_1,R_2}/\langle \textit{Отличники}, R_2\rangle$

Фамилия	Имя	Группа	Факультет	Год_р	Форма_обуч
Баков	Семен	МИ-11	Физико-математический	1991	*NULL*
Мыкытюк	Ирина	АН-12	Иностранных языков	1990	*NULL*
Наменко	Аліна	УАз-21	Филологический	1989	*NULL*

Таблица 5. Внешняя разница $\langle \textit{Отличники}, R_2\rangle \setminus\setminus_{R_2,R_1}/\langle \textit{Спортсмены}, R_1\rangle$

Фамилия	Имя	Группа	Факультет	Год_р	Форма_обуч
Борода	Игорь	ПФ-41	*NULL*	*NULL*	Дневная
Поданюк	Павло	СИ-11	*NULL*	*NULL*	Дневная

Как видно из примера 2 операция внешней разницы не коммутативная, что является естественным, то есть

$$\langle t_1, R_1\rangle \backslash\backslash_{R_1,R_2} / \langle t_2, R_2\rangle \neq \langle t_2, R_2\rangle \backslash\backslash_{R_2,R_1} / \langle t_1, R_1\rangle .$$

Если при определении операции внешнего пересечения (outer intersection) $\backslash\bigcap_{R_1,R_2}/$ таблиц $\langle t_1, R_1\rangle$ и $\langle t_2, R_2\rangle$ применить рассуждения, использованные при определении предыдущих двух внешних множественных операций, то получим, что данная операция совпадает с операцией внутреннего естественного соединения $\underset{R_1,R_2}{\otimes}$.

Пример 3. В результате применения операции внешнего пересечения таблиц $\langle \textit{Спотсмены}, R_1\rangle$ и $\langle \textit{Отличники}, R_2\rangle$ получим табл. 6.

Таблица 6. Внешнее пересечение

Фамилия	Имя	Группа	Факультет	Год_р	Форма_обуч
Бойко	Иван	МЕз-31	Физико-математический	1988	Заочна
Кайдан	Юлия	ИП-16	Историко-юридический	1991	Дневная

Теорема. Пусть схемы таблиц $\langle t_1, R_1\rangle$ и $\langle t_2, R_2\rangle$ совпадают и равны R. Тогда выполняются равенства:

1) $\langle t_1, R\rangle \backslash\bigcap_{R,R}/\langle t_2, R\rangle = \langle t_1, R\rangle \bigcap_R \langle t_2, R\rangle$;

2) $\langle t_1, R\rangle \backslash\backslash_{R,R}/\langle t_2, R\rangle = \langle t_1, R\rangle \backslash_R \langle t_2, R\rangle$;

3) $\langle t_1, R\rangle \backslash\bigcup_{R,R}/\langle t_2, R\rangle = \langle t_1, R\rangle \bigcup_R \langle t_2, R\rangle$.

Доказательство.

При доказательстве теоремы используется *бинарное отношение совместимости строк*: $s_1 \approx s_2 \overset{def}{\Leftrightarrow} s_1 \mid R' = s_2 \mid R'$, где $R' = R_1 \bigcap R_2$, а R_1, R_2 – схемы строк s_1, s_2 соответственно. Здесь, $s \mid X$ – *ограничение строки* s за множеством атрибутов X, которое понимается стандартно: $s \mid X = s \bigcap (X \times \mathrm{D}) = s \bigcap (X \times \pi_2^2 s)$. Основное свойство отношения совместимости заключается в следующем: $s_1 \bigcup s_2 \in S(R_1 \bigcup R_2) \Leftrightarrow s_1 \approx s_2$ [1].

Далее доказывается каждое из равенств.

1. Доказательство следует из равенства $\left(\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle\right)_1 = t_1 \bigcap t_{21}$, то есть соединение таблиц одинаковых схем совпадает с их пересечением. Покажем это. Сначала установим включение $t_1 \bigcap t_2 \subseteq \left(\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle\right)_1$. Пусть $s \in t_1 \bigcap t_2$, то есть $s \in t_1$ и $s \in t_2$. Так как $s = s \bigcup s$ и $s \approx s$ (отношение совместимости $\approx$ – рефлексивно), то $s \in \left(\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle\right)_1$. Покажем обратное включение. Пусть $s \in \left(\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle\right)_1$, тогда $s = s_1 \bigcup s_2$ для $s_1 \in t_1$ и $s_2 \in t_2$, причем $s_1 \approx s_2$. Учитывая, что $\pi_1^2 s_1 = \pi_1^2 s_2 = \pi_1^2 s$, а на односхемных строках совместимость переходит в равенство (так как схемы таблиц $\langle t_1, R_1\rangle$ и $\langle t_2, R_2\rangle$ совпадают, то и таблица $\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle$ имеет ту же схему) имеем $s = s_1 = s_2$, то есть $s \in t_1 \bigcap t_2$.

2. Покажем сначала включение $\left(\langle t_1, R\rangle \backslash\backslash_{R,R}/\langle t_2, R\rangle\right)_1 \subseteq t_1 \backslash t_2$. Пусть $s \in \left(\langle t_1, R\rangle \backslash\backslash_{R,R}/\langle t_2, R\rangle\right)_1$, тогда $s \in \left(\left\langle t_1 \underset{\underset{R,R}{\otimes}}{-} t_2, R\right\rangle \underset{R,\varnothing}{\otimes} \langle \{\varepsilon\}, \varnothing\rangle\right)_1 = t_1 \underset{\underset{R,R}{\otimes}}{-} t_2$ учтено, что $\{\varepsilon\} = t_\varepsilon$ единица за соединением [1]. Отсюда $s \in \langle t_1, R\rangle$ и $\forall s_2 \left(s_2 \in t_2 \Rightarrow \neg(s \approx s_2)\right)$.

Покажем, что $s \notin t_2$ от противного. Пусть $s \in t_2$, тогда $s \approx s$ (ибо отношение совместимости рефлексивное). Пришли к противоречию с установленным утверждением, что $\neg(s \approx s_2)$ для всех $s_2 \in t_2$.

Так как $s \in t_1$ и $s \notin t_2$ имеем $s \in t_1 \setminus t_2$.

Покажем обратное включение. Пусть $s \in t_1 \setminus t_2$, тогда $s \in t_1$ и $s \notin t_2$, следовательно, $s \notin t_1 \bigcap t_2$. Пусть $\exists s' \in t_2$ и $s' \approx s$, тогда, поскольку схемы таблиц-аргументов равны, то отношение совместимости переходит в равенство, то есть $s' = s$, а это противоречит предположению. Следовательно, $\forall s'(s' \in t_2 \Rightarrow s' \bigcup s \notin t_1 \bigcap t_2)$ (другими словами, $\forall s'(s' \in t_2 \Rightarrow \neg(s' \approx s)))$ и $s \in t_1$. Таким образом, $s \in \left(\langle t_1, R\rangle \setminus\setminus_{R,R} / \langle t_2, R\rangle\right)_1$.

3. Докажем третье равенство используя цепочку равенств:

$$\left(\langle t_1, R\rangle \setminus\bigcup_{R,R} / \langle t_2, R\rangle\right)_1 =$$

$$= \left(\left(\langle t_1, R\rangle \underset{R,R}{\otimes} \langle t_2, R\rangle \right) \bigcup_R \left\langle t_1 \underset{\substack{\otimes \\ R,R}}{-} t_2, R \right\rangle \underset{R,\varnothing}{\otimes} \langle \{\varepsilon\}, \varnothing\rangle \bigcup_R \left\langle t_2 \underset{\substack{\otimes \\ R,R}}{-} t_1, R \right\rangle \underset{R,\varnothing}{\otimes} \langle \{\varepsilon\}, \varnothing\rangle \right)_1 =$$

$$= \left(\langle t_1 \bigcap t_2, R\rangle \bigcup_R \langle t_1 \setminus t_2, R\rangle \bigcup_R \langle t_2 \setminus t_1, R\rangle \right)_1 = t_1 \bigcup t_2 .$$

Выводы

Данная работа посвящена актуальной проблеме развития теоретической основы табличных баз данных, в качестве которой выступают табличные алгебры. Табличные алгебры построены на основе хорошо известных реляционных алгебры Кодда и существенно их обобщают. Основное внимание сосредоточено на определении формальной математической семантике внешних множественных операции табличной алгебры бесконечных таблиц. В качестве идеологического, теоретического и концептуального базиса в работе используются принципы и положения школы композиционного программирования академика НАН Украины В.Н. Редько.

1. *Редько В.Н., Брона Ю.Й., Буй Д.Б. та ін.* Реляційні бази даних: табличні алгебри та SQL-подібні мови – К.: Видавничий дім "Академперіодика", 2001. – 198 с.
2. *Глушко І.М.* Таблична алгебра нескінченних (скінченних) таблиць // Матеріали 9-ї Міжнародної конференції "Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем" (3-7 грудня 2012 р., м. Київ). – К.; 2012. – С. 83–87.
3. *Codd E.F.* The Relational Model for Database Management: Version 2. – Addison-Wesley, 1990. – 541 p.
4. *Elmasri R., Navathe S.* Fundamental of Database Systems: [3rd Edition] – Addison-Wesley, 2000. – 893 p.

References

1. REDKO, V.N. et al. (2001) Relational Databases: Table Algebras and SQL-like Language. Kyiv: Publishing house Academperiodica.
2. GLUSHKO, I.M. (2012) Table Algebra of infinite (finite) tables. In International conference Theoretical and Applied Aspects of Program Systems Development. Kyiv, 3rd to 7th Decemder 2012. Kyiv. P. 83–87.
3. CODD, E.F. (1990) The Relational Model for Database Management: Version 2. Addison-Wesley.
4. ELMASRI, R. & NAVATHE, S. (2000) Fundamental of Database Systems. Addison-Wesley.

Об авторе:

Глушко Ирина Николаевна,
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры Прикладной математики, информатики и образовательных измерений.
Количество научных публикаций в украинских изданиях – 50.
Количество научных публикаций в иностранных изданиях – 5.
http://orcid.org/0000-0003-2549-5356.

Место работы автора:

Нежинский государственный университет имени Николая Гоголя,
16600, Украина, Черниговская обл., г. Нежин, ул. Крапивянского 2.
E-mail: iryna.glushko@ndu.edu.ua,
glushkoim@gmail.com