

Лекция 9. Недостатки реляционной модели данных: избыточность данных, аномалии удаления и обновления. Понятие о нормализации схемы базы данных. Функциональные зависимости между данными.

9.1 Недостатки реляционной модели данных	1
9.2 Функциональные зависимости (F-зависимости).....	2
9.3 Построение минимального множества F-зависимостей.....	3

9.1 Недостатки реляционной модели данных

Создание рассматриваемых баз данных преследует две цели:

- понизить избыточность хранимых данных;
- повысить их надежность.

Однако часто отношения, описания сущностей и связей между сущностями в предметной области, содержат избыточную информацию, или данные скомпонованы таким образом, что при обновлении данных в одном отношении нарушается целостность всей базы. Такие ситуации возникают тогда, когда при построении базы данных не учитывается или учитывается не полностью информация о зависимостях между атрибутами внутри отношений.

Продемонстрируем эти ситуации на примерах:

Пример 1.

Отношение "Студенты"

Имя	Код предмета, изуч. в наст. время	Телефон	Специализация	Преподаватель	Уровень
Иванов	353	237-4539	Программирование	Машенко	5
Чижиков	329	427-7390	Химия	Новская	4
Иванов	328	237-4539	Программирование	Журавлев	4
Мартынюк	456	388-5183	Физика	Притула	5
Ващенко	293	371-6259	Принятие решений	Голик	3
Дуров	491	823-7293	Математика	Летунова	4
Дуров	356	823-7293	Математика	Протасов	Неизв.
Иванов	492	237-4539	Программирование	Соболева	Неизв.
Бородин	379	839-0827	Английский язык	Мирошник	3

Внутри этого отношения существуют такие зависимости:

- у каждого студента с определенным именем существует номер телефона, специализация;
- каждому курсу, изучаемому в данный момент, соответствует преподаватель и наоборот;
- каждый студент, изучая конкретный курс, имеет единственный уровень.

Хранение повторяющихся значений данных чаще всего ведет к избыточности хранения, а следовательно к увеличению необходимого места хранения. Именно такая схема отношений "Студенты" может привести к нежелательным проблемам:

1. **Избыточность данных** - название специализаций и номеров телефонов каждого отдельного студента сохранены несколько раз – по одному разу на каждый новый изучаемый студентом курс.

2. **Аномалии обновления** возникают при попытке обновить одну из нескольких копий значений атрибутов.

Пример 2.

Изменяя номер телефона Иванова, необходимо, для поддержки целостности просмотреть все отношения и исправить номер телефона во всех кортежах с атрибутом "Имя" - Иванов, т.к. в противном случае, если этого не сделать, то в отношении появятся несогласованные данные.

Вопрос: почему нарушится целостность, разве целостность не подразумевает, что такие ситуации обрабатываются автоматически?

3. Аномалии добавления и удаления

Пусть отношение "Студенты" единственное в базе данных, в котором показана связь между преподавателем и предметом, который этот преподаватель читает. Тогда, информацию о новом курсе, и соответственно, новом преподавателе этого курса нельзя ввести до тех пор, пока не появится студент, изучающий этот курс. И если конкретный курс посещал единственный студент, и этот студент отказался от дальнейшего изучения этого курса, то при удалении соответствующего кортежа информация об этом курсе теряется.

Пример 3. Посмотрите, что произойдет при удалении записи <имя="Ващенко", курс="293"...>

Оказывается, что такого рода ситуации достаточно часты, и для их решения был создан механизм, который называется **нормализацией**. Суть нормализации состоит в следующем: представить конкретные реляционные отношения таким образом, чтобы насколько возможно избежать избыточности данных. Для этого схему R исходного отношения r чаще всего разбивают на несколько схем $\{R_1, \dots, R_m\}$, таких что $R_i \subseteq R, i = \overline{1, m}$ и $\bigcup_{i=1}^m R_i \supseteq R$

Однако на основе каких принципов построить эти схемы?

9.2 Функциональные зависимости (F-зависимости)

Основной постулат, принятый при решении проблемы избыточности данных, сводится к следующему:

Чаще всего, между данными существуют зависимости.

Выявление этих зависимостей – один из способов формализации смысловой информации о данных.

Для любого реляционного отношения $r(R)$:

Пусть $\exists X, Y \subseteq R$ – подмножества атрибутов схемы R

Отношение r удовлетворяет функциональной зависимости $X \rightarrow Y$, тогда и только тогда когда, каждое значение множества X отношения r связано в точности с одним значением множества Y отношения r :

$$\forall t(X) \in r \exists! t(Y) \in r$$

Иначе говоря, для $\forall t_1, t_2 \in r, t_1(X) = t_2(X) \Rightarrow t_1(Y) = t_2(Y)$

В функциональной зависимости $X \rightarrow Y$, X - левая часть, Y - правая часть

Пример 4.

В отношении "Студенты" из примера 1 есть такие функциональные зависимости:

$\{Имя\} \rightarrow \{Номер\ телефона, специализация\}$

$\{Предмет\} \rightarrow \{Преподаватель\}$

$\{Преподаватель\} \rightarrow \{Предмет\}$

$\{Имя, Предмет\} \rightarrow \{Уровень\}$

Однако, при другом состоянии отношений "Студенты" некоторые функциональные зависимости могут изменяться.

Пример 5.

Преподаватель может читать несколько предметов. Тогда функциональная зависимость $\{Преподаватель\} \rightarrow \{Предмет\}$ не выполняется. (Вопрос: почему?)

Поэтому, в дальнейшем будем рассматривать функциональные зависимости, присущие всем допустимым значениям отношения $r(R)$, т.е. будем рассматривать $r(R)$ как переменную отношения со схемой R .

Функциональная зависимость является **обобщением** понятия ключа:

Для любого реляционного отношения $r(R)$:

Схема $R = A_1 \cup \dots \cup A_n \cup B_1 \cup \dots \cup B_m$, где $A = \bigcup_{i=1}^n A_i$ - ключ схемы R , а множество

$B = \bigcup_{i=1}^m B_i$ - множество неключевых атрибутов.

Тогда для схемы R верно, что $A \rightarrow B$ (по определению ключа), и вообще $A \rightarrow R$.

Преимущества использования функциональных зависимостей при проектировании логической схемы базы данных таковы:

Преимущество 1:

Любая функциональная зависимость является специализированным правилом целостности, поскольку любая функциональная зависимость накладывает ограничения на все допустимые значения атрибутов отношений.

Преимущество 2:

Если дано некоторое реляционное отношение $r(R)$ и есть множество функциональных зависимостей S , выполняющихся на этом множестве, то **по этим функциональным зависимостям можно определить все потенциальные ключи для схемы R** .

Рассмотрим подробнее пути использования указанных преимуществ:

9.3 Построение минимального множества F-зависимостей

В связи с тем, что функциональная зависимость реализует некоторое специализированное правило целостности, возникает такая задача: при каждом обновлении базы данных СУБД должна проверить все ограничения целостности, в том числе и все функциональные зависимости между данными, затронутыми обновлением. Следовательно, т.к. в реальной базе данных множество всех функциональных зависимостей может быть достаточно большим, то желательно для заданного множества функциональных зависимостей S найти такое множество T , которое:

Во-первых, значительно меньше множества S ;
 Во-вторых, каждую функциональную зависимость из S можно заменить функциональной зависимостью из T .
 Тогда СУБД может использовать только функциональные зависимости из T .

Возникает вопрос: как найти подходящее множество T ?

Для этого:

1. Находят все возможные функциональные зависимости, исходя из множества S (замыкание множества S, S^+).
2. Находят T' -покрытие, такое, что количество функциональных зависимостей в T' меньше, чем в S .
3. Находят T – минимальное покрытие из всех найденных T'

Для нахождения всех возможных функциональных зависимостей для данной базы данных используются так называемые **аксиомы Армстронга** (или правила вывода Армстронга), которые применяются для любых подмножеств атрибутов X, Y, Z, W схемы R , где R - схема реляционного отношения.

- I. Рефлексивность: $X \rightarrow X$
- II. Пополнения: $X \rightarrow Y \Rightarrow XZ \rightarrow Y$
- III. Аддитивность: $X \rightarrow Y$ и $X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow YZ$
- IV. Проектируемость: $X \rightarrow YZ \Rightarrow X \rightarrow Y$
- V. Транзитивность: $X \rightarrow Y$ и $Y \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow Z$
- VI. Псевдотранзитивность: $X \rightarrow Y$ и $YZ \rightarrow W \Rightarrow XZ \rightarrow W$.

Аксиомы I, II и VI образуют исчерпывающий набор правил вывода для функциональных зависимостей, тогда как аксиомы III, IV, V можно вывести из этого минимального набора. С помощью аксиом Армстронга получают множество всех функциональных зависимостей для данной схемы R .

Для любого множества S функциональных зависимостей для схемы R

S^+ -замыкание S – наименьшее содержащее S множество, такое, что, применяя к нему аксиомы Армстронга, нельзя получить ни одной новой функциональной зависимости, не принадлежащей S^+ .

Иногда можно найти не сам ключ, а некоторое множество атрибутов, содержащее этот ключ

Суперключ - подмножество атрибутов K из R : выполняется функциональная зависимость $K \rightarrow R$, которое содержит в виде подмножества по крайней мере один потенциальный ключ.

Замечание: Очевидно, что любое отношение может иметь более одного идентификатора записи. **Все** такие идентификаторы называются потенциальными ключами. Первичный ключ - один из потенциальных ключей.

Оказывается, что функциональные зависимости несут в себе еще одну полезную информацию.

Допуская, что известны некоторые функциональные зависимости для конкретной схемы R , по этим функциональным зависимостям можно определить все потенциальные ключи для схемы R .