

Задание № 4

Кокорин Илья, М3439

7 октября 2019 г.

1 Описание задания

Дано отношение с атрибутами *StudentId*, *StudentName*, *GroupId*, *GroupName*, *CourseId*, *CourseName*, *LecturerId*, *LecturerName*, *Mark*.

1. Инкрементально приведите данное отношение в 5 нормальную форму.
2. Постройте соответствующую модель сущность-связь.
3. Постройте соответствующую физическую модель.
4. Реализуйте SQL-скрипты, создающие схему базы данных.
5. Создайте базу данных по спроектированной модели.
6. Заполните базу тестовыми данными.

2 Функциональные зависимости

В данном отношении есть следующие функциональные зависимости (обозначим за *S* множество всех ФЗ):

1. $StudentId \rightarrow StudentName, GroupId$ (студент имеет имя и обучается в группе)
2. $GroupId \rightarrow GroupName$ (группа имеет название)
3. $GroupName \rightarrow GroupId$ (название группы определяет её идентификатор)
4. $CourseId \rightarrow CourseName$ (предмет имеет название)
5. $LecturerId \rightarrow LecturerName$ (лектор имеет имя)
6. $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId$ (в группе предмет ведёт определённый человек, в разных группах предмет могут вести разные люди)
7. $StudentId, CourseId \rightarrow Mark$ (студент имеет оценку по предмету)

3 Приведение в 1НФ

Заметим, что отношение уже находится в 1НФ, так как в нём нет повторяющихся групп, все атрибуты атомарны, а у отношения есть ключ (*StudentId*, *CourseId*)

4 Приведение в 2НФ

Заметим, что отношение не находится в 2НФ, так как у нас есть ФЗ $StudentId \rightarrow StudentName$

То есть $StudentName$ зависит только от части составного ключа.

Декомпозируем по ней отношение на два:

1. $StudentId, StudentName$
2. $StudentId, CourseId, CourseName, GroupId, GroupName, LecturerId, LecturerName, Mark$

Заметим, что второе отношение не находится в 2НФ, так как у нас есть ФЗ $CourseId \rightarrow CourseName$

То есть $CourseName$ зависит только от части составного ключа.

Декомпозируем по ней второе отношение:

1. $StudentId, StudentName$
2. $CourseId, CourseName$
3. $StudentId, CourseId, GroupId, GroupName, LecturerId, LecturerName, Mark$

Заметим, что $GroupId \rightarrow GroupName$. Кроме того, $GroupId, CourseId \rightarrow GroupId$ (тривиальная ФЗ).

Транзитивно комбинируя эти ФЗ, получаем нетривиальную ФЗ $GroupId, CourseId \rightarrow GroupName$.

Кроме того, $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId$.

Кроме того, $LecturerId \rightarrow LecturerName$

Тогда, по правилу транзитивности, $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerName$

Пользуясь правилом слияния ФЗ, получаем $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId, LecturerName$ из

$GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId$ и $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerName$

Тогда, пользуясь правилом слияния, получаем $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId, LecturerName, GroupName$ из $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId, LecturerName$ и $GroupId, CourseId \rightarrow GroupName$

Декомпозируем по этой ФЗ, пользуясь теоремой Хита

1. $StudentId, StudentName$
2. $CourseId, CourseName$
3. $GroupId, CourseId, GroupName, LecturerId, LecturerName$
4. $StudentId, CourseId, GroupId, Mark$

Заметим, что четвёртое отношение не находится во 2 НФ, так как существует ФЗ $StudentId \rightarrow GroupId$, то есть $GroupId$ зависит только от части ключа.

Декомпозируем по этой ФЗ.

1. $StudentId, StudentName$
2. $CourseId, CourseName$
3. $GroupId, CourseId, GroupName, LecturerId, LecturerName$
4. $StudentId, GroupId$
5. $StudentId, CourseId, Mark$

Заметим, что третье отношение не находится во второй ФЗ, так как есть ФЗ $GroupId \rightarrow GroupName$.

Декомпозируем по ней.

1. $StudentId, StudentName$
2. $CourseId, CourseName$
3. $GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName$
4. $GroupId, GroupName$

5. StudentId, GroupId
6. StudentId, CourseId, Mark

Попробуем слить StudentId, StudentName и StudentId, GroupId в одно отношение. Мы хотим так делать, потому что у каждого студента есть как имя, так и группа.

1. CourseId, CourseName
2. GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName
3. GroupId, GroupName
4. StudentId, GroupId, StudentName
5. StudentId, CourseId, Mark

Докажем, что в отношениях 1, 3, 4 нет составных ключей.

4.1 Отношение 1

$CourseId \notin \{CourseName\}_S^+$, поэтому CourseId должен входить в любой надключ, кроме того, он является ключом, поэтому составного ключа не существует.

4.2 Отношение 3

В отношении есть 2 атрибута, оба являются ключами, поэтому составного ключа не существует.

4.3 Отношение 4

$StudentId \notin \{GroupName, StudentName\}_S^+$, поэтому StudentId должен входить в любой надключ, кроме того, он является ключом, поэтому составного ключа не существует.

Заметим, что отношения 1, 3, 4 имеют только простые ключи, и поэтому находятся в 2 НФ. Докажем, что отношения 2, 5 находятся в 2 НФ.

$LecturerId \notin \{GroupId\}_S^+$, $LecturerName \notin \{GroupId\}_S^+$
 $LecturerId \notin \{CourseId\}_S^+$, $LecturerName \notin \{CourseId\}_S^+$

То есть ни один из неключевых атрибутов отношения 3 функционально не зависит от части ключа.

$Mark \notin \{StudentId\}_S^+$, $Mark \notin \{StudentId\}_S^+$

То есть ни один из неключевых атрибутов отношения 5 функционально не зависит от части ключа.

То есть отношения 3 и 5 находятся в 2 НФ.

5 Приведение в 3 НФ

Заметим, что 2 отношение не находится в 3 НФ из-за ФЗ $GroupId, CourseId \rightarrow LecturerId$ и $LecturerId \rightarrow LecturerName$. То есть неключевой атрибут LecturerName транзитивно зависит от ключа GroupId, CourseId

Декомпозируем по ФЗ $LecturerId \rightarrow LecturerName$

1. CourseId, CourseName
2. GroupId, CourseId, LecturerId
3. LecturerId, LecturerName
4. GroupId, GroupName
5. StudentId, GroupId, StudentName
6. StudentId, CourseId, Mark

Очевидно, что любое отношение, содержащее всего два атрибута, находится в 3 НФ (так как для транзитивной зависимости неключевого атрибута А от ключа С должен найтись такой неключевой атрибут В, не совпадающий с А, что $C \rightarrow B, B \rightarrow A$). Поэтому 1, 2, 3, 6 отношения находятся в 3НФ.

4 отношение также находится в 3 НФ, так как в нём нет неключевых атрибутов.

Проверим, что 5 отношение находится в 3 НФ. Докажем от противного. Чтобы неключевой атрибут (либо *GroupId*, либо *StudentName*) транзитивно зависел от ключа *StudentId*, нужно чтобы выполнялось либо $GroupId \rightarrow StudentName$, либо $StudentName \rightarrow GroupId$. Заметим, что $GroupId \notin \{StudentName\}_S^+$ и $StudentName \notin \{GroupId\}_S^+$, так что ни одна из требуемых ФЗ не выполняется, поэтому 5 отношение находится в 3НФ.

6 Приведение в НФБК

Известно, что если отношение находится в 3НФ и не имеет пересекающихся ключей, то оно находится в НФБК.

Так как все отношения из прошлого пункта находятся в 3НФ и не имеют пересекающихся ключей (докажем ниже), они находятся в НФБК.

Докажем, что все отношения из прошлого пункта не имеют пересекающихся ключей.

6.1 *CourseId, CourseName*

Так как $CourseId \notin \{CourseName\}_S^+$, *CourseId* входит в любой надключ. Так как *CourseId* является ключом, то у отношения есть только один ключ. (а значит, нет и перекрывающихся ключей).

6.2 *GroupId, CourseId, LecturerId*

Так как $GroupId \notin \{CourseId, LecturerId\}_S^+$ и $CourseId \notin \{GroupId, LecturerId\}_S^+$, то *GroupId*, *CourseId* входят в любой надключ. Так как они являются ключом, то у отношения единственный ключ (а значит, нет перекрывающихся ключей)

6.3 *LecturerId, LecturerNames*

Так как $LecturerId \notin \{LecturerName\}_S^+$, *LecturerId* входит в любой надключ. Так как *LecturerId* является ключом, то у отношения есть только один ключ. (а значит, нет и перекрывающихся ключей).

6.4 *GroupId, GroupName*

У отношения два атрибута, каждый из которых является ключом, значит, ключи не пересекаются.

6.5 *StudentId, GroupId, StudentName*

$StudentId \notin \{GroupId, StudentName\}_S^+$, значит, *StudentId* должен входить в любой надключ. Так как он является ключом, то у отношения единственный ключ (а значит, нет перекрывающихся ключей)

6.6 *StudentId, CourseId, Mark*

Так как $StudentId \notin \{CourseId, Mark\}_S^+$ и $CourseId \notin \{StudentId, Mark\}_S^+$, то *CourseId*, *StudentId* должны входить в любой надключ. Так как они являются ключом, у отношения всего один ключ (а значит, нет и перекрывающихся ключей)

7 Приведение в 4 НФ

1. *CourseId, CourseName*
2. *GroupId, CourseId, LecturerId*
3. *LecturerId, LecturerName*

4. GroupId, GroupName
5. StudentId, GroupId, StudentName
6. StudentId, CourseId, Mark

Заметим, что в этих отношениях нет нетривиальных МЗ, которые не являются ФЗ, и эти отношения находятся в НФБК. Значит, они находятся в 4НФ.

8 Приведение в 5 НФ

Докажем, что у отношения 3 все ключи простые.

$LecturerId \notin \{LecturerName\}_S^+$, поэтому $LecturerId$ должен входить в любой надключ, кроме того, он является ключом, поэтому составного ключа не существует. (значит, все ключи простые)

Для отношений 1, 4, 5 аналогичный факт был доказан выше.

Заметим, что у отношений 1, 3, 4, 5 только простые ключи (доказывали ранее), и они находятся в 3НФ. Следовательно, они находятся в 5НФ.

Нужно доказать, что в 5 НФ находятся отношения 2 и 6.

8.1 GroupId, CourseId, LecturerId

Найдём все нетривиальные зависимости соединений.

Попробуем разрезать только на 3 части, так как на 2 бесполезно, так как лучшая НФ в смысле разрезания на 2 части - 4 НФ, а на 4 части не хватит атрибутов.

Очевидно, что имеет смысл включать в проекции только по два атрибута (три не имеет смысла, так как тогда получится тривиальная зависимость соединения).

Так как операция соединения ассоциативна и коммутативна, у нас есть только один вариант разбиения на 3 проекции:

1. GroupId, CourseId
2. GroupId, LecturerId
3. CourseId, LecturerId

Очевидно, что их соединение не даст исходное отношение.

Представим такое отношение $R : GroupId, CourseId, LecturerId$:

GroupId:	CourseId,	LecturerId
1	1	1
1	2	2
2	1	2
2	2	1

Тогда $\pi_{GroupId, CourseId} =$

GroupId	CourseId
1	1
1	2
2	1
2	2

Тогда $\pi_{GroupId, LecturerId} =$

GroupId	LecturerId
1	1
1	2
2	2
2	1

Тогда $\pi_{CourseId, LecturerId} =$

CourseId	LecturerId
1	1
2	2
1	2
2	1

$\pi_{GroupId, CourseId} \bowtie \pi_{GroupId, LecturerId} =$

GroupId:	CourseId,	LecturerId
1	1	1
1	2	1
1	1	2
1	2	2
2	1	1
2	1	2
2	2	1
2	2	2

$(\pi_{GroupId, CourseId} \bowtie \pi_{GroupId, LecturerId}) \bowtie \pi_{CourseId, LecturerId} =$

GroupId:	CourseId,	LecturerId
1	1	1
1	2	1
1	1	2
1	2	2
2	1	1
2	1	2
2	2	1
2	2	2

То есть $\pi_{GroupId, CourseId} \bowtie \pi_{GroupId, LecturerId} \bowtie \pi_{CourseId, LecturerId} \neq R$, так как в отношении появились лишние строки. То есть не существует нетривиальных зависимостей соединений для отношения 2.

8.2 StudentId, CourseId, Mark

Доказывается аналогично предыдущему пункту, заменой GroupId на StudentId, CourseId на CourseId, lecturerId на Mark.

Таким образом, в отношении 6 тоже нет нетривиальных ЗС.

Тогда отношения 2 и 6 находятся в 5 НФ, и все отношения находятся в 5 НФ.

9 Итог

1. CourseId, CourseName
2. GroupId, CourseId, LecturerId
3. LecturerId, LecturerName
4. GroupId, GroupName
5. StudentId, GroupId, StudentName
6. StudentId, CourseId, Mark

Находится в 5 НФ