Дано отношение с атрибутами:

StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark

И функциональными зависимостями:

- StudentId → StudentName, GroupId, GroupName
- GroupId → GroupName
- GroupName → GroupId
- CourseId → CourseName
- LecturerId → LecturerName
- StudentId, CourseId → Mark
- GroupId, CourseId → LecturerId, LecturerName

I

База данных:

(StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark)

Ключ: $(\text{StudentId}, \text{CourseId})$

II

1. **Выделим 1 отношение**

   {CourseId, CourseName}

2. GroupId, CourseId → LecturerId, LecturerName
   Потеряли связь между некоторыми атрибутами.
   Добавим такое отношение:

   {CourseId, GroupId, LecturerId, LecturerName}

   Ключи: CourseId, GroupId

3. **Добавим такое отношение:**

   {StudentId, CourseId, Mark}

   StudentId, CourseId → Mark

4. **Выделим оставшиеся атрибуты в 4 отношение:**

   {StudentId, StudentName, GroupId, GroupName}

   Ключи: StudentId

III. Приведение к НФБК

1. Отношение:

$$(\text{StudentId}, \text{CourseId}, \text{Mark})$$

Это отношение уже находится в НФБК, так как:

- Содержит одну функциональную зависимость, где левая часть является ключом.

2. Отношение:

$$(\text{CourseId}, \text{CourseName})$$

Это отношение также уже находится в НФБК, так как оно состоит из двух атрибутов.

3. Отношение:

$$(\text{GroupId}, \text{CourseId}, \text{LecturerId}, \text{LecturerName})$$

Рассмотрим функциональные зависимости:

- GroupId, CourseId $\to$ LecturerId, LecturerName
- LecturerId $\to$ LecturerName

Здесь возникает проблема, что LecturerId $\to$ LecturerName не соответствует 3НФ и НФБК, так как LecturerId не является ключом. Следовательно, необходимо декомпозировать отношение по этой зависимости.

Мы получаем следующие отношения:

- $(\text{GroupId}, \text{CourseId}, \text{LecturerId})$
- $(\text{LecturerId}, \text{LecturerName})$

В результате, мы теряем зависимость:

$$\text{GroupId, CourseId} \to \text{LecturerName}$$

4. Отношение:

$$(\text{StudentId}, \text{StudentName}, \text{GroupId}, \text{GroupName})$$

Рассмотрим функциональные зависимости:

- GroupId $\to$ GroupName
- GroupName $\to$ GroupId

Здесь мы видим проблему, так как существует циклическая зависимость. Мы декомпозируем это отношение по одной из зависимостей, например, GroupId $\to$ GroupName.

После декомпозиции получаем два отношения:

- $(\text{GroupId}, \text{GroupName})$
- $(\text{StudentId}, \text{StudentName}, \text{GroupId})$

Однако мы теряем зависимость:

$$\text{StudentId} \to \text{GroupName}$$

Итоговые отношения:

- $(\text{GroupId}, \text{GroupName})$
- $(\text{StudentId}, \text{StudentName}, \text{GroupId})$

- $(\text{GroupId}, \text{CourseId}, \text{LecturerId})$
- $(\text{LecturerId}, \text{LecturerName})$
- $(\text{CourseId}, \text{CourseName})$
- $(\text{StudentId}, \text{CourseId}, \text{Mark})$

Мы сразу приводили к НФБК, так как ключи не пересекаются и нет транзитивных зависимостей

V. Приведение к 4НФ

Теорема Дейта-Фейгина 1 Если отношение находится в 3НФ и все ключи простые $\Rightarrow$ отношение находится в 5НФ.

Теорема Дейта-Фейгина 2 Если отношение находится в НФБК и существует простой ключ $\Rightarrow$ отношение находится в 4НФ.

- (StudentId, StudentName, GroupId)
- (GroupId, GroupName)
- (CourseId, CourseName)
- (LecturerId, LecturerName)

Все эти отношения простые по первой теореме Дейта-Фейгина.
Докажем, что:

- (StudentId, CourseId, Mark)
- (CourseId, GroupId, LecturerId)

находятся в 4НФ.

Пусть есть $R(x, y, z)$ с функциональной зависимостью $x, y \to z$. Тогда R находится в 4НФ.

Доказательство: Переберем случаи:

1. $x \to\to y, z$
2. $z \to\to x, y$
3. $\{\} \to\to A, C|B$

Остальные случаи симметричны.

$\forall x, z_1, z_2$ если $\exists y_1, y_2$ такие, что:

$$(x, y_1, z_1) \in R \text{ и } (x, y_2, z_2) \in R,$$

то:

$$\{y|(x, y, z_1) \in R\} = \{y|(x, y, z_2) \in R\}.$$

1. Если в качестве y взять b_1 и b_2, то получим разные множества. Иными словами, $(x, y_1, z_1) \neq (x, y_2, z_2)$.
2. Аналогично пункту 1.

3. Проверяем случай $\{\} \to B, A|C$:

   Пусть $x = \{\}$, $y_1 = (B_1, C_1)$, $y_2 = (B_2, C_2)$, $z_1 = A_1$, $z_2 = GI_2$. Тогда:

$$\{y|(y, z_1) \in R\} = \{(B_1, C_1)\} \neq \{(B_2, C_2)\} = \{y|(y, z_2) \in R\}.$$

   Значит, $\{\} \to C|B, A$ тоже не МЗ.

   Аналогично проверяем $\{\} \to B, C|A$ и $\{\} \to A|B, C$.

Вывод: Идейно, при любых двух кортежах, различающихся по C, кортежи (A, B) должны совпадать, что в общем случае неверно.

V. Приведение к 5НФ

- (StudentId, CourseId, Mark)
- (CourseId, GroupId, LecturerId)

Рассмотрим $P_1 \bowtie P_2 \bowtie P_3$, где P_i – проекция на атрибут. В общем случае получим 8 строк, хотя изначально было 2 $\Rightarrow$ не подходит.

Аналогично необходимо проверить кольцевые ограничения (AB, BC, CA) и построить таблицу, которая не совпадает с исходной.