



SQL SERVER 2005

数据库系统概论

参考：第六章 关系数据库理论P₁₇₇—P₂₀₄

内容回顾

❖ 函数依赖

❖ 码

❖ 范式

- 1NF、2NF、3NF、BCNF

本节内容

- 数据依赖的公理系统
- 模式分解（了解）



本节教学目标

❖ 掌握

- Armstrong公理系统
- 求闭包

❖ 了解

- 模式分解

❖ 重点

- 求闭包

❖ 难点

- 求闭包

第三节 数据依赖的公理系统

❖ 逻辑蕴含

- 对于满足一组函数依赖 F 的关系模式 $R\langle U, F\rangle$, 其任何一个关系 r , 若函数依赖 $X\rightarrow Y$ 都成立, 则称 **F 逻辑蕴含 $X\rightarrow Y$**
- 例: 已知 $R(X,Y,Z)$, $F=\{X\rightarrow Y, Y\rightarrow Z\}$, 则 $X\rightarrow Z$ 成立, **$X\rightarrow Z$ 被 F 逻辑蕴含。**

第三节 数据依赖的公理系统

❖ Armstrong公理系统

- 一套推理规则，是模式分解算法的理论基础
- 用途：
 - 从一组函数依赖求得蕴含的函数依赖
 - 求给定关系模式的码

Armstrong公理系统

❖ Armstrong公理系统，关系模式 $R \langle U, F \rangle$ 有以下的推理规则

- A1自反律：若 $Y \subseteq X \subseteq U$ ，则 $X \rightarrow Y$ 为 F 所蕴含
- A2增广律：若 $X \rightarrow Y$ 为 F 所蕴含，且 $Z \subseteq U$ ，则 $XZ \rightarrow YZ$ 为 F 所蕴含
- A3传递律：若 $X \rightarrow Y$ 及 $Y \rightarrow Z$ 为 F 所蕴含，则 $X \rightarrow Z$ 为 F 所蕴含

❖ Armstrong公理系统的推理规则

- 合并规则：由 $X \rightarrow Y$ ， $X \rightarrow Z$ ，有 $X \rightarrow YZ$
- 伪传递规则：由 $X \rightarrow Y$ ， $WY \rightarrow Z$ ，有 $XW \rightarrow Z$
- 分解规则：由 $X \rightarrow Y$ 及 $Z \subseteq Y$ ，有 $X \rightarrow Z$

❖ 引理6.1 (由合并规则和分解规则可得)

$X \rightarrow A_1 A_2 \dots A_k$ 成立的充分必要条件是 $X \rightarrow A_i$ 成立 ($i = 1, 2, \dots, k$)

❖ 闭包

- 在关系模式 $R\langle U, F \rangle$ 中为 F 所逻辑蕴含(或推导)的函数依赖的全体叫做 F 的闭包, 记为 F^+

❖ Armstrong公理系统是有效的、完备的

- Armstrong公理系统的有效性
 - 由 F 出发根据 Armstrong 公理导出的每一个函数依赖一定在 F^+ 中
- Armstrong公理系统的完备性
 - F^+ 中的每一个函数依赖, 必定可以由 F 出发根据 Armstrong 公理导出

❖ 定义6.13 设 F 为属性集 U 上的一组函数依赖, $X \subseteq U$,
 $X_F^+ = \{ A | X \rightarrow A \text{ 能由 } F \text{ 根据 Armstrong 公理导出} \}$,
 X_F^+ 称为属性集 X 关于函数依赖集 F 的闭包。

■ 例: $U = \{A, B, C, D\}$; $F = \{A \rightarrow B, BC \rightarrow D\}$; $A_F^+ = \{A, B\}$

算法：求属性集X关于函数依赖集F的闭包 X_F^+

(1) 令 $X^{(0)} = X, i = 0$

(2) 求 B , 这里 $B = \{A \mid (\exists V)(\exists W)(V \rightarrow W \in F \wedge V \subseteq X^{(i)} \wedge A \in W)\}$,
即在 F 中寻找尚未用过的左边是 $X^{(i)}$ 子集的函数依赖 $V \rightarrow W$, 并
找出 W 中未出现过的属性集 B

(3) $X^{(i+1)} = B \cup X^{(i)}$

(4) 判断 $X^{(i+1)} = X^{(i)}$ 吗?

(5) 若相等或 $X^{(i)} = U$, 则 $X^{(i)}$ 就是 X_F^+ , 算法终止

(6) 若否, 则 $i = i + 1$, 返回第(2)步

例1: 已知 $R \langle U, F \rangle, U = \{A, B, C, D, E\}$,

$F = \{AB \rightarrow C, B \rightarrow D, C \rightarrow E, EC \rightarrow B, AC \rightarrow B\}$, 求 $(AB)_F^+$

$X^{(0)} = AB, X^{(1)} = AB \cup CD, X^{(2)} = ABCD \cup EB$

故 $(AB)_F^+ = ABCDE$

❖ 例2 已知 $R(A, B, C, D, E, G)$,

$F = \{AB \rightarrow C, D \rightarrow EG, C \rightarrow A, BE \rightarrow C, \\ BC \rightarrow D, CG \rightarrow BD, ACD \rightarrow B, CE \rightarrow AG\},$
求 $(BD)_F^+$

$$(BD)^0 = BD,$$

$$(BD)^1 = BD \cup EG,$$

$$(BD)^2 = BDEG \cup C,$$

$$(BD)^3 = BDEGC \cup ADBG,$$

$$\text{结束, } (BD)_F^+ = BDEGCA$$

利用属性组的闭包求关系的候选码

❖ 已知： $R(X,Y,Z)$, $F=\{X\rightarrow Y, Y\rightarrow Z\}$, 求关系的候选码。

❖ 过程：

- 首先，找出所有没有在任何函数依赖右侧出现的属性，把他们组成一个属性组K，候选码一定含有K；
- 计算 K_F^+ ，如果 $K_F^+=U$ ，则K为候选码，而且只有这一个；否则，基于K扩充属性，形成新的属性组（含有K但不含候选码的所有可能的属性组合），计算新属性组的闭包，判断其是否为候选码。

❖ Key: {X}

练习

❖ 已知关系模式 $R\langle U, F\rangle$, 其中

$U=\{A, B, C, D, E\}$;

$F=\{AB\rightarrow C, B\rightarrow D, C\rightarrow E, EC\rightarrow B, AC\rightarrow B\}$ 。

求关系的候选码。

❖ 已知关系模式 $U(A, B, C, D, E, F, G)$

$F=\{A\rightarrow B, A\rightarrow C, A\rightarrow D, D\rightarrow E, (A, F)\rightarrow G\}$

求候选码。

第六章 练习题

1、已知学生关系模式

S(Sno, Sname, SD, Sdname, Course, Grade)

其中：Sno学号、Sname姓名、SD系名、Sdname系主任名、Course课程、Grade成绩。

- (1) 写出关系模式S的基本函数依赖和主码。
- (2) 原关系模式S为第几范式？为什么？分解成高级范式，并说明为什么？
- (3) 将关系模式分解成3NF，并说明为什么？

(1) 写出关系模式S的基本函数依赖和主码。

$Sno \rightarrow Sname, SD \rightarrow Sdname, Sno \rightarrow SD, (Sno, Course) \rightarrow Grade$

关系模式S的码为：(Sno, Course)。

(2) 原关系模式S为几范式？为什么？分解成高一级范式，并说明为什么？

原关系模式S是属于1NF的，码为(Sno, Course)，非主属性中的成绩完全依赖于码，而其它非主属性对码的函数依赖为部分函数依赖，所以不属于2NF。消除非主属性对码的函数依赖为部分函数依赖，将关系模式分解成2NF如下：

$S1(Sno, Sname, SD, Sdname), S2(Sno, Course, Grade)$

(3) 将关系模式分解成3NF，并说明为什么？

关系模式S1中存在 $Sno \rightarrow SD, SD \rightarrow Sdname$ ，即非主属性Sdname传递依赖于Sno，所以S1不是3NF。进一步分解如下：

$S11(Sno, Sname, SD) \quad S12(SD, Sdname)$

分解后的关系模式S11、S12满足3NF。

对关系模式S2不存在非主属性对码的传递依赖，故属于3NF。所以，原模式S(Sno, Sname, SD, Sdname, Course, Grade)按如下分解满足3NF。

$S11(Sno, Sname, SD) \quad S12(SD, Sdname)$

$S2(Sno, Course, Grade)$

❖ 2、设有如图所示的学生关系S

学号	学生名	年龄	性别	系号	系名
100001	王 婧	18	女	1	通信工程
200001	张 露	19	女	2	电子工程
200002	黎明远	20	男	2	电子工程
300001	王 桦	21	男	3	计算机
300004	张 露	20	女	3	计算机
300005	潘 建	19	男	3	计算机

- 试问S是否属于3NF? 为什么?若不是, 它属于几范式? 并将其规范化为3NF.

❖ 解：S不属于3NF，它属于2NF。

S的候选关键字为“学号”。

依赖关系：学号 \rightarrow 系号，系号 \rightarrow 系名，系号 \searrow 学号

所以：学号 \rightarrow 系名，即存在非主属性系名对候选关键字“学号”的传递依赖，S不是3NF。

在S中所有非主属性均依赖于码学号，所以S是2NF。将S分解成：

S1(学号，学生名，年龄，性别，系号)、S2(系号，系名)，分解后的S1与S2如图所示：

学号	学生名	年龄	性别	系号
100001	王 婧	18	女	1
200001	张 露	19	女	2
200002	黎明远	20	男	2
300001	王 烨	21	男	3
300004	张 震	20	女	3
300005	潘 建	19	男	3

系号	系名
1	通信工程
2	电子工程
3	计算机

关系模式S1、S2上无传递依赖，它们是3NF

3. 设有如下关系R

课程名↵	教师名↵	教师地址↵
C1↵	马千里↵	D1↵
C2↵	于得水↵	D1↵
C3↵	余快↵	D2↵
C4↵	于得水↵	D1↵

- (1) 它为第几范式？为什么？
- (2) 是否存在删除操作异常？若存在，则说明是在什么情况下发生的？
- (3) 将它分解为高级范式，分解后的关系是如何解决分解前可能存在的删除操作异常问题？

(1) 解：它是2NF。

因为R的候选关键字为“课程名”。

依赖关系：课程名 \rightarrow 教师名，教师名 \nrightarrow 课程名，教师名 \rightarrow 教师地址，所以 课程名 \rightarrow 教师地址。即存在非主属性“教师地址”对候选关键字课程名的传递函数，因此R不是3NF。但：因为不存在非主属性对候选关键字的部分函数依赖，所以R是2NF。

(2) 解：存在。当删除某门课程时会删除不该删除的教师的有关信息。

(3) 解：分解为高级范式如图所示。

R1如下：

课程名	教师名
C1	马千里
C2	于得水
C3	余快
C4	于得水

R2如下：

教师名	教师地址
马千里	D1
于得水	D1
余快	D2

分解后，若删除课程数据时，仅对关系R1操作，教师地址信息在关系R2中仍然保留，不会丢失教师方面的信息。

❖ 4. 设有如图所示的关系R, 试问R属于3NF? 为什么?
若不是, 它属于第几范式? 并如何规范化为3NF?

职工号	职工名	年龄	性别	单位号	单位名
E1	ZHAO	20	F	D3	CCC
E2	QIAN	25	M	D1	AAA
E3	SEN	38	M	D3	CCC
E4	L1	25	F	D3	CCC

解：R不属于3NF，它是2NF。

R的候选关键字为职工号和职工名，而：

职工号 \rightarrow 单位号，单位号 \nrightarrow 职工号，单位号 \rightarrow 单位名。所以，职工号 \rightarrow 单位名，即存在非主属性“单位名”对候选关键字职工号的传递函数依赖，所以R不是3NF，规范化后的关系子模式为如下图。

R1如下：

职工号 \hookrightarrow	职工名 \hookrightarrow	年龄 \hookrightarrow	性别 \hookrightarrow	单位号 \hookrightarrow
E1 \hookrightarrow	ZHAO \hookrightarrow	20 \hookrightarrow	F \hookrightarrow	D3 \hookrightarrow
E2 \hookrightarrow	QIAN \hookrightarrow	25 \hookrightarrow	M \hookrightarrow	D1 \hookrightarrow
E3 \hookrightarrow	SEN \hookrightarrow	38 \hookrightarrow	M \hookrightarrow	D3 \hookrightarrow
E4 \hookrightarrow	L1 \hookrightarrow	25 \hookrightarrow	F \hookrightarrow	D3 \hookrightarrow

R2如下： \hookrightarrow

单位号 \hookrightarrow	单位名 \hookrightarrow
D3 \hookrightarrow	CCC \hookrightarrow
D1 \hookrightarrow	AAA \hookrightarrow

\hookrightarrow
 \hookrightarrow
 \hookrightarrow

5. 假设某企业集团数据库中有一关系模式R如下：

R（商店编号，商品编号，商品库存数量，部门编号，负责人）
如果规定：

1. 每个商店的每种商品只在该商店的一个部门销售；
2. 每个商店的每个部门只有一个负责人；
3. 每个商店的每种商品只有一个库存数量。

试分析：

1. 根据上述规定，写出关系模式R的基本函数依赖；
2. 指出该关系模式R的候选码
3. 指出该关系模式R的范式级别，为什么？
4. 若R不是3NF，将R分解为3NF。

(1) 函数依赖如下:

- ① (商店编号, 商品编号) \rightarrow 部门编号,
- ② (商店编号, 部门编号) \rightarrow 负责人,
- ③ (商店编号, 商品编号) \rightarrow 商品库存数量

(2) R的候选码是(商店编号, 商品编号)。

由(商店编号, 商品编号) \rightarrow 商店编号 (自反律) 及① (商店编号, 商品编号) \rightarrow 部门编号 (已知) \Rightarrow (商店编号, 商品编号) \rightarrow (商店编号, 部门编号) (合并), 又有② (商店编号, 部门编号) \rightarrow 负责人 \Rightarrow (商店编号, 商品编号) \rightarrow 负责人 (传递) ④

由①, ③, ④得 (商店编号, 商品编号) \rightarrow (商店编号, 商品编号, 商品库存数量, 部门编号, 负责人), 根据关键字的定义, 可得R的候选码是(商店编号, 商品编号)。

(3) 因为R中存在非主属性“负责人”对候选码(商店编号, 商品编号)的传递函数依赖, 所以R属于2NF, 不属于3NF。

(4) 将R分解成R1 (商店编号, 商品编号, 商品库存数量, 部门编号),
R2 (商店编号, 部门编号, 负责人)
则R1, R2均为3NF。

6. 建立一个关于系、学生、班级、学会等诸信息的关系数据库。

学生：学号、姓名、出生年月、系名、班号、宿舍区。

班级：班号、专业名、系名、人数、入校年份。

系：系名、系号、系办公地点、人数。

学会：学会名、成立年份、办公地点、人数。

语义如下：

1. 一个系有若干专业，每个专业每年只招一个班，每个班有若干学生。
2. 一个系的学生住在同一宿舍区。
3. 每个学生可参加若干学会，每个学会有若干学生。
4. 学生参加某学会有一个入会年份。

请给出关系模式，写出每个关系模式的极小函数依赖集，指出是否存在传递函数依赖，对于函数依赖左部是多属性的情况讨论函数依赖是完全函数依赖，还是部分函数依赖。指出各关系模式的候选码、外部码，有没有全码存在？

(1) 关系模式如下：

学生：S(Sno, Sname, Sbirth, Dept, Class, Rno)

班级：C(Class, Pname, Dept, Cnum, Cyear)

系：D(Dept, Dno, Office, Dnum)

学会：M(Mname, Myear, Maddr, Mnum)

(2) 每个关系模式的最小函数依赖集如下：

A、学生S (Sno, Sname, Sbirth, Dept, Class, Rno) 的最小函数依赖集如下： $Sno \rightarrow Sname$, $Sno \rightarrow Sbirth$, $Sno \rightarrow Class$, $Class \rightarrow Dept$, $DEPT \rightarrow Rno$, 传递依赖如下：

由于 $Sno \rightarrow Dept$, 而 $Dept \not\rightarrow Sno$, $Dept \rightarrow Rno$ (宿舍区)

所以Sno与Rno之间存在着传递函数依赖。

由于 $Class \rightarrow Dept$, $Dept \not\rightarrow Class$, $Dept \rightarrow Rno$

所以Class与Rno之间存在着传递函数依赖。

由于 $Sno \rightarrow Class$, $Class \not\rightarrow Sno$, $Class \rightarrow Dept$

所以Sno与Dept之间存在着传递函数依赖。

B、班级C(Class, Pname, Dept, Cnum, Cyear)的最小函数依赖集如下：

$\text{Class} \rightarrow \text{Pname}$, $\text{Class} \rightarrow \text{Cnum}$, $\text{Class} \rightarrow \text{Cyear}$, $\text{Pname} \rightarrow \text{Dept}$.

由于 $\text{Class} \rightarrow \text{Pname}$, $\text{Pname} \nrightarrow \text{Class}$, $\text{Pname} \rightarrow \text{Dept}$

所以Class与Dept之间存在着传递函数依赖。

C、系D(Dept, Dno, Office, Dnum)的最小函数依赖集如下：

$\text{Dept} \rightarrow \text{Dno}$, $\text{Dno} \rightarrow \text{Dept}$, $\text{Dno} \rightarrow \text{Office}$, $\text{Dno} \rightarrow \text{Dnum}$

根据上述函数依赖可知，Dept与Office，Dept与Dnum之间不存在传递依赖。

D、学会M(Mname, Myear, Maddr, Mnum)的最小函数依赖集如下：

$\text{Mname} \rightarrow \text{Myear}$, $\text{Mname} \rightarrow \text{Maddr}$, $\text{Mname} \rightarrow \text{Mnum}$

该模式不存在传递依赖。

(3) 各关系模式的候选码、外部码，全码如下：

A、学生S候选码：Sno；外部码：Dept、Class；无全码

B、班级C候选码：Class；外部码：Dept；无全码

C、系D候选码：Dept或Dno；无外部码；无全码

D、学会M候选码：Mname；无外部码；无全码

7. 下面的结论哪些是正确的？哪些是错误的？对于错误的请给一个反例说明之。

(1) 任何一个二目关系是属于3NF。

答：正确。因为关系模式中只有两个属性，所以无传递。

(2) 任何一个二目关系是属于BCNF。

答：正确。按BCNF的定义，若 $X \rightarrow Y$ ，且Y不是X的子集时，每个决定因素都包含码，对于二目关系决定因素必然包含码。详细证明如下：（任何二元关系模式必定是BCNF）。

证明：设R为一个二目关系 $R(A1, A2)$ ，则属性A1和A2之间可能存在以下几种依赖关系：

A、 $A1 \rightarrow A2$ ，但 $A2 \not\rightarrow A1$ ，则关系R的码为A1，决定因素都包含码，所以，R是BCNF。

B、 $A2 \rightarrow A1$ ， $A1 \not\rightarrow A2$ ，则关系R的码为A2，所以决定因素都包含码，R是BCNF。

C、R的码为(A1, A2)（即 $A1 \not\rightarrow A2$ ， $A2 \not\rightarrow A1$ ），决定因素都包含码。R是BCNF。

D、 $A2 \rightarrow A1$ ， $A1 \rightarrow A2$ ，则关系R的码为A1或A2，所以决定因素都包含码，R是BCNF。

综合训练

❖ 现有商品供应关系模式：

supply(sno, pno, scity, status, qty)

已知其上的函数依赖集合 $F = \{sno \rightarrow scity, scity \rightarrow status, (sno, pno) \rightarrow qty\}$

- 1) 求该关系模式的候选码（要求：给出关键步骤）。
- 2) 该关系模式最高满足几范式？给出理由。
- 3) 请使用投影分解法将该关系模式转化为一组3NF关系模式。

❖ 1、该关系的候选键是 (sno, pno) ；

sno和pno在任何一个函数依赖的右侧都没有出现，
所以候选码必含有这两个属性，而 $\{sno, pno\} \rightarrow U$
且是完全的函数依赖，因此，该关系模式只有一个
候选码。

❖ 2、该关系模式最高满足1NF；

因为 $sno \rightarrow scity$ 违反了2NF（2分）。

❖ 3、分解为：

- $s(sno, scity)$
- $city(scity, status)$
- $supply(sno, pno, qty)$

❖ 已知关系模式 $R(A, B, C, D, E, F, G)$

$F = \{A \rightarrow B, A \rightarrow C, A \rightarrow D, D \rightarrow E, (A, F) \rightarrow D\}$

(1) 求候选码。

(2) 该关系模式是否满足2NF?为什么?

(3) 使用投影分解法将关系模式R分解成一组3NF模式集。

Q & A



这次课我们学到了...

❖ 函数依赖

- 完全函数依赖、部分函数依赖

❖ 规范化

- 2NF、3NF
- 投影分解法