به نام آنکه جان را فکرت آموخت

بخش دهم:
نرمال‌ترسازی پایگاه داده

مرتضی امینی

نیمسال اول ۹۷-۹۸

(محتویات اسلایدها برگرفته از یادداشت‌های کلاسی استاد محمدتقی روحانی رانکوهی است.)

طراحی پایگاه داده رابطه‌ای

- در **طراحی پایگاه داده‌های رابطه‌ای** باید موارد زیر را مشخص نمود:
  - مجموعه‌ای از رابطه‌ها
  - کلید(های) کاندید هر رابطه
  - کلید اصلی هر رابطه
  - کلیدهای خارجی هر رابطه (در صورت وجود)
  - محدودیت‌های جامعیتی ناظر بر هر رابطه

- **روشهای طراحی RDB:**
  - طراحی با روش بالا به پایین (Top-Down)
  - طراحی با روش سنتز [نرمال‌ترسازی رابطه‌ها]

طراحی پایگاه داده رابطه‌ای (ادامه)

- **روش طراحی بالا به پایین**
  - ابتدا مدلسازی داده‌ها را (با روش [E]ER یا UML) انجام می‌دهیم و سپس مدلسازی را به مجموعه‌ای از رابطه‌ها تبدیل می‌کنیم.
- **روش طراحی سنتز رابطه‌ای (نرمال‌ترسازی)**
  - ابتدا مجموعه صفات خرد جهان واقع را مشخص می‌کنیم. سپس با تحلیل قواعد و محدودیت‌های ناظر به صفات و تشخیص وابستگی‌های بین آنها، صفات را متناسباً با هم سنتز می‌کنیم (نوعی گروه‌بندی) تا به مجموعه‌ای از رابطه‌های نرمال دست یابیم.
- **در عمل** روش ترکیبی استفاده می‌شود، یعنی ابتدا روش بالا به پایین، سپس نرمال‌ترسازی.

ویژگی‌های طراحی خوب

- نمایش صحیح و واضح از خردجهان واقع باشد.
- تمام داده‌های کاربران قابل نمایش باشد و همه محدودیت‌های (قواعد) جامعیتی منظور شده باشد.
- کمترین افزونگی
- کمترین هیچمقدار
- کمترین مشکل در عملیات ذخیره‌سازی
- بیشترین کارایی در بازیابی

نکته: تامین چهار ویژگی آخر به صورت همزمان، در عمل ناممکن است!

طراحی RDB– روش بالا به پایین

- تبدیل نمودار [E]ER به مجموعه‌ای از رابطه‌های نرمال (و نه لزوماً در نرمال‌ترین صورت) در طراحی RDB، نهایتاً طراح تصمیم می‌گیرد چند رابطه داشته باشد و عنوان (Heading) هر رابطه چه باشد.
- در نمودار مدلسازی معنایی داده‌ها، حالات متعدد داریم، که به نحوه طراحی بر اساس آن در بخش‌های قبلی اشاره شد.

طراحی RDB– روش سنتز یا نرمال‌تر سازی رابطه‌ها

- **ایده اصلی:** یک رابطه، هر چند نرمال (با تعریفی که قبلاً دیدیم) ممکن است آنومالی (مشکل) داشته باشد در عملیات ذخیره‌سازی (در درج، حذف یا بهنگام‌سازی).
  - **آنومالی در درج:** عدم امکان درج یک فقره اطلاع که منطقاً باید قابل درج باشد.
  - **آنومالی در حذف:** حذف یک اطلاع ناخواسته در پی حذف اطلاع خواسته.
  - **آنومالی در بهنگام‌سازی:** بروز فزون‌کاری.
- پس باید رابطه را نرمال‌تر کرد.

فرم‌های نرمال

- نرمال بودن رابطه (نرمالیتی)، فرم‌ها (صورت‌ها/ سطوح/ درجات) [NF: Normal Forms] مختلفی دارد.
- **فرم‌های نرمال:**
  - 1NF
  - 2NF
  - 3NF

  فرم‌های کلاسیک کادی (Codd)

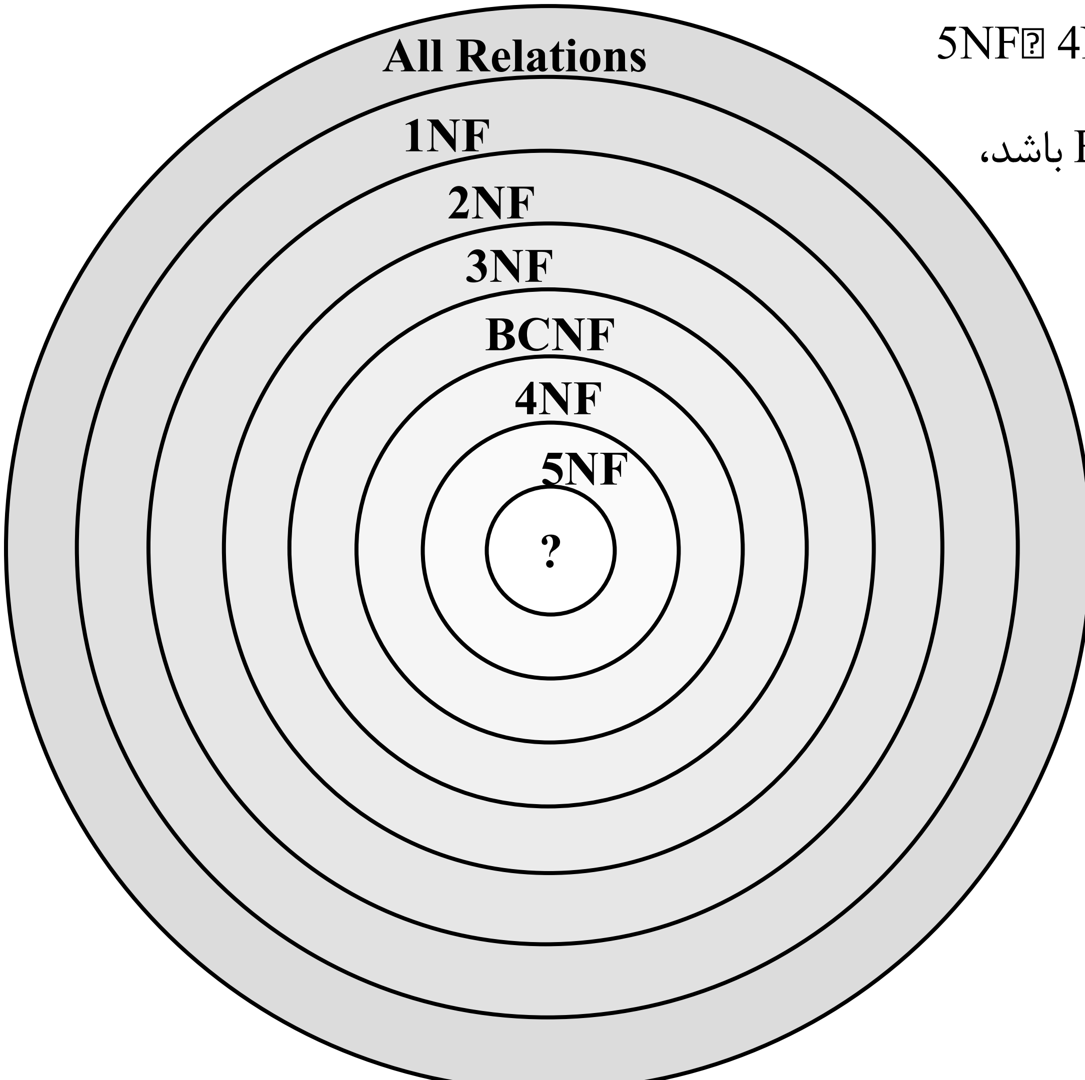
  - BCNF (Boyce-Codd Normal Form)
  - 4NF
  - 5NF یا PJNF (Projection Join Normal Form)
  - 6NF
  - DKNF (Domain Key Normal Form)

  سطوح در تئوری؛ چندان کاربرد عملی ندارند.

رابطه نرمال‌تر / آنومالی کمتر

رابطه بین فرم‌های نرمال

- 5NF ⊂ 4NF ⊂ BCNF ⊂ 3NF ⊂ 2NF ⊂ 1NF
- یعنی به طور مثال، رابطه‌ای که BCNF باشد، 3NF هم هست.



تئوری وابستگی

- برای بررسی فرم‌های نرمال، نیاز به مفاهیمی داریم از تئوری وابستگی (Dependency Theory).

- مفاهیمی از تئوری وابستگی:

  - وابستگی تابعی (Functional Dependency)

  - وابستگی تابعی کامل [تام] (Fully Functional Dependency)

  - وابستگی تابعی با واسطه (Transitive Functional Dependency)

وابستگی تابعی (FD): صفت R.B به صفت R.A وابستگی تابعی دارد اگر و فقط اگر به ازای یک مقدار از A یک مقدار از B متناظر باشد. به عبارت دیگر اگر t_1 و t_2 دو تاپل از R باشند، در این صورت:

$$\text{IF} \quad t_1.A = t_2.A \quad \text{THEN} \quad t_1.B = t_2.B$$

مثال

با فرض اینکه کل تاپلهای رابطه به صورت زیر باشد، آیا داریم:

R (A, B, C)

A	B	C
a_1,	b_1,	c_1,
a_1	b_1	c_2
a_2	b_2	c_2
a_3	b_3	c_3
a_4	b_2	c_3

$a_1 \rightarrow b_1$

$a_1 < \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \end{matrix}$

$A \rightarrow B$؟ بله

$A \rightarrow C$؟ خیر

$B \rightarrow A$؟ خیر

$B \rightarrow C$؟ خیر

وابستگی تابعی (ادامه)

نکات:

(۱) صفات طرفین FD می‌توانند ساده یا مرکب باشند.

(۲) اگر $A \rightarrow B$، لزوماً نداریم: $B \rightarrow A$.

(۳) اگر $B \subseteq A$، به $A \rightarrow B$، FD نامهم یا بدیهی (Trivial) گوییم.

(۴) اگر K در رابطه R، SK یا CK باشد و $G \subseteq H_R$ آنگاه داریم: $K \rightarrow G$.

وابستگی تابعی (ادامه)

(۵) نمایش FDهای رابطه R به روشهای مختلف:

- به صورت یک مجموعه:

$$\mathbf{F}=\{A\rightarrow B,\ B\rightarrow C,\ A\rightarrow D\}$$

- با نمودار FDها:

$$\begin{tikzcd} \boxed{A} \arrow[r] \arrow[dr] & \boxed{B} \arrow[r] & \boxed{C} \\ & \boxed{D} & \end{tikzcd}$$

- روی خود عنوان رابطه با استفاده از فلش‌هایی:

$$\mathbf{R}\ (A,\ B,\ C,\ D)$$

وابستگی تابعی (ادامه)

(۶) تفسیر FD: هر FD نمایشگر یک قاعده معنایی از محیط است: نوعی قاعده جامعیتی (که باید به نحوی به سیستم داده شود. خواهیم دید که در بحث طراحی، از طریق طراحی خوب به سیستم می‌دهیم).

- **تمرین:** در رابطه R(X, Y, Z)، یک اِظهار بنویسید که قاعده معنایی $X \rightarrow Y$ را پیاده‌سازی نماید. (به طور مثال می‌توان از EXISTS استفاده کرد)

```
CREATE ASSERTION  XTOYFD
    CHECK ( NOT EXISTS (SELECT X FROM R GROUP BY X HAVING MAX(Y)!=MIN(Y)))
```

حساب رابطه‌ای:
```
CONSTRAINT XTOYFD  FORALL R1 (FORALL R2 IF R1.X=R2.X THEN R1.Y=R2.Y)
```

مثال

STID→STJ: یک دانشجو فقط می‌تواند در یک رشته تحصیل کند.

STJ→STD: یک رشته فقط در یک دانشکده ارائه می‌شود.

STID→STD: یک دانشجو فقط در یک دانشکده تحصیل می‌کند.

وابستگی تابعی – قواعد آرمسترانگ

قواعد استنتاج آرمسترانگ

1- if $B \subseteq A$ then $A \rightarrow B \quad \Rightarrow \quad A \rightarrow A$ (قاعده انعکاسی)

2- if $A \rightarrow B$ and $B \rightarrow C$ then $A \rightarrow C$ (قاعده تعدی یا تراگذاری)

3- if $A \rightarrow B$ then $(A,C) \rightarrow (B,C)$ (قاعده افزایش)

4- if $A \rightarrow (B,C)$ then $A \rightarrow B$ and $A \rightarrow C$ (قاعده تجزیه)

5- if $A \rightarrow B$ and $C \rightarrow D$ then $(A,C) \rightarrow (B,D)$ (قاعده ترکیب)

6- if $A \rightarrow B$ and $A \rightarrow C$ then $A \rightarrow (B,C)$ (قاعده اجتماع)

7- if $A \rightarrow B$ and $(B,C) \rightarrow D$ then $(A,C) \rightarrow D$ (قاعده شبه‌تعدی)

وابستگی تابعی – قواعد آرمسترانگ (ادامه)

- سه قاعده اول درست و کامل هستند، بدین معنا که با داشتن یک مجموعه از وابستگی‌های تابعی F، تمام وابستگی‌های تابعی منطقاً قابل استنتاج از F، با همین سه قاعده به دست می‌آیند و هیچ وابستگی تابعی دیگر (که از F قابل استنتاج نباشد) نیز به دست نمی‌آید.

- **توجه:** درستی سه قاعده اول به آسانی قابل اثبات است و قواعد دیگر از روی همانها اثبات می‌شوند.

وابستگی تابعی – قواعد آرمسترانگ (ادامه)

- **تمرین:** قاعده ۲ را اثبات کنید (با استفاده از برهان خلف).

- اثبات: فرض خلف: گیریم که $A \not\rightarrow C$. در این صورت در رابطه R در حداقل دو تاپل، به ازای یک مقدار A، دو مقدار متمایز از C داریم.

- اما به ازای دومقدار متمایز C، مقدار B ممکن است دو مقدار متمایز با یک مقدار باشد.

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	…	c_1
.	. . .	.
a_1	…	c_2

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	b_1	c_1
.	. . .	.
a_1	b_2	c_2

حالت اول

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	b_1	c_1
.	. . .	.
a_1	b_1	c_2

حالت دوم

- در حالت اول، فرض $A \rightarrow B$ و در حالت دوم، فرض $B \rightarrow C$ نقض می‌شود. پس فرض خلف باطل است و حکم برقرار است.

وابستگی تابعی – قواعد آرمسترانگ (ادامه)

کاربردهای قواعد آرمسترانگ

۱- محاسبه بستار صفت A: A^+

مجموعه تمام صفاتی که با A، وابستگی تابعی دارند.

نکته: اگر $A^+=H_R$ $\Leftarrow$ A سوپرکلید (**الگوریتم تشخیص سوپرکلید** و نه کلید کاندید)

۲- محاسبه بستار مجموعه وابستگی‌های تابعی یک رابطه: F^+

مجموعه تمام FDهایی که از F منطقاً استنتاج می‌شوند:

$$F=\{A\rightarrow B,\ B\rightarrow C\} \quad \Rightarrow \quad F^+=\{A\rightarrow B,\ B\rightarrow C,\ A\rightarrow C,\ (A,C)\rightarrow (B,C),\ \ldots\}$$

وابستگی تابعی (ادامه)

کاربردهای مهم F^+:

۱- تشخیص معادل بودن دو مجموعه از FDهای رابطه‌ای R: به طور نمونه F و G

- شرط معادل بودن: $F^+=G^+$

هر FD که از F به دست آید، از G هم به دست می‌آید.

۲- تشخیص FD افزونه

- ضابطه تشخیص: وابستگی تابعی $f \in F$ را افزونه گوییم، هرگاه: $(F-f)^+=F^+$
- یعنی بود و نبود f در محاسبه F^+ تاثیری نداشته باشد.

وابستگی تابعی – قواعد آرمسترانگ (ادامه)

۳- محاسبه مجموعه کاهش‌ناپذیر FDهای یک رابطه

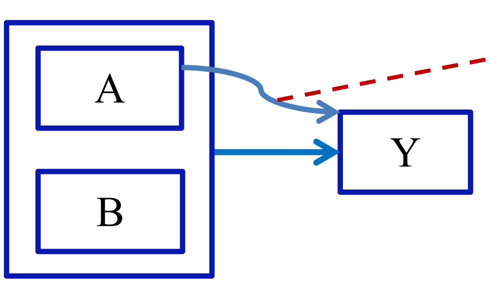
سه شرط دارد:

۱- هیچ FD در آن افزونه نباشد.

۲- سمت راست هر FD، صفت ساده باشد.

۳- سمت چپ هر FD، خود کاهش‌ناپذیر باشد: در وابستگی تابعی $X \rightarrow Y$، X را کاهش‌ناپذیر (و وابستگی $X \rightarrow Y$ را **کامل**) گوییم، هرگاه Y با هیچ زیرمجموعه از X (غیر از خود X)، FD نداشته باشد. در غیر اینصورت X را کاهش‌پذیر گوییم و وابستگی $X \rightarrow Y$ را **ناکامل** گوییم.

اگر وجود داشته باشد، آنگاه X کاهش‌پذیر و $X \rightarrow Y$ یک FD ناکامل است.



$$\begin{cases} \overbrace{(A, B)}^{X} \rightarrow Y \\ A \rightarrow Y \end{cases} \Rightarrow \text{FD ناکامل}$$

وابستگی تابعی (ادامه)

- **تمرین:** اگر یک FD کامل به صورت $A \rightarrow Y$ داشته باشیم، آنگاه FD ناکامل $(A,B) \rightarrow Y$ از آن قابل استنتاج است.
  - اثبات: با استفاده از قاعده افزایش از $A \rightarrow Y$ نتیجه می‌گیریم $(A,B) \rightarrow (Y,B)$

    با استفاده از قاعده تجزیه داریم: $(A,B) \rightarrow B$ که یک FD بدیهی است و $(A,B) \rightarrow Y$ که همان حکم است.

کنجکاوی؟ مجموعه کاهش‌ناپذیر چه کاربردی دارد؟

تعریف **وابستگی تابعی با واسطه (TFD):** اگر $A \rightarrow B$، $B \rightarrow C$ و $B \not\rightarrow A$، می‌گوییم C با A، FD با واسطه از طریق B دارد.

اگر $B \rightarrow A$ هم برقرار باشد، آنگاه آن FD با واسطه، بدیهی (نامهم) است.

فرم‌های نرمال کلاسیک کادی

- **توجه:** در سه فرم کلاسیک کادی، فقط با مفهوم کلید اصلی (PK) کار می‌کنیم و نه هر CK.

تعریف **1NF**: رابطه R در 1NF است اگر و فقط اگر تمام صفات آن تک‌مقداری باشد.

- این تعریف می‌گوید هر رابطه نرمال در 1NF است.

تعریف **2NF**: رابطه R در 2NF است اگر و فقط اگر در 1NF باشد و هر صفت ناکلید (که خود PK یا CK نباشد و جزء PK یا CK هم نباشد) در آن، با کلید اصلی رابطه، FD کامل داشته باشد.

- به بیان دیگر در این رابطه FD ناکامل با کلید اصلی نداشته باشیم.

- الگوریتم تبدیل 1NF به 2NF: حذف FDهای ناکامل از طریق تجزیه عمودی رابطه به طور مناسب.

تعریف **3NF**: رابطه R در 3NF است اگر و فقط اگر در 2NF باشد و هر صفت ناکلید با کلید اصلی رابطه، فقط FD بی‌واسطه داشته باشد (FD باواسطه نداشته باشد).

- الگوریتم تبدیل 2NF به 3NF: حذف FDهای با واسطه.

فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

مثالی قید می‌کنیم و در آن تا 3NF پیش می‌رویم.

- در حالت کلی، تمام صفات دانشجو، درس و انتخاب در یک رابطه می‌توانند باشند.
- قواعد محیط:

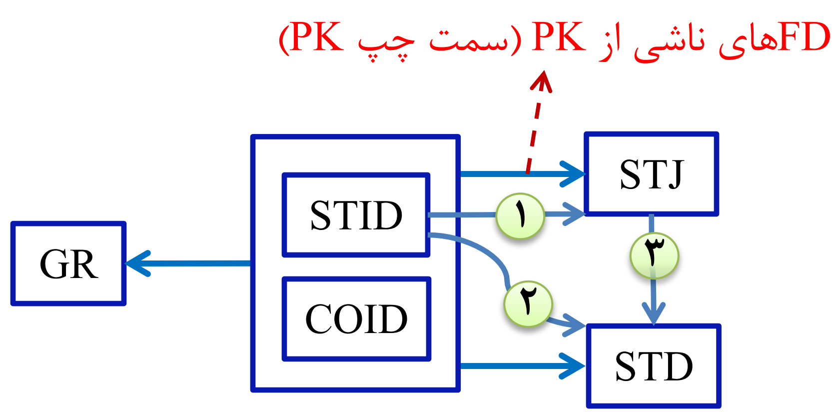
۱- یک دانشجو در یک رشته تحصیل می‌کند.

۲- یک دانشجو در یک دانشکده تحصیل می‌کند.

۳- یک رشته در یک دانشکده ارائه می‌شود.

R (<u>STID, COID</u>, STJ, STD, GR)

STID	COID	STJ	STD	GR
777	CO1	Phys	D11	19
777	CO2	Phys	D11	16
777	CO3	Phys	D11	11
888	CO1	Math	D12	16
888	CO2	Math	D12	18
444	CO1	Math	D12	13
555	CO1	Phys	D11	14
555	CO2	Phys	D11	12



فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- رابطه **R** در 1NF است (چون همه صفات تک مقداری هستند) ولی آنومالی دارد و باید نرمال‌تر شود.
- **آنومالی‌های رابطه R:**

۱- در درج:

درج کن این فقره اطلاع درمورد یک دانشجو را: ⟨‘666’, ‘chem’, ‘D16’⟩

درج ناممکن: تا ندانیم حداقل یک درسی که گرفته شده چیست.

۲- در حذف:

فرض می‌کنیم ’444‘ در این لحظه فقط همین تک درس را داشته باشد.

حذف کن فقط این اطلاع را: ⟨’444’, ‘CO1’, 13⟩

حذف انجام می‌شود اما اطلاع ناخواسته هم حذف می‌شود.

۳- در بهنگام‌سازی:

تغییر رشته تحصیلی دانشجو با شماره 777 به Chem.

برای انجام آن فزونکاری داریم؛ بهنگام‌سازی منتشرشونده (Propagating Update).

فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- **دلیل آنومالی‌های رابطه R:**

- از دیدگاه عملی: پدیده اختلاط اطلاعات، یعنی اطلاعات در مورد خود موجودیت دانشجو با اطلاعات در مورد انتخاب درس مخلوط شده است.

- از دیدگاه تئوری: وجود FDهای ناکامل

$$\begin{cases}(STID, COID) \rightarrow STD \\ STID \rightarrow STD\end{cases} \qquad \begin{cases}(STID, COID) \rightarrow STJ \\ STID \rightarrow STJ\end{cases}$$

- این FDهای ناکامل باید از بین بروند. برای این منظور رابطه **R** را باید چنان تجزیه عمودی کنیم که در رابطه‌های حاصل، FD ناکامل نباشد.

- برای این کار از عملگر پرتو استفاده می‌کنیم. پرتوی که منجر به یک <u>تجزیه خوب</u> شود.

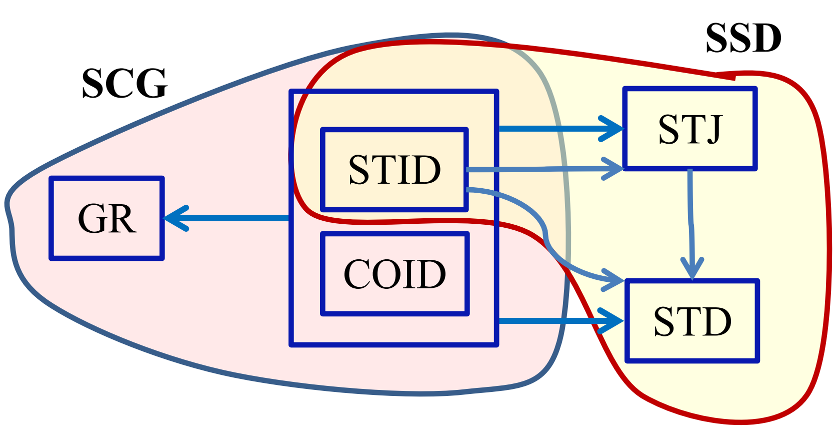
فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

$\Pi_{\langle STID,COID,GR \rangle}(R)$ و $\Pi_{\langle STID,STJ,STD \rangle}(R)$

SCG (<u>STID, COID</u>, GR) و **SSD (<u>STID</u>, STJ, STD)**

777	CO1	19
777	CO2	16
777	CO3	11
888	CO1	16
888	CO2	18
444	CO1	13
555	CO1	14
555	CO2	12

777	Phys	D11
888	Math	D12
444	Math	D12
555	Phys	D11



فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- رابطه‌های جدید آنومالی‌های R را ندارند:

۱- درج کن: ⟨’666’, ‘chem’, ‘D16’⟩

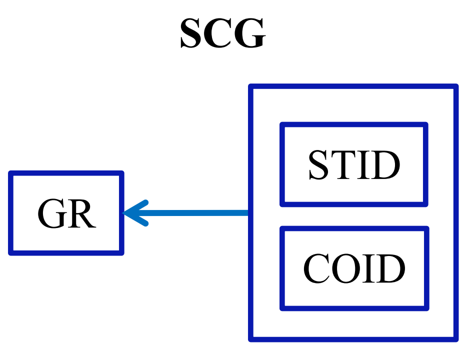
بدون مشکل در SSD درج می‌شود.

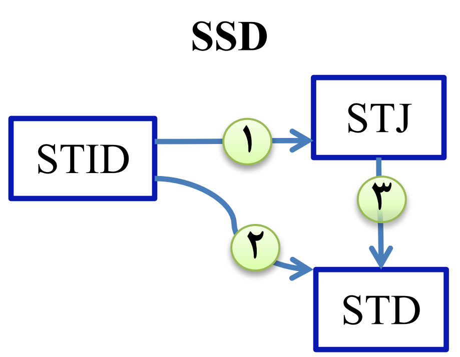
۲- حذف کن: ⟨’444’, ‘CO1’, 13⟩

بدون مشکل از SCG حذف می‌شود.

۳- بهنگام‌سازی کن: تغییر رشته دانشجوی 777 را به Chem

بدون مشکل در SSD بروز می‌شود.





فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- در طراحی جدید، FDهای ناکامل از بین رفتند. بنابراین SSD و SCG، 2NF هستند.

- **تاکید:** رابطه R، 2NF است هرگاه اولاً در 1NF باشد و ثانیاً هر صفت ناکلید با کلید اصلی، FD کامل داشته باشد (رابطه، FD ناکامل نداشته باشد).

- **تمرین:** بررسی شود که آیا در این تجزیه همه FDها محفوظ می‌مانند؟

- **نکته:** باید توجه کنیم که در تجزیه، FDای از دست نرود، چون هر FD یک قاعده جامعیت در محیط است.

- توجه داشته باشید که در این تجزیه هیچ اطلاعی از دست نمی‌رود. یعنی اگر کاربر رابطه اصلی را به هر دلیلی بخواهد، با پیوند دو رابطه جدید به دست می‌آید.

$$R = SCG \bowtie SSD$$

فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- آیا رابطه‌های جدید (SSD و SCG) آنومالی ندارند؟
- **آنومالی‌های SSD:**

۱- در درج:

اطلاع: «رشته IT در دانشکده D20 ارائه می‌شود.» به دلیل FD شماره ۳، این اطلاع منطقاً باید قابل درج باشد، اما درج نامکمن است. چون کلید ندارد، باید حداقل یک دانشجوی این رشته را بشناسیم.

۲- در حذف:

حذف کن ⟨'666', 'Chem'⟩ و با فرض اینکه تنها یک دانشجو در رشته Chem ثبت شده است.

حذف انجام می‌شود ولی اطلاع «رشته شیمی در D16 ارائه می‌شود»، ناخواسته حذف می‌شود.

۳- در بهنگام‌سازی:

«شماره دانشکده رشته فیزیک را عوض کنید». به تعداد تمام دانشجویان این رشته باید بهنگام‌سازی شود.

SSD باید نرمال‌تر شود.

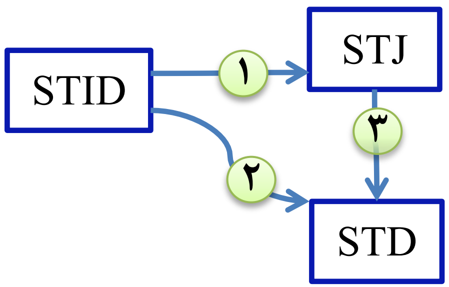
فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

دلیل آنومالی‌های SSD:

- دلیل آنومالی‌های SSD، وجود FD با واسطه بین صفت ناکلید با کلید اصلی است (به دلیل FD شماره ۳).

- این FD باید از بین برود.

SSD



- فرض کنید SSD را به صورت زیر تجزیه کنیم:

SJ (<u>STID</u>, <u>STJ</u>) و **SD (<u>STJ</u>, STD)**

777	Phys
888	Math
444	Math
555	Phys

Phys	D11
Math	D12

- افزونگی کم شد!

- تمرین: بررسی شود که رابطه‌های جدید آنومالی‌های SSD را ندارند.

فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

- این رابطه‌ها در 3NF هستند.
  - اولاً در 2NF هستند.
  - ثانیاً FD با واسطه نداریم.

SJ: $\underline{STID} \rightarrow STJ$

SD: $\underline{STJ} \rightarrow STD$

- **تمرین:** بررسی شود که در این تجزیه هیچ اطلاعی از دست نمی‌رود و FDها هم حفظ می‌شوند.
- **تاکید:** رابطه R در 3NF است اگر و فقط اگر اولاً در 2NF باشد و ثانیاً هر صفت ناکلید با کلید اصلی FD بی‌واسطه داشته باشد (تمام FDها مستقیماً ناشی از PK باشد).
- **نتیجه:** FDهای ناکامل و باواسطه مزاحم هستند و باید از بین بروند.
- در عمل رابطه‌ها باید حداقل تا 3NF نرمال شوند و خواهیم دید حتی‌الامکان در BCNF یا بیشتر باشند.
- در رابطه 3NF داریم که «یک بوده (واقعیت) : یک رابطه» و یا «یک شیئ : یک رابطه».

- در حالت کلی اگر R_1، R_2، .... و R_n پرتوهای دلخواه از R باشند، به شرط عدم وجود هیچمقدار داریم (ممکن است تاپل‌های افزونه بروز کند):

$$R \subseteq R_1 \bowtie R_2 \bowtie \cdots \bowtie R_n$$

- **تجزیه بی‌حذف:** شرطش این است که در صفات پیوند هیچمقدار (Null Value) نداشته باشیم.
  - اگر در صفات پیوند هیچمقدار داشته باشیم، چه پیش می‌آید؟

$$T(\underline{A}, B, C, D, E) \Rightarrow \quad T_1(A, B) \quad T_2(B, C, D, E)$$

تاپل‌هایی در پیوند از دست می‌روند. به این تاپل‌ها، تاپل‌های آونگان [معلق] (Dangling) گوییم.

- در مباحث نرمالترسازی معمولا فرض بر این است که **صفت (صفات) پیوند هیچمقدار ندارند**.

- **تجزیه خوب (Nonloss/Lossness Decomposition)**

۱- بی‌حشو: در پیوند پرتوها، تاپل حشو [افزونه] بروز نکند.

۲- حافظ FDها: هیچ FDای در اثر تجزیه از دست نرود و همه FDهای رابطه اصلی حفظ شوند.

۳- بی‌حذف: در پیوند پرتوها هیچ تاپلی حذف نشود (صفت یا صفات پیوند هیچمقدار نباشند).

۴- حافظ صفات: $H_R = \bigcup_{i\in\{1,\dots,n\}} H_{R_i}$

پیش‌فرض یا بدیهی

- در بیشتر متون کلاسیک، تجزیه بی‌حشو تحت عنوان **تجزیه بی‌کاست یا بی‌گمشدگی** (Nonloss/Lossless Decomposition) مطرح شده است که به همراه خاصیت حفظ وابستگی‌های تابعی، تجزیه خوب را شکل می‌دهد (دو ویژگی دیگر تجزیه خوب را پیش‌فرض تجزیه خوب می‌دانیم).
  - در واقع تاپلهای افزونه باعث از دست رفتن بخشی از اطلاعات می‌شوند.

[بحث تکمیلی] تجزیه خوب (ادامه)

- قضیه ریسانِن (Rissanen):

  - رابطه R به دو پرتوش (R_1 و R_2) **تجزیه خوب** می‌شود، اگر R_1 و R_2 از یکدیگر مستقل باشند.
  - R_1 و R_2 **مستقل** از یکدیگرند اگر و فقط اگر:

– صفت مشترک، حداقل در یکی از آنها CK باشد $\Leftarrow$ بی‌حشو بودن

– تمام FDهای رابطه اصلی یا در مجموعه FDهای R_1 و R_2 وجود داشته باشند یا از آنها منطقاً استنتاج شوند $\Leftarrow$ حافظ FDها

- **نکته:** بر اساس ضوابط ریسانن، اگر در رابطه R(A, B, C)، وابستگی‌های $A\rightarrow B$، $B\rightarrow C$ و $A\rightarrow C$ برقرار باشد، در اینصورت تجزیه خوب چنین است: $R_1(\underline{A}, B)$ و $R_2(\underline{B}, C)$.
  - در اینجا صفت مشترک B در رابطه دوم کلید کاندید است، چون همه صفات به آن وابستگی تابعی دارند و کاهش‌پذیر هم نیست.

[بحث تکمیلی] تجزیه خوب (ادامه)

- مثال: رابطه SSD را در نظر می‌گیریم. این رابطه به سه شکل به پرتوهای دوگانی قابل تجزیه است.

I SS (<u>STID</u>, STJ) SD (<u>STJ</u>, STD)

II SS (<u>STID</u>, STJ) SD (<u>STID</u>, STD)

III SS(<u>STID</u>, STD) SJ (<u>STJ</u>, STD)

- تجزیه I خوب است، چون هر دو شرط ریسانِن را دارد.

$$\left.\begin{array}{l} STID \rightarrow STJ \\ STJ \rightarrow STD \end{array}\right\} \Rightarrow STID \rightarrow STD$$

- تجزیه II خوب نیست، چون FD از دست می‌دهد.

- تجزیه III خوب نیست، چون FD از دست می‌دهد.

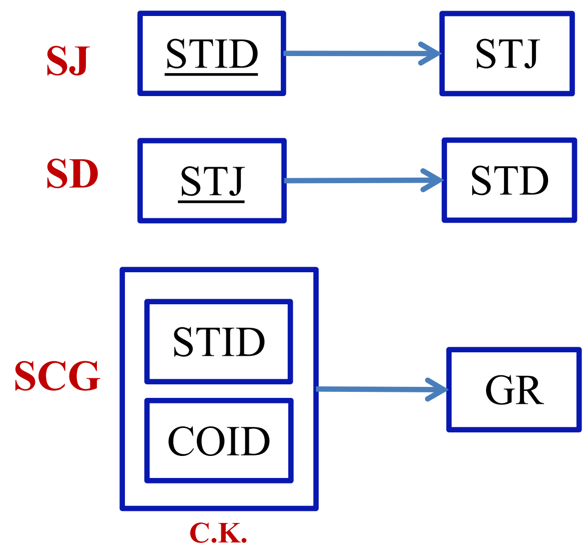
فرم نرمال BCNF

- **اصطلاح:** در وابستگی تابعی $A \rightarrow B$ (A Determines B) به A دترمینان گویند.

BCNF: رابطه R در BCNF است اگر و فقط اگر در آن دترمینان هر FD مهم و کاهش‌ناپذیر، CK باشد.

- در 3NF، تنها باید دترمینان رابطه PK باشد.
- چون رابطه می‌تواند بیش از یک CK داشته باشد، BCNF از 3NF قوی‌تر است.

رابطه‌های زیر در BCNF هستند.



SCGJD
- **SCG(<u>SID, COID</u>, GR)**
- **SJ (<u>STID</u>, STJ)**
- **SD (<u>STJ</u>, STD)**

فرم نرمال BCNF (ادامه)

- BCNF از 3NF قوی‌تر است. ⇐ رابطه می‌تواند در 3NF باشد، اما در BCNF نباشد.

- **حالت I:** رابطه R فقط یک CK داشته باشد. ⇐ اگر R در 3NF باشد، در BCNF هم هست (مثال دیده شده).

- **حالت II:** رابطه R بیش از یک CK داشته باشد.

  - **II–1)** CKها مجزا باشند (صفت مشترک نداشته باشند). ⇐ اگر R در 3NF باشد، در BCNF هم هست.

  - **II–2)** CKها هم‌پوشا باشند. ⇐ اگر R در 3NF باشد، لزوماً در BCNF نیست.

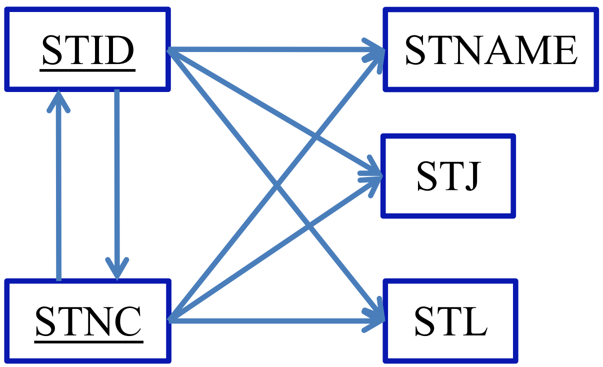
فرم نرمال BCNF (ادامه)

برای حالت 1-II

دو دترمینان، هر دو هم CK هستند.

ST (<u>STID</u>, STNAME, <u>STNC</u>, STJ, STL, …)

C.K.   C.K.

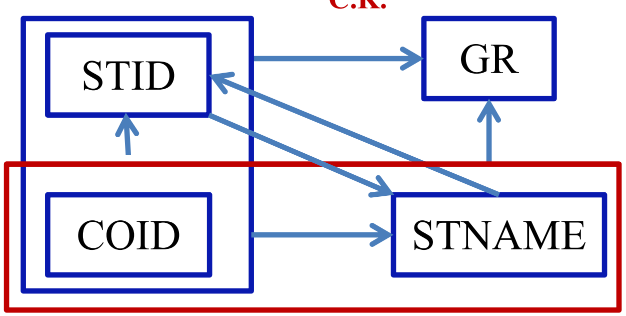


برای حالت 2-II

(فرض: هیچ دو دانشجویی نام یکسان ندارند.)

SCNG (<u>STID, COID</u>, STNAME, GR)

C.K. (STID, COID)   C.K. (COID, STNAME)



فرم نرمال BCNF (ادامه)

- کافی است یک دترمینان در رابطه پیدا کنیم که CK نباشد. ⇐ رابطه BCNF نیست.
- پس در کدام فرم نرمال است؟
  - 1NF هست. چون صفت‌ها تک‌مقداری هستند.
  - 2NF هست. چون FD ناکامل نداریم. ⇐ هر صفت ناکلید با کلید اصلی FD ناکامل نداشته باشد.

    ⇐در اینجا STNAME صفت غیرکلید نیست، پس FD ناکامل نیست.
  - 3NF هست. چون FD باواسطه با کلید اصلی نداریم.
- آیا این رابطه تجزیه می‌شود؟

SCG(<u>STID, COID</u>, GR) — C.K.

SSN (<u>STID</u>, <u>STNAME</u>) — C.K. , C.K.

هر دو BCNF هستند. ⇐

- آیا طرز دیگر هم می‌شود تجزیه کرد؟ بله، به جای STID در SCG، STNAME بگذاریم.

فرم نرمال BCNF (ادامه)

- نشان دهید که این تجزیه خوب است؛ یعنی با پیوند پرتوها، رابطه اصلی به دست می‌آیدو هیچ FD از دست نمی‌رود.

- چه پدیده‌ای در اینجا دیده می‌شود؟ این رابطه اختلاط اطلاعات دارد! با این همه 3NF است.

SCNG (<u>STID, COID</u>, STNAME, GR)

C.K. (STID, COID)   C.K. (COID, STNAME)

- **نکته:** صرف وجود اختلاط اطلاعات ایجاب می‌کند که رابطه در فرم نرمال ضعیف باشد.

- **تمرین:** محیط دانشکده، قواعد معنایی:

۱- یک دانشجو یک درس را با یک استاد انتخاب می‌کند.

۲- یک استاد فقط یک درس تدریس می‌کند.

۳- یک درس توسط بیش از یک استاد ارائه می‌شود.

فرم نرمال BCNF (ادامه)

- فرض می‌کنیم طراح رابطه زیر را طراحی کرده است.

C.K.

SCNG (ST#, CO#, PR#)

C.K.

- این رابطه در کدام فرم نرمال است؟
  - ابتدا باید با استفاده از قواعد، CKها را مشخص کنیم. سپس نمودار FD را رسم کنیم.
- آیا این رابطه، تجزیه خوب دارد؟
  - **نکته:** اگر رابطه مثلاً 3NF باشد و تجزیه خوب نداشته باشد، نباید تجزیه کنیم تا رابطه‌های حاصل BCNF باشد.
  - رابطه فوق در 3NF است و از نکته فوق این نتیجه مهم به دست می‌آید که این رابطه تجزیه خوب ندارد.

بررسی تجزیه بی‌کاست [بحث تکمیلی]

قضیه هیث (Heath): در رابطه $R(A, B, C)$، که در آن A، B و C سه مجموعه از صفات هستند، اگر $A \rightarrow B$ (در F^+ باشد)، آنگاه تجزیه R به دو پرتو $R_1(A, B)$ و $R_2(A, C)$، **تجزیه بی‌کاست** (Nonloss) است.

دقت شود که برقراری شرایط قضیه هیث، یک تجزیه بی‌کاست (و نه لزوما خوب که حافظ FD باشد) را تضمین می‌نماید اما برقراری شرایط قضیه ریسانن، یک تجزیه خوب را تضمین می‌نماید. واضح است که در قضیه ریسانن شرایط قضیه هیث نیز برقرار است. بیانی دیگر از قضیه هیث تحت عنوان تست NJB به صورت زیر است.

تست پیوند بی‌حشو برای تجزیه دودویی (NJB- Nonadditive Join Test for Binary Decompositions):

تجزیه دودویی $D=\{R_1, R_2\}$ از رابطه R خاصیت پیوند بی‌حشو دارد اگر و تنها اگر یکی از موارد زیر با توجه به مجموعه FDهای F برقرار باشد:

- وابستگی تابعی $(R_1 \cap R_2) \rightarrow (R_1 - R_2)$ در F^+ باشد یا
- وابستگی تابعی $(R_1 \cap R_2) \rightarrow (R_2 - R_1)$ در F^+ باشد.

فرم نرمال 4NF

4NF: رابطه R در4NF است اگر و فقط اگر در BCNF باشد و وابستگی چندمقداری (MVD) مهم در آن وجود نداشته باشد.

وابستگی چندمقداری (MVD): در رابطه R(A, B, C) (رابطه با سه صفت یا سه مجموعه صفت)، صفت B با صفت A، MVD دارد (A→→B) اگر و فقط اگر به ازای یک مقدار A، مجموعه‌ای از مقادیر B متناظر باشد.

[یعنی به ازای هر جفت مشخص از (A,C)، مجموعه مقادیر B فقط با تغییرات A تغییر کند.]

به فرم غیرنرمال

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	b_1, b_2, b_3	c_1
a_1	b_1, b_2, b_3	c_2
a_2	b_1, b_7	c_i

به فرم نرمال

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	b_1	c_1
a_1	b_2	c_1
a_1	b_3	c_1
a_1	b_1	c_2
a_1	b_2	c_2
a_1	b_3	c_2
a_2	b_1	c_i
a_2	b_7	c_i

A →→B

فرم نرمال 4NF (ادامه)

نکات:

۱- اگر $B \subseteq A$ باشد، به $A \rightarrow\rightarrow B$ می‌گوییم MVD بدیهی [نامهم]

اگر $A \cup B = H_R$ باشد، به $A \rightarrow\rightarrow B$ می‌گوییم MVD بدیهی [نامهم]

۲- MVD در رابطه‌های با سه صفت [ساده یا مرکب] همیشه جفت است.

If $A \rightarrow\rightarrow B$ **then** $A \rightarrow\rightarrow (H\text{-}\{A,B\})$ **یا** $A \rightarrow\rightarrow C$

برای اثبات این نکته کافی است به جای یک جفت مقدار از (A, C)، یک جفت (A, B) را بگیریم، آن مجموعه برای C تشکیل می‌شود.

۳- برای MVD هم قواعد آرمسترانگ وجود دارد که با قواعد مربوط به FDها متفاوت است.

فرم نرمال 4NF (ادامه)

استاد از دانشجو گزارش آزمایشگاه می‌گیرد.

رابطه غیرنرمال با صفت چندمقداری

NNPSR (PR#, ST#, RE#)

- در این محیط یک قاعده معنایی خاص وجود دارد: یک استاد از هر یک از دانشجویان یک گروه، هر یک از گزارش‌های یک مجموعه گزارش را می‌گیرد.
- اگر این قاعده معنایی نباشد، این مجموعه‌ها شکل نمی‌گیرد.

NNPSR (PR#, ST#, RE#)

$$\begin{array}{lll} PR_1 & \begin{bmatrix}777\\888\\444\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}R_1\\R_2\end{bmatrix} \\ PR_2 & \begin{bmatrix}777\\666\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}R_3\end{bmatrix} \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{array}$$

فرم نرمال 4NF (ادامه)

درس C توسط استاد T از روی کتاب B ارائه می‌شود.

- پدیده MVD بیان فرمال صفت چندمقداری است.

فرم نرمال شده این مثال، افزونگی زیادی دارد.

- رابطه تمام‌کلید است؛ یعنی هیچ یک به تنهایی و هیچ ترکیب دوتایی آن CK نیست.
- <u>رابطه تمام‌کلید حداقل BCNF است.</u>

زیرا یک دترمینان دارد که آن هم CK است.

رابطه غیرنرمال با صفت چندمقداری

NNCTX (<u>C#</u>, T#, B#)

$$
\begin{array}{lll}
c_1 & \left\{\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{matrix}\right\} & \left\{\begin{matrix} b_1 \\ b_2 \end{matrix}\right\} \\
c_2 & \left\{\begin{matrix} t_4 \\ t_2 \end{matrix}\right\} & \left\{\begin{matrix} b_3 \\ b_5 \\ b_7 \end{matrix}\right\}
\end{array}
$$

CTX (<u>C#, T#, B#</u>)

c_1	t_1	b_1
c_1	t_2	b_1
c_1	t_3	b_1
c_1	t_1	b_2
c_1	t_2	b_2
c_1	t_3	b_2
c_2	t_4	b_3
c_2	t_2	b_3
c_2	t_4	b_5
c_2	t_2	b_5
c_2	t_4	b_7
c_2	t_2	b_7

فرم نرمال 4NF (ادامه)

- با این همه رابطه اخیر آنومالی دارد.
  - **در درج:** در درس c_1، کتاب b_8 نیز به عنوان مرجع درس ثبت شود.

  نمی‌توانیم بگوییم چون کلید نداریم نمی‌توانیم درج کنیم. باید قواعد معنایی رعایت شود.

  باید درج کنیم: $\langle c_1, t_1, b_8\rangle$

  $\langle c_1, t_2, b_8\rangle$

  $\langle c_1, t_3, b_8\rangle$

  یعنی عمل منطقاً تاپلی تبدیل شده به عمل مجموعه‌ای

  - در حذف و بهنگام‌سازی هم به دلیل وجود افزونگی، آنومالی داریم.
- رابطه CTB باید تجزیه شود تا رابطه‌های حاصل 4NF شود.

فرم نرمال 4NF (ادامه)

- دلیل آنومالی این رابطه، وجود پدیده MVD است.

$$\begin{cases} C\# \rightarrow\rightarrow B\# \\ C\# \rightarrow\rightarrow T\# \end{cases}$$

- پس CTB را باید چنان تجزیه کنیم که در رابطه‌های حاصل، MVD وجود نداشته باشد.
- برای این کار CTB را پرتوگیری می‌کنیم به نحوی که در عنوان هر پرتو، مبدأ MVD وجود داشته باشد.

CT (<u>C#, T#</u>)

c_1	t_1
c_1	t_2
c_1	t_3
c_2	t_4
c_2	t_2

CB (<u>C#, B#</u>)

c_1	b_1
c_1	b_2
c_2	b_3
c_2	b_5
c_2	b_7
c_1	b_8

درج به صورت عملاً تاپلی و نه مجموعه‌ای

- رابطه‌های جدید آنومالی CTB را ندارند.
- این دو رابطه جدید BCNF هستند، چون تمام کلید هستند. MVD مهم ندارند، پس 4NF هستند.
- **تمرین:** نشان دهید با پیوند این دو رابطه، رابطه اصلی به دست می‌آید.

فرم نرمال 4NF (ادامه)

- **قضیه فاگین (Fagin):** رابطه R(A, B, C) به دو پرتوش $R_1(A, B)$ و $R_2(A, C)$ **تجزیه بی‌کاست** (Nonloss) می‌شود اگر و فقط اگر $A \to\to B$.

- قضیه فاگین (برای MVD) تعمیم قضیه هیث (برای FD) است.

- آیا می‌توان گفت مفهوم MVD تعمیم مفهوم FD است؟ آیا می‌توان گفت FD حالت خاصی از MVD است؟
  - FD حالت خاصی از MVD است که در آن مجموعه مقادیر صفت وابسته، تک عنصری هستند.

- همچنین این استنتاج منطقی را هم داریم:

If $A \to B$ **then** $A \to\to B$

فرم نرمال 4NF (ادامه)

- **نکته:** بحث 4NF از یک دیدگاه می‌تواند اصلاً موضوعیت نداشته باشد. زیرا رابطه‌ای که BCNF باشد و MVD داشته باشد قطعاً صفت چندمقداری دارد و می‌دانیم در طراحی برای صفات چندمقداری، از همان ابتدا می‌توان رابطه‌های جداگانه طراحی کرد.

- با این همه مفهوم MVD به عنوان بیان فرمال صفت چندمقداری قابل توجه است.

تعریف زاینولو از 3NF، BCNF، 4NF و ... مطالعه شود.

فرم نرمال 5NF

تعریف **وابستگی پیوندی (JD):** رابطه R وابستگی پیوندی به n پرتو R_1، R_2، ... و R_n دارد اگر و فقط اگر R حاصل پیوند بی‌حشو این n پرتو باشد.

$$R=[JD]^*(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

مثال $CTB=[JD]^*(CT, CB)$

- JD را نامبهم گوییم هرگاه عنوان (Heading) یکی از R_iها همان عنوان (Heading) رابطه R باشد.

تعریف **5NF [PJNF] – فرم نرمال پرتو پیوندی:** رابطه R در 5NF است اگر و فقط اگر تمام JDهای آن ناشی از CK باشد. ⇐ ناشی از CK بودن یعنی عنوان همه پرتوها، در همه JDها، سوپرکلید باشد.

- رابطه CTB در 5NF نیست، چون (C#, T#) و (C#, B#) سوپرکلید رابطه CTB نیستند.

فرم نرمال 5NF (ادامه)

STUD (STID, STNAME, STJ, STL)

- فرض می‌کنیم که 3NF هست و FD مزاحم نداریم.

STN (STID, STNAME)
SJL (STID, STJ, STL) ⇒ STUD= [JD]*(STN, SJL) JD به دو پرتو

STN (STID, STNAME)
SJ (STID, STJ) ⇒ STUD= [JD]*(STN, SJ, SL) JD به سه پرتو
SL (STID, STL)

- رابطه STUD در 5NF است. چون عنوان همه پرتوها در همه JDهای آن، سوپرکلید هستند (ناشی از کلید کاندید هستند).

فرم نرمال 5NF (ادامه)

❑ **نکته:** اگر رابطه‌ای در 3NF باشد و تمام CKهای آن ساده باشند، آن رابطه در 5NF است.

مثال: PCD رابطه‌ای است که در 4NF است ولی در 5NF نیست. JD به دو پرتو ندارد، بلکه به سه پرتوش JD دارد، که هیچکدام سوپرکلید نیستند. این محدودیت، یک محدودیت دائمی و مستقل از زمان است که از محدودیتهای محیط عملیاتی نشأت گرفته و همواره در بدنه رابطه برقرار است.

محدودیت موجود: هرگاه استاد p درس c را ارایه کند و درس c در دانشکده d ارایه شده باشد و استاد p در دانشکده d حداقل یک درس ارایه داده باشد، آنگاه استاد p درس c را نیز در دانشکده d ارایه می‌نماید.

PCD (<u>PR#, CO#, D#</u>)

PR_1	co_1	d_2
PR_1	co_2	d_1
PR_2	co_1	d_1
PR_1	co_1	d_1

مثال: رابطه SPJ تمام کلید است. ⇐ حداقل BCNF

MVD ندارد. ⇐ 4NF است.

محدودیت موجود: هرگاه تولیدکننده s قطعه p را تولید کند و قطعه p در پروژه j استفاده شود و تولیدکننده s حداقل یک قطعه در پروژه j تولید کرده باشد، آنگاه تولید کننده s قطعه p را در پروژه j تولید کرده است.

SPJ (<u>S#, P#, J#</u>)

S_1	P_1	J_1
S_1	P_1	J_2
S_1	P_2	J_1
S_2	P_1	J_1

فرم نرمال 5NF (ادامه)

- فرض می‌کنیم بخواهیم این رابطه را تجزیه کنیم:

SP (S#, P#)

S#	P#
S_1	P_1
S_1	P_2
S_2	P_1

PJ (P#, J#)

P#	J#
P_1	J_1
P_1	J_2
P_2	J_1

$\bowtie$

SPJ' (S#, P#, J#)

S#	P#	J#
S_1	P_1	J_1
S_1	P_1	J_2
S_1	P_2	J_1
S_2	P_1	J_2
S_2	P_1	J_1

تاپل حشو

- این رابطه JD به دو پرتوش ندارد.
- یک پرتو دیگر هم می‌گیریم:

SJ (S#, J#)

S#	J#
S_1	J_2
S_1	J_1
S_2	J_1

$\bowtie$

SPJ (S#, P#, J#)

	S#	P#	J#
۱	S_1	P_1	J_1
۲	S_1	P_1	J_2
۳	S_1	P_2	J_1
۴	S_2	P_1	J_1

فرم نرمال 5NF (ادامه)

- پس SPJ، JD دارد به سه پرتوش و نه کمتر: SPJ= [JD]*(SP, PJ, SJ)

  و 5NF نیست چون عنوان (Heading) پرتوهایش سوپرکلید نیست.

- در این مثال از سه فقره اطلاع دو موجودیتی، باید یک اطلاع سه موجودیتی را استنتاج کنیم، چرا که این یک محدودیت جامعیتی حاکم بر محیط است (وجود وابستگی پیوندی).

- توجه داشته باشید که در حالت کلی چنین استنتاجی درست نیست و پدیده دام پیوندی حلقه‌ای بروز می‌کند، ولی در اینجا به دلیل وجود وابستگی پیوندی، چنین مشکلی بروز نمی‌کند.

فرم نرمال 5NF (ادامه)

نکته: در این رابطه یک محدودیت بسیار نادر، موسوم به محدودیت با **ماهیت چرخشی (CC)** وجود دارد.

- با وجود تاپل‌های دوم تا چهارم در رابطه SPJ باید تاپل (S_1, P_1, J_1) نیز وجود داشته باشد.
- این محدودیت ناشی از وجود (S_1,P_1) در تاپل دوم، (S_1,J_1) در تاپل سوم و (P_1,J_1) در تاپل چهارم است.
- در واقع مقدار هر یک از سه صفت در سه تاپل از چهار تاپل رابطه SPJ یکسان است و در هر یک از سه پرتو دوتایی، یک صفت مشترک با دو پرتو دیگر وجود دارد.

- اگر یک رابطه CC داشته باشد در فرم نرمال 5NF نیست.

- برای تشخیص این محدودیت در رابطه درجه n دوتست انجام می‌دهیم:

۱- تعداد تاپل‌ها: n+1

۲- مقدار هر صفت، در n تاپل یکسان باشد.

فرم نرمال 5NF (ادامه)

در رابطه R هر ترکیب دوتایی CK است. لذا در فرم نرمال 5NF است زیرا:

- سه دترمینان دارد که هر سه CK هستند. $\Leftarrow$ BCNF است.
- MVD ندارد. $\Leftarrow$ 4NF است.
- CC ندارد و همه JDهای آن ناشی از کلید کاندید هستند. $\Leftarrow$ 5NF است.

R (A, B, C)

A	B	C
a_1	b_1	c_2
a_1	b_2	c_1
a_2	b_1	c_1

فرم نرمال 6NF

رابطه R در 6NF است هر گاه اصلاً JD مهم نداشته باشد.

- **نکته:** در رابطه درجه n، اگر غیر از کلید فقط یک صفت دیگر داشته باشد، در 6NF است.

به طور مثال رابطه SPJ که 5NF نبود را به سه رابطه SP، SJ و PJ تجزیه می‌کنیم.

این سه رابطه در فرم نرمال 5NF و 6NF هستند.

فرم نرمال DKNF چیست؟

- تئوری نرمال‌ترسازی به عنوان ابزار طراحی RDB، مزایا و معایبی دارد.

- **مزایای تئوری نرمال‌ترسازی:**

۱- ارائه یک طراحی واضح از خُردجهان واقع (Clean Design)؛ یعنی با کمترین اختلاط اطلاعات.

یعنی در واقع رعایت یک اصل در عمل (one fact : one table).

۲- کاهش بعض افزونگی‌ها؛ آن افزونگی‌هایی که با پرتوگیری از بین می‌روند (کاهش می‌یابد).

۳- کاهش بعض آنومالی‌ها [ناشی از اختلاط اطلاعات].

۴- بعض قواعد جامعیت را اعمال می‌کنیم (ناشی از وابستگی بین صفات).

- این تئوری به طراح کمک می‌کند تا تصمیم بگیرد چند رابطه داشته باشد و هر رابطه عنوانش چه باشد و کلیدش چه باشد.

معایب تئوری نرمال‌ترسازی:

۱- فزون‌کاری در بازیابی (اگر کاربر به هر دلیلی رابطه اصلی را بخواهد، عمل پیوند (Join) باید انجام شود که در حجم بالای داده، سربار زیادی دارد).

به دلیل همین عیب، گاه در عمل لازم است غیرنرمال‌سازی (Denormalization) انجام دهیم.

یعنی تبدیل حداقل دو رابطه (i+1)NF به یک رابطه (i)NF.

۲- فرآیند نرمال‌ترسازی زمان‌گیر است به ویژه اگر مجموعه صفات محیط بزرگ باشد و نمودار FDها گسترده باشد.

۳- مبتنی است بر یک فرض نه چندان واقع‌بینانه [فرض: در آغاز مجموعه‌ای از صفات داریم در یک مجموعه Universal، آنگاه با روش سنتز صفات (دسته‌بندی صفات) به تعدادی رابطه می‌رسیم.] در حالیکه در عمل ابتدا روش بالا به پایین و رسیدن به تعدادی رابطه با درجه متعارف، آنگاه استفاده از ایده‌های این تئوری برای تست نرمالیتی (اول تست 3NF، بعد BCNF و 5NF).

جمع‌بندی (ادامه)

۴- همه وابستگی‌های بین صفات دیده نشده‌اند؛ مثلاً وابستگی شمول دیده نشده است.

۵- ایجاد میزانی افزونگی؛ چون اگر بخواهیم تجزیه خوبی داشته باشیم، یا CK باید در همه پرتوها تکرار شود یا پیوندهای CK-FK وجود داشته باشد!

۶- استفاده محدود از عملگرهای جبر رابطه‌ای.   تجزیه ← پرتو   بازسازی ← پیوند

حال آنکه در عمل گاه لازم است رابطه را تجزیه افقی کنیم:

$$ST_1 = \sigma_{STJ='Phys'}(STUD)$$

$$ST_2 = \sigma_{STJ='IT'}(STUD)$$

$$\ldots$$

$$ST_n = \sigma_{STJ='Comp'}(STUD)$$

$$STUD = \cup_{i=1}^{n}(ST_i)$$

جمع‌بندی (ادامه)

- به رابطه‌های ناشی از تجزیه افقی می‌گوییم:

  فرم نرمال گزینش اجتماع (تحدید اجتماع) RUNF (Restriction Union Normal Form)

- RUNF لزوماً در امتداد فرم‌های نرمال نیست. به موازات آنها مطرح است. یعنی ممکن است رابطه 3NF باشد، تجزیه افقی کنیم و باز هم 3NF باشد.

در چه شرایطی رابطه حاصل از تجزیه افقی از خود رابطه نرمال‌تر است؟

پرسش و پاسخ . . .

amini@sharif.edu