به نام آنکه جان را فکرت آموخت

بخش هشتم:
طراحی پایگاه داده رابطه‌ای

مرتضی امینی

نیمسال دوم ۹۴-۹۵

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

فرم‌های نرمال

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

  فرم‌های کلاسیک کادی (Codd)

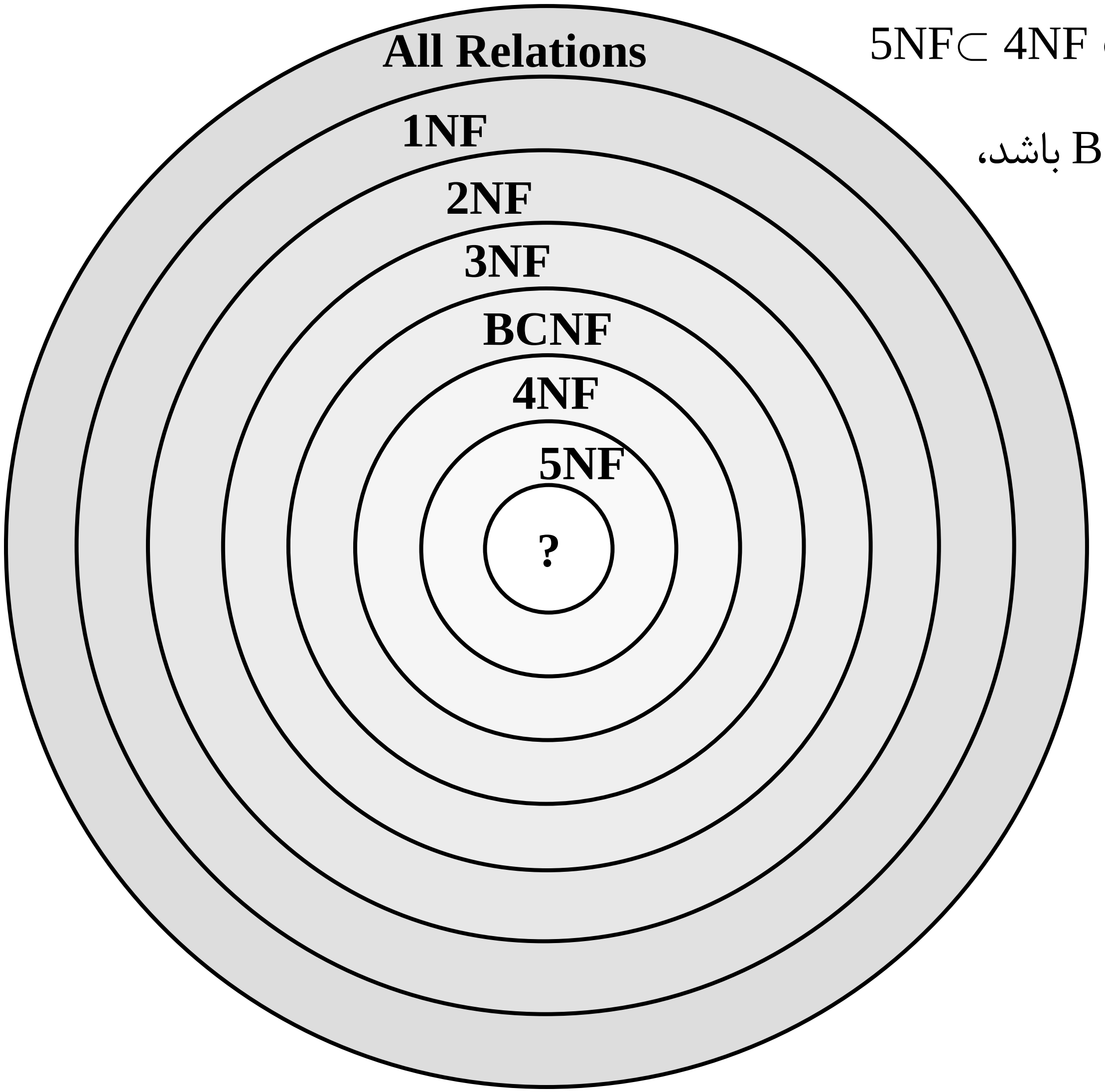
  - BCNF (Boyce-Codd Normal Form)
  - 4NF
  - 5NF یا PJNF (Projection Join Normal Form)
  - 6NF
  - DKNF (Domain Key Normal Form)

  سطوح در تئوری؛ چندان کاربرد عملی ندارند.

رابطه نرمال‌تر / آنومالی کمتر

رابطه بین فرم‌های نرمال

- $5NF \subset 4NF \subset BCNF \subset 3NF \subset 2NF \subset 1NF$
- 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

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:

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

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

R (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: $K \rightarrow G$.

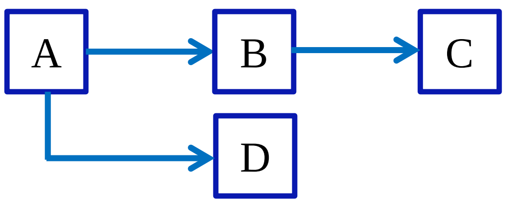
وابستگی تابعی (ادامه)

(۵) نمایش FDهای رابطه R به روشهای مختلف:

- به صورت یک مجموعه:

F={A→B, B→C, A→D}

- با نمودار FDها:



- روی خود عنوان رابطه با استفاده از فلش‌هایی:

R (A, B, C, D)

(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).

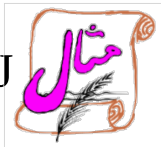
❑ **تمرین:** در رابطه R(X, Y, Z)، یک اِظهار بنویسید که قاعده معنایی X→Y را پیاده‌سازی نماید.

(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**)**



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.

قواعد استنتاج آرمسترانگ

1- if $B \subseteq A$ then $A \rightarrow B$ $\Rightarrow$ $A \rightarrow A$ (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:** سه قاعده اول به آسانی قابل اثبات هستند 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 $A \nrightarrow C$. 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_1	…	c_1
.	. . .	.
a_1	…	c_2

R (A,	B,	C)
a_1	b_1	c_1
.	. . .	.
a_1	b_2	c_2

حالت اول

R (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:

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

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:

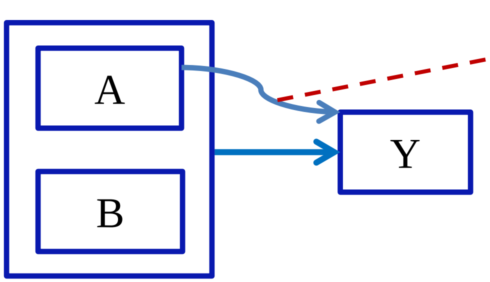
۱- هیچ FD در آن افزونه نباشد.

۲- سمت راست هر FD، صفت ساده باشد.

۳- سمت چپ هر FD، خود کاهش‌ناپذیر باشد: در وابستگی تابعی $X \to Y$، X را کاهش‌ناپذیر (و وابستگی $X \to Y$ 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 $X \to Y$ را **ناکامل** گوییم.

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



$$\left\{ \begin{array}{l} \overbrace{(A, B)}^{X} \to Y \\ A \to Y \end{array} \right. \Rightarrow \text{FD ناکامل}$$

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.

مجموعه کاهش‌ناپذیر چه کاربردی دارد؟

وابستگی تابعی با واسطه (TFD): اگر $A \rightarrow B$، $B \rightarrow C$ و $B \nrightarrow A$، 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.

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.

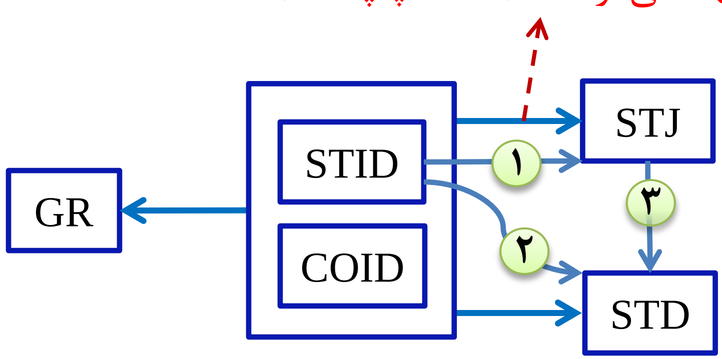
۲- یک دانشجو در یک دانشکده تحصیل می‌کند.

۳- یک رشته در یک دانشکده ارائه می‌شود.

R (<u>STID</u>, <u>COID</u>, 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

FDهای ناشی از PK (سمت چپ PK)



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 تجزیه خوب شود.

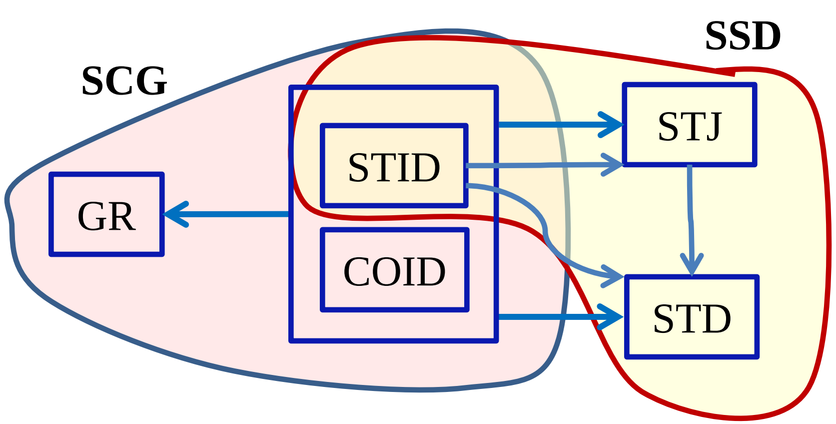
فرم‌های نرمال کلاسیک کادی (ادامه)

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

SCG (<u>STID</u>, <u>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.

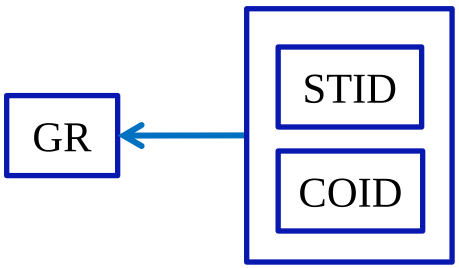
۲- حذف کن: ⟨’444’, ‘CO1’, 13⟩

بدون مشکل از SCG حذف می‌شود.

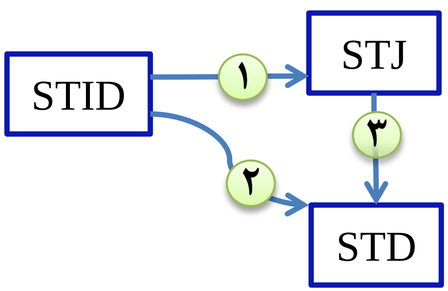
۳- بهنگام‌سازی کن: تغییر رشته دانشجوی 777 را به Chem

بدون مشکل در SSD بروز می‌شود.

SCG



SSD



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)

- 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**.

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 نامکن 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:

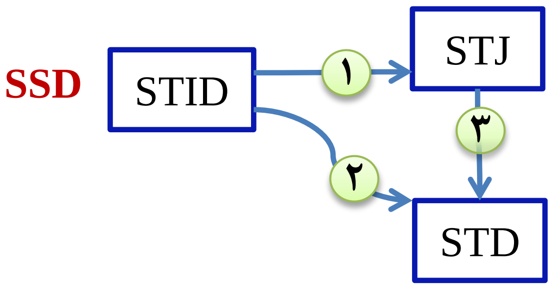
«شماره دانشکده رشته فیزیک را عوض کنید». به تعداد تمام دانشجویان این رشته باید بهنگام‌سازی شود.

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.



- 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: STID → STJ

SD: STJ → 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».

- **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: $\cup_{i\in\{1,\dots,n\}} H_{R_i} = H_R$

پیش‌فرض یا بدیهی

- در بیشتر متون کلاسیک، بحث تجزیه خوب، تحت عنوان **تجزیه بی‌کاست یا بی‌گمشدگی** (Nonloss/Lossless Decomposition) مطرح شده است، که منظور همان بی‌حشو و حافظ وابستگی‌های تابعی بودن است (و دو ویژگی دیگر تجزیه خوب را پیش‌فرض تجزیه خوب بدانیم).
  - 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 ⇐ بی‌حشو بودن

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

- **نکته:** بر اساس ضوابط ریسانن، اگر در رابطه R(A, B, C)، وابستگی‌های A→B، B→C و A→C برقرار باشد، در اینصورت تجزیه خوب چنین است: $R_1(\underline{A}, B)$ و $R_2(\underline{B}, C)$.

  - در اینجا 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

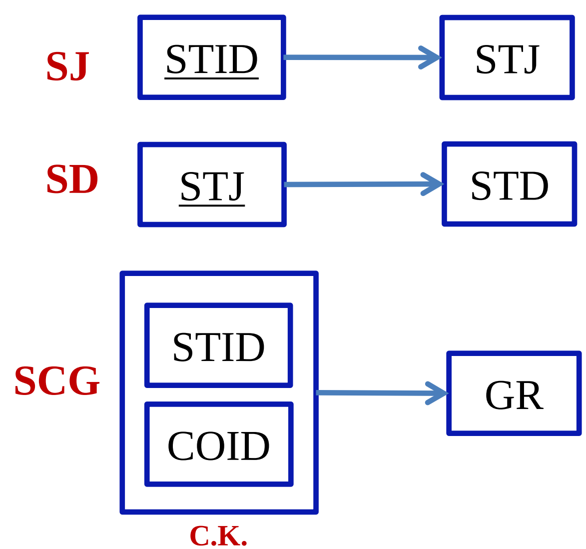
- **اصطلاح:** در وابستگی تابعی A→B (A Determines B) به A دترمینان گویند.

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.

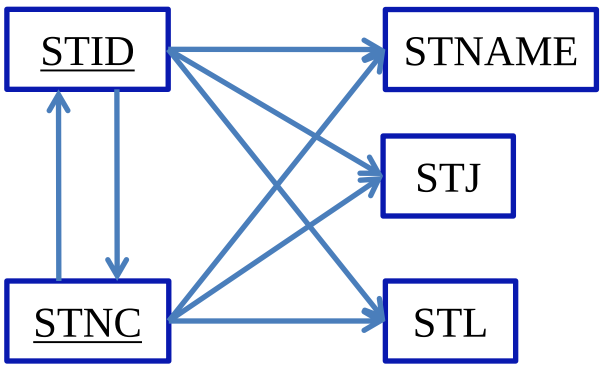
فرم نرمال BCNF (ادامه)

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.

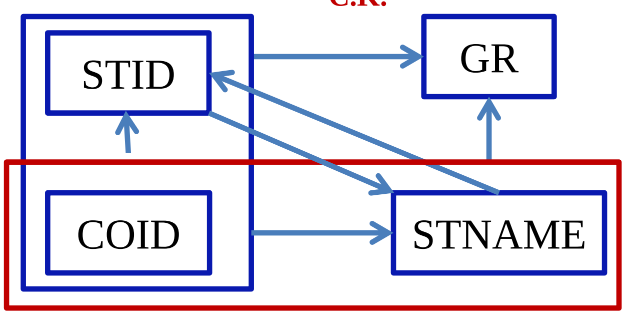


برای حالت 2-II

(فرض: هیچ دو دانشجویی نام یکسان ندارند.)

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

C.K. C.K.



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

    $\Leftarrow$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.

$\Rightarrow$ 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 ضعیفی 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.