

به نام آنکه جان را فکرت آموخت



بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

مرتضی امینی

نیمسال دوم ۹۵-۹۶

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



□ RDM مبنای تئوریک RDB و RDBMS

□ واضع مدل: F. Codd

□ مفاهیم زیر در طی سه بخش باقیمانده از این درس مرور می‌شوند:

□ رابطه (Relation)

□ دامنه (میدان)

□ رابطه نرمال و غیرنرمال

□ کلید در مدل رابطه‌ای

□ قواعد جامعیت رابطه‌ای

□ عملیات در RDB ← جبر رابطه‌ای

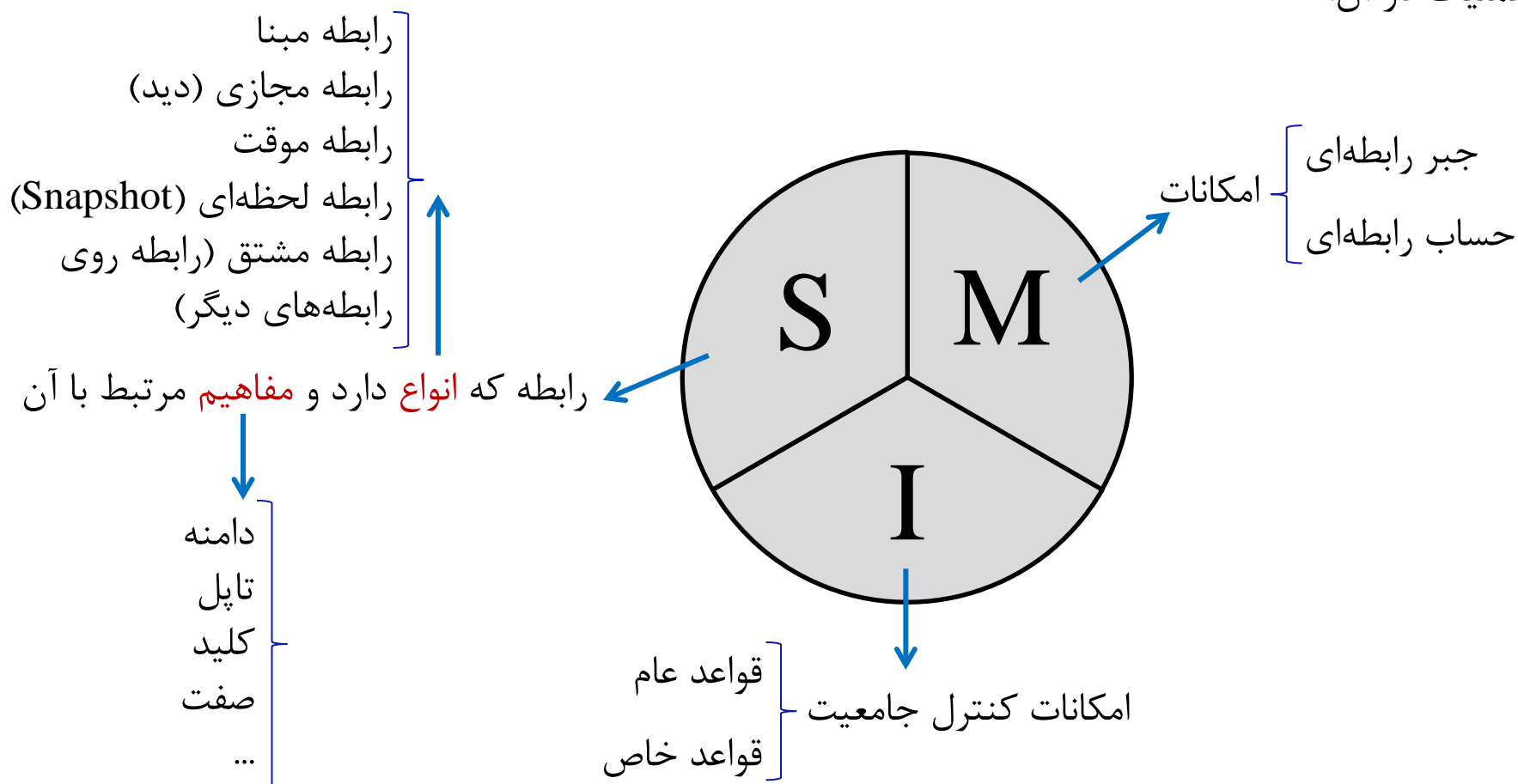
□ طراحی RDB ← حساب رابطه‌ای

روش بالا به پایین

روش نرمال‌ترسازی (سنتز)



✓ **مدل داده** مجموعه‌ای است از امکانات برای طراحی منطقی و تعریف پایگاه داده‌ها، کنترل آن و نیز انجام عملیات در آن.





در ریاضی: هر زیر مجموعه از ضرب کارتزین چند مجموعه



(۱) با فرض وجود m مجموعه از مقادیر موسوم به دامنه [میدان] D_1, \dots, D_m :

رابطه R با صفات A_1, \dots, A_m تعریف شده روی این m دامنه

مجموعه‌ای است از عناصر، هر یک به صورت $\langle d_{1i}, d_{2i}, \dots, d_{mi} \rangle$ موسوم به m -تاپل (m-tuple)

به نحوی که $d_{ji} \in D_j, \dots, d_{1i} \in D_1$



STUD (STID, STNAME, STJ, STL, STD)

777 st7 bs phys d11

⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

444 st4 bs comp d14

یک تاپل ۵-تایی



(۲) [Date] با فرض وجود m مجموعه از مقادیر موسوم به دامنه [میدان] D_1, \dots, D_m نه لزوماً متمایز،

رابطه R تعریف شده روی این m دامنه:

- عنوان [سرآیند] (Heading): مجموعه‌ای است نامدار از اسامی صفات یعنی $\{A_1, \dots, A_m\}$ که با $R(A_1, \dots, A_m)$ نمایش داده می‌شود.
- بدنه [پیکر] (Body): مجموعه‌ای است از تاپل‌ها [همان مجموعه در تعریف اول].

رابطه دانشجو



STUD (STID, STNAME, STJ, STL, STD)

اصطلاح	m
رابطه یگانی	۱
رابطه دوگانی	۲
رابطه n گانی	n

□ **درجه رابطه:** کاردینالیتی عنوان یا تعداد صفات رابطه



مجموعه عنوان را با H_R یا $R(H)$ نیز نمایش می‌دهیم. به $R(H)$ ، Intention (ذات، جوهر یا **چکیده**) رابطه هم گفته می‌شود. ☐

$R(H)$ ثابت در زمان است. یعنی اگر مجموعه صفات را عوض کنیم، از نظر ریاضی یک رابطه دیگر است. ☐

همین $R(H)$ برای تعریف رابطه در سیستم کافی است. ☐



CREATE RELATEION STUD

(STID, STNAME, STJ, STL, STD)

هر رابطه یک معنا دارد، بیانگر واقعیتی از یک محیط مشخص. به عنوان مثال وقتی می‌گوییم رابطه STUD را داریم، معنایش این است که در خردجهان واقع، نوع موجودیتی با نام STUD و با صفات STID و STNAME و ... و STD وجود دارد. ☐



❑ **کاردینالیتی رابطه:** همان کاردینالیتی بدنه؛ تعداد تاپل‌ها (بزرگتر مساوی صفر؛ صفر در بدو تعریف)

❑ بدنه رابطه، متغیر در زمان است.

❑ به یک مقدار بدنه در یک لحظه مشخص instance گویند.

❑ به بدنه رابطه، Extension (**بسط** یا گسترده) یا حالت رابطه گویند.



مقدار رابطه‌ای. (۳) از نظر تئوری زبان‌های برنامه‌سازی [تشکیل شده است از یک متغیر رابطه‌ای و در هر لحظه از یک مقدار رابطه‌ای].

□ $R(H)$: متغیر رابطه‌ای، متغیری از جنس رابطه [RELVAR] Relation Variable

□ بدنه (r) : مقدار رابطه‌ای [RELVAL] Relation Value

$R(A, B) \longrightarrow$ متغیر رابطه‌ای

a_1	b_1
a_2	b_2
\vdots	\vdots
a_n	b_n

\longrightarrow یک مقدار رابطه‌ای
(در لحظه بعد ممکن است
مقدارش فرق کند.)



□ تناظر بین مفاهیم رابطه‌ای و اصطلاحات جدولی

اصطلاح	مفهوم رابطه‌ای
جدول (صرفاً امکانی است برای نمایش مفهوم رابطه‌ای و تفاوت‌های متعددی با رابطه دارد.)	رابطه
سطر	تاپل
ستون	صفت
مقادیر مجاز ستون	دامنه
تعداد ستون‌ها	درجه
تعداد سطرها	کاردینالیتی
؟ (به معنایی که در مدل رابطه‌ای داریم، در بحث‌های جدولی مطرح نیست.)	کلید



ویژگی‌های رابطه: □

۱- صفات در عنوان رابطه نظم (مکانی) ندارند. [چون مجموعه است] $R(A, B) = R(B, A)$

در حالی که در جدول، ستون‌ها می‌توانند نظم مکانی داشته باشند.

در مدل رابطه‌ای، تنها راه ارجاع به صفت رابطه، نام صفت است.

۲- تاپل‌ها [در بدنه] نظم ندارند (مرتب نیستند) [چون مجموعه است].

۳- رابطه، تاپل تکراری ندارد [چون مجموعه است].

۴- **فرض:** تمام صفات رابطه (نرمال)، تک مقدار هستند [ارجوع شود به مفهوم رابطه نرمال] (این ویژگی دلیل تکنیکی دارد و از ذات رابطه نتیجه نمی‌شود). یعنی در هر تاپل دقیقاً یک مقدار برای هر صفت وجود دارد.

□ در RM هیچ یک از مفاهیم فایلینگ مطرح نیستند (مثل نظم، فیلد، رکورد، اشاره‌گر، آدرس که در

سطح طراحی و فایلینگ فیزیکی مطرح است).



تفاوت‌های مفهوم رابطه و اصطلاح جدول

۳ ویژگی اول رابطه، ۳ تفاوت

۴- در رابطه $m \geq 0$ (درجه)، یعنی از نظر تئوری رابطه می‌تواند از نظر درجه، صفر باشد.

۵- نمایش دقیق عنوان رابطه به صورت زیر است حال آنکه عنوان جدول چنین نیست.


عنوان رابطه مجموعه‌ای است از دوتایی‌های $\langle \text{دامنه: صفت} \rangle$ $R(H): \{ \langle D_1: A_1 \rangle, \langle D_2: A_2 \rangle, \dots \}$

۶- نمایش دقیق تاپل رابطه به صورت زیر است حال آنکه سطر در جدول چنین نیست.


تاپل مجموعه‌ای است از دوتایی‌های $\langle \text{صفت، مقدار} \rangle$ $TUPLE: \{ \langle A_1: V_1 \rangle, \langle A_2: V_2 \rangle, \dots \}$



مفهوم دامنه (میدان)

 مجموعه‌ای است نامدار از مقادیر هم نوع، که حداقل یک صفت از رابطه، از آن **معنا**، **نوع** و **مقدار** می‌گیرد.

 معادل است با مفهوم Data Type در تئوری انواع.

 دامنه‌هایی که یک رابطه روی آن‌ها تعریف می‌شود، لزوماً متمایز نیستند.

مفروض $R(H)$

(لزوماً چنین نیست که $(D_i \neq D_j \Rightarrow A_i \neq A_j)$ if $A_i \in H, A_j \in H$)



تمرین: مثالی از یک رابطه ۵-تایی که

دوصفت آن از یک دامنه باشد.

سه صفت آن از یک دامنه باشد.

اگر m درجه رابطه و n تعداد دامنه‌ها باشد، داریم: $n \leq m$.

برای تعریف یک رابطه در سیستم رابطه‌ای، از لحاظ تئوریک، ابتدا باید دامنه‌هایش را تعریف کرد.



مثالی از شمای پایگاه رابطه‌ای

CREATE DOMAIN SN	CHAR(8) DEFAULT '00000000'
CREATE DOMAIN SNAME	CHAR(20) DEFAULT 'noname'
CREATE DOMAIN SJ	CHAR(4) DEFAULT '?...?'
CREATE DOMAIN SL	CHAR(3) DEFAULT '?...?'
CREATE DOMAIN SD	CHAR(4) DEFAULT '?...?'
CREATE DOMAIN CN	CHAR(6) DEFAULT '?...?'
CREATE DOMAIN GRADE	DEC(2, 2) DEFAULT '?...?'

(در مدل تئوریک)

CREATE RELATEION STT
(**STID DOMAIN SN,**
STNAME DOMAIN SNAME,
STJ DOMAIN SJ,
STL DOMAIN STL,
STD DOMAIN SD)

تذکر: توجه شود که در عمل این دستور را نداریم و به جای آن دستور **CREATE TABLE** داریم.

CREATE RELATION COT

CREATE RELATION STCOT ...



دستورات زیر در SQL مطالعه شود.



CREATE DOMAIN ☐

ALTER DOMAIN ☐

DROP DOMAIN ☐

مزایای مفهوم دامنه از دیدگاه مهندسی نرم‌افزار بررسی شود.





□ رابطه نرمال (بهنجار - عادی Flat Relation):

رابطه‌ای که تمام صفات آن تک‌مقداری (حداکثر دارای یک مقدار در هر تاپل) باشند.



□ رابطه غیر نرمال (Nested Relation):

رابطه‌ای که حداقل یک صفت آن چندمقداری باشد.



□ **توجه:** تعریف زیر درست نیست:

□ رابطه‌ای نرمال است که مقادیر تمام صفات آن اتمیک (تجزیه نشدنی یا ساده) باشند.

□ **تذکر:** ساده یا مرکب بودن صفت نقشی در نرمال بودن و نبودن آن ندارد.



صفت چندمقداری ساده

NNCOPRECO (COID , PRECOID)

COID	PRECOID
c01	$\begin{Bmatrix} c11 \\ c17 \\ c08 \end{Bmatrix}$
c02	$\begin{Bmatrix} c03 \\ c09 \end{Bmatrix}$
c03	c10

یک تاپل

COPRECO (COID , PRECOID)

COID	PRECOID
c01	c11
c01	c17
c01	c08
c02	c03
c02	c09
c03	c10

یک تاپل

تبدیل به
رابطه نرمال



صفت چندمقداری مرکب
P# , QTY

NNSP (S# , **PQTY**)

SP (S# , P# , QTY)

S#	PQTY
s1	$\left\{ \begin{array}{ll} p1 & 100 \\ p2 & 90 \\ p3 & 50 \end{array} \right\}$
s2	$\left\{ \begin{array}{ll} p1 & 60 \\ p2 & 90 \end{array} \right\}$
s3	p1 150

یک تاپل



تبدیل به رابطه
نرمال

S#	P#	QTY
s1	p1	100
s1	p2	90
s1	p3	50
s2	p1	60
s2	p2	90
s3	p1	150

یک تاپل



□ دلیل نرمال بودن رابطه در RM:



مثال □ برای درک موارد ۲ و ۳

$I_1: \langle s4, p4, 40 \rangle$: در هر دو رابطه NNSP و SP منجر می شود به درج «تاپل

در رابطه» با همان دستور ساده «درج کن تاپل را».

□ درج کن

$I_2: \langle s2, p3, 30 \rangle$: با همان دستور ساده درج می شود در SP و نه NNSP.



رابطه نرمال و غیر نرمال (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۰

ادامه مثال ☐

$I_1 : \text{INSERT INTO } \begin{Bmatrix} \text{NNSP} \\ \text{SP} \end{Bmatrix}$
 $\text{TUPLE (S4 , P4 , 40);}$

$I_2 : \text{INSERT INTO SP}$
 $\text{TUPLE (S2 , P3 , 30);}$

→ امکان پذیر

$I_2 : \text{INSERT INTO NNSP}$
 $\text{TUPLE (S2 , P3 , 30);}$

→ امکان ناپذیر

☐ دلیل: تاپلی با کلید S2 وجود دارد.

برای درج I_2 در NNSP منطقاً چه باید کرد؟



✓ در رابطه غیر نرمال دستورات ساده‌ی تاپلی کار نمی‌کنند.



مزایا و معایب رابطه نرمال و غیر نرمال

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۱

نوع رابطه	مزایا	معایب
نرمال	سادگی (۱- ... ۲- ... ۳-...)	طولانی شدن کلید
	تقارن صفات (پیاده‌سازی در سطح فایلینگ ساده‌تر) (نقش تمام صفات در عبارت WHERE وقتی که شرط جستجو را با theta می‌دهیم، یکسان است، زیرا همه تک‌مقداری‌اند. SELECT.... FROM WHERE A<(=)(>) 'Single Value' چنین تقارنی در رابطه غیرنرمال وجود ندارد.)	افزونگی (ادراکی یا منطقی) (این نوع افزونگی که در مرحله طراحی پیدا شده ممکن است منجر به افزونگی فیزیکی بشود یا نشود؛ بستگی دارد به نحوه پیاده‌سازی رابطه در سطح فایلینگ. اگر تناظر یک به یک باشد، که هر تاپل هم با یک رکورد پیاده‌سازی شود، افزونگی فیزیکی نیز پیش می‌آید.) سنگین و زمانگیر کردن کار طراحی منطقی پایگاه داده‌ها کاهش سرعت بازیابی در بعضی از پرسش‌ها
غیرنرمال	[عکس معایب رابطه نرمال]	پیچیدگی (۱- ... ۲- ... ۳-...) عدم تقارن صفات



مزایا و معایب رابطه نرمال و غیر نرمال (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۲

❑ در عمل با کلید طولانی چه باید کرد؟

❑ از یک کلید ساختگی استفاده می‌کنیم؛ یعنی یا خودمان به صورت دستی و یا خود سیستم به صورت

خودکار به هر سطر یک شماره می‌دهد.

این تکنیک چه مزایا و چه معایبی دارد؟





□ اصطلاح **کلید**، یک اصطلاح عام است و گونه‌هایی دارد:

۱- سوپرکلید (اَبَر کلید): SK

۲- کلید کاندید (کلید نامزد): CK

۳- کلید اصلی: PK

۴- کلید بدیل: AK

۵- کلید خارجی: FK



کلید در مدل رابطه‌ای – سوپر کلید

۲۴

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

رابطه $R(A_1, A_2, \dots, A_m)$ را در نظر می‌گیریم. □

H_R

سوپر کلید (Super Key) □

نمایشگر مقادیر
صفات S از تاپل t_i

هر زیر مجموعه $S \subseteq H_R$ که یکتایی مقدار داشته باشد.



اگر t_i و t_j دو تاپل دلخواه و متمایز از R باشند و $t_i(S) \neq t_j(S)$ آنگاه S یک سوپر کلید است. □

اگر N تعداد SK های رابطه R باشد، $N \geq 1$ است، زیرا در بدترین حالت خود H سوپر کلید می‌شود. □

چون بدنه، مجموعه است و تاپل تکراری نداریم.

$$1 \leq N \leq 2^m - 1$$

کاربرد سوپر کلید: □

در عمل، فاقد کاربرد مستقیم، در تئوری در بحث طراحی. □

در SQL: با UNIQUE محدودیت یکتایی مقدار را اعمال می‌کنیم. □



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید کاندید

۲۵

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

کلید کاندید (Candidate Key) ☐

هر زیرمجموعه $K \subseteq H_R$ که دو ویژگی داشته باشد:



۱- یکتایی مقدار

۲- کاهش‌ناپذیری (Irreducibility) یا کمینگی (Minimality)

- $K \subseteq H_R$ کاهش‌ناپذیر است هرگاه هر زیرمجموعه محض از K ، خود یکتایی مقدار نداشته باشد.
- هر زیرمجموعه از H_R به نحوی که یک صفت را از آن حذف کنیم دیگر یکتایی مقدار نداشته باشد.



رابطه	کلید کاندید
STT	STID
COT	COID
STCOT	(STID, COID)
S	S#
P	P#
SP	(S#, P#)



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید کاندید (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۶

□ CKها بر اساس قواعد معنایی محیط به دست می‌آیند.

دو حالت مختلف:



شماره ملی شماره پروژه شماره کارمند
$$\text{EMPROJ} (\underbrace{\text{E\#}}_{\text{CK}}, \underbrace{\text{J\#}}_{\text{CK}}, \text{ENC}, \dots)$$

□ هر کارمند در بیش از یک پروژه می‌تواند شرکت داشته باشد.

$$\text{EMPROJ} (\underbrace{\text{E\#}}_{\text{CK}}, \text{J\#}, \underbrace{\text{ENC}}_{\text{CK}}, \dots)$$

□ هر کارمند در حداکثر یک پروژه می‌تواند شرکت داشته باشد.



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید کاندید (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۷

❑ خصوصیات کلید کاندید:

❑ هر SK, CK هم هست ولی عکس این مطلب صادق نیست.

❑ هر رابطه حداقل یک CK دارد، زیرا در بدترین حالت، خود H_R می‌شود CK.

❑ رابطه می‌تواند بیش از یک CK داشته باشد.

❑ رابطه R حداکثر چند CK دارد؟

❑ بیشترین تعداد CK زمانی است که به اندازه نصف تعداد صفات رابطه در CK شرکت کنند.

❑ CKهای رابطه می‌توانند همپوشا باشند، یعنی حداقل در یک صفت مشترک باشند ولی زیرمجموعه

یکدیگر نمی‌توانند باشند. (چرا؟)

❑ بنابراین اگر رابطه از درجه m باشد، بیشترین تعداد CK: $C_n^m = \frac{m!}{n!(m-n)!}$ به نحوی که $n = \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor$.



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید کاندید (ادامه)

۲۸

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

☐ **نقش کلید کاندید:** تضمین‌کننده عملیات تاپلی (و نه مجموعه‌ای) یا امکان ارجاع به تک تاپل در رابطه را فراهم می‌نماید.

☐ هر زیرمجموعه از CK، یک SK است (تفاوتشان در این است که CK با کمترین تعداد صفات یکتایی مقدار را می‌دهد).

☐ CK(های) رابطه باید به سیستم معرفی شوند.



CREATE RELATEION EMPROJ

(E# ... NOT NULL,

J# ... NOT NULL,

ENC ... NOT NULL)

CANDIDATE KEY (E#, J#)

CANDIDATE KEY (J#, ENC)

☐ **تذکر:** تئوری این را می‌گوید ولی در عمل، سمپادها نمی‌پذیرند و صرفاً می‌توان یک CK را به عنوان PK در آنها تعریف کرد.




کلید در مدل رابطه‌ای – کلید اصلی

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۲۹

کلید اصلی (Primary Key) ☐

کلید اصلی (PK) یکی از CKها است به انتخاب طراح. 

☐ در عمل با عبارت PRIMARY KEY تعریف می‌شود.

ضوابط انتخاب کلید اصلی: ☐

۱- شناسه رایج در محیط باشد.

۲- مقادیرش همیشه معلوم باشد (نه هر CK، آنکه به عنوان PK انتخاب می‌شود)

۳- کوتاه‌تر بودن طول

۴- حتی‌الامکان مقادیرش تغییر نکند.



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید اصلی (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۳۰

□ دلایل لزوم انتخاب کلید اصلی:

۱- دلیل تاریخی: PK مفهوم آشنا تر برای طراحان است.

۲- ایجاد شاخص اتوماتیک روی PK.

۳- در بحث جامعیت DB: چون محدودیت هیچ مقدارناپذیری را اگر به همه CKها بدهیم خیلی محدود

کننده است. کلید CK ای که این محدودیت را روی آن اعمال می کنند می شود PK.

□ اصالت مفهومی در مدل رابطه‌ای با کلید کاندید (CK) است.



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید بدیل

۳۱

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

کلید بدیل (Alternate Key) ☐

به هر کلید کاندید (CK) غیر از کلید اصلی (PK)، کلید بدیل (AK) گویند.



☐ در عمل متناظر ندارد.

☐ اگر N تعداد AKهای رابطه R باشد، داریم $N \geq 0$.



ممکن است فقط یک CK داشته باشیم که آن هم می‌شود PK و دیگر AK نداریم.



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید خارجی

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۳۲

کلید خارجی (Foreign Key)

□ **در عمل:** $T_2.C$ در T_2 ، کلید خارجی است هرگاه در T_1 ، کلید اصلی باشد.

□ **در تئوری:** صفت (ساده یا مرکب) $R_2.A_i$ در R_2 کلید خارجی است، هرگاه در R_1 (نه لزوماً متمایز از R_2)، کلید کاندید (CK) باشد.

□ صفت (صفات) کلید خارجی باید **هم‌میدان** با صفت (صفات) کلید کاندید باشد و معمولاً هم‌نام با کلید کاندید است، ولی گاه لازم می‌شود که نام دیگری داشته باشد.



رابطه	کلید خارجی	دلیل: CK در
STCOT	STID	STT
STCOT	COID	COT
SPJ	S#	S
SPJ	P#	P
SPJ	J#	J



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید خارجی (ادامه)

۳۳

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

□ اگر N تعداد FKهای رابطه R باشد، داریم $N \geq 0$.

□ معرفی کلید خارجی با عبارت FOREIGN KEY انجام می‌شود.

□ نقش **کلید خارجی**: برای نمایش ارتباطهای صریح بین نوع موجودیت‌ها (و در نتیجه بین نمونه‌های آنها) به

کار می‌رود. منظور از ارتباط صریح، ارتباطی است که در مدل ER با لوزی مشخص شده است.



$S(\underline{S\#}, \dots)$ $P(\underline{P\#}, \dots)$
CK CK

$SP(\overset{FK}{\underline{S\#}}, \overset{FK}{\underline{P\#}}, \dots)$
CK

$SCOT(\overset{FK}{\underline{STID}}, \overset{FK}{\underline{COID}}, \dots)$
CK



کلید در مدل رابطه‌ای – کلید خارجی (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۳۴

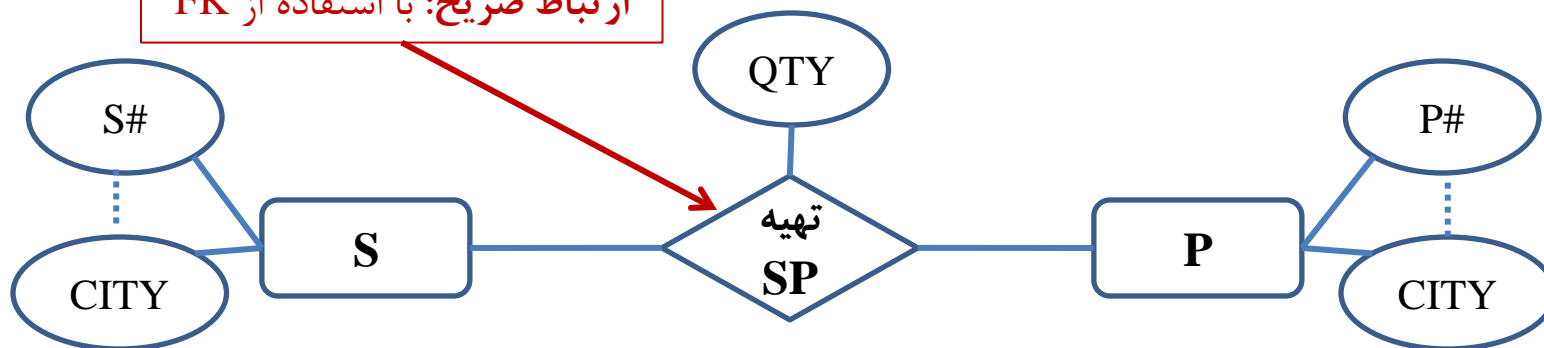
□ آیا FK تنها امکان نمایش ارتباط است یا امکان دیگری هم وجود دارد؟

□ FK تنها امکان نیست.

□ وجود هر صفت مشترک [هم دامنه و در عمل، هم نام (نه لزوماً)]، در عنوان مثلاً دو رابطه، نمایشگر

نوعی ارتباط است بین دو نوع موجودیت که با آن دو رابطه نمایش داده‌ایم.

ارتباط صریح: با استفاده از FK



→ S (S#, ..., CITY)
→ P (P#, ..., CITY)
→ SP (S#, P#, ...)
ارجاع

ارتباط ضمنی: از طریق هر صفت مشترک؛
صفت هم‌معنا (از یک میدان) و نه لزوماً هم‌نام



بحث تکمیلی: کلید خارجی – گراف ارجاع

۳۵

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

مفهوم گراف ارجاع

FK امکانی است برای ارجاع از یک رابطه به رابطه‌ای دیگر

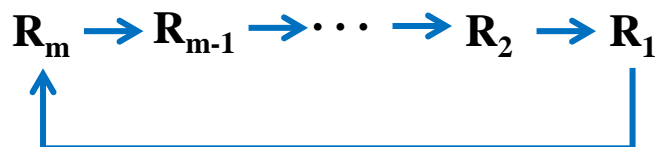
هر مقدار معلوم FK، امکانی است برای ارجاع مقداری، از تاپل (هایی) از رابطه (هایی) به تاپلی از رابطه (هایی).

تفاوت گراف ارجاع امکانی است برای نمایش ارجاعات بین رابطه‌ها که در آن هر گره، نمایانگر یک رابطه و هر یال جهت‌دار، نمایانگر ارجاع از یک رابطه (حاوی کلید خارجی) به رابطه دیگر (حاوی کلید کاندید) است.

$P \leftarrow SP \rightarrow S$



شکل کلی مسیر ارجاع:



با این ارجاع می‌شود چرخه ارجاع

مسیر ارجاع می‌تواند چرخه‌ای باشد.



□ چرخه ارجاع می‌تواند تک‌رابطه‌ای باشد و این در صورتی است که یک رابطه خود ارجاع (Self-Referencing) داشته باشیم.

□ هنگامی که FK تعریف می‌کنیم باید معنایش را نیز بگوییم.

چرخه ارجاع بین دو رابطه کارمند و اداره.



شماره کارمند مدیر اداره

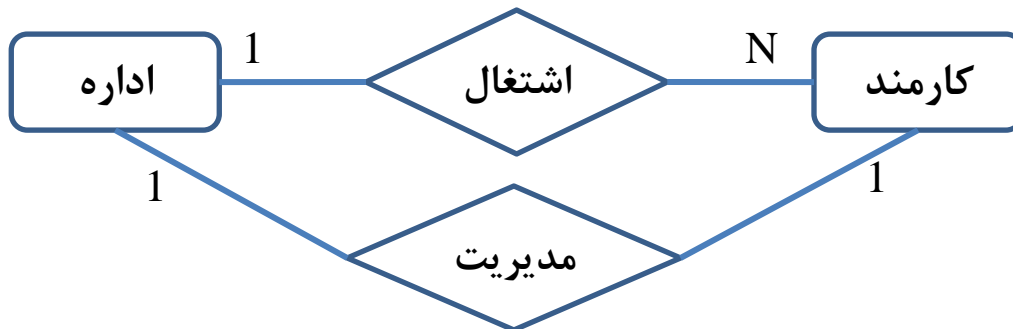
DEPT (D#, DTITLE, ..., E#)
Unique

شماره اداره محل کار

EMPL (E#, ENAME, ..., D#)

DEPT \longleftrightarrow EMPL

□ بر اساس کدام مدل‌سازی این طراحی انجام شده است؟



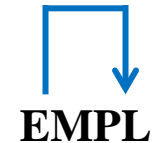


چرخه ارجاع تک‌رابطه‌ای کارمند با خودش.



شماره مدیر

EMPL (E#, ENAME, ENC, ..., EPHONE, EMANAGER#)



نکته‌های مثال اخیر: □

□ مثالی است از حالتی که در آن R1 و R2 در تعریف FK، لزوماً متمایز نیستند.

□ رابطه EMPL به خود رجوع کننده (خود ارجاع) است.

□ اگر m درجه EMPL باشد و n تعداد دامنه‌هایش باشد، داریم: $n \leq m-1$

□ لزوم دگر نامی شماره کارمندی مدیر، چون عنوان رابطه (Heading)، مجموعه‌ای از نام صفات است.

□ **تمرین:** این طراحی بر اساس کدام مدل‌سازی انجام شده است؟



بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

چرخه ارجاع سه رابطه‌ای



PROF (PRID, PRNAME, ..., DEID)

دانشکده استاد

DEPT(DEID, DTITLE, ..., UNID)

UNIV(UNID, UNAME, ..., UNPRESNUM)

شماره استادی رئیس دانشگاه



تمرین: این طراحی بر اساس کدام مدل‌سازی انجام شده است؟

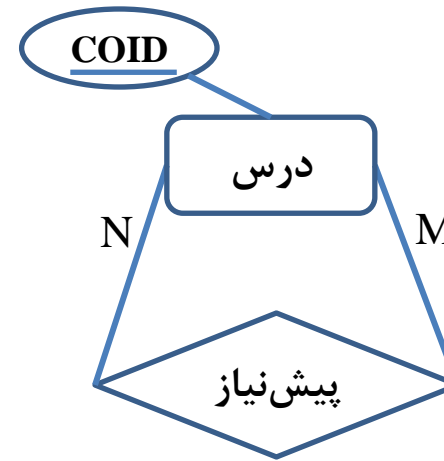


صرف وجود دور در ERD چرخه ارجاع ایجاد نمی‌شود.



COT (COID, ...)

COPRECO(COID, PRECO)



□ در چه وضعی چرخه ارجاع پدید می‌آید؟

□ باید به چندی ارتباطها توجه شود.



جامعیت پایگاه داده‌ها (DB Integrity) □

صحت و سازگاری داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده‌ها



جنبه‌های کیفی داده (Data Quality Features)

□ مسئولیت کنترل جامعیت DB با RDBMS است.

□ بر اساس اطلاعاتی که کاربر [تیم طراح - پیاده‌ساز] به سیستم می‌دهد.

← قواعد یا محدودیت‌های جامعیتی (Integrity Rules/Constraints)

□ IRها [ICها] با استفاده از دستورات زبان پایگاهی به سیستم داده می‌شوند.

← اعلانی: قواعد به نحوی اعلان می‌شوند.

← اجرایی: قواعد در یک رویه به سیستم داده می‌شوند.



- ☐ هر DBMS باید بتواند جامعیت پایگاه داده‌ها را کنترل و تضمین کند.
- ☐ **دلیل:** زیرا همیشه ممکن است عواملی سبب نقض جامعیت شوند. از جمله:
 - ☐ اشتباه در برنامه‌های کاربردی (به ویژه اشتباهات معنایی)
 - ☐ اشتباه در وارد کردن داده‌ها
 - ☐ وجود افزونگی کنترل نشده
 - ☐ اجرای همروند تراکنشها به گونه‌ای که داده نامعتبر یا ناسازگار ایجاد شود.
 - ☐ خرابی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که منجر به بروز ناسازگاری یا نقض صحت داده‌ها می‌شود.



□ اعمال قواعد جامعیتی (IRها) یا محدودیت‌های جامعیتی (ICها) برای سیستم **سربار** دارد.

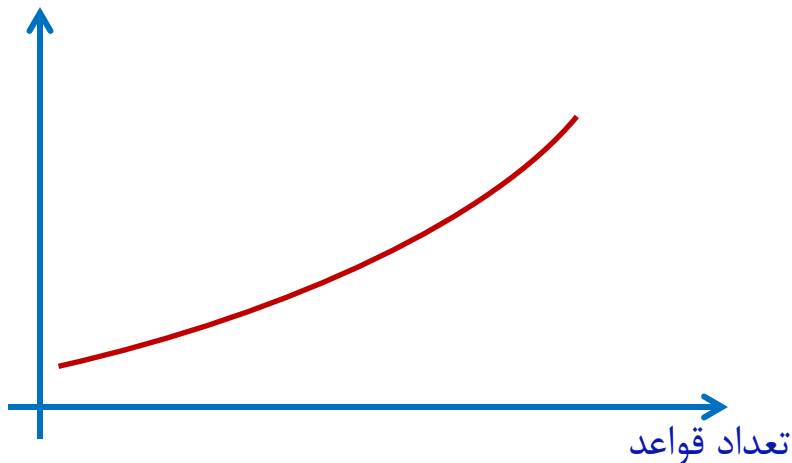
□ منشأ سربار (دلایل بروز سربار) در DBMS

□ انجام نگاشت‌ها (ناشی از معماری)

□ اعمال و کنترل قواعد جامعیتی

□ اعمال ضوابط و کنترل‌های امنیت داده‌ها در سطح DBMS

کار سیستم





□ IRها [ICها] در مدل رابطه‌ای

۱- قواعد [محدودیت‌های] عام: ناوابسته به داده‌های محیط: فراقواعد (MetaRules)

۲- قواعد [محدودیت‌های] خاص: وابسته به داده‌های محیط: قواعد کاربری (User Defined)

یا قواعد فعالیت‌های محیط (Business Rules)

□ قواعد عام در مدل رابطه‌ای

□ قاعده C1: جامعیت موجودیتی

□ قاعده C2: جامعیت ارجاعی



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت موجودیتی C1

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۴

□ قاعده (محدودیت) C1 – قاعده جامعیت موجودیتی (Entity IR)

□ ناظر است به PK.

□ هیچ جزء تشکیل‌دهنده PK نباید هیچ مقدار (Null) داشته باشد.

□ دلیل:

✓ PK عامل تمییز تاپل‌ها است.

✓ تاپل در مدل رابطه‌ای نمایشگر نمونه موجودیت است.

✓ PK عامل تمییز نمونه موجودیت‌ها است و تضمین‌کننده

دستیابی به تک موجودیت

۱- محدودیت یکتایی مقدار (با UNIQUE

□ مکانیزم اعمال C1: اعلان PK به سیستم کنترل می‌کند ← فقط این محدودیت کنترل می‌شود)

۲- محدودیت هیچ مقدار ناپذیری



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۵

□ قاعده (محدودیت) C2 – قاعده جامعیت ارجاعی (Referential IR)

□ ناظر است به FK.

□ اگر $R_2.A_i$ در R_2 ، کلید خارجی باشد، مقدار A_i در هر تاپل از R_2 باید در R_1 مقدار قابل انطباق (Matchable Value) داشته باشد.

□ به عبارت دیگر باید هر مقدار معلوم A_i در R_2 ، در R_1 نیز وجود داشته باشد. یعنی در عمل می‌تواند در R_2 مقدار آن Null باشد (البته اگر جزء تشکیل‌دهنده کلید R_2 نباشد).

□ دلیل نیاز به این قاعده:

- FK عامل ارجاع است؛ ارجاع به نمونه موجودیت (ارجاع مقداری و نه ارجاع از طریق اشاره‌گر).
- در واقعیت نمی‌توان به نمونه موجودیت ناموجود ارجاع داد.



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2 (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۶



STT (STID, ...)

777

888

444

STCOT (STID, COID, ...)

777 CO1

... ...

444 CO4

INSERT INTO STCOT

VALUES ('999', 'CO9', ...)

چون برای 999 مقدار قابل انطباق در STT وجود ندارد، پس این درخواست رد می‌شود. □



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2 (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۷

□ برای اعمال قاعده C2 در مدل رابطه‌ای لازم است:

۱- معرفی FKها به سیستم

۲- دادن گراف ارجاع

۳- مشخص کردن روش اعمال در عملیات حذف و

به‌هنگام‌سازی مقدار کلید اصلی

(در درج روش خاصی لازم نیست و در صورت عدم

وجود تاپل مرجع، درخواست رد می‌شود.)

CREATE TABLE STCOT

(STID CHAR(6) NOT NULL

COID CHAR(6) NOT NULL

TR CHAR(1)

YR CHAR(5)

GR DEC(2, 2))

CHECK (0 <= GR <= 20)

PRIMARY KEY (STID, COID)

FOREIGN KEY STID REFERENCES STT (STID)

ON DELETE CASCADE

ON UPDATE CASCADE

FOREIGN KEY COID REFERENCES COT (COID)

ON DELETE CASCADE

ON UPDATE CASCADE

۲- گراف ارجاع

۳- روش اعمال (انتشار عمل)

۱- معرفی FK



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2 (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۸

□ روش‌های اعمال C2 در حذف (بعضاً در به‌هنگام‌سازی):

۱- روش CASCADE: انتشاری یا تسلسلی

در این روش با حذف (بروزرسانی) تاپل مرجع، تمام تاپل‌های رجوع کننده به آن حذف (بروزرسانی) می‌شوند.

هر چه گراف ارجاع سنگین‌تر باشد، کار سیستم در اینجا بیشتر است.
DELETE FROM STT
WHERE STID='444'

منجر می‌شود به

DELETE FROM STCOT
WHERE STID='444'

۲- روش RESTRICTED: روش منوط به ... (یا مشروط به ...) یا روش تعویقی

در این روش اگر بخواهیم تاپل مرجع را حذف کنیم، ابتدا باید تاپل‌های ارجاع کننده به آن حذف شوند.



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2 (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۴۹

□ روش‌های اعمال C2 در حذف (و بعضاً در به‌هنگام‌سازی):

۳- روش SET TO NULL: روش هیچ‌مقدارگذاری یا Nullifying

در این روش با حذف تاپل مرجع، FK در تاپل‌های رجوع کننده Null می‌شود به شرط آنکه FK جزء سازنده PK نباشد.

۴- روش SET TO DEFAULT: روش درج پیش‌فرض

در این روش، با حذف تاپل مرجع، FK با مقدار پیش‌فرض جاگذاری می‌شود به شرط آنکه FK جزء سازنده PK نباشد و تاپلی با مقدار پیش‌فرض برای PK در رابطه مرجع وجود داشته باشد.



قواعد عام در مدل رابطه‌ای – قاعده جامعیت ارجاعی C2 (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۵۰

□ روش‌های اعمال C2 در حذف (و بعضاً در به‌هنگام‌سازی):

۵- روش NO ACTION: عدم اقدام

برای این روش دو پیشنهاد داده شده است:

۵-۱- عدم اقدام مطلق: مثلاً مجاز نبودن عمل حذف تاپل مرجع و نمایش خطا.

۵-۲- انجام عمل خواسته شده و نه اقدام دیگر: تاپل مرجع حذف بشود ولی اقدام دیگری موقتاً انجام نشود. در

این مورد طراح-پیاده‌ساز می‌پذیرد که **موقتاً** (معمولاً تا پایان یک تراکنش و نه بعد از آن) محدودیت C2 نقض شود.

□ در حالت وجود **چرخه ارجاع** کدام روش انجام شدنی است؟

□ نمی‌توان روش RESTRICTED را در حالت کلی اعمال کرد. با روش CASCADE هم ممکن است

تاپل‌های ناخواسته حذف شود.

□ در این مواقع NO ACTION و یا SET TO NULL بر حسب شرایط می‌تواند راهگشا باشد.



❑ قواعد خاص در مدل رابطه‌ای:

❑ محدودیت دامنه‌ای (میدانی)

❑ محدودیت صفتی

❑ محدودیت رابطه‌ای

❑ محدودیت پایگاهی




قواعد خاص در مدل رابطه‌ای (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۵۲

محدودیت دامنه‌ای (میدانی)

 این محدودیت ناظر است به دامنه، مشخص‌کننده نوع و طیف مقادیر دامنه

 در همان دستور CREATE DOMAIN اعلان می‌شود.

دستور ایجاد دامنه '?...?' **CREATE DOMAIN** GRADE DEC(2, 2) **DEFAULT**

نام محدودیت (اختیاری) **CONSTRAINT** GRADECONST

CHECK VALUE BETWEEN (0, 20)



DROP DOMAIN GRADE دستور حذف دامنه



□ محدودیت صفتی [استونی]

□ این محدودیت ناشی می‌شود از محدودیت دامنه‌اش

□ صفت می‌تواند محدودیت‌های دیگری هم داشته باشد، به شرطی که ناقض محدودیت دامنه‌ای‌اش نباشد.

محدودیت‌های ناظر به صفت:




۱- صفت نمره باید بین ۰ تا ۲۰ باشد.

۲- صفت سن کاهش نمی‌یابد (محدودیت پردازشی).


محدودیت ۱، یک **محدودیت وضعیتی** است ولی محدودیت ۲، یک **محدودیت گذاری** است.



محدودیت صفتی را چگونه می‌توان به سیستم اعلان کرد؟ 

۱- با تعریف دامنه‌اش اعلان می‌شود.

۲- در همان دستور CREATE TABLE با عبارت CHECK اعلان می‌شود.

جدول انتخاب درس 

CREATE TABLE STCOT

(STID ...

COID ...

TR ...

GR ...)

CHECK (0 <= GR <= 20)

۳- با ASSERTION اعلان می‌شود. (در اسلایدهای بعدی معرفی می‌شود)

۴- با TRIGGER به سیستم داده می‌شود. (در اسلایدهای بعدی معرفی می‌شود)



محدودیت رابطه‌ای ☐

☐ ناظر است به تاپل‌های یک رابطه (درون رابطه‌ای Intra-relational).

☐ حیطه اعمالش یک رابطه است و مقادیر مجاز یک متغیر رابطه‌ای را مشخص می‌کند.

☐ باید در هر عملی که بر روی رابطه انجام می‌شود (که منجر به تغییر در متغیر رابطه‌ای می‌گردد)


کنترل شود.

تهیه‌کنندگان ساکن شهر C2 نمی‌توانند مقدار وضعیت بیش از ۱۵ داشته باشند.






محدودیت پایگاهی


 ناظر است به تاپل‌های بیش از یک رابطه که به نحوی با هم ارتباط معنایی [منطقی] دارند.

مثال  رابطه بین جداول STT و STCOT

یا رابطه بین جداول S و SP

مثال  دانشجوی رشته کامپیوتر نمی‌تواند درس آمار و احتمال را از گروه آموزشی D13 (دانشکده ریاضی)

انتخاب کند. رابطه‌های دخیل: STT، COT و STCOT

مثال  تهیه‌کننده ساکن شهر C7 با وضعیت کمتر از ۱۵، نمی‌تواند قطعه آبی رنگ با وزن بیش از ۱۰ گرم به تعداد بیش از ۱۰۰ عدد تهیه کند.

 محدودیت‌های رابطه‌ای و پایگاهی چگونه اعمال می‌شوند؟

▪ با ASSERTION (اعلانی)

▪ با TRIGGER (اجرایی)



اظهار – ASSERTION ☐

☐ امکانی است اِعلانی برای بیان محدودیت‌های رابطه‌ای و پایگاهی [و صفتی]

CREATE ASSERTION *name*
CHECK *condition(s)*

☐ در قسمت *condition(s)* می‌توان یک شرط ساده، یک عبارت بولی شامل چند شرط و نیز یک عبارت **SELECT** معتبر نوشت (همانطور که بعد از عبارت **WHERE** نوشته می‌شود).

☐ دستور حذف اظهار

DROP ASSERTION *name*



امکانات بیان محدودیت‌ها – اظهار (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۵۸

با این اظهار، محدودیت یکتایی مقادیر صفت کد ملی STNATID اعلان می‌شود.



```
CREATE ASSERTION UNC-CHECK  
CHECK (UNIQUE(SELECT STNATID FROM STT))
```

با این اظهار این محدودیت که «جمع واحدهای انتخابی دانشجو در هر ترم-سال نباید بیش از ۲۰ واحد باشد»، اعلان می‌شود.



```
CREATE ASSERTION TOTCRED-CHECK  
CHECK (NOT EXISTS (SELECT STID  
FROM COT JOIN STCOT  
GROUP BY (STID, TR, YR)  
HAVING SUM(CREDIT) > 20) )
```



امکانات بیان محدودیت‌ها – اظهار (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۵۹

همه دانشجویان دانشکده مهندسی کامپیوتر (CE) باید درس مبانی برنامه‌سازی (با کد ۴۰۱۱۱) را اخذ



کرده باشند.

```
CREATE ASSERTION ELEM-CHECK
```

```
CHECK (NOT EXISTS
```

```
( SELECT * FROM STT
```

```
WHERE DEPT='CE' AND
```

```
NOT EXISTS
```


```
( SELECT * FROM STCOT
```

```
WHERE STCOT.STID = STT.STID
```


```
AND STCOT.COID='40111' ) )
```




TRIGGER – رهانا [راه‌انداز]

 امکانی است اجرایی برای اعمال محدودیت‌های [صفتی،] رابطه‌ای و پایگاهی قبل یا بعد از بروز یک

رویداد و یا به جای یک رویداد (معمولاً تغییر دهنده داده‌ها).
CREATE TRIGGER *name*
 {**BEFORE** | **AFTER** | **INSTEAD OF**}
 {**INSERT** | **DELETE** | **UPDATE OF** *columnlist*
 ON *tablename*
 [**REFERENCING** { **OLD ROW** | **NEW ROW** | **OLD TABLE** | **NEW TABLE**} **AS** *name*]
 [**FOR EACH** {**ROW** | **STATEMENT**}]
 {(WHEN condition(s)
 SQL Procedure
)}

 مفهوم نظری TRIGGER: مفهوم قاعده فعال [مفهوم محوری است در ADBMS ها]

ساختار (قاعده ECA): **E**vent on **C**ondition, then **A**ction


Insert
Delete
Update



امکانات بیان محدودیت‌ها – رهانا (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۶۱

با ☐ FOR EACH ROW بعد از بروز رویداد در هر سطر عبارت رهانا اجرا شود.

با ☐ FOR EACH STATEMENT فقط یک بار پس از بروز رویداد (با هر تعداد سطر متاثر از آن)، عبارت رهانا اجرا شود.

این رهانا این محدودیت را که «حقوق کارمند هیچگاه کاهش نمی‌یابد» اعمال می‌کند.



```
CREATE TRIGGER EMP-PAY-TRIG
  BEFORE UPDATE OF EMPSAL
  ON EMPL
  REFERENCING OLD AS OEMPL, NEW AS NEMPL
  FOR EACH ROW
  (WHEN OEMPL.EMPSAL > NEMPL.EMPSAL
    SIGNAL.SQL State '7005' ('salary cannot be decreased')
  )
```



این رهانا باعث حفظ سازگاری در جدول PROF می‌شود تا همواره صفت SALAUG حاوی آخرین میزان افزایش حقوق استاد باشد.



```
CREATE TRIGGER EMP-PAY-TRIG
  AFTER UPDATE OF PSALARY
  ON PROF
  REFERENCING OLD AS OPROF, NEW AS NPROF
  FOR EACH ROW
  (UPDATE PROF
    SET SALAUG=NPROF.PSALARY – OPROF.PSALARY
    WHERE PROF.PID=OPROF.PID
  )
```

اگر بیش از یک عبارت باشد، آنها را داخل BEGIN و END قرار می‌دهیم.



از کاربردهای رهانا، استفاده از آن در انجام عملیات ذخیره‌سازی از دید خارجی است (به خصوص در سمپادهایی که از عملیات در دید خارجی پشتیبانی نمی‌کنند).

STT1 (STID, NAME, MAJOR, LEVEL)

STT2 (STID, DEPT, BDATE, NATID)

CREATE VIEW CE-STT

AS SELECT STID, NAME, MAJOR

FROM STT1 JOIN STT2

WHERE DEPT='CE' AND LEVEL='BS'

CREATE TRIGGER INS-VIEW-TRIG

INSTEAD OF INSERT ON CE-STT

REFERENCING NEW AS NST

FOR EACH ROW

BEGIN

INSERT INTO STT1 VALUES (NST.STID, NST.NAME, NST.MAJOR, 'BS')

INSERT INTO STT1 VALUES (NST.STID, 'CE', NULL, NULL)

END



امکانات بیان محدودیت‌ها – رهانا (ادامه)

بخش ششم: مفاهیم اساسی مدل داده رابطه‌ای

۶۴

این رهانا باعث اعمال قاعده C2 در عمل حذف می‌شود.



```
CREATE TRIGGER DEL-TRIG  
  BEFORE DELETE  
  ON COT  
  REFERENCING OLD AS OCOT  
  FOR EACH ROW  
  (DELETE FROM STCOT  
   WHERE STCOT.COID=OCOT.COID )
```

مطالعه مثالهای بیشتر از اظهار و رهانا در یادداشتهای تکمیلی ☐



پرسش و پاسخ ...

amini@sharif.edu