

موسسه بابان

انتشارات بابان و انتشارات راهیان ارشد

پایگاه داده‌ها

فصل ششم: نرمال سازی (نکته و تست)

(ویژه کنکور ارشد ۱۴۰۵)

ویژه‌ی داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر و IT

براساس کتب مرجع

آبراهام سیلبرشاتز، راما کریشنن، رامز المصری، سی جی دیت و توماس کانلی و کارولین بگ

ارسطو خلیلی فر

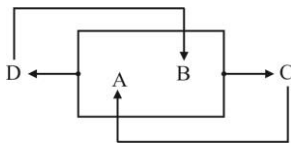
تست‌های فصل نهم: نرمال‌سازی

۱- کدام یک از گزاره‌های زیر در رابطه با «عمده‌ترین اهداف نرمال‌سازی رابطه‌ها» نادرست است؟
(مهندسی کامپیوتر- دولتی ۷۶)

- (۱) کاهش بعضی انواع افزونگی (Redundancy).
- (۲) کاهش سربار (Overhead) سیستم در پاسخگویی در عمل بازیابی.
- (۳) تسهیل در اعمال برخی محدودیت‌های جامعیتی (Integrity Constraints).
- (۴) اجتناب از بعضی از انواع آنومالی در عملیات روی پایگاه.

۲- کدام گزینه از اهداف کلی فرآیند نرمال‌سازی (normalization) نیست؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۷۵)

- (۱) تسهیل اعمال بعضی از قواعد جامعیتی (integrity rules)
- (۲) تسهیل پیاده‌سازی دید کاربر (user view)
- (۳) حذف بعضی از انواع قواعد وابستگی تابعی (functional dependency)
- (۴) کاهش بعضی از انواع افزونگی (redundancy)



۳- اگر رابطه $R(A, B, C, D)$ با توابع وابستگی شکل مقابل مفروض باشد، کدام یک از گزینه‌ها نادرست است؟

(مهندسی کامپیوتر- دولتی ۸۳)

- (۱) (A, B) و (C, D) کلید کاندید رابطه R می‌باشند.
- (۲) رابطه R نرمال فرم BCNF می‌باشد، اما نرمال فرم 3NF نمی‌باشد.
- (۳) رابطه R نرمال فرم 2NF و نیز نرمال فرم 3NF می‌باشد.
- (۴) رابطه R نرمال فرم 3NF می‌باشد اما نرمال فرم BCNF نمی‌باشد.

۴- کدام گزینه صحیح است؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۳)

- (۱) جدولی که BCNF باشد، حتماً 3NF است.
- (۲) اگر جدولی 3NF باشد، وابستگی انتقالی ندارد.
- (۳) اگر جدولی وابستگی انتقالی نداشته باشد، 3NF است.
- (۴) ۱ و ۲.

۵- جدول $R(\underline{X}, Y, Z)$ به دو جدول $R_1(X, Y)$ و $R_2(X, Z)$ تجزیه و نرمال شده است. کدام گزینه از شرط‌های صحت این عمل می‌باشد؟ ($X \rightarrow R_1$ یعنی X کلید R_1 است). (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۸۴)

- (۱) $X \rightarrow R_1$
- (۲) $X \rightarrow R_2$
- (۳) $X \rightarrow R_1$ و $X \rightarrow R_2$
- (۴) $X \rightarrow R_1$ یا $X \rightarrow R_2$

X	Y	Z
x1	y1	z2
x1	y2	z1
x2	y1	z1
x1	y1	z1

۶- رابطه XYZ به شکل روبه‌رو را در نظر بگیرید. این رابطه در

چه سطحی از نرمال بودن است؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۵)

- (۱) 1NF
- (۲) 2NF
- (۳) 3NF
- (۴) BCNF

۷- با نرمال سازی رابطه R تا سطح 3NF تعداد جداول حاصل چند عدد می شود؟ مجموعه وابستگی ها در FD نمایش داده شده است. (مهندسی IT- آزاد ۸۵)

$R(A, B, C, D, E, F(G, H), I)$

$FD = \{BC \rightarrow A, B \rightarrow G, BCD \rightarrow I, G \rightarrow H, E \rightarrow I, BCD \rightarrow E, BCD \rightarrow A\}$

4 (۱) 6 (۲) 3 (۳) 5 (۴)

۸- اگر در رابطه $R(A, B, C, D, E, F)$ کلید اصلی BCD باشد، آن گاه کدام وابستگی تابعی زیر شرط 2NF بودن رابطه R را نقض می کند؟ (مهندسی IT- آزاد ۸۶)

$BC \rightarrow E$ (۱) $DCB \rightarrow A$ (۲) $E \rightarrow F$ (۳) $A \rightarrow EF$ (۴)

۹- رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G)$ با کلید اصلی BCD و با مجموعه وابستگی تابعی زیر مفروض است:

$FD = \{BCD \rightarrow E, BCD \rightarrow B, BCD \rightarrow F, BD \rightarrow A, F \rightarrow G, E \rightarrow F, C \rightarrow E\}$

در صورت تبدیل آن به 3NF چند رابطه ایجاد می شود؟

6 (۱) 4 (۲) 3 (۳) 5 (۴)

۱۰- اگر وابستگی چند مقداری به شکل $X \twoheadrightarrow Y$ برقرار باشد، و هم چنین داشته باشیم $V \subseteq W$ آن گاه طبق قانون افزایشی (augmentation) می توان درستی کدام گزینه زیر را نتیجه گرفت؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۷)

$VX \twoheadrightarrow WY$ (۱) $VX \rightarrow VY$ (۲) $WX \twoheadrightarrow VY$ (۳) $WX \twoheadrightarrow WY$ (۴)

۱۱- در یک پایگاه داده محیط آموزشی دانشگاه برای جدول دانشجو سه صفت شماره دانشجویی، کد پستی و شهر محل سکونت با وابستگی های تابعی زیر وجود دارند:

{شهر محل سکونت $\rightarrow$ کد پستی محل سکونت $\rightarrow$ شماره دانشجویی}

با توجه به این که رابطه شهرها و کدپستی ثابت است، سطح نرمال مناسب برای تجزیه این جدول چیست؟

1NF (۱) 2NF (۲) 3NF (۳) BCNF (۴)

۱۲- مجموعه وابستگی های تابعی (FD) روبه رو را در نظر بگیرید (هر حرف یک صفت است). برای این مجموعه پایگاه داده رابطه ای با سه جدول AIE، ABCDH و EFG طراحی شده است. این پایگاه داده در چه سطح نرمالی قرار دارد؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۷)

$A \rightarrow IEG$ 1NF (۱)

$AB \rightarrow IEC D$ 2NF (۲)

$ABE \rightarrow C D F G H$ 3NF (۳)

$AC \rightarrow IEC$ BCNF (۴)

$CDE \rightarrow DE$

$E \rightarrow FG$

$F \rightarrow E$

۱۳- در طراحی بانک اطلاعاتی رابطه ای، کدام یک از معیارها مهم تر است؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۸)

رعایت شرط Nonloss Join (۱) داشتن کلید اصلی در رابطه ها (۲)

۳) حفظ وابستگی های تابعی ۴) کاهش تعداد خصیصه ها در رابطه ها

۱۴- کدام مورد از خصوصیات شکل نرمال اول نیست؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۸)

- (۱) هیچ رابطه تو در تو (Nested) وجود ندارد.
 (۲) هیچ صفت مرکب (Composite Attribute) وجود ندارد.
 (۳) هیچ صفت چند مقداری (Multivalued Attribute) وجود ندارد.
 (۴) هیچ وابستگی تابعی تراگذاری (Transitive Functional Dependency) وجود ندارد.

۱۵- کدام گزینه در خصوص نرمال سازی نادرست است؟ (مهندسی کامپیوتر- آزاد ۸۸)

(۱) نرمال سازی باعث افزایش سرعت پاسخ گویی به پرس و جو می شود.
 (۲) نرمال سازی تا سطح 3NF اجباری است.
 (۳) نرمال سازی ممکن است باعث افزایش افزونگی شود.
 (۴) حل مشکل مقادیر پوچ (NULL) یکی از اهداف نرمال سازی است.

۱۶- با توجه به عبارات زیر، کدام گزینه صحیح است؟ (مهندسی IT- آزاد ۸۸)

(۱) هر رابطه ای 2NF باشد، حتماً 1NF نیز هست.
 (۲) هر رابطه ای 1NF باشد، حتماً 2NF نیز هست.
 (۳) هر رابطه ای BCNF باشد، حتماً 3NF نیز هست.
 (۴) هر رابطه ای 3NF باشد، حتماً BCNF نیز هست.

(۱) 2 و 3 (۲) 1 و 3 (۳) 1 و 4 (۴) 1, 2, 3 و 4

۱۷- در رابطه $R(A, B, C, D, E)$ با مجموعه وابستگی های S ، کدام یک از گزینه های زیر درست است؟ (مهندسی کامپیوتر- آزاد ۸۸)

$S = \{A \rightarrow C, B \rightarrow D, AB \rightarrow E\}$

(۱) رابطه R نرمال 2NF می باشد.
 (۲) رابطه R نرمال 3NF می باشد.
 (۳) رابطه R نرمال 3NF و BCNF می باشد.
 (۴) اگر رابطه R به روابط $R_1(A, B, E)$ و $R_2(B, D)$ و $R_3(A, C)$ تفکیک شود، هر سه رابطه حاصل نرمال 3NF و BCNF می باشند.

۱۸- اگر جدولی در فرم نرمال BCNF باشد، ممکن است در کدام فرم نرمال دیگر نباشد؟ (مهندسی کامپیوتر- آزاد ۸۸)

(۱) 1NF (۲) 2NF (۳) 3NF (۴) 4NF

۱۹- کدام گزینه از اهداف کلی فرآیند نرمال سازی نیست؟ (مهندسی IT- آزاد ۸۸)

(۱) تسهیل در پیاده سازی دید کاربر (۲) تسهیل اعمال برخی از قوانین جامعیتی
 (۳) حذف برخی از مقادیر NULL (۴) کاهش برخی از انواع افزونگی

۲۰- اگر در جدول ST وابستگی تابعی $Code \rightarrow S\#$ را داشته باشیم، آنگاه این جدول در کدام فرم نرمال نمی باشد؟ (مهندسی IT- دولتی ۸۹)

ST(S#, T#, Date, Time, Code)

3NF (۱) 2NF (۲) CCNF (۳) BCNF (۴)

۲۱- اگر تمامی اطلاعات جداول را در یک جدول بریزیم با چه مشکلاتی روبه‌رو می‌شویم؟

(مهندسی کامپیوتر- آزاد ۸۹ گروه الف)

(۱) افزونگی داده‌ها (Data Redundancy)

(۲) بی‌نظمی (Anomaly)

(۳) مقادیر تهی (NULL Values)

(۴) همه موارد

۲۲- کدام گزینه از عمده‌ترین اهداف نرمال‌سازی نیست؟

(مهندسی IT- آزاد ۸۹)

(۱) کاهش بعضی از انواع افزونگی‌ها

(۲) حذف بعضی از انواع وابستگی تابعی

(۳) تسهیل اعمال بعضی از قواعد جامعیتی

(۴) کاهش سربار (Over head) سیستم در پاسخگویی در عمل بازیابی

۲۳- رابطه $A(X, Y, Z, P, Q, R)$ با وابستگی‌های تابعی (Functional Dependency) شکل زیر را در نظر بگیرید.

(مهندسی کامپیوتر- دولتی ۹۰)

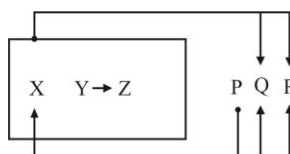
این رابطه در کدام سطح نرمال است؟

3NF (۱)

2NF (۲)

1NF (۳)

BCNF (۴)



۲۴- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

(مهندسی IT- دولتی ۹۰)

(۱) در SQL، عملگرهای $(\neq)$ و (not in) هم ارز هستند.

(۲) رابطه R با وابستگی تابعی F در BCNF است اگر و فقط اگر رابطه R با وابستگی‌های تابعی F^+ (بستار F) در BCNF باشد.

(۳) در رابطه‌ای با اسکیمای $R(A, B, C, D)$ به طور منطقی می‌توان از وجود وابستگی چند مقداری $A \twoheadrightarrow BC$ وابستگی‌های منطقی $A \twoheadrightarrow B$ و $A \twoheadrightarrow C$ را نتیجه‌گیری کرد.

(۴) دو مجموعه وابستگی‌های زیر هم ارز (معادل) نیستند:

$$F_1 = \{AB \rightarrow E, A \rightarrow CD, A \rightarrow E, E \rightarrow D, D \rightarrow A\}$$

$$F_2 = \{AB \rightarrow D, E \rightarrow AD, A \rightarrow CD, D \rightarrow AE, EC \rightarrow B\}$$

۲۵- فرض کنید رابطه R با مجموعه وابستگی‌های تابعی F داده شده است. صفت $A \in R$ را ناهنجار

(abnormal) می‌گوییم اگر و فقط اگر $(\exists x \subseteq R): x \rightarrow R \notin F^+ \wedge A \in (x^+ - x)$ که x^+ نمایانگر بستار

(closure) مجموعه صفات x تحت وابستگی‌های تابعی F می‌باشد. کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست

(مهندسی IT- دولتی ۹۰)

است؟

(۱) اگر رابطه R در 3NF باشد، آن‌گاه هیچ صفت غیرکلیدی در رابطه R ناهنجار نخواهد بود.

(۲) اگر رابطه R در BCNF باشد، آن‌گاه هیچ صفت ناهنجاری در R وجود نخواهد داشت.

(۳) اگر هیچ صفت ناهنجاری در R وجود نداشته باشد، آن‌گاه رابطه R در BCNF خواهد بود.

(۴) هیچ‌کدام

۲۶- رابطه $R(A, B, C, D, E)$ و وابستگی های تابعی زیر را در نظر بگیرید:

$$A \rightarrow B, BC \rightarrow D, E \rightarrow C$$

اگر نگاشت R بر روی $S(B, C, D, E)$ را در نظر بگیریم، کدام یک از وابستگی های تابعی در S برقرار است و شرط $BCNF$ را برای S نقض نمی کند؟

(مهندسی IT-دولتی ۹۰)

$$BE \rightarrow D \quad (۱) \quad E \rightarrow C \quad (۲) \quad BC \rightarrow D \quad (۳) \quad B \rightarrow E \quad (۴)$$

۲۷- جدول $R(A, B, C, D, E, F, H, I)$ در طی فرآیند نرمال سازی به جدول $R_1(A, B)$ ، $R_2(B, C, F)$ ، $R_3(D, E)$ ، $R_4(C, F, J, I)$ شکسته شده است.

(مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه الف)

(۱) این شکستن قطعاً غلط است.

(۲) این کار به شرطی درست است که A کلید اصلی جدول R باشد.

(۳) این کار به شرطی درست است که AB کلید اصلی جدول R باشد.

(۴) بدون داشتن وابستگی های تابعی نمی توان اظهارنظری کرد.

۲۸- کدام گزینه در خصوص نرمال سازی غلط است؟

(مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه الف)

(۱) نرمال سازی عموماً به افزایش سرعت پرس و جوها منجر می شود.

(۲) وجود مقادیر پوچ (NULL Values) می تواند فرایند نرمال سازی را با مشکل مواجه نماید.

(۳) نرمال سازی می تواند باعث کاهش بی نظمی (Anomaly) در پایگاه داده شود.

(۴) نرمال سازی تا سطح $3NF$ عموماً حجم پایگاه داده را کاهش می دهد.

۲۹- جدول $R(A, B, C, D, E, F)$ با وابستگی های تابعی $F = \{AB \rightarrow CF, C \rightarrow DE, E \rightarrow F\}$ در طی فرآیند

(مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه الف)

نرمال سازی به سه جدول R_1 و R_2 و R_3 شکسته شده است.

(۱) در صورتی که وابستگی های تابعی جداول به ترتیب $F_1 = \{AB \rightarrow C\}$ ، $F_2 = \{C \rightarrow DE\}$ و $F_3 = \{E \rightarrow F\}$ باشد، این شکستن درست است.

(۲) در صورتی که وابستگی های تابعی جداول به ترتیب $F_1 = \{AB \rightarrow CF\}$ ، $F_2 = \{C \rightarrow D\}$ و $F_3 = \{C \rightarrow E\}$ باشد، این شکستن درست است.

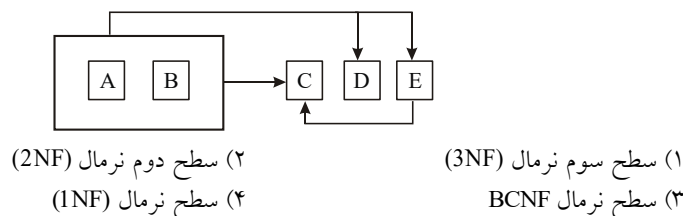
(۳) این شکستن قطعاً غلط است و جدول R باید به چهار جدول شکسته شد.

(۴) این شکستن قطعاً غلط است و جدول R باید به دو جدول شکسته شود.

۳۰- با توجه به نمودار وابستگی های تابعی داده شده رابطه $R(A, B, C, D, E)$ در چه سطحی از نرمال قرار

(مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه ب)

دارد؟



۳۱- رابطه $R(A, B, C, D)$ و وابستگی‌های تابعی زیر مفروضند: (مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه ب)

$$A \rightarrow B, B \rightarrow C, BC \rightarrow A$$

این رابطه:

- (۱) 3NF هست ولی BCNF نیست. (۲) 3NF نیست.
(۳) BCNF هست ولی 4NF نیست. (۴) 4NF هست.

۳۲- یک طراحی منطقی خوب و مناسب یک پایگاه داده باید کدام یک از خصوصیات زیر را داشته باشد؟

(مهندسی کامپیوتر-آزاد ۹۰ گروه ب)

- (۱) نمایش جامع و واضحی از محیط دنیای واقعی داشته باشد و در برگیرنده تمام خصوصیات مورد نیاز کاربران، به گونه‌ای که تولید برنامه‌های کاربردی به راحتی امکان‌پذیر باشد.
(۲) تمام محدودیت‌های (قواعد) جامعیتی، که قابل اعمال در هر مرحله از طراحی جامعیتی باشند، در طراحی منظور شده است.
(۳) کم‌ترین میزان اختلاط اطلاعاتی را داشته باشد و کم‌ترین مقدار هیچ مقدار (NULL) در پایگاه داده ایجاد گردد.
(۴) همه موارد

۳۳- کدام گزینه در خصوص نرمال‌سازی صحیح است؟ (مهندسی IT-آزاد ۹۰)

- (۱) نرمال‌سازی نکردن می‌تواند به افزایش سرعت برخی پرس‌وجوها منجر شود.
(۲) نرمال‌سازی نکردن می‌تواند به کاهش سرعت برخی پرس‌وجوها منجر شود.
(۳) نرمال‌سازی تا سطح 3NF عموماً باعث کاهش افزونگی می‌شود.
(۴) هر سه مورد

۳۴- جدول $R(A, B, C, D, E, F)$ با وابستگی‌های تابعی $F = \{AB \rightarrow CD, C \rightarrow DE, E \rightarrow F\}$ در طی فرآیند نرمال‌سازی به سه جدول R_1 و R_2 و R_3 شکسته شده است. (مهندسی IT-آزاد ۹۰)

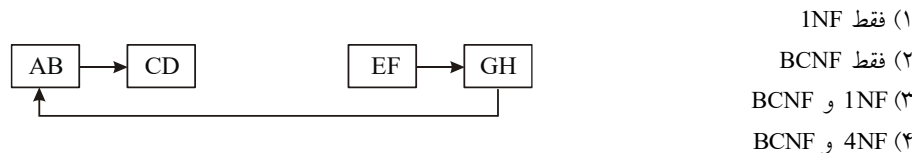
- (۱) در صورتی که وابستگی‌های تابعی جداول به ترتیب $F_1 = \{AB \rightarrow C\}$ و $F_2 = \{C \rightarrow DE\}$ و $F_3 = \{E \rightarrow F\}$ باشد، این شکستن درست است.
(۲) در صورتی که وابستگی‌های تابعی جداول به ترتیب $F_1 = \{AB \rightarrow CD\}$ و $F_2 = \{C \rightarrow E\}$ و $F_3 = \{E \rightarrow F\}$ باشد این شکستن درست است.
(۳) این شکستن قطعاً غلط است و جدول R باید به دو جدول شکسته شود.
(۴) این شکستن قطعاً غلط است و جدول R باید به چهار جدول شکسته شود.

۳۵- جدول $R(A, B, C, D, E, F)$ در طی فرآیند نرمال‌سازی به جداول $R_1(A, B, C)$ و $R_2(B, F)$ و $R_3(D, E)$ شکسته شده است. (مهندسی IT-آزاد ۹۰)

- (۱) این کار به شرطی درست است که A کلید اصلی جدول R باشد.
(۲) این کار به شرطی درست است که AB کلید اصلی جدول R باشد.
(۳) این شکستن قطعاً غلط است.
(۴) بدون داشتن وابستگی‌های تابعی نمی‌توان اظهارنظر کرد.

۳۶- اگر کوتاه‌ترین کلید را کلید اصلی بگیریم آن‌گاه بانک اطلاعات زیر در کدام فرم نرمال است؟

(مهندسی کامپیوتر- دولتی ۹۱)

۳۷- رابطه $R(A, B, C, D, E, G)$ با وابستگی‌های تابعی F را در نظر بگیرید:

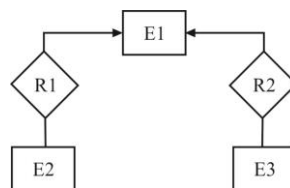
$$F = \{A \rightarrow BC, BE \rightarrow G, G \rightarrow CD, AD \rightarrow BG, AE \rightarrow G\}$$

(مهندسی IT- دولتی ۹۱)

کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

(۱) صفت B در وابستگی تابعی $AD \rightarrow BG$ اضافی (extraneous) است.(۲) تنها کلید کاندید رابطه R ، $\{AE\}$ است.(۳) وابستگی تابعی $AE \rightarrow G$ تکراری (redundant) است.(۴) رابطه R در نرمال فرم دوم است.۳۸- فرض کنید که بین سه مجموعه موجودیت $E1$ ، $E2$ و $E3$ مجموعه رابطه‌هایی به شکل زیر برقرار باشد»

(مهندسی IT- دولتی ۹۱)



ولی در زمان طراحی دیاگرام ER ، طراح به اشتباه یک رابطه سه گانه میان این سه مجموعه موجودیت در نظر گرفته است. حال پس از تبدیل دیاگرام ER به مدل رابطه‌ای، رابطه‌ای (جدولی) برای رابطه سه گانه در نظر گرفته شده است. آیا می‌توان با اعمال نرمال فرم‌ها به طراحی درست رسید؟

(۱) بله، با استفاده از 4NF می‌توان رسید، البته به شرط داشتن وابستگی‌های تابعی و چند مقداری موجود.

(۲) بله، با استفاده از BCNF می‌توان رسید، البته به شرط داشتن وابستگی‌های تابعی موجود.

(۳) خیر، به علت اشتباه اولیه در طراحی دیاگرام ER ، بازیابی رابطه‌های درست دوتایی میسر نیست.

(۴) بله، با استفاده از 3NF می‌توان رسید، البته به شرط داشتن وابستگی‌های تابعی موجود.

۳۹- فرض کنید رابطه $R(A1, A2, A3, \dots, An)$ را داشته باشیم. فرض کنید X, Y, Z و W زیر مجموعه‌هایی از R باشند. دو گزاره زیر را در نظر بگیرید:

(مهندسی IT- دولتی ۹۱)

گزاره اول: اگر داشته باشیم $X \rightarrow Y$ و $Z \subseteq W$ آن‌گاه می‌توان به طور منطقی نتیجه گرفت $WX \rightarrow YZ$.

گزاره دوم: اگر $X \rightarrow Y$ وجود داشته باشد و زیر مجموعه W دارای خواص زیر باشد $W \cap Y = \emptyset$ و $W \rightarrow Z$ و $Z \subseteq Y$ آن‌گاه می‌توان به طور منطقی نتیجه گرفت $X \rightarrow Z$.

(۱) فقط گزاره اول صحیح است.

(۲) فقط گزاره دوم صحیح است.

(۳) هر دو گزاره صحیح هستند. (۴) هر دو گزاره غلط هستند.

۴۰- رابطه $R = (A, B, C, D, E)$ و وابستگی‌های تابعی (FD) را به صورت ذیل در نظر بگیرید:

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

کدام تجزیه بهتر و حداقل سطح نرمالیتی آن تجزیه کدام است؟ (مهندسی کامپیوتر- آژاد ۹۱)

$$2NF, R''(A, D, E), R'(A, B, C) \quad (۱)$$

$$3NF, R''(D, E), R''(A, D), R'(A, B, C) \quad (۲)$$

$$3NF, R'''(A, E), R''(A, D), R'(A, B, C) \quad (۳)$$

$$3NF, R'''(A, B, E), R''(A, B, D), R'(A, B, C) \quad (۴)$$

۴۱- رابطه $R(A, B, C, D)$ و مجموعه وابستگی‌های تابعی (Functional Dependencies) F را در نظر بگیرید.

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

کدام یک از این تجزیه‌ها بدون گمشدگی (Lossless) نیست؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۹۷)

یادآوری: رابطه R و مجموعه وابستگی‌های تابعی F روی R را در نظر بگیرید. تجزیه R به دو رابطه با مجموعه صفات X و Y یک تجزیه «بدون گمشدگی» با توجه به F است. اگر به ازای هر نمونه r از R که با F مطابقت دارد، $\Pi_X(r) \bowtie \Pi_Y(r) = r$ ، به عبارت دیگر رابطه اولیه را می‌توان از روی رابطه‌های جدید به دست آورد.

$$R_1(A, B), R_2(B, C), R_3(C, D) \quad (۱)$$

$$R_1(A, B), R_2(A, C), R_3(A, D) \quad (۲)$$

$$R_1(A, D), R_2(B, D), R_3(C, D) \quad (۳)$$

(۴) هیچ کدام- به عبارت دیگر همه این تجزیه‌ها بدون گمشدگی هستند.

۴۲- کدام یک از گزینه‌های زیر برای رابطه Booking و وابستگی‌های تابعی داده شده آن، که اطلاعات رزرو

اتاق در یک هتل را نگهداری می‌کنند، غلط است؟ (مهندسی IT- دولتی ۹۷)

Booking (guestID, guestName, creditCard, roomNo, roomCat, from, to)

F={

1) guestID $\rightarrow$ guestName, creditCard

2) roomNo $\rightarrow$ roomCat

3) roomNo, from $\rightarrow$ guestID, to

4) roomNo, to $\rightarrow$ guestID, from

}

(۱) این رابطه در هیچ یک از نرمال فرم‌های 3NF, 2NF و BCNF نیست.

(۲) دو وابستگی تابعی سوم و چهارم باعث نقض شدن 3NF در رابطه نمی‌شود.

(۳) اگر این رابطه به سه رابطه $R_1(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to})$, $R_2(\text{roomNo}, \text{roomCat})$ و $R_3(\text{creditCard}, \text{roomNo}, \text{from})$ تجزیه شود، هر سه رابطه در 3NF و BCNF هستند و تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) است.

(۴) اگر این رابطه به سه رابطه $R_1(\text{guestID}, \text{guestName}, \text{creditCard})$, $R_2(\text{roomNo}, \text{roomCat})$ و $R_3(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{form}, \text{to})$ تجزیه شود، هر سه رابطه در 3NF هستند ولی در BCNF نیستند.

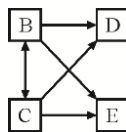
۴۳- رابطه زیر و مجموعه وابستگی‌های تابعی آن را در نظر بگیرید: (مهندسی IT- دولتی ۹۷)

$$R(A, B, C, D, E, F, G, H) \quad F = \{D \rightarrow EF, F \rightarrow C, DG \rightarrow AB\}$$

کدام یک از گزینه های زیر غلط است؟

- (۱) این رابطه ۳۲ ابرکلید دارد.
 (۲) تنها کلید کاندید DGH است.
 (۳) رابطه فوق در نرمال دوم است.
 (۴) رابطه فوق در نرمال سوم نیست.

۴۴- نمودار وابستگی تابعی رابطه ای به صورت ذیل است. B و C کلید کاندید هستند. این رابطه در کدام سطح نرمالیتی است؟
 (مهندسی کامپیوتر- آزاد ۹۲)



3NF (۱)

BCNF (۲)

1NF (۳)

2NF (۴)

۴۵- رابطه دانشجو (کد دانشجو، نام، نام خانوادگی، درس، استاد) در کدام سطح نرمال قرار دارد؟ با فرض آن که یک استاد می تواند چندین درس را ارائه نماید و یک درس می تواند توسط چندین استاد ارائه شود؟
 (مهندسی کامپیوتر- آزاد ۹۲)

4NF (۴)

1NF (۳)

3NF (۲)

2NF (۱)

۴۶- با داشتن رابطه ی $R(A, B, C, D, E, F, G, H)$ و مجموعه وابستگی های تابعی $F = \{BE \rightarrow GH, G \rightarrow FA, D \rightarrow C, F \rightarrow B\}$ کدام گزینه نادرست است؟
 (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۹۳)

(۱) رابطه R نرمال 3NF نیست.

(۲) رابطه R نرمال BCNF نیست.

(۳) کلیدی وجود ندارد که شامل A نباشد.

(۴) کلیدی وجود ندارد که شامل D نباشد.

۴۷- رابطه $R(A, B, C, D, E)$ و مجموعه وابستگی های تابعی F را در نظر بگیرید.

$$F = \{BC \rightarrow A, A \rightarrow D, D \rightarrow C, D \rightarrow E\}$$

کدام یک از وابستگی های تابعی زیر BCNF را نقض نمی کند؟
 (مهندسی کامپیوتر - دولتی ۹۴)

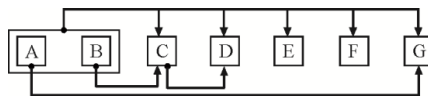
$D \rightarrow E$ (۴)

$A \rightarrow D$ (۳)

$D \rightarrow C$ (۲)

$BC \rightarrow A$ (۱)

۴۸- رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G)$ که نمودار وابستگی های تابعی آن به صورت زیر می باشد مفروض است. اگر R بخواهد تا سطح 2NF نرمال سازی شود، جداول حاصل کدامند؟
 (مهندسی IT - دولتی ۹۴)



BC, AG, ABDEF (۱)

BC, CD, AG, ABDEF (۲)

BCD, AG, ABDEF (۳)

ABCDG, ABDEF (۴)

۴۹- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟
 (مهندسی کامپیوتر-دولتی-۹۵)

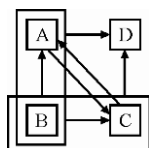
(۱) رابطه ای نرمال است که هیچ یک از صفات ساده اش چندمقداری نباشند.

(۲) کلید کاندید رابطه می تواند کاهش پذیر باشد.

(۳) تاپل های یک رابطه نظم دارند.

(۴) رابطه تاپل تکراری ندارد.

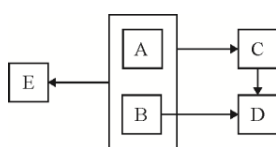
۵۰- فرض کنید در رابطه $R(A,B,C,D)$ ، کلید اصلی و (BC) کلید کاندید و روابط وابستگی تابعی به صورت زیر باشد. کدام گزینه در خصوص این رابطه صحیح است؟ (مهندسی IT-دولتی ۹۵)



- (۱) رابطه R در فرم نرمال 3NF است ولی BCNF نیست.
 (۲) رابطه R در فرم نرمال BCNF است.
 (۳) رابطه R در فرم نرمال 3NF نیست.
 (۴) رابطه R در فرم نرمال 2NF نیست.

۵۱- اگر $R(A,B,C,D,E)$ یک رابطه در فرم نرمال BCNF و ABC تنها کلید R باشد، کدام یک از وابستگی‌های تابعی زیر حتماً برای R برقرار است؟ (مهندسی IT-دولتی ۹۵)

- (۱) $BCE \rightarrow D$ (۲) $ACE \rightarrow D$ (۳) $ABD \rightarrow E$ (۴) $ABCD \rightarrow E$



۵۲- اگر مجموعه وابستگی‌های تابعی (FD) یک رابطه به صورت شکل مقابل و کلید اصلی آن (A,B) باشد، این رابطه در چه سطح نرمالی است؟ (مهندسی IT-دولتی ۹۶)

- (۱) 1NF (۲) 2NF (۳) 3NF (۴) BCNF

۵۳- اگر در رابطه R ، تعداد ابرکلیدها با تعداد کلیدهای کاندید برابر باشد، آنگاه کدام مورد در خصوص رابطه R نادرست است؟ (مهندسی IT-دولتی ۹۷)

- (۱) تنها یک خصیصه دارد.
 (۲) در فرم نرمال 3NF است.
 (۳) همه خصیصه‌های R ، NOT NULL هستند.
 (۴) تعداد وابستگی‌های تابعی نابدهی R ، صفر هستند.

۵۴- رابطه و وابستگی‌های تابعی زیر را در نظر بگیرید.

$R(X,Y,Z)$

- 1) $Y \rightarrow Z$ 2) $XZ \rightarrow Y$ 3) $X \rightarrow Z$

(مهندسی کامپیوتر-دولتی ۹۸)

با توجه به رابطه فوق کدام عبارت نادرست است؟
 (۱) X کلید کاندید است.

- (۲) این رابطه در فرم نرمال BCNF نیست.
 (۳) وابستگی سوم، اضافه و قابل حذف است.
 (۴) X در وابستگی دوم، مشخصه اضافه و قابل حذف است.

۵۵- شمای رابطه‌ای $R(A,B,C,D,E,P,G)$ را در نظر بگیرید که در آن وابستگی‌های تابعی زیر برقرار است:

$F = \{AB \rightarrow CD, DE \rightarrow P, C \rightarrow E, P \rightarrow C, B \rightarrow G\}$

با توجه به وابستگی‌های تابعی فوق، کدام گزینه در مورد رابطه R برقرار است؟ (مهندسی IT-دولتی ۹۹)

(۱) رابطه R در شکل نرمال 2NF است، اما به شکل 3NF نیست.
 (۲) رابطه R در شکل نرمال 3NF است، اما به شکل BCNF نیست.
 (۳) رابطه R در شکل نرمال 2NF نیست.

(۴) رابطه R در شکل نرمال BCNF است.

۵۶- رابطه $R(A, B, C, D)$ و این وابستگی های تابعی را در نظر بگیرید، کدام گزینه در مورد رابطه R درست

$$B \rightarrow C, CD \rightarrow B$$

است؟

(مهندسی کامپیوتر-دولتی-۱۴۰۰)

(۲) R در BCNF است.

(۱) R در 2NF نیست.

(۴) R در 3NF است، اما در BCNF نیست.

(۳) R در 2NF است، اما در 3NF نیست.

۵۷- حاصل تجزیه رابطه زیر بر اساس 3NF چند رابطه خواهد بود؟

$$R(A, B, C, D, E)$$

$$A \rightarrow B, C$$

$$B, C \rightarrow A, D$$

$$D \rightarrow E$$

(۴) رابطه 4

(۳) رابطه 3

(۲) رابطه 2

(۱) رابطه 1

(مهندسی IT-دولتی-۱۴۰۰)

۵۸- کدام مورد در خصوص رابطه درست است؟

(۱) رابطه ای نرمال است که هیچ یک از صفات ساده اش چند مقداری نباشند.

(۲) کلید کاندید رابطه می تواند کاهش پذیر باشد.

(۳) تاپل های یک رابطه نظم مکانی دارند.

(۴) رابطه تاپل تکراری ندارد.

۵۹- رابطه $R = (A, B, C, D, E, F)$ را در نظر بگیرید. اگر مجموعه وابستگی های تابعی F روی R برقرار باشد،

(مهندسی IT-دولتی-۱۴۰۰)

کدام یک از تجزیه های زیر دارای گمشدگی (lossless) است؟

$$F = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

$$R_1(A, B, C), R_2(A, D, E) \quad (۲)$$

$$R_1(A, B, C), R_2(C, D, E) \quad (۱)$$

$$R_1(A, B, C), R_2(B, C, D, E) \quad (۴)$$

$$R_1(E, B, C), R_2(E, D, A) \quad (۳)$$

(مهندسی IT-دولتی-۱۴۰۰)

۶۰- رابطه $R = (A, B, C, D, E, F, G)$ را با وابستگی های زیر در نظر بگیرید:

$$AF \rightarrow BE$$

$$FC \rightarrow DE$$

$$F \rightarrow CD$$

$$D \rightarrow E$$

$$C \rightarrow A$$

حاصل تجزیه 3NF این رابطه چند رابطه خواهد بود؟

(۴) 5

(۳) 4

(۲) 3

(۱) 2

۶۱- اگر رابطه زیر تا سطح سوم، نرمال سازی شود پاسخ کدام است؟

(مهندسی کامپیوتر-دولتی-۱۴۰۱)

$$R(X, Y, Z, S, T, U, W)$$

$$F = \{S \rightarrow X, T \rightarrow Y, X \rightarrow Y, XY \rightarrow TUZ\}$$

$$R_1(S, W), R_{21}(\underline{X}, Z, T, U), R_{22}(T, Y) \quad (۱)$$

$$R_1(\underline{S}, W), R_2(\underline{S}, X, Y, Z, T, U), R_{21}(\underline{S}, X), R_{221}(\underline{X}, Z, T, U) \quad (۲)$$

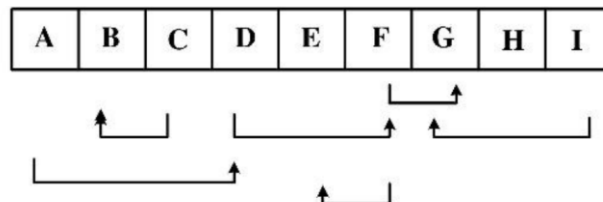
$$R_1(\underline{S}, W), R_2(\underline{S}, X, Y, Z, T, U), R_{21}(\underline{S}, X), R_{22}(\underline{X}, Y, Z, T, U) \quad (۳)$$

$$R_1(\underline{S}, W), R_{21}(\underline{S}, X), R_{221}(\underline{X}, Z, T, U), R_{22}(T, Y) \quad (۴)$$

$$R_1(A, B, C), R_2(B, C, D, E) \quad (۴)$$

$$R_1(E, B, C), R_2(E, D, A)$$

۶۲- جدول و وابستگی‌های تابعی زیر مفروض است. کدام یک از موارد زیر می‌تواند کاندیدای کلید اصلی رابطه باشد؟
(مهندسی IT - دولتی ۱۴۰۱)



- $I \rightarrow G$ •
- $F \rightarrow G$ •
- $D \rightarrow F$ •
- $A \rightarrow D$ •
- $C \twoheadrightarrow B$ (وابستگی MVD چند مقدار) •
- $F \rightarrow E$ •

$$A, B, C, H, I \quad (۱)$$

$$A, C, D, F, I, H \quad (۲)$$

$$A, C, F, I \quad (۳)$$

$$A, C, D, F, H, I, B \quad (۴)$$

۶۳- در رابطه $R(A, B, C, D, E)$ با وجود وابستگی تابعی $(C, D) \rightarrow E$ ، کدام یک از تجزیه‌های زیر برای این رابطه، یک تجزیه بی‌کاست (Lossless, Nonless) است؟
(مهندسی کامپیوتر - دولتی ۱۴۰۲)

$$R_1(A, B, C, D)$$

$$R_2(D, E) \quad (۱)$$

$$R_1(A, B, D)$$

$$R_2(A, B, C, E) \quad (۲)$$

$$R_1(A, B, C, D)$$

$$R_2(A, C, D, E) \quad (۳)$$

$$\begin{matrix} R_1(A, B) \\ R_2(C, D, E) \end{matrix} \quad (۴)$$

۶۴- دو جدول زیر با وابستگی های تابعی نشان داده شده مفروض است. (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۱۴۰۲)

- 1) TblOne (A,B), {A → B}
- 2) TblTwo (A,C), {A → C}

حال اگر DE normalization انجام دهیم، کدام مورد درست است؟

(۱) جدول حاصل نرمال سطح چهار است ولی در مورد نرمال بودن سطح پنجم نمی توان اظهار نظر کرد.

(۲) جدول حاصل می تواند مشکل MVD (وابستگی چندمقداره) داشته باشد.

(۳) جدول حاصل نرمال سطح دوم نیست.

(۴) جدول حاصل نرمال سطح سوم نیست.

۶۵- چند مورد از عبارات زیر، نادرست است؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۱۴۰۳)

- اگر یک مجموعه از جداول در سطح 3NF باشد، حتما 2NF هم هست.
 - اگر یک مجموعه از جداول در سطح BCNF باشد، حتما 2NF هم هست.
 - ممکن است یک مجموعه از جداول در سطح BCNF باشد، ولی 3NF نباشد.
 - ممکن است یک مجموعه از جداول در سطح 4NF باشد ولی BCNF نباشد.
- (۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۶۶- کدام مورد، نادرست است؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۱۴۰۴)

- (۱) اگر جدولی 3NF باشد، حتما BCNF هم هست.
- (۲) اگر جدولی 3NF باشد، حتما 2NF هم هست.
- (۳) ممکن است یک جدول 3NF باشد، ولی شامل وابستگی های غیرکلیدی هم باشد.
- (۴) 3NF بودن، تضمینی برای حفظ وابستگی (Dependency Preservation) تابعی است.

۶۷- در طراحی بانک اطلاعاتی رابطه ای، کدام یک از معیارها مهم تر است؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۱۴۰۴)

- (۱) رعایت شرط Loss-Less Join
- (۲) داشتن کلید اصلی در رابطه ها (Relations)
- (۳) حفظ وابستگی تابعی (Functional Dependency)
- (۴) کاهش در رابطه ها (Relations) و تعداد خصیصه ها (Attributes)

۶۸- هدف اصلی نرمال سازی در پایگاه داده رابطه ای، کدام است؟ (مهندسی کامپیوتر- دولتی ۱۴۰۴)

۱) ساده کردن طراحی پایگاه داده

۲) فشرده سازی داده ها

۳) افزایش کارایی پرس جوها

۴) کاهش افزونگی داده ها

پاسخ تست‌های فصل نهم: نرمال‌سازی

۱- گزینه (۲) صحیح است.

گزینه اول درست است. زیرا، در فرآیند نرمال‌سازی، **بعضی** از انواع افزونگی **کاهش** می‌یابد، یعنی افزونگی طبیعی **کاهش** می‌یابد، اما به واسطه عمل تجزیه و تعریف کلید خارجی (در قالب ستون‌های مشترک)، افزونگی تکنیکی (ساختاری) **افزایش** می‌یابد. **گزینه دوم نادرست است**. زیرا، نرمال‌سازی باعث تجزیه جداول می‌شود، اگر پرس‌وجو روی جداول نرمال نیاز به الحاق نداشته باشد، سربار حاصل از الحاق ایجاد نمی‌شود، که منجر به **کاهش** زمان پاسخگویی نسبت به جدول غیرنرمال می‌شود. اما اگر پرس‌وجو روی جداول نرمال نیاز به الحاق داشته باشد، سربار حاصل از الحاق ایجاد می‌شود، که منجر به **افزایش** زمان پاسخگویی نسبت به جدول غیرنرمال می‌شود. **گزینه سوم درست است**. زیرا، برقراری جامعیت در جداول نرمال شده، ساده‌تر و قابل کنترل‌تر می‌باشد. مانند استفاده از دستور on update cascade برای حفظ سازگاری ستون مشترک حاصل از تعریف کلید خارجی در دو جدول در برابر تغییرات. **گزینه چهارم درست است**. زیرا، به واسطه نرمال‌سازی، آنومالی در عملیات ذخیره‌سازی (درج، حذف و آپدیت) هم ایجاد نمی‌شود.

۲- گزینه (۲) صحیح است.

گزینه‌های اول و چهارم جزء اهداف نرمال‌سازی است. گزینه دوم ارتباطی به بحث نرمال‌سازی ندارد و به عنوان یکی از اهداف اصلی نرمال‌سازی محسوب نمی‌شود، زیرا اهداف نرمال‌سازی کاهش افزونگی داده‌ها (کاهش افزونگی طبیعی یا محتوایی) مقابله با آنومالی و سهولت در برقراری جامعیت و کاهش مقادیر تهی (NULL) است. اینها اهداف نرمال‌سازی هستند، اما در این مسیر و رسیدن به این اهداف لازم است برخی وابستگی‌های تابعی بد (افزونگی ساز)، مثل وابستگی تابعی بخشی، انتقالی و معکوس حذف گردند، که این مسیر است و نه هدف. که طراح محترم گزینه سوم را به عنوان اهداف نرمال‌سازی در نظر گرفته‌اند. حذف بعضی از وابستگی‌های تابعی، مسیر رسیدن به اهداف نرمال‌سازی است. پس از آن‌که نرمال‌سازی با اهداف مذکور انجام شد، پیاده‌سازی دید کاربر هم در فعالیت پیاده‌سازی انجام می‌گردد، نرمال‌سازی و کاهش افزونگی‌ها فدای راحتی برای پیاده‌سازی دید کاربر نمی‌گردد. البته متذکر می‌شویم که تسهیل پیاده‌سازی دید کاربر هیچ جایگاهی در اهداف نرمال‌سازی ندارد، نرمال‌سازی که انجام شد، پیاده‌سازی دید کاربر هم براساس نیازها و سلیقه‌ی کاربر انجام خواهد شد.

۳- گزینه (۲) صحیح است.

قانون اول

روش اول:

اجتماع تمام خصیصه‌های سمت راست وابستگی‌های غیربديهی - تمام خصیصه‌های جدول = عضو کلید کاندید

روش دوم:

$$R - \bigcup_{i=1}^n [(x_i \text{ (چپ)}) - (y_i \text{ (راست)})] = \text{عضو کلید کاندید}$$

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D)$ داریم:

$$AB \rightarrow C$$

$$AB \rightarrow D$$

$$C \rightarrow A$$

$$D \rightarrow B$$

$$ABCD - ABCD = \text{تهی}$$

قانون چهارم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، تهی گردد، بدین معنی است که، جدول فوق چندین کلید کاندید دارد، که هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید آن وجود ندارد. بنابراین باید کلید کاندید با بررسی دقیق بر روی مجموعه وابستگی کشف گردد.

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D\}$$

براساس بستار فوق، صفات AB ، همه ستون‌ها را بدون عضو زائد تولید می‌کند، پس صفات AB ، کلید کاندید می‌باشد.

حال کلید کاندید AB را در نظر بگیرید، از آن‌جا که مطابق وابستگی $C \rightarrow A$ ، صفت C ، صفت A را می‌دهد. می‌توان به جای صفت A در کلید کاندید AB ، صفت C را قرار داد. چون مجدداً مطابق وابستگی $C \rightarrow A$ ، صفت A را می‌دهد که منجر به ایجاد کلید کاندید CB می‌گردد.

مطابق الگوی زیر:

$$AB$$

$$\uparrow \Rightarrow CB$$

$$C$$

$$\{CB\}^+ = \{C, B, A, D\}$$

براساس بستار فوق، صفات CB ، همه ستون‌ها را بدون عضو زائد تولید می‌کند، پس صفات CB کلید کاندید می‌باشد.

حال مجدداً کاندید AB را در نظر بگیرید، از آن‌جا که مطابق وابستگی $D \rightarrow B$ ، صفت D ، صفت B را می‌دهد. می‌توان به جای صفت B در کلید کاندید AB ، صفت D را قرار داد. چون مجدداً مطابق وابستگی $D \rightarrow B$ ، صفت B را می‌دهد که منجر به ایجاد کلید کاندید AD می‌گردد.

مطابق الگوی زیر:

$$AB$$

$$\uparrow \Rightarrow AD$$

$$D$$

$$\{AD\}^+ = \{A, D, B, C\}$$

براساس بستار فوق، صفات AD ، همه ستون‌ها را بدون عضو زائد تولید می‌کند، پس صفات AD کلید کاندید است.

حال کلید کاندید CB یا AD را در نظر بگیرید، براساس وابستگی‌های $C \rightarrow A$ و $D \rightarrow B$ و مطابق الگوی زیر داریم:

$$CB \Rightarrow CD$$

$$\uparrow$$

$$D$$

$$AD \Rightarrow CD$$

$$\uparrow$$

$$C$$

$$\{CD\}^+ = \{C, D, A, B\}$$

بر اساس بستر فوق، صفات CD، همه ستون‌ها را بدون عضو زائد تولید می‌کند، پس صفات CD کلید کاندید است.

بررسی مجموعه وابستگی‌های مطرح شده نشان داد که (A,B) و (C,B) و (A,D) و (C,D) به عنوان کلیدهای کاندید برای رابطه R محسوب می‌شوند. بنابراین گزینه اول گزاره‌ای درست است.

توجه: همان‌طور که مشاهده می‌شود، مطابق قانون چهارم، هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید فوق وجود ندارد.

مستقل از متن سؤال گزینه دوم گزاره‌ای نادرست را بیان می‌کند، زیرا طبق تعریف هر رابطه‌ای در BCNF باشد در 3NF هم هست.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم اول را به صورت زیر بیان کرد:

- دارای حداقل یک کلید کاندید باشد.
- همه خصیصه‌های آن غیرقابل تجزیه باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های مرکب باشد)
- همه خصیصه‌های آن تک مقداری باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های چند مقداری باشد)

واضح است که جدول مطرح شده در فرم اول نرمال قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند.

مؤلفه غیرکلید: هر صفتی که عضو هیچ کلید کاندیدی نباشد، به عنوان مؤلفه غیرکلیدی نامیده می‌شود.

مؤلفه جزء کلید کاندید: هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مؤلفه جزء کلید نامیده می‌شود.

وابستگی‌های مطرح شده را در نظر بگیرید:

کلید کاندید $\overline{AB}$	→	جزء کلید $\overline{C}$
کلید کاندید $\overline{AB}$	→	جزء کلید $\overline{D}$
جزء کلید $\overline{C}$	→	جزء کلید $\overline{A}$
جزء کلید $\overline{D}$	→	جزء کلید $\overline{B}$

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم هم قرار

دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند.

در وابستگی‌های فوق، وابستگی انتقالی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم سوم هم قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شرط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- سمت چپ همه مجموعه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد.
- در وابستگی‌های فوق، سمت چپ وابستگی اول و دوم در مجموعه داده شده ابرکلید است. اما سمت چپ وابستگی‌های سوم و چهارم ابرکلید نیست. بنابراین این جدول به دلیل نقض شرایط مربوطه، در BCNF واقع نیست. در نتیجه گزینه‌های سوم و چهارم نیز گزاره‌های درستی را بیان می‌کنند.

۴- گزینه (۴) صحیح است.

جدولی که BCNF باشد، حتماً 3NF است، بنابراین گزینه اول درست است به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند. بنابراین گزینه دوم درست است و گزینه سوم نادرست است. زیرا عدم وابستگی انتقالی برای یک جدول نشانه 3NF بودن یک جدول نیست بلکه جدول باید در نرمال فرم دوم هم باشد.

مثال: جدول زیر را در نظر بگیرید:

a	b	c
1	2	3
3	6	5
7	2	6
1	4	8

در جدول فوق ab کلید کاندید است و صفت غیرکلید c با عضو کلید کاندید یعنی b، وابستگی بخشی دارد. اما نمی‌توان ادعا کرد که چون جدول فوق فاقد وابستگی انتقالی است، پس 3NF است. زیرا همان‌طور که گفتیم جدولی در 3NF است که علاوه بر عدم وابستگی انتقالی، 2NF هم باشد، که جدول فوق به دلیل وجود وابستگی بخشی، 2NF نیست، پس جدول فوق 3NF هم نیست.

۵- گزینه (۴) صحیح است.

جدول $R(X, Y, Z)$ تنها یک کلید کاندید دارد، این جدول فاقد وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) و وابستگی انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) می‌باشد. و تنها دارای وابستگی تابعی کامل

است.

به صورت زیر:

$R(\underline{X}, Y, Z)$

وابستگی تابعی کامل $X \rightarrow Y$

وابستگی تابعی کامل $X \rightarrow Z$

در جدول R ، صفت X ، کلید کاندید است.

جدول R به دلیل عدم وجود وابستگی بخشی و وابستگی انتقالی در نرمال فرم سوم (3NF) قرار دارد. هم چنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی ها، ابرکلید است، بنابراین جدول فوق در سطح BCNF نیز قرار دارد. هم چنین اگر جدولی در BCNF باشد و حداقل یک کلید کاندید تک خصیصه ای داشته باشد، حتماً در نرمال فرم چهارم (4NF) هم واقع است. بنابراین جدول فوق در سطح 4NF نیز قرار دارد. هم چنین اگر جدولی در نرمال فرم چهارم باشد و همه کلیدهای کاندید آن تک خصیصه ای باشند آن جدول در نرمال فرم پنجم واقع است، بنابراین جدول فوق در سطح 5NF نیز قرار دارد. بنابراین جدول R نیاز به نرمال سازی ندارد. اما نظر طراح محترم، اصرار بر نرمال سازی است! مطابق ضوابط ریسان تجزیه R به دو رابطه $R1$ و $R2$ مطلوب است. اگر و فقط اگر $R1$ و $R2$ مستقل باشند، یعنی:

۱- شرط لازم: دو جدول الحاق پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد)

۲- شرط کافی: تمام وابستگی های تابعی R قابل استنتاج از روی وابستگی های تابعی $R1$ و $R2$ باشد یا در آن ها موجود باشد.

در صورت سؤال مطرح شده است که «کدام گزینه از شرط های صحت این عمل می باشد؟»
بنابراین گزینه چهارم با گزاره اول (شرط لازم) ضوابط ریسان تطابق دارد.
بنابراین گزینه چهارم، پاسخ این تست خواهد بود.
اما برای رسیدن به تجزیه مطلوب باید هر دو شرط از ضوابط ریسان برقرار باشد.
با توجه به این که صفت X در جدول R کلید کاندید است، و به تبع وابستگی های $X \rightarrow Y$ و $X \rightarrow Z$ در این جدول وجود دارد.
با نرمال سازی جدول R به $R1$ و $R2$ نیز، وابستگی های $X \rightarrow Y$ و $X \rightarrow Z$ باید حفظ گردند.
بنابراین برای برقراری گزاره دوم (شرط کافی) ضوابط ریسان باید صفت X در دو جدول $R1$ و $R2$ کلید کاندید باشد.

$R(\underline{X}, Y, Z)$

$X \rightarrow Y$

$X \rightarrow Z$

پس از تجزیه داریم:

$R1(\underline{X}, Y)$ $R2(\underline{X}, Z)$
 $X \rightarrow Y$ $X \rightarrow Z$

۶- گزینه (۴) صحیح است.

جدول XYZ، $2^3 - 1 = 7$ حالت مختلف، می تواند به صورت زیر کلید کاندید داشته باشد.

X Y Z	صفات	تکرار
0 0 0	تهی	
0 0 1	Z	سطر تکراری دارد
0 1 0	Y	سطر تکراری دارد
0 1 1	Y Z	سطر تکراری دارد
1 0 0	X	سطر تکراری دارد
1 0 1	X Z	سطر تکراری دارد
1 1 0	X Y	سطر تکراری دارد
1 1 1	X Y Z	سطر تکراری ندارد

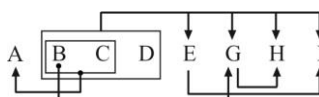
با توجه به جدول فوق و بررسی دقیق محتویات جدول داده شده، واضح است که جدول داده شده تمام کلید است، یعنی کلید کاندید آن XYZ است. طبق تعریف، جدولی که تمام کلید است، در نرمال فرم BCNF قرار دارد. توجه کنید که جدولی که در BCNF است، حتماً در نرمال فرم های اول، دوم و سوم هم قرار دارد، بنابراین گزینه های اول تا سوم هم درست هستند. بهتر بود بالاترین سطح نرمال این جدول مورد سؤال قرار می گرفت.

۷- گزینه (۴) صحیح است.

جدولی در سطح نرمال فرم اول قرار دارد که صفت چند مقداری و مرکب نداشته باشد. از آن جا که در رابطه R، صفت F یک صفت مرکب است، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار ندارد. برای نرمال سازی این جدول ابتدا صفت مرکب F باید حذف و اجزای آن در جدول R جایگزین گردد. به این ترتیب جدول R به شکل زیر در نرمال فرم اول قرار می گیرد:

$R(A, B, C, D, E, G, H, I)$

نمودار وابستگی های جدول به صورت زیر است:



به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مولفه غیرکلیدی، به جزیی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند.

با توجه به این که ترکیب صفات BCD به عنوان کلید کاندید رابطه R معرفی شده است، وابستگی های تابعی زیر:

$B \rightarrow G$

$BC \rightarrow A$

به عنوان وابستگی بخشی محسوب می گردند. بنابراین جداول R در نرمال فرم دوم قرار ندارد. بنابراین برای قرار دادن جداول R، در نرمال فرم دوم، باید وابستگی های بخشی از جداول R خارج گردند.



بنابراین جدول R به سه جدول کوچکتر تجزیه می گردد:

$R3(B, C, D, E, I)$ $R2(B, G, H)$ $R1(B, C, A)$

با توجه به کلید کاندید جدول R1 می توان دریافت که این جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی است، بنابراین این جدول در نرمال فرم سوم قرار دارد. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی های جدول R1 ابرکلید است، بنابراین جدول R1 در سطح BCNF قرار دارد.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند.

در جدول R2 و R3 وابستگی های تابعی زیر:

$G \rightarrow H$

$E \rightarrow I$

به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می گردند. بنابراین جداول R2 و R3 در نرمال فرم سوم قرار ندارند. بنابراین برای قرار دادن R2 و R3، باید وابستگی های انتقالی از جدول R2 و R3 خارج گردند.



بنابراین جداول R2 و R3 به جداول کوچکتر تجزیه می گردند:

$R21(B, G)$ $R22(G, H)$ $R31(B, C, D, E)$ $R32(E, I)$

با توجه به کلیدهای کاندید در جداول R21, R22, R31 و R32 می توان دریافت که این جداول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی های جداول R21, R22, R31 و R32 ابرکلید است، بنابراین جداول R21, R22, R31 و R32 در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول R به پنج جدول R1, R21, R22, R31 و R32 می توان جدول R را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

۸- گزینه (۱) صحیح است.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند.

با توجه به این که ترکیب صفات BCD به عنوان کلید کاندید رابطه R معرفی شده است، وابستگی های زیر را داریم:

B	C	D	وابستگی‌ها
0	0	0	ϕ
0	0	1	$D \rightarrow X$
0	1	0	$C \rightarrow X$
0	1	1	$CD \rightarrow X$
1	0	0	$B \rightarrow X$
1	0	1	$BD \rightarrow X$
1	1	0	$BC \rightarrow X$
1	1	1	$BCD \rightarrow R$

وابستگی بخشی
X: مؤلفه غیر کلیدی

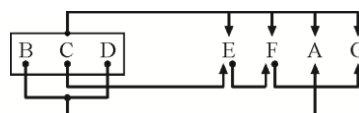
گزینه اول $\Rightarrow$

وابستگی تابعی کامل }

بنابراین فرم نرمال دوم جدول R به واسطه وابستگی بخشی $BC \rightarrow E$ موجود در گزینه اول، نقض می‌گردد.

۹- گزینه (۴) صحیح است.

جدولی در سطح نرمال فرم اول قرار دارد که صفت چند مقداری و مرکب نداشته باشد. از آنجا که در جدول R، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد. نمودار وابستگی‌های جدول R به صورت زیر است:



به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

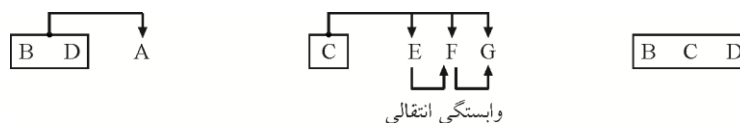
- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند. با توجه به این که ترکیب صفات BCD به عنوان کلید رابطه R معرفی شده است، وابستگی‌های تابعی زیر:

$BD \rightarrow A$

$C \rightarrow E$

به عنوان وابستگی بخشی محسوب می‌گردند. بنابراین جدول R در نرمال فرم دوم قرار ندارد. بنابراین برای قرار دادن جدول R در نرمال فرم دوم، باید وابستگی‌های بخشی از جدول R خارج گردند.



بنابراین جدول R به سه جدول کوچکتر تجزیه می‌گردد:

$R1(B, D, A) \quad R2(C, E, F, G) \quad R3(B, C, D)$

با توجه به کلید کاندید در دو جدول R1 و R3 می‌توان دریافت که این دو جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند، بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی‌های دو جدول R1 و R3، ابرکلید است، بنابراین دو جدول R1 و R3 در سطح BCNF نیز قرار دارند. به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.

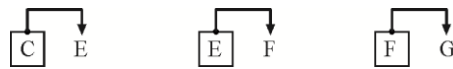
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند. در جدول R2 وابستگی های تابعی زیر:

$$E \rightarrow F$$

$$F \rightarrow G$$

به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می گردند. بنابراین جدول R2 در نرمال فرم سوم قرار ندارد. بنابراین برای قرار دادن جدول R2، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی های انتقالی از جدول R2 خارج گردند.



بنابراین جدول R2 به سه جدول کوچک تر تجزیه می گردد.

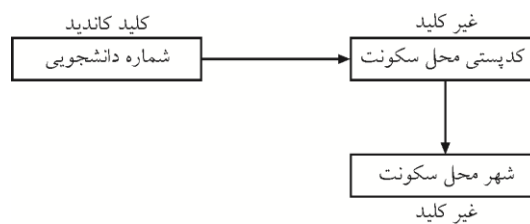
$$R21(C, E) \quad R22(E, F) \quad R23(F, G)$$

با توجه به کلیدهای کاندید در دو جدول R21 و R22، می توان دریافت که این سه جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های سه جدول R21، R22 و R23 ابرکلید است، بنابراین سه جدول R21، R22 و R23 در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول R به پنج جدول R1، R21، R22 و R23 و R3 می توان جدول R را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

۱۰- گزینه (۳) صحیح است.

قانون افزایشی به این صورت بیان می شود که اگر وابستگی چند مقداری $X \twoheadrightarrow Y$ موجود باشد و $V \subseteq W$ آن گاه می توان نتیجه گرفت $WX \twoheadrightarrow VY$. به بیان دیگر با توجه به این که $V \subseteq W$ است، می توان نتیجه گرفت که $W \twoheadrightarrow V$ است و از طرفی دیگر با توجه به فرض مسأله $X \twoheadrightarrow Y$ می توان نتیجه گرفت $XW \twoheadrightarrow VY$.

۱۱- گزینه (۴) صحیح است.



از آن جا که در جدول دانشجو، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.

- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.
- جدول دانشجو در حال حاضر 2NF است، زیرا کلید کاندید آن شماره دانشجویی است و وابستگی بخشی وجود ندارد.
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.
- وابستگی انتقالی:** وابستگی یک مولفه غیرکلیدی به یک مولفه غیرکلیدی دیگر را، وابستگی انتقالی می نامند. در جدول دانشجو، وابستگی تابعی زیر:



به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می گردد. بنابراین جدول دانشجو در نرمال فرم سوم قرار ندارند. بنابراین برای قرار دادن جدول دانشجو، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی های انتقالی از جدول دانشجو خارج کردند.



بنابراین جدول دانشجو به دو جدول کوچکتر تجزیه می گردد.

(شهر محل سکونت و کد پستی محل سکونت) stu2 (کد پستی محل سکونت و شماره دانشجویی) stu1

با توجه به کلیدهای کاندید در دو جدول stu1 و stu2 می توان دریافت که این دو جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند، بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی های دو جدول stu1 و stu2 ابرکلید است، بنابراین این دو جدول در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول دانشجو به دو جدول stu1 و stu2 می توان جدول دانشجو را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

البته این دو جدول در نرمال فرم های چهارم و پنجم نیز قرار دارند، اما مطابق آنچه در گزینه ها آمده است، گزینه چهارم به عنوان پاسخ خواهد بود.

۱۲- گزینه (۴) صحیح است.

راه حل اول:

فرم کمینه وابستگی های مطرح شده به صورت زیر است:

۱- گام اول: تجزیه همه صفت های سمت راست.

$A \rightarrow I$
 $A \rightarrow E$
 $A \rightarrow G$
 $AB \rightarrow I$
 $AB \rightarrow E$
 $AB \rightarrow C$
 $AB \rightarrow D$
 $ABE \rightarrow C$

$ABE \rightarrow D$
 $ABE \rightarrow F$
 $ABE \rightarrow G$
 $ABE \rightarrow H$
 $AC \rightarrow I$
 $AC \rightarrow E$

C زیر مجموعه AC است، بنابراین این وابستگی بدیهی بوده و حذف می گردد.

$AC \rightarrow C$ ✖

DE زیر مجموعه CDE است، بنابراین این وابستگی بدیهی بوده و حذف می گردد.

$CDE \rightarrow DE$ ✖

$E \rightarrow F$
 $E \rightarrow G$
 $F \rightarrow E$

۲- گام دوم: خلاصه سازی صفت های سمت چپ تا حد امکان

$A \rightarrow I$
 $A \rightarrow E$
 $A \rightarrow G$
 $AB \rightarrow I$
 $AB \rightarrow E$
 $AB \rightarrow C$
 $AB \rightarrow D$

زیرا توسط وابستگی $AB \rightarrow E$ ، صفات AB، صفات E را می دهد.

$ABE \rightarrow C \Rightarrow AB \rightarrow C$
 $ABE \rightarrow D \Rightarrow AB \rightarrow D$
 $ABE \rightarrow F \Rightarrow AB \rightarrow F$
 $ABE \rightarrow G \Rightarrow AB \rightarrow G$
 $ABE \rightarrow H \Rightarrow AB \rightarrow H$

$AC \rightarrow I$
 $AC \rightarrow E$
 $E \rightarrow F$
 $E \rightarrow G$
 $F \rightarrow E$

۳- گام سوم: حذف وابستگی های زائدی که از روی سایر وابستگی ها قابل تولید است.

$A \rightarrow I$ ✓
 $A \rightarrow E$ ✓
 $A \rightarrow G$ ✖

با داشتن صفت A بدون وابستگی $A \rightarrow G$ ، توسط وابستگی های $A \rightarrow E$ و $E \rightarrow G$ می توان به صفت G رسید.

بنابراین وابستگی $A \rightarrow G$ حذف می گردد. $\{A\}^+ = \{A, E, \boxed{G}\}$.

$AB \rightarrow I$ ✗

با داشتن صفات AB بدون وابستگی $AB \rightarrow I$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow I$ می توان به صفت I رسید. بنابراین

وابستگی $AB \rightarrow I$ حذف می گردد. $\{AB\}^+ = \{A, B, \boxed{I}\}$

$AB \rightarrow E$ ✗

با داشتن صفات AB بدون وابستگی $AB \rightarrow E$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow E$ می توان به صفت E رسید.

بنابراین وابستگی $AB \rightarrow E$ حذف می گردد. $\{AB\}^+ = \{A, B, \boxed{E}\}$

$AB \rightarrow C$ ✓

$AB \rightarrow D$ ✓

$AB \rightarrow C$ ✗ تکراری

$AB \rightarrow D$ ✗ تکراری

$AB \rightarrow F$ ✗

با داشتن صفات AB بدون وابستگی $AB \rightarrow F$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow E$ و $E \rightarrow F$ می توان به صفت F رسید. بنابراین وابستگی $AB \rightarrow F$ حذف می گردد.

$\{AB\}^+ = \{A, B, E, \boxed{F}\}$

$AB \rightarrow G$ ✗

با داشتن صفات AC بدون وابستگی $AB \rightarrow G$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow G$ می توان به صفت G رسید.

بنابراین وابستگی $AB \rightarrow G$ حذف می گردد. $\{AB\}^+ = \{A, B, \boxed{G}\}$

$AB \rightarrow H$ ✓

$AC \rightarrow I$ ✗

با داشتن صفات AC بدون وابستگی $AC \rightarrow I$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow I$ می توان به صفت I رسید.

بنابراین وابستگی $AC \rightarrow I$ حذف می گردد. $\{AC\}^+ = \{A, C, \boxed{I}\}$

$AC \rightarrow E$ ✗

با داشتن صفات AC بدون وابستگی $AC \rightarrow E$ ، توسط وابستگی $A \rightarrow E$ می توان به صفت E رسید.

بنابراین وابستگی $AC \rightarrow E$ حذف می گردد. $\{AC\}^+ = \{A, C, \boxed{E}\}$

$E \rightarrow F$ ✓

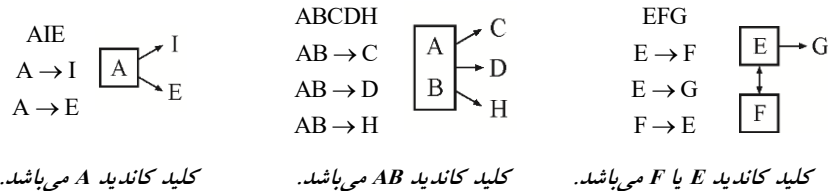
$E \rightarrow G$ ✓

$F \rightarrow E$ ✓

بنابراین وابستگی های کمینه، مجموعه وابستگی های مطرح شده به صورت زیر خواهد بود:

$A \rightarrow I$
 $A \rightarrow E$
 $AB \rightarrow C$
 $AB \rightarrow D$
 $AB \rightarrow H$
 $E \rightarrow F$
 $E \rightarrow G$
 $F \rightarrow E$

حال با توجه به وابستگی های مربوط به هر جدول، سطح نرمال مربوط به هر جدول را می توان مشخص نمود:



همان طور که مشاهده می شود سمت چپ تمام وابستگی های تابعی در هر سه جدول ابرکلید است، بنابراین هر سه جدول در BCNF قرار دارند. بنابراین پایگاه داده در BCNF قرار دارد.

راه حل دوم: پیدا کردن کلید کاندید هر جدول (بدون نیاز به کمینه سازی وابستگی ها)

قانون اول

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R_1(A, I, E)$ داریم:

$A \rightarrow IEG$
 $AB \rightarrow IEC D$
 $ABE \rightarrow C D F G H$
 $AC \rightarrow I E C$

* وابستگی بدیهی، کنار گذاشته می شود. $CDE \rightarrow DE \Rightarrow$

$E \rightarrow FG$
 $F \rightarrow E$
 $AIE - IEGCDFH = A$

بنابر رابطه فوق صفت A حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت A فقط برای جدول $R_1(A, I, E)$ به صورت زیر است:

$$\{A\}^+ = \{A, I, E\}$$

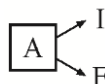
بر اساس بستار فوق، صفت A ، همه ستون های جدول $R_1(\underline{A}, I, E)$ را تولید می کند، پس صفت A کلید کاندید می باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

براساس وابستگی‌های مطرح شده جدول $R1(A, I, E)$ با کلید کاندید A ، فاقد هر گونه وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) و انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) است. بنابراین این جدول در فرم نرمال 3NF قرار دارد.

بنابراین نمودار وابستگی تابعی جدول $R1(\underline{A}, I, E)$ به صورت زیر خواهد بود:



همان‌طور که مشاهده می‌شود سمت چپ تمام وابستگی‌های تابعی جدول $R1(\underline{A}, I, E)$ ابرکلید است، بنابراین جدول $R1(\underline{A}, I, E)$ در BCNF قرار دارد.

هم‌چنین با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای جدول $R2(A, B, C, D, H)$ داریم:

$$A \rightarrow IEG$$

$$AB \rightarrow IECD$$

$$ABE \rightarrow CDFGH$$

$$AC \rightarrow IEC$$

وابستگی بدیهی، کنار گذاشته می‌شود $\Rightarrow CDE \rightarrow DE$ *

$$E \rightarrow FG$$

$$F \rightarrow E$$

$$ABCDH - IEGCDFH = AB$$

بنابر رابطه فوق صفات AB حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفات AB فقط برای جدول $R2(A, B, C, D, H)$ به صورت زیر است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, H\}$$

براساس بستار فوق، صفات AB ، همه ستون‌های جدول $R2(\underline{A}, B, C, D, H)$ را تولید می‌کند، پس صفات AB کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

براساس وابستگی‌های مطرح شده جدول $R2(\underline{A}, B, C, D, H)$ با کلید کاندید AB ، فاقد هر گونه وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) و انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) است. بنابراین جدول در فرم نرمال 3NF قرار دارد.

بنابراین نمودار وابستگی تابعی جدول $R2(\underline{A}, B, C, D, H)$ به صورت زیر خواهد بود:



همان طور که مشاهده می شود سمت چپ تمام وابستگی های تابعی جدول $R2(A, B, C, D, H)$ ابرکلید است، بنابراین جدول $R2(A, B, C, D, H)$ در BCNF قرار دارد. هم چنین با توجه به وابستگی های مطرح شده برای جدول $R3(E, F, G)$ داریم:

$$A \rightarrow IEG$$

$$AB \rightarrow IEC D$$

$$ABE \rightarrow C D F G H$$

$$AC \rightarrow I E C$$

وابستگی بدیهی، کنار گذاشته می شود $CDE \rightarrow DE$

$$E \rightarrow F G$$

$$F \rightarrow E$$

$$EFG - IEGCDFH = \text{تهی}$$

قانون چهارم

هرگاه عضو کلید کاندید حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، تهی گردد، بدین معنی است که، جدول فوق چندین کلید کاندید دارد، که هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید آن وجود ندارد. بنابراین باید کلید کاندید با بررسی دقیق بر روی مجموعه وابستگی کشف گردد. با کمی دقت و بررسی پُر واضح است که براساس وابستگی های مطرح شده، در جدول $R3(E, F, G)$ صفت E و F کلید کاندید هستند. در واقع جدول $R3$ دو کلید کاندید دارد.

$$\{E\}^+ = \{E, F, G\}$$

براساس بستار فوق صفت E ، همه ستون های جدول $R3$ را تولید می کند، پس صفت E کلید کاندید است.

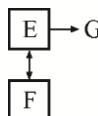
$$\{F\}^+ = \{F, E, G\}$$

براساس بستار فوق صفت F ، همه ستون های جدول $R3$ را تولید می کند، پس صفت F کلید کاندید است.

توجه: همان طور که مشاهده می شود، مطابق قانون چهارم، هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید فوق وجود ندارد.

براساس وابستگی های مطرح شده جدول $R3(E, F, G)$ با دو کلید کاندید E و F ، فاقد هر گونه وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) و انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) است. بنابراین این جدول در فرم نرمال 3NF قرار دارد.

بنابراین نمودار وابستگی های تابعی جدول $R3(E, F, G)$ به صورت زیر خواهد بود.



همان طور که مشاهده می شود سمت چپ تمام وابستگی های تابعی جدول $R3(E, F, G)$ ابرکلید است، بنابراین جدول $R3(E, F, G)$ در BCNF هم قرار دارد.

۱۳- گزینه (۱) صحیح است.

زمانی برای جداول یک بانک اطلاعاتی کلید اصلی تعیین می‌گردد که جداول یک بانک اطلاعاتی با هدف کاهش افزونگی‌های طبیعی تا حد BCNF، مقابله با بی‌نظمی‌ها و ناسازگاری‌ها و مقادیر تهي نرمال‌سازی شده باشند.

پس در طراحی بانک اطلاعاتی رابطه‌ای، پدیده نرمال‌سازی (روال تجزیه یا کاهش) در اولویت اول قرار دارد.

شرایط تجزیه مطلوب به صورت زیر است:

۱- شرط لازم (Nonloss join): دو جدول الحاق‌پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد) این شرط، مهم‌ترین شرط نرمال‌سازی است، زیرا شرط لازم است.

۲- شرط کافی (حفظ وابستگی‌های تابعی): وابستگی‌های تابعی جدول پایه قابل استنتاج از روی وابستگی‌های تابعی جداول حاصل از تجزیه باشد یا در آن‌ها موجود باشد.

در ادامه پس از نرمال‌سازی جداول یک بانک اطلاعاتی، برای هر یک از جداول، یک کلید اصلی توسط طراح بانک اطلاعات، مشخص می‌گردد.

۱۴- گزینه (۴) صحیح است.

عملیات نرمال‌سازی یک عملیات چند مرحله‌ای است که با طی آن‌ها اهداف نرمال‌سازی به تدریج حاصل می‌شود. نخستین مرحله نرمال‌سازی تبدیل جداول به نرمال فرم اول است. برای قرار گرفتن یک جدول در نرمال فرم اول، آن جدول باید در شروط خاصی صدق کند. یک جدول (رابطه) برای برقرار گرفتن در نرمال فرم اول باید دارای شروط زیر باشد: (حفظ قوانین جامعیت درون رابطه‌ای)

۱- دارای حداقل یک کاندید باشد.

۲- جدول تو جدول یا جدول تو در تو نباشد (یعنی جدول فاقد صفت مرکب و چند مقداری باشد)

۲-۱- همه صفات آن غیرقابل تجزیه (Atomic) باشند. (جدول باید فاقد صفت مرکب باشد)

۲-۲- همه صفات جدول تک مقداری باشند. (جدول باید فاقد صفت چند مقداری باشد).

بنابراین گزینه‌های اول تا سوم درست هستند.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.

- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی (تراگذری) باشد.

وابستگی انتقالی (تراگذری): وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند.

بنابراین گزینه چهارم ارتباطی به نرمال فرم اول ندارد و پاسخ این سؤال خواهد بود.

۱۵- گزینه (۱) صحیح است.

گزینه اول نادرست است. زیرا، نرمال‌سازی باعث تجزیه جداول می‌شود، اگر پرس‌وجو روی جداول نرمال نیاز به الحاق نداشته باشد، سربار حاصل از الحاق ایجاد نمی‌شود، که منجر به **کاهش** زمان پاسخگویی نسبت به جدول غیرنرمال می‌شود. اما اگر پرس‌وجو روی جداول نرمال نیاز به الحاق داشته باشد، سربار حاصل از الحاق ایجاد می‌شود، که منجر به **افزایش** زمان پاسخگویی نسبت به جدول غیرنرمال می‌شود. **گزینه دوم درست است.** زیرا، نرمال‌سازی تا سطح 3NF و در صورت نیاز تا سطح BCNF

اجباری است. گزینه سوم درست است. زیرا، در فرآیند نرمال سازی، **بعضی** از انواع افزونگی **کاهش** می یابد، یعنی افزونگی طبیعی **کاهش** می یابد، اما به واسطه عمل تجزیه و تعریف کلید خارجی (در قالب ستون های مشترک)، افزونگی تکنیکی (ساختاری) **افزایش** می یابد. گزینه چهارم درست است. زیرا، حل مشکل مقادیر پوچ (NULL)، یکی دیگر از اهداف نرمال سازی است.

۱۶- گزینه (۲) صحیح است.

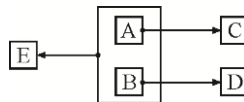
طبق تعریف هر جدولی که در نرمال فرم دوم باشد، حتماً در نرمال فرم اول نیز قرار دارد (گزاره اول درست است)، اما عکس این مطلب همواره برقرار نیست. (گزاره دوم نادرست است)، همچنین طبق تعریف هر جدولی که در BCNF باشد. حتماً در نرمال فرم سوم نیز قرار دارد (گزاره سوم درست است)، اما عکس این مطلب همواره برقرار نیست (گزاره چهارم نادرست است) نرمال سازی مانند درجات علمی است.

دیپلم، فوق دیپلم، لیسانس، فوق لیسانس، دکتری، فوق دکتری

1NF, 2NF, 3NF, BCNF, 4NF, 5NF

۱۷- گزینه (۴) صحیح است.

شکل زیر، نمودار وابستگی های تابعی صفات را نشان می دهد. پُر واضح است که کلید این جدول صفات AB است. بنابراین بدیهی است که جدول 2NF نیست به دلیل وجود وابستگی های بخشی $A \rightarrow C$ و $B \rightarrow D$ (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) پس جدول مذکور 3NF نیز نیست. پس سه گزینه اول نادرست است. بنابراین گزینه چهارم درست است.



قانون اول

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(A,B,C,D,E)$ داریم:

$$A \rightarrow C$$

$$B \rightarrow D$$

$$AB \rightarrow E$$

$$ABCDE - CDE = AB$$

بنابر رابطه فوق صفت AB حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت AB به صورت زیر است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$$

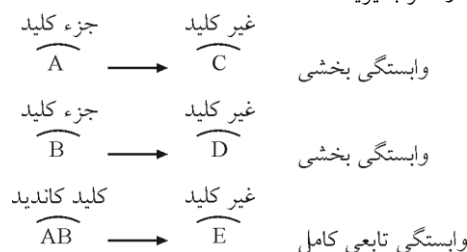
براساس بستار فوق، صفات AB، همه ستون ها را تولید می کند، پس صفات AB، کلید کاندید می باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد. (که هست، زیرا صفت چند مقداری و مرکب ندارد).
 - جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.
- وابستگی بخشی:** وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند. وابستگی‌های مطرح شده را در نظر بگیرید:



در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی $A \rightarrow C$ و $B \rightarrow D$ وجود دارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد، بنابراین رویه نرمال‌سازی (تجزیه مطلوب) جهت قرارگیری جدول R در نرمال فرم دوم توسط عمل تجزیه جدول R می‌بایست انجام گردد.

شرایط تجزیه مطلوب به صورت زیر است:

۱- **شرط لازم:** دو جدول الحاق‌پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد)

شرط الحاق‌پذیری به دو شکل زیر انجام می‌گردد:

۱-۱- برای حذف وابستگی بخشی از تئوری هیث استفاده می‌گردد.

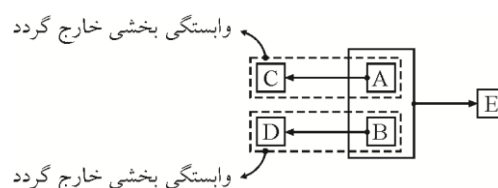
تئوری هیث: این تئوری می‌گوید، وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به جز کلید کاندید) را از جدول پایه خارج کنید.

۱-۲- برای حذف وابستگی انتقالی از تئوری ریسانن استفاده می‌گردد.

تئوری ریسانن: این تئوری می‌گوید، وابستگی انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) را از جدول پایه خارج کنید.

۲- **شرط کافی:** وابستگی‌های تابعی جدول پایه قابل استنتاج از روی وابستگی‌های تابعی جداول حاصل از تجزیه باشد یا در آن‌ها موجود باشد.

با توجه به نمودار وابستگی‌های جدول $R(\underline{A}, \underline{B}, C, D, E)$ داریم:



بنابراین، پس از انجام مرحله نرمال‌سازی فرم دوم داریم:

$R1(\underline{A}, B, E)$	$R2(\underline{B}, D)$	$R3(\underline{A}, C)$
$AB \rightarrow E$	$B \rightarrow D$	$A \rightarrow C$

توجه: در این تجزیه شرط کافی هم برقرار است، زیرا وابستگی‌های تابعی جدول پایه، قابل استنتاج از روی

وابستگی های تابعی جداول حاصل از تجزیه می باشد.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد (که هست، زیرا وابستگی های بخشی از جدول پایه خارج گردید).

- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مولفه غیرکلیدی به یک مولفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند. همان طور که مشاهده می شود در هیچ یک از وابستگی های تابعی جداول R2, R1 و R3 وابستگی انتقالی وجود ندارد. بنابراین این پایگاه داده در نرمال فرم سوم هم قرار دارد. هم چنین همان طور که واضح است، سمت چپ تمام وابستگی های تابعی در هر سه جدول ابرکلید است و بنابراین هر سه جدول در BCNF قرار دارند، بنابراین این پایگاه داده در BCNF قرار دارد.

۱۸- گزینه (۴) صحیح است.

طبق تعریف رابطه ای که در BCNF است، حتماً در 3NF است و رابطه ای که در 3NF است حتماً در 2NF نیز واقع است. هم چنین رابطه ای که در 2NF است حتماً در 1NF هم قرار دارد. در نتیجه می توان گفت که رابطه ای که در BCNF است حتماً در نرمال فرم های اول، دوم و سوم هم قرار دارد. اما رابطه ای که در BCNF است ممکن است در 4NF باشد و البته ممکن است در 4NF نباشد.

۱۹- گزینه (۱) صحیح است.

گزینه های دوم تا چهارم به صورت مشخص جزء اهداف فرآیند نرمال سازی محسوب می شوند. گزینه اول ارتباطی به بحث نرمال سازی ندارد و به عنوان یکی از اهداف اصلی نرمال سازی محسوب نمی شود. زیرا اهداف نرمال سازی کاهش افزونگی داده ها (کاهش افزونگی طبیعی یا محتوایی)، مقابله با بی نظمی، آنومالی و ناسازگاری و سهولت در برقراری قوانین جامعیت (صحت و سازگاری) و کاهش مقادیر تهی (NULL) است. اینها اهداف نرمال سازی هستند، اما در این مسیر و رسیدن به این اهداف لازم است برخی وابستگی های افزونگی ساز، مثل وابستگی بخشی (وابستگی صفت غیرکلید به جزئی از کلید کاندید) و وابستگی انتقالی (وابستگی صفت غیرکلید به صفت غیرکلید) حذف گردند، که این مسیر است و نه هدف. پس از آن که نرمال سازی با اهداف مذکور انجام شد، پیاده سازی دید کاربر هم در فاز پیاده سازی انجام می گردد. نرمال سازی و کاهش افزونگی ها فدای راحتی برای پیاده سازی دید کاربر نمی گردد. البته متذکر می شویم که تسهیل پیاده سازی دید کاربر هیچ جایگاهی در اهداف نرمال سازی ندارد، نرمال سازی که انجام شد، پیاده سازی دید کاربر هم براساس نیازها و سلیقه کاربر انجام خواهد شد.

۲۰- گزینه (۴) صحیح است.

بر طبق تعریف، جدولی در BCNF است که ستون های آن فقط به کلیدهای کاندیدش وابستگی تابعی داشته باشند، اما در این جدول، وابستگی $Code \rightarrow S\#$ یک وابستگی به ستون های غیرکلیدی است.

۲۱- گزینه (۴) صحیح است.

برای مشاهده مشکلات، به مثال ساده ی زیر توجه کنید:

فرض کنید بانک اطلاعات شامل دو جدول stud و clg به صورت زیر باشد:

Stud			Clg	
S#	Sname	clg#	clg#	clgName
8621	Ali	12	12	Computer
8442	Reza	12		
8731	Abbas	NULL		

اگر اطلاعات دو جدول فوق را در یک جدول بریزیم جدول زیر به دست می آید:

studclg			
S#	Sname	clg#	Clgname
8621	Ali	12	Computer
8442	Reza	12	Computer
8731	Abbas	NULL	NULL

در جدول studclg :

- این اطلاعات که «کد دانشکده‌ی کامپیوتر برابر 12 است» در سطرها‌ی اول و دوم تکرار شده است، پس افزونگی داده وجود دارد.
- اگر شخصی بخواهد کد دانشکده‌ی کامپیوتر را به 22 تغییر دهد و به اشتباه، فقط مقدار clg# در سطر اول جدول studclg را عوض کند، از این به بعد دانشکده‌ی کامپیوتر دو کد خواهد داشت: 12 و 22. این موضوع یعنی بی‌نظمی در بانک اطلاعات.
- در سطر آخر از این جدول، مقادیر NULL وجود دارد. به طور کلی، به ازای هر سطر از جدول stud که clg# آن برابر NULL باشد یک سطر در جدول studclg خواهیم داشت که مقادیر دو ستون آخر آن NULL خواهد بود. پس مشکل مقادیر NULL نیز وجود دارد.

۲۲- گزینه (۴) صحیح است.

اگر نرمال‌سازی صورت نگیرد و تمام اطلاعات در یک جدول ذخیره شود مشکلات افزونگی داده‌ها، وجود وابستگی‌های تابعی و دشوار بودن کنترل صحت و جامعیت اطلاعات وجود دارد اما مزیت آن این است که در هنگام بازیابی اطلاعات، نیازی به پیوند زدن چند جدول نیست. در طرف مقابل، با انجام نرمال‌سازی، اطلاعات در چند جدول تقسیم می‌شوند و مشکلات فوق برطرف می‌شوند. اما برای بازیابی اطلاعات، معمولاً لازم خواهد بود چند جدول را با هم پیوند بزنیم، از آنجایی که پیوند زدن جداول عمل زمانگیری است، این عمل باعث ایجاد سربار و در نتیجه کند شدن بازیابی می‌شود.

۲۳- گزینه (۳) صحیح است.

با کمی بررسی می‌توان دید که PY کلید اصلی است. رابطه‌ای در فرم 2NF است که اگر و فقط اگر 1NF باشد و هر صفت غیرکلید با جزئی از کلید اصلی وابستگی تابعی نداشته باشد. از آنجا که وابستگی $Y \rightarrow Z$ یک وابستگی به زیر مجموعه‌ای از کلید اصلی (یعنی Y) است. پس این رابطه در 2NF نیست، بنابراین در 3NF و BCNF هم نیست.

۲۴- گزینه (۳) صحیح است.

گزینه اول عبارت درستی است: دو عبارت زیر را در نظر بگیرید: (x یک مقدار و S یک مجموعه است):

$$x \text{ not in } S, \quad x \neq \text{all}(S)$$

عبارت سمت راست می گوید مقدار x با هیچ یک از اعضای مجموعه S برابر نیست و عبارت سمت چپ می گوید مقدار x در مجموعه S نیست. این دو عبارت با هم یکسانند.

گزینه دوم عبارت درستی است: اگر رابطه ای در BCNF باشد صفت های آن فقط به کلیدهای کاندیدش وابستگی تابعی دارند، یعنی به صفت های غیرکلید وابستگی ندارند و این یعنی وابستگی انتقالی وجود ندارد، مطمئناً با به دست آوردن مجموعه ی پوششی مربوطه (F^+) یا با به دست آوردن هر مجموعه ی وابستگی دیگری معادل با مجموعه ی وابستگی اولیه، هیچ وابستگی انتقالی به وجود نمی آید. پس رابطه کماکان در BCNF خواهد بود.

گزینه سوم عبارت نادرستی است: اگر $A \rightarrow B$ و $A \rightarrow C$ آن گاه $A \rightarrow BC$.

گزینه چهارم نیز عبارت درستی است: دو مجموعه ی وابستگی هم ارزند اگر مجموعه ی پوششی آنها برابر باشد. چون به دست آوردن مجموعه ی پوششی زمان بر است عدم هم ارزی F_1 و F_2 را با یک مثال نشان می دهیم:

وابستگی $EC \rightarrow B$ در F_2 به هیچ صورتی از وابستگی های موجود در F_1 قابل استنتاج نیست، چون صفت B در هیچ یک از وابستگی های F_1 در سمت راست " $\rightarrow$ " نیامده است.

۲۵- گزینه (۴) صحیح است.

شرط $(\exists x \subseteq R): x \rightarrow R \notin F^+$ به این معنی است که اگر، x ای (متعلق به مجموعه صفات رابطه R) موجود باشد که نتوان از آن توسط تمام وابستگی های تابعی رابطه R ، تمام صفات رابطه R را به دست آورد، این بدین معنی خواهد بود که x کلید نیست.

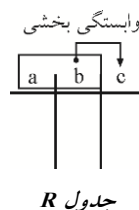
حال اگر این x کلید نباشد ولی با x بتوان به برخی صفات دیگر دسترسی پیدا کرد، این چه معنی خواهد داشت، واضح است که این معنی استنباط می شود که در دل این x ، صفاتی قرار دارند که وابستگی بخشی یا وابستگی انتقالی و یا وابستگی معکوس، ایجاد کرده اند.

عبارت $A \in (x^+ - x)$ ، بدین معنی است که، صفتی مانند A وجود داشته باشد، که از مجموعه صفات غیر کلیدی x قابل دستیابی باشد، یعنی با صفاتی از x بتوان به صفت A رسید. این بدین معنی است که صفت A به مجموعه صفات غیر کلید x وابسته است و این یعنی وجود وابستگی بخشی یا وابستگی انتقالی و یا وابستگی معکوس در رابطه R .

بنابراین اگر حاصل تفاضل $(x^+ - x)$ ، تهی گردد، نتیجه این است که در رابطه R وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد و اگر حاصل تفاضل $(x^+ - x)$ غیرتهی گردد، نتیجه این است که در رابطه R وابستگی بخشی یا انتقالی و یا معکوس وجود دارد.

بنابراین صفت ناهنجار A ، زمانی در رابطه R قرار دارد که حاصل تفاضل $(x^+ - x)$ غیر تهی گردد. یعنی در رابطه R وابستگی بخشی یا انتقالی یا معکوس وجود داشته باشد.

مثال: وابستگی بخشی.



وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیر کلیدی به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند.
توجه: در جدول R، صفات ab کلید کاندید است و صفت c با صفت b وابستگی بخشی دارد. بنابراین اگر مقدار x را برابر b در نظر بگیریم (صفت b کلید نیست، پس شرط $x \rightarrow R \notin F^+$ برقرار است)، با توجه به وابستگی بخشی $b \rightarrow c$ ، آنگاه خواهیم داشت:

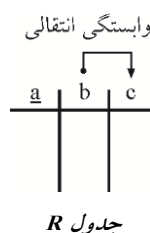
$$x = b$$

$$\{x\}^+ = \{b\}^+ = \{b, c\}$$

$$A \in (x^+ - x) \rightarrow (\{b, c\} - \{b\}) = \{c\}$$

حاصل تفاضل $(x^+ - x)$ غیر تهی شد. چون در رابطه R وابستگی بخشی وجود دارد. پس صفت c یک صفت ناهنجار است، زیرا از صفت b عضو کلید کاندید می‌توان به آن رسید.
توجه: صفت c یک صفت غیر کلید ناهنجار است.

مثال: وابستگی انتقالی.



وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیر کلیدی، به یک مؤلفه غیر کلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند.

توجه: در جدول R، صفت a کلید کاندید است و صفت c با صفت b وابستگی انتقالی دارد. بنابراین اگر مقدار x را برابر b در نظر بگیریم (صفت b کلید نیست، پس شرط $x \rightarrow R \notin F^+$ برقرار است)، با توجه به وابستگی انتقالی $b \rightarrow c$ ، آنگاه خواهیم داشت:

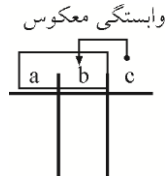
$$x = b$$

$$\{x\}^+ = \{b\}^+ = \{b, c\}$$

$$A \in (x^+ - x) \rightarrow (\{b, c\} - \{b\}) = \{c\}$$

حاصل تفاضل $(x^+ - x)$ غیر تهی شد. چون در رابطه R وابستگی انتقالی وجود دارد. پس صفت c یک صفت ناهنجار است، زیرا از صفت b غیر کلید می‌توان به آن رسید.
توجه: صفت c یک صفت غیر کلید ناهنجار است.

مثال: وابستگی معکوس.



جدول R

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیر کلیدی را، وابستگی معکوس می نامند.

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ غیر کلید

توجه: در جدول R، صفات ab کلید کاندید است و صفت b با صفت c وابستگی معکوس دارد.

بنابراین اگر مقدار x را برابر c در نظر بگیریم (صفت c کلید نیست، پس شرط $x \rightarrow R \notin F^+$ برقرار است)، با توجه به وابستگی معکوس $c \rightarrow b$ ، آنگاه خواهیم داشت:

$$x = b$$

$$\{x\}^+ = \{c\}^+ = \{c, b\}$$

$$A \in (x^+ - x) \rightarrow (\{c, b\} - \{c\}) = (b)$$

حاصل تفاضل فوق $(x^+ - x)$ غیر تهی شد. چون در رابطه R وابستگی معکوس وجود دارد. پس صفت b یک صفت ناهنجار است، زیرا از صفت c غیر کلید می توان به آن رسید.

توجه مهم: صفت b یک صفت عضو کلید کاندید ناهنجار است.

از آنجا که در جدول R، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

گزینه اول درست است.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

مطابق گزینه اول، اگر رابطه R در 3NF باشد، آنگاه وابستگی بخشی و وابستگی انتقالی نخواهد داشت، پس هیچ صفت غیرکلیدی ناهنجاری را هم نخواهد داشت. هر چند رابطه R وابستگی بخشی و انتقالی ندارد، اما ممکن است وابستگی معکوس را داشته باشد، یعنی رابطه در نرمال فرم سوم باشد اما در BCNF نباشد. که در این حالت رابطه R دارای صفت عضو کلید کاندید ناهنجار است.

گزینه اول را مجدداً بخوانید «اگر رابطه R در 3NF باشد، آنگاه هیچ صفت غیرکلیدی در رابطه R ناهنجار نخواهد بود»، این گزینه درست است. زیرا امکان ندارد صفات غیرکلیدی در ناهنجار باشد، به دلیل عدم وابستگی بخشی و انتقالی، هر چند ممکن است صفت عضو کلید کاندید ناهنجار داشته باشد، به دلیل وجود وابستگی معکوس، اما گزینه گفته است هیچ صفت غیر کلیدی در رابطه R ناهنجار نخواهد بود، که درست است.

گزینه دوم درست است.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال سوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.

توجه: در یک نگاه دیگر برای BCNF می توان گفت، جدولی در BCNF قرار دارد که همه شروع های وابستگی ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هر گاه سمت چپ همه وابستگی ها، ابرکلید باشد، آنگاه آن جدول در BCNF قرار دارد.

مطابق گزینه دوم، اگر رابطه R در BCNF باشد، آنگاه وابستگی بخشی، وابستگی انتقالی و وابستگی معکوس نخواهد داشت، پس هیچ صفت ناهنجاری (اعم از صفت غیرکلید ناهنجار حاصل از وابستگی بخشی و وابستگی انتقالی به دلیل عدم وجود وابستگی بخشی و انتقالی و اعم از صفت عضو کلید کاندید ناهنجار حاصل از وابستگی معکوس به دلیل عدم وجود وابستگی معکوس) نخواهد داشت.

گزینه سوم درست است.

مطابق گزینه سوم اگر هیچ صفت ناهنجاری در R وجود نداشته باشد، (اعم از صفت غیر کلید ناهنجار حاصل از وابستگی بخشی و وابستگی انتقالی به دلیل عدم وجود وابستگی بخشی و انتقالی و اعم از صفت عضو کلید کاندید ناهنجار حاصل از وابستگی معکوس به دلیل عدم وجود وابستگی معکوس) این نتیجه حاصل خواهد شد که رابطه R در BCNF قرار دارد.

۲۶- گزینه (۱) صحیح است.

با کمی بررسی می توان دید که کلید کاندید در S برابر است با BE، برای این که جدول S در BCNF باشد باید تمام صفت های آن فقط به کلید کاندید وابستگی تابعی داشته باشند، گزینه های دوم و سوم وابستگی تابعی به غیرکلید کاندید را نشان می دهند. وابستگی تابعی گزینه ی چهارم نیز اصلاً وجود ندارد اما وابستگی تابعی گزینه ی اول یک وابستگی تابعی به کلید کاندید است.

۲۷- گزینه (۱) صحیح است.

در هنگام نرمال سازی جداول، برای این که جدول R در نرمال سوم باشد باید ابتدا برای آن، کلیدهای کاندید را به دست آورد و یکی از کلیدهای کاندید را به عنوان کلید اصلی در نظر گرفت.

دو نکته در مورد کلید اصلی وجود دارد:

(۱) تمام فیلدهای دیگر به کلید اصلی وابستگی تابعی دارند.

(۲) حتی پس از انجام مراحل نرمال سازی (2NF, 3NF, ...) می توان از روی کلید اصلی (که در یکی از جداول حاصل از نرمال سازی قرار دارد) به فیلدهای دیگر (که در جداول مختلف حاصل از نرمال سازی هستند) دسترسی پیدا کرد، این دسترسی از طریق کلیدهای خارجی صورت می گیرد.

حال به جدول R_3 توجه کنید. فیلدهای آن (یعنی D و E) در هیچ جدول دیگری وجود ندارد. بنابراین بین جدول R_3 و جداول دیگر هیچ ارتباطی وجود ندارد. پس نه از صفتهای DE می توان صفات دیگر را پیدا کرد و نه از صفتهای دیگر می توان صفتهای DE را یافت. پس نرمال سازی انجام شده قطعاً اشتباه است. چون هیچ کلید اصلی ای نمی توان برای رابطه ای اولیه ی R متصور شد.

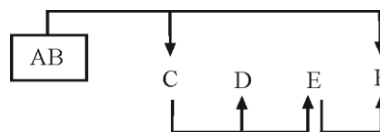
۲۸- گزینه (۲) صحیح است.

گزینه ی اول صحیح است، با انجام نرمال سازی، افزونگی ها عموماً حذف می شوند و عموماً حجم جداول کوچک تر می شود، بنابراین جستجوها با سرعت بیشتری صورت می پذیرد. گزینه ی دوم غلط است، فرآیند نرمال سازی به اطلاعات درون جداول کاری ندارد و فقط براساس وابستگی های تعریف شده روی ستون های جداول عمل می کند پس NULL بودن مقادیر تأثیری بر فرآیند نرمال سازی ندارد.

گزینه ی سوم صحیح است، یکی از اهداف نرمال سازی کاهش بی نظمی در پایگاه داده است. گزینه ی چهارم صحیح است، با انجام نرمال سازی، عموماً افزونگی حذف و در نتیجه حجم پایگاه داده کم می شود.

۲۹- گزینه (۱) صحیح است.

وابستگی های ذکر شده در شکل زیر آمده اند:

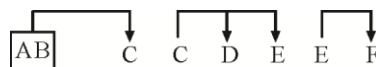


مراحل نرمال سازی به شرح زیر است:

تنها کلید کاندید، AB است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E, F\}$$

پس آن را به عنوان کلید اصلی در نظر می گیریم. تا اینجا جدول R در 1NF هست. چون وابستگی به زیر مجموعه ای از کلید اصلی وجود ندارد. پس جدول R در 2NF هم هست. برای این که جدول به 3NF برود، باید وابستگی های انتقالی را حذف کنیم. با انجام این کار جداول زیر به دست می آیند.



جداول فوق نرمال هستند و به نرمال سازی بیشتر نیاز ندارند. با توجه به جداول به دست آمده و وابستگی های آنها گزینه اول صحیح است.

۳۰- گزینه (۲) صحیح است.

با توجه به شکل می توان دید که AB کلید اصلی است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$$

کلید کاندید دیگری نیز وجود ندارد. پس جدول در 1NF هست.

از آنجایی که وابستگی تابعی به زیر مجموعه‌ای از کلید اصلی وجود ندارد پس جدول در 2NF نیز هست. اما چون وابستگی انتقالی زیر وجود دارد جدول در 3NF نیست:

$$AB \rightarrow E, E \rightarrow C$$

۳۱- گزینه (۲) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A,B,C,D)$ داریم:

$$A \rightarrow B$$

$$B \rightarrow C$$

$$BC \rightarrow A$$

$$A \not\rightarrow B, B \not\rightarrow C, C \not\rightarrow A$$

بنابر رابطه فوق صفت D حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بستر صفت D به صورت زیر است:

$$\{D\}^+ = \{D\}$$

براساس بستر فوق، صفت D، فقط ستون D را تولید می‌کند، پس صفت D فقط عضو کلید کاندید می‌باشد و کلید کاندید نمی‌باشد.

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول مورد نظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفت دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهد داشت.

با کمی دقت و بررسی، پُر واضح است که اگر صفت A در کنار عضو کلید کاندید D قرار بگیرد، همکاری صفات (D و A) می‌تواند، همه ستون‌ها را تولید کند، بنابراین صفات AD کلید کاندید جدول R خواهد بود.

$$\{AD\}^+ = \{A,B,C,D\}$$

بستر صفات AD به صورت مقابل است:

براساس بستر فوق، صفات AD، همه ستون‌ها را تولید می‌کنند، پس صفات AD، کلید کاندید است.

توجه: دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد.

همچنین از آن جا که $BC \rightarrow A$ و $B \rightarrow C$ ، پس می‌توان ترکیب دو خصیصه (B,D) را هم کلید کاندید دیگری برای این جدول تلقی کرد، دقت کنید که صفت C جزء کلید کاندید نیست، زیرا توسط صفت B قابل دسترسی است.

چون وقتی (A,D) کلید کاندید است و همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس (B,D) هم، کلید کاندید است و همه ستون‌ها را تولید می‌کند، زیرا در نهایت طبق وابستگی $BC \rightarrow A$ و $B \rightarrow C$ ، صفت B، صفت A را می‌دهد و (B,D) به (A,D) تبدیل می‌گردد.

$$\{B,D\}^+ = \{B,D,C,A\}$$

بستر صفات (B,D) به صورت مقابل است:

براساس بستار فوق، صفات (B,D)، همه ستون‌ها را تولید می‌کنند، پس صفات (B,D) کلید کاندید است. **توجه:** دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه داده شده، در مجموع، دارای دو کلید کاندید است که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید D در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم اول را به صورت زیر بیان کرد:

- دارای حداقل یک کلید کاندید باشد.
 - همه خصیصه‌های آن غیرقابل تجزیه باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های مرکب باشد)
 - همه خصیصه‌های آن تک مقداری باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های چند مقداری باشد)
- واضح است که جدول مطرح شده در فرم اول نرمال قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مولفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند.

مولفه غیرکلیدی: هر صفتی که عضو هیچ کلید کاندیدی نباشد، به عنوان مولفه غیرکلیدی نامیده می‌شود.

مولفه جزء کلید کاندید: هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مولفه جزء کلید کاندید نامیده می‌شود.

وابستگی‌های مطرح شده را در نظر بگیرید:

جزء کلید $A \rightarrow B$ جزء کلید

وابستگی بخشی: غیرکلید $B \rightarrow C$ جزء کلید

$BC \rightarrow A$

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد، پس در نرمال فرم سوم، BCNF و نرمال فرم چهارم هم قرار ندارد.

۳۲- گزینه (۴) صحیح است.

۳۳- گزینه (۴) صحیح است.

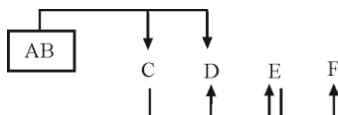
با انجام نرمال سازی، چند جدول به دست می‌آید که با کلیدهای خارجی به هم وصل‌اند. برای استخراج اطلاعات از روی چند جدول نیاز است جداول با هم پیوند بخورند. پیوند زدن جداول زمان‌بر است در نتیجه اگر جداول نرمال نشوند در برخی موارد سرعت پرس‌وجوها بیشتر خواهد بود. پس گزینه اول صحیح است.

از سوی دیگر، اگر بانک اطلاعاتی نرمال سازی نشود و تمام اطلاعات در یک جدول ذخیره شود، تعداد سطرهای این جدول بسیار زیاد خواهد بود. در نتیجه اگر به دنبال پرس‌وجوی اطلاعات از یک موجودیت (که در حالت نرمال شده یک جدول می‌بود) باشیم، باید در تعداد سطرهای زیادی به دنبال آن بگردیم در صورتی که در حالت نرمال شده، تعداد سطرهای جدول مربوط به آن موجودیت بسیار کم‌تر می‌بود، پس گزینه دوم نیز صحیح است.

گزینه سوم نیز صحیح است. ممکن است جداولی که در 3NF هستند باز هم افزونگی داشته باشند که در آن صورت از نرمال سازی سطح 4NF یا 5NF یا BCNF استفاده می شود.

۳۴- گزینه (۱) صحیح است.

وابستگی های ذکر شده در سؤال به صورت زیرند:

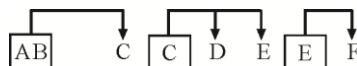


با کمی بررسی می توان دید که AB تنها کلید کاندید و در نتیجه کلید اصلی است:

$$\{A, B\}^+ = \{A, B, C, D, E, F\}$$

پس جدول فوق در 1NF هست.

جدول فوق در 2NF هم هست چون هیچ صفتی به زیر مجموعه ای از کلید اصلی وابسته نیست. ولی جدول فوق در 3NF نیست چون دو وابستگی انتقالی وجود دارد: یکی $\{AB \rightarrow C, C \rightarrow DE\}$ و دیگری $\{C \rightarrow E, E \rightarrow F\}$ با تبدیل جدول فوق به 3NF، جدول زیر به دست می آیند.



جدول به دست آمده دیگر افزونگی ندارند و بنابراین به نرمال سازی بیشتر احتیاج نیست. با توجه به جدول به دست آمده، گزینه اول صحیح است.

۳۵- گزینه (۳) صحیح است.

در هنگام نرمال سازی جدول، برای این که جدول R در نرمال 1NF باشد باید ابتدا برای آن، کلیدهای کاندید را به دست آورد و یکی از کلیدهای کاندید را به عنوان کلید اصلی در نظر گرفت. دو نکته در مورد کلید اصلی وجود دارد:

(۱) تمام فیلدهای دیگر به کلید اصلی وابستگی تابعی دارند.

(۲) حتی پس از انجام مراحل نرمال سازی (2NF, 3NF و...) می توان از روی کلید اصلی (که در یکی از جداول حاصل از نرمال سازی قرار دارد) به فیلدهای دیگر (که در جداول مختلف حاصل از نرمال سازی هستند) دسترسی پیدا کرد. این دسترسی از طریق کلیدهای خارجی صورت می گیرد.

حال به جداول R2 توجه کنید. فیلدهای آن (یعنی B و F) در هیچ جدول دیگری وجود ندارد. بنابراین بین جدول R2 و جداول دیگر هیچ ارتباطی وجود ندارد. پس نه از صفتهای BF می توان به صفات دیگر دسترسی داشت و نه از صفتهای دیگر می توان به BF دسترسی یافت. پس نرمال سازی انجام شده اشتباه است. چون هیچ کلید اصلی ای نمی توان برای رابطه اولیه R متصور شد.

۳۶- گزینه (۱) صحیح است.

این بانک اطلاعاتی در BCNF نیست چون صفتهای آن به صفت هایی غیر از کلیدهای کاندید وابستگی تابعی دارند (وابستگی های $AB \rightarrow CD$ و $H \rightarrow AB$)

این بانک اطلاعاتی همچنین در 3NF نیست چون وابستگی انتقالی (یعنی وابستگی به صفتهای غیرکلیدی) وجود دارد، (مثال همان وابستگی های $AB \rightarrow CD$, $H \rightarrow AB$). اما این بانک اطلاعاتی در 2NF هست چون

صفت های آن به زیر مجموعه های کلید اصلی وابستگی تابعی ندارند (کلید اصلی در اینجا EF است چون طبق صورت سؤال، کوتاه ترین کلید ممکن را کلید اصلی فرض کرده است). این بانک در 1NF هم هست (چون کلیدهای آن قابل تعیین اند و صفت ها از دامنه تو در تو نیستند) توجه نمایید که طراح پاسخی مناسبی را تعیین نکرده است اگر گزینه اول فقط 2NF می بود پاسخ بهتری بود.

۳۷- گزینه (۴) صحیح است.

گزینه اول صحیح است، چون با توجه به وابستگی $A \rightarrow BC$ با داشتن A می توان B را به دست آورد. پس با حذف B از وابستگی $AD \rightarrow BG$ اطلاعاتی از بین نمی رود.

گزینه دوم صحیح است، توجه کنید که صفت های A و E در سمت راست هیچ یک از وابستگی های تابعی نیستند پس از روی صفات دیگر قابل دستیابی نیستند و بنابراین حتماً باید در کلید کاندید حضور داشته باشند. بعلاوه، با داشتن E و A می توان تمام صفت های دیگر را به دست آورد، پس $\{AE\}$ تنها کلید کمینه است و بنابراین تنها کلید کاندید است.

گزینه سوم نیز صحیح است، چون با ترکیب وابستگی های $A \rightarrow BC$ و $BE \rightarrow G$ می توان $AE \rightarrow G$ را نتیجه گرفت. اما گزینه چهارم صحیح نیست چون در رابطه داده شده، وابستگی انتقالی وجود دارد، مثلاً $G \rightarrow CD$ و $AE \rightarrow G$ ، یا $G \rightarrow CD$ و $BE \rightarrow G$ بنابراین این رابطه در 2NF نیست.

۳۸- گزینه (۱) صحیح است.

با توجه به شکل رسم شده، رابطه ی R1 یک رابطه ی یک به چند بین E1 و E2 را نشان می دهد به طوری که هر تاپل از E2 با یک تاپل از E1 مرتبط است و به عبارت مهم تر، «هر تاپل E1 مرتبط با چند تاپل از E2 است» این عبارت بیان کننده یک وابستگی چند مقداری بین E1 و E2 است. ما این وابستگی را به صورت $e1 \rightarrow e2$ نشان می دهیم که در آن $e1$ و $e2$ به ترتیب کلیدهای E1 و E2 هستند.

به طور مشابه، یک وابستگی چند مقداری بین E1 و E3 به صورت $e1 \rightarrow e3$ وجود دارد. وقتی به جای ارتباط های R1 و R2 یک ارتباط سه گانه قرار داده شود و اگر این رابطه سه گانه را R در نظر بگیریم. بنابر تئوری فاگین (Fagin)، تجزیه ای مطلوب است که:

$$R(A,B,C) \left\{ \begin{array}{l} A \rightarrow B \\ A \rightarrow C \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R1(A,B) \\ R2(A,C) \end{array} \right\}_{4NF} \text{ فرم نرمال}$$

بنابراین با توجه به دو وابستگی چند مقداری $e1 \rightarrow e2$ و $e1 \rightarrow e3$ تجزیه مطلوب در فرم نرمال 4NF به صورت زیر خواهد بود:

$$R1(e1,e2) , R2(e1,e3)$$

باید کلیدهای سه موجودیت E1، E2 و E3 به جدول متناظر با این رابطه سه گانه اضافه شود. بنابراین در این جدول، دو وابستگی چند مقداری $e1 \rightarrow e2$ و $e1 \rightarrow e3$ وجود خواهد داشت. برای رفع این وابستگی های چند مقداری باید جدول را به 4NF برد که البته برای این کار باید وابستگی های تابعی و چند مقداری را دانست.

۳۹- گزینه (۳) صحیح است.

قبل از هر چیز توجه کنید که X، Y و Z مجموعه هایی از صفات A1 تا An هستند، بنابراین از شرط

$Z \subseteq W$ در گزاره اول می توان نتیجه گرفت که $W \rightarrow Z$ ، یعنی از روی مجموعه صفات W می توان صفات موجود در مجموعه Z را نتیجه گرفت. برای مثال اگر $W = \{A1, A2, A3\}$ و $Z = \{A1, A2\}$ باشند (و در نتیجه $Z \subseteq W$ باشد) بدیهی است که داریم:

$\{A1, A2, A3\} \rightarrow \{A1, A2\}$ ، یعنی از روی صفات $\{A1, A2, A3\}$ می توان صفات $\{A1, A2\}$ را به دست آورد.

با توجه به توضیحات فوق، گزاره اول اگر $X \rightarrow Y$ می بود و همچنین داریم $Z \subseteq W$ که از روی آن می فهمیم که $W \rightarrow Z$. بنابراین طبق قاعده ترکیب داریم:

$$\left. \begin{array}{l} X \rightarrow Y \\ W \rightarrow Z \end{array} \right\} \Rightarrow WX \rightarrow YZ$$

گزاره دوم اگر $X \rightarrow Y$ می بود، از سوی دیگر از $Z \subseteq Y$ در می یابیم که $Y \rightarrow Z$ بنابراین طبق قاعده انتقال داریم:

$$\left. \begin{array}{l} X \rightarrow Y \\ Y \rightarrow Z \end{array} \right\} \Rightarrow X \rightarrow Z$$

اما در گزاره اول داریم:

$$X \rightarrow Y, Z \subseteq W \Rightarrow WX \rightarrow YZ$$

مطابق قاعده افزایشی داریم:

$$\left. \begin{array}{l} X \rightarrow Y \\ Z \subseteq W \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} X \rightarrow Y \\ W \rightarrow Z \end{array} \right\} \Rightarrow XW \rightarrow YZ$$

بنابراین گزاره اول عبارت درستی است.

هم چنین در گزاره دوم داریم:

$$X \rightarrow Y, W \cap Y, W \rightarrow Z, Z \subseteq Y \Rightarrow X \rightarrow Z$$

مطابق قاعده انعقاد داریم:

$$\left. \begin{array}{l} X \rightarrow Y \\ W \cap Y = \phi \\ W \rightarrow Z \\ Z \subseteq Y \end{array} \right\} X \rightarrow Z$$

بنابراین گزاره دوم هم عبارت درستی است.

۴۰- گزینه (۲) صحیح است.

برای پاسخگویی به این سؤال باید ابتدا مجموعه وابستگی پوششی FD^+ و سپس مجموعه وابستگی بهینه FD_{opt} را به دست آوریم و بعد از آن مراحل نرمال سازی را انجام دهیم. با کمی بررسی دیده می شود که مجموعه داده شده همان FD^+ است. پس با انجام قواعد لازم، FD_{opt} به صورت زیر به دست می آید:

$$FD_{opt} = \{A \rightarrow D, D \rightarrow E, AB \rightarrow C\}$$

با توجه به FD_{opt} مشاهده می شود که تنها کلید کاندید AB است. تا اینجا، جدول مربوطه در 1NF است. با بردن جداول به 2NF (یعنی با حذف وابستگی های تابعی به زیر مجموعه های کلید اصلی) دو جدول زیر، با وابستگی های تابعی نشان داده شده به دست می آیند.



جدول 1 را نمی توان بیش از این نرمال کرد اما جدول 2 وابستگی انتقالی دارد و باید به 3NF برود:



بنابراین سه جدول (1) و (3) و (4) به دست می آیند که در 3NF هستند و بیش از این قابل نرمال سازی نیستند. البته جداول در سطح BCNF نیز می باشند.

۴۱- گزینه (۳) صحیح است.

در مورد گزینه اول، با توجه به وابستگی های تابعی داده شده، با کمی بررسی می توان دید که از پیوند طبیعی سه جدول R_3, R_2, R_1 جدول R به دست می آید. در مورد گزینه دوم، چون کلید اصلی جدول R (یعنی A) در هر سه جدول R_3, R_2, R_1 آمده است از پیوند طبیعی سه جدول مذکور جدول R به دست می آید. اما در مورد گزینه سوم، نمی توان با پیوند طبیعی R_3, R_2, R_1 به جدول R رسید. یکی از شرایط در تجزیه بدون گمشدگی (LossLess) اینست که صفت مشترک در یکی از روابط کلید باشد که گزینه سوم این شرط را دارا نیست. **توجه:** اگر سؤال، تجزیه مطلوب را در نظر داشت، گزینه اول، پاسخ می بود، زیرا هم الحاق پذیر است و هم وابستگی های تابعی جدول پایه را حفظ کرده است.

۴۲- گزینه (۴) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه:

Booking (guestID, guestName, creditCard, roomNo, roomCat, from, to)

داریم:

guestID $\rightarrow$ questName, creditCard

roomNo $\rightarrow$ roomCat

roomNo, from $\rightarrow$ guestID, to

roomNo, to $\rightarrow$ guestID, from

questID, questName, creditCard, roomNo, roomCat, from, to –

questID, questName, creditCard, roomCat, from, to = roomNo

بنابر رابطه فوق صفت roomNo حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

$\{\text{roomNo}\}^+ = \{\text{roomNo}, \text{roomCat}\}$

بستار صفت roomNo به صورت روبه رو است:

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول موردنظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت. بنابراین صفت roomCat که توسط عضو کلید کاندید یعنی roomNo تولید می‌گردد، در کلید کاندید جایگاهی نخواهد داشت.

بر اساس بستر فوق، صفت roomNo به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون‌ها را تولید نمی‌کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفت roomNo قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده انتخاب می‌گردند، صفات باقی مانده عبارتند از guestID, guestName, creditCard, from, to, البته از این مجموعه صفات guestName, creditCard را هم کنار می‌گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی‌کنند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی‌های تابعی نیامده است. بنابراین با ترکیب صفات from یا to با صفت roomNo کلیدهای کاندید تولید می‌گردند.

$$\{\text{roomNo, from}\}^+ = \{\text{roomNo, from, guestID, to, guestName, creditCard, roomCat}\}$$

$$\{\text{roomNo, to}\}^+ = \{\text{roomNo, to, guestID, from, guestName, creditCard, roomCat}\}$$

پس ترکیب صفات $\{\text{roomNo, from}\}$ و $\{\text{roomNo, to}\}$ کلیدهای کاندید جدول Booking هستند.
توجه: دقت کنید که ترکیب صفات $\{\text{roomNo, guestID}\}$ نمی‌تواند به عنوان کلید کاندید محسوب گردد، چون همه صفات را تولید نمی‌کند. بستر صفات $\{\text{roomNo, guestID}\}$ به صورت زیر است:

$$\{\text{roomNo, guestID}\}^+ = \{\text{roomNo, guestID, guestName, creditCard, roomCat}\}$$

توجه: کلید اصلی، یکی از کلیدهای کاندید است که بر اساس سلیقه طراح پایگاه داده، انتخاب می‌شود. مطابق قوانین مدل رابطه‌ای، هر جدول حتماً باید یک کلید اصلی داشته باشد. همچنین هر جدول فقط می‌تواند یک کلید اصلی داشته باشد. هر کلید کاندیدی که به عنوان کلید اصلی انتخاب نشده است، یک کلید فرعی است. فرض کنید که ترکیب صفات $\{\text{roomNo, from}\}$ **کلید اصلی** و ترکیب صفات $\{\text{roomNo, to}\}$ **کلید فرعی** جدول Booking باشد.

توجه: دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه داده شده در مجموع دارای دو کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید roomNo، در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه:

Booking (guestID, guestName, creditCard, roomNo, roomCat, from, to)

را در نظر بگیرید:

وابستگی انتقالی	غیرکلید guestID → questName
وابستگی انتقالی	غیرکلید guestID → creditCard
وابستگی بخشی	غیرکلید roomNo → roomCat

- وابستگی کامل غیرکلید $roomNo, from \rightarrow guestID$ کلید کاندید
- وابستگی کامل عضو کلید کاندید $roomNo, from \rightarrow to$ کلید کاندید
- وابستگی کامل غیرکلید $roomNo, to \rightarrow guestID$ کلید کاندید
- وابستگی کامل عضو کلید کاندید $roomNo, to \rightarrow from$ کلید کاندید
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم اول را به صورت زیر بیان کرد:
- دارای حداقل یک کلید کاندید باشد.
 - همه خصیصه های آن غیرقابل تجزیه باشند (جدول باید فاقد خصیصه های مرکب باشد)
 - همه خصیصه های آن تک مقداری باشند (جدول باید فاقد خصیصه های چند مقداری باشد)
- واضح است که جدول مطرح شده در فرم اول نرمال قرار دارد.
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.
- وابستگی بخشی:** وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند.
- مؤلفه غیرکلید:** هر صفتی که عضو هیچ کلید کاندید نباشد، به عنوان مؤلفه غیرکلیدی نامیده می شود.
- مؤلفه جزء کلید کاندید:** هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مؤلفه جزء کلید نامیده می شود.
- در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد.
- وابستگی بخشی غیرکلید $roomNo \rightarrow roomCat$ عضو کلید کاندید
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.
- وابستگی انتقالی:** وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند.
- در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی و انتقالی وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم سوم هم قرار ندارد.
- وابستگی بخشی غیرکلید $roomNo \rightarrow roomCat$ عضو کلید کاندید
- وابستگی انتقالی غیرکلید $questID \rightarrow questName$ غیرکلید
- وابستگی انتقالی غیرکلید $questID \rightarrow creditCard$ غیرکلید
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم سوم باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.
- وابستگی معکوس:** وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می نامند.
- عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید → غیرکلید

در وابستگی‌های فوق، وابستگی معکوس وجود ندارد. اما وابستگی‌های بخشی و انتقالی وجود دارد، یعنی همانطور که گفتیم جدول مربوطه در نرمال فرم دوم و سوم قرار ندارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم BCNF هم قرار ندارد.

در یک نگاه دیگر برای نرمال فرم BCNF می‌توان گفت، جدولی در نرمال فرم BCNF قرار دارد که همه‌ی شروع‌های وابستگی‌ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد، آن‌گاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی‌های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست. در وابستگی‌های فوق، سمت چپ وابستگی‌های کامل، ابرکلید است. اما سمت چپ وابستگی‌های بخشی و انتقالی، ابرکلید نیست.

بنابراین این جدول به دلیل نقض شرایط مربوطه، در نرمال فرم BCNF قرار ندارد. در نتیجه گزینه اول عبارت درستی است و به تبع پاسخ سوال هم نیست.

همچنین دو وابستگی تابعی سوم و چهارم مطرح شده در صورت سوال یعنی، وابستگی‌های زیر:

وابستگی کامل غیرکلید $roomNo, from \rightarrow guestID$ کلید کاندید

وابستگی کامل عضو کلید کاندید $roomNo, from \rightarrow to$ کلید کاندید

وابستگی کامل غیرکلید $roomNo, to \rightarrow guestID$ کلید کاندید

وابستگی کامل عضو کلید کاندید $roomNo, to \rightarrow from$ کلید کاندید

باعث نقض شدن نرمال فرم سوم یعنی 3NF نمی‌شود. زیرا وابستگی‌های بخشی و انتقالی باعث نقض شدن نرمال فرم سوم یعنی 3NF می‌شود. یعنی وابستگی‌های اول و دوم مطرح شده در صورت سوال یعنی، وابستگی‌های زیر:

وابستگی انتقالی غیرکلید $questID \rightarrow questName$ غیرکلید

وابستگی انتقالی غیرکلید $questID \rightarrow creditCard$ غیرکلید

وابستگی بخشی غیرکلید $roomNo \rightarrow roomCat$ عضو کلید کاندید

در نتیجه گزینه دوم عبارت درستی است و به تبع پاسخ سوال هم نیست.

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی $roomNo \rightarrow roomCat$ وجود دارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد، بنابراین رویه نرمال‌سازی (تجزیه مطلوب) جهت قرارگیری جدول Booking در نرمال فرم دوم توسط عمل تجزیه جدول Booking می‌بایست انجام گردد.

شرایط تجزیه مطلوب به صورت زیر است:

۱- شرط لازم (Nonloss Join): دو جدول الحاق‌پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد)

شرط الحاق‌پذیری به دو شکل زیر انجام می‌گردد:

۱-۱- برای حذف وابستگی بخشی از تئوری هیث استفاده می‌گردد.

تئوری هیث: این تئوری می‌گوید، وابستگی بخشی (وابستگی غیرکلید به جز کلید کاندید) را از جدول پایه خارج کنید.

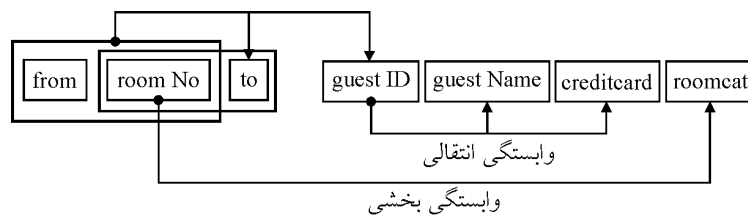
۲-۱- برای حذف وابستگی انتقالی از تئوری ریسانن استفاده می گردد.

تئوری ریسانن: این تئوری می گوید، وابستگی انتقالی (وابستگی غیرکلید به غیرکلید) را از جدول پایه خارج کنید.

۲- شرط کافی (حفظ وابستگی های تابعی): وابستگی های تابعی جدول پایه قابل استنتاج از روی وابستگی های تابعی جداول حاصل از تجزیه باشد یا در آن ها موجود باشد.
با توجه به نمودار وابستگی های جدول:

Booking (guestID, guestName, creditCard, roomNo, roomCat, from, to)

داریم:



توجه: کلید اصلی، یکی از کلیدهای کاندید است که بر اساس سلیقه طراح پایگاه داده، انتخاب می شود. مطابق قوانین مدل رابطه ای، هر جدول حتماً باید یک کلید اصلی داشته باشد. همچنین هر جدول فقط می تواند یک کلید اصلی داشته باشد. هر کلید کاندیدی که به عنوان کلید اصلی انتخاب نشده است، یک کلید فرعی است. فرض کنید که ترکیب صفات {roomNo, from} **کلید اصلی** و ترکیب صفات {roomNo, to} **کلید فرعی** جدول Booking باشد.

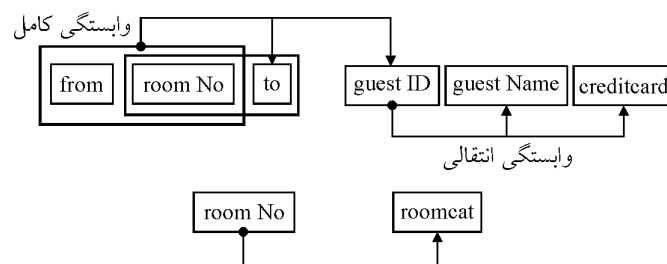
به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مولفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند. با توجه به این که ترکیب صفات {roomNo, from} و {roomNo, to} به عنوان کلیدهای کاندید رابطه Booking معرفی شده است، وابستگی تابعی زیر:

وابستگی بخشی $\text{roomNo} \longrightarrow \text{roomCat}$ غیرکلید $\text{roomNo} \longrightarrow \text{roomCat}$ عضو کلید کاندید

به عنوان وابستگی بخشی محسوب می گردد. بنابراین جداول Booking در نرمال فرم دوم قرار ندارد. بنابراین برای قرار دادن جداول Booking، در نرمال فرم دوم، باید وابستگی بخشی از جداول Booking خارج گردد.



بنابراین جدول Booking به دو جدول کوچکتر تجزیه می‌گردد:

R1 (from, roomNo, to, guestID, guestName, creditCard)

R2 (roomNo, roomCat)

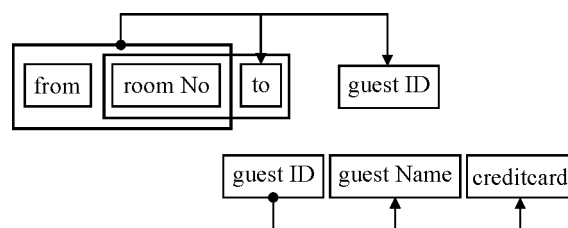
با توجه به کلید کاندید جدول R1 می‌توان دریافت که این جدول فاقد وابستگی بخشی است، بنابراین این جدول در نرمال فرم دوم قرار دارد. همچنین با توجه به کلید کاندید جدول R2 می‌توان دریافت که این جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی است، بنابراین این جدول در نرمال فرم دوم و سوم قرار دارد. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی‌های جدول R2 ابرکلید است، بنابراین جدول R2 در سطح BCNF هم قرار دارد.

به‌طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند. در جدول R1 وابستگی تابعی زیر:

وابستگی انتقالی $questID \rightarrow questName, creditCard$ غیرکلید $questID$ را غیرکلید به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می‌گردد. بنابراین جدول R1 در نرمال فرم سوم قرار ندارد. بنابراین برای قرار دادن R1، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی انتقالی از جدول R1 خارج گردد.



بنابراین جدول R1 به جداول کوچکتر تجزیه می‌گردد:

R11(from, roomNo, to, guestID)

R12(guestID, guestName, creditCard)

با توجه به کلیدهای کاندید در جداول R11 و R12 می‌توان دریافت که این جداول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم دوم و سوم قرار دارند. همچنین از آنجا که سمت چپ تمام وابستگی‌های جداول R11 و R12، ابرکلید است، بنابراین جداول R11 و R12 در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول Booking به سه جدول R11، R12 و R2 می‌توان جدول Booking را در نرمال فرم دوم، سوم و سطح BCNF قرار داد.

توجه: آنچه تا به اینجا مطرح شد، مربوط به تجزیه مطلوب جدول Booking بود.

توجه: در گزینه‌ی سوم مطرح شده است که، اگر رابطه Booking به سه رابطه:

۱- R1 (guestID, roomNo, from, to)

۲- R2 (roomNo, roomCat) و

۳- R3 (guestName, creditCard, roomNo, from)

تجزیه شود، هر سه رابطه در 3NF و BCNF هستند و تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) است. در واقع گزینه‌ی سوم به دنبال تجزیه‌ی مطلوب و برقراری شرط لازم و شرط کافی نیست. بلکه فقط برقراری شرط لازم یعنی تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) و به تبع تجزیه نامطلوب را مدنظر قرار داده است. دقت کنید که تجزیه مطلوب پیش تر بررسی شد. شرط لازم به صورت زیر است:

شرط لازم (Nonloss Join): دو جدول الحاق پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد)

با توجه به وابستگی های مرتبط برای رابطه $R1(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to})$ داریم:

$\text{roomNo}, \text{from} \longrightarrow \text{guestID}$

$\text{roomNo}, \text{from} \longrightarrow \text{to}$

$\text{roomNo}, \text{to} \longrightarrow \text{guestID}$

$\text{roomNo}, \text{to} \longrightarrow \text{from}$

$\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to} - \text{guestID}, \text{from}, \text{to} = \text{roomNo}$

بنابر رابطه فوق صفت roomNo حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت roomNo برای جدول $R1(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to})$ به صورت زیر است:

$$\{\text{roomNo}\}^+ = \{\text{roomNo}\}$$

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول موردنظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

براساس بستار فوق، صفت roomNo به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون ها را تولید نمی کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفات roomNo قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده انتخاب می گردند، صفات باقی مانده عبارتند از $\text{guestID}, \text{from}, \text{to}$ البته از این مجموعه صفات guestID را هم کنار می گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی کند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی های تابعی نیامده است. بنابراین با ترکیب صفات from یا to با صفت roomNo کلیدهای کاندید تولید می گردند.

$$\{\text{roomNo}, \text{from}\}^+ = \{\text{roomNo}, \text{from}, \text{guestID}, \text{to}\}$$

$$\{\text{roomNo}, \text{to}\}^+ = \{\text{roomNo}, \text{to}, \text{guestID}, \text{from}\}$$

پس ترکیب صفات $\{\text{roomNo}, \text{from}\}$ و $\{\text{roomNo}, \text{to}\}$ کلیدهای کاندید جدول $R1$ هستند.

توجه: دقت کنید که هیچ گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه R1 در مجموع دارای دو کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید roomNo، در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک بار دیگر وابستگی های مطرح شده برای رابطه R1 (guestID, roomNo, from, to) را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل	غیرکلید roomNo, from $\longrightarrow$ guestID
وابستگی کامل	عضو کلید کاندید roomNo, from $\longrightarrow$ to
وابستگی کامل	غیرکلید roomNo, to $\longrightarrow$ guestID
وابستگی کامل	عضو کلید کاندید roomNo, to $\longrightarrow$ from

در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول R1 در نرمال فرم دوم، سوم و BCNF قرار دارد.

با توجه به وابستگی های مرتبط برای رابطه R2 (roomNo, roomCat) داریم:

roomNo $\longrightarrow$ roomCat

roomNo, roomCat $\rightarrow$ roomCat = roomNo

بنابر رابطه فوق صفت roomNo حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت roomNo برای جدول R2 (roomNo, roomCat) به صورت زیر است:

$\{roomNo\}^+ = \{roomNo, roomCat\}$

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

حال یک بار دیگر وابستگی های مطرح شده برای رابطه R2 (roomNo, roomCat) را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل	غیرکلید roomNo $\longrightarrow$ roomCat
--------------	--

در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول R2 در نرمال فرم دوم، سوم و BCNF قرار دارد.

با توجه به وابستگی های مرتبط برای رابطه R3 (guestName, creditCard, roomNo, from) داریم:

{}

در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول R3 در نرمال فرم دوم، سوم و BCNF قرار دارد. در واقع جدول R3 یک جدول تمام کلید است. و یک جدول تمام کلید همواره در سطح BCNF نرمال قرار دارد.

توجه: همانطور که گفتیم، در گزینه ی سوم مطرح شده است که، اگر رابطه Bookin به سه رابطه:

۱- R1 (guestID, roomNo, from, to)

۲- R2 (roomNo, roomCat) و

۳- R3 (guestName, creditCard, roomNo, from)

تجزیه شود، هر سه رابطه در 3NF و BCNF هستند و تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) است. در واقع گزینه‌ی سوم به دنبال تجزیه‌ی مطلوب و برقراری شرط لازم و شرط کافی نیست. بلکه فقط برقراری شرط لازم یعنی تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) و به تبع تجزیه نامطلوب را مدنظر قرار داده است. دقت کنید که تجزیه مطلوب پیش‌تر بررسی شد. شرط لازم به صورت زیر است:

شرط لازم (Nonloss Join): دو جدول الحاق‌پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد)

در گزینه‌ی سوم صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید است، بنابراین شرط لازم برقرار است و تجزیه بدون اتلاف (lossless decomposition) است. به صورت زیر:

R1(guestID, roomNo, from, to)

R2(roomNo, roomCat)

R3(guestName, creditCard, roomNo, from)

همچنین همانطور که گفتیم هر سه جدول R1، R2 و R3 مطرح شده در گزینه‌ی سوم، در نرمال فرم دوم، سوم و BCNF قرار دارند. در نتیجه گزینه سوم عبارت درستی است و به تبع پاسخ سوال هم نیست.

توجه: در گزینه‌ی چهارم مطرح شده است که، اگر رابطه Booking به سه رابطه:

۱- R1 (guestID, guestName, creditCard)

۲- R2 (roomNo, roomCat) و

۳- R3 (guestID, roomNo, from, to)

تجزیه شود، هر سه رابطه در 3NF هستند ولی در BCNF نیستند. در واقع گزینه‌ی چهارم به دنبال تجزیه‌ی مطلوب و برقراری شرط لازم و شرط کافی نیست. بلکه فقط برقراری سطوح نرمال را مدنظر قرار داده است.

با توجه به وابستگی‌های مرتبط برای رابطه R1(guestID, guestName, creditCard) داریم:

guestID → guestName, creditCard

guestID, guestName, creditCard – guestName, creditCard = guestID

بنابر رابطه فوق صفت guestID حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت guestID برای جدول R1(guestID, guestName, creditCard) به صورت زیر است:

$\{guestID\}^+ = \{guestID, guestName, creditCard\}$

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه R1(guestID, guestName, creditCard) را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل
غیرکلید guestID → guestName, creditCard
در وابستگی فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول R1 در نرمال فرم دوم،

سوم و BCNF قرار دارد.

با توجه به وابستگی‌های مرتبط برای رابطه $R2(\text{roomNo}, \text{roomCat})$ داریم:

$\text{roomNo} \longrightarrow \text{roomCat}$

$\text{roomNo}, \text{roomCat} - \text{roomCat} = \text{roomNo}$

بنابر رابطه فوق صفت roomNo حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت roomNo برای جدول $R2(\text{roomNo}, \text{roomCat})$ به صورت زیر است:

$$\{\text{roomNo}\}^+ = \{\text{roomNo}, \text{roomCat}\}$$

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R2(\text{roomNo}, \text{roomCat})$ را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل $\text{roomNo} \longrightarrow \text{roomCat}$ غیرکلید

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول $R2$ در نرمال فرم دوم، سوم و BCNF قرار دارد.

با توجه به وابستگی‌های مرتبط برای رابطه $R3(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to})$ داریم:

$\text{roomNo}, \text{from} \longrightarrow \text{guestID}$

$\text{roomNo}, \text{from} \longrightarrow \text{to}$

$\text{roomNo}, \text{to} \longrightarrow \text{guestID}$

$\text{roomNo}, \text{to} \longrightarrow \text{from}$

$\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to} - \text{guestID}, \text{from}, \text{to} = \text{roomNo}$

بنابر رابطه فوق صفت roomNo حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت roomNo برای جدول $R3(\text{guestID}, \text{roomNo}, \text{from}, \text{to})$ به صورت زیر است:

$$\{\text{roomNo}\}^+ = \{\text{roomNo}\}$$

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول موردنظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

براساس بستار فوق، صفت roomNo به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون‌ها را تولید نمی‌کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفت roomNo قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده انتخاب می‌گردند، صفات باقی مانده عبارتند از $\text{guestID}, \text{from}, \text{to}$ البته از این

مجموعه صفات $guestID$ را هم کنار می گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی کند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی های تابعی نیامده است. بنابراین با ترکیب صفات $from$ یا to با صفت $roomNo$ کلیدهای کاندید تولید می گردند.

$$\{roomNo, from\}^+ = \{roomNo, from, guestID, to\}$$

$$\{roomNo, to\}^+ = \{roomNo, to, guestID, from\}$$

پس ترکیب صفات $\{roomNo, from\}$ و $\{roomNo, to\}$ کلیدهای کاندید جدول $R3$ هستند. **توجه:** دقت کنید که هیچ گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه $R3$ در مجموع دارای دو کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید $roomNo$ ، در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک بار دیگر وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R3(guestID, roomNo, from, to)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل	غیر کلید $roomNo, from \rightarrow guestID$
وابستگی کامل	عضو کلید کاندید $roomNo, from \rightarrow to$
وابستگی کامل	غیر کلید $roomNo, to \rightarrow guestID$
وابستگی کامل	عضو کلید کاندید $roomNo, to \rightarrow from$

در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس وجود ندارد. بنابراین جدول $R3$ در نرمال فرم دوم، سوم و $BCNF$ قرار دارد.

توجه: همانطور که گفتیم، در گزینه ی چهارم مطرح شده است که، اگر رابطه $Booking$ به سه رابطه:

$$1- R1(guestID, guestName, creditCard).$$

$$2- R2(roomNo, roomCat) \text{ و}$$

$$3- R3(guestID, roomNo, from, to)$$

تجزیه شود، هر سه رابطه در $3NF$ هستند ولی در $BCNF$ نیستند. اما همانطور که گفتیم هر سه جدول $R1$ ، $R2$ و $R3$ مطرح شده در گزینه ی چهارم، در نرمال فرم دوم، سوم و $BCNF$ قرار دارند. در نتیجه گزینه چهارم عبارت نادرستی است و به تبع پاسخ سوال است.

۴۳- گزینه (۳) صحیح است.

با کمی بررسی می توان دید تنها کاندید DGH است. پس گزینه دوم صحیح است. برای به دست آوردن یک ابرکلید باید از بین پنج صفتی که در کلید کاندید نیستند تعداد صفر، یک، دو، ... یا پنج صفت را به دلخواه انتخاب و به صفات DGH اضافه کنیم. تعداد انتخاب های ممکن به صورت زیر به دست می آید:

$$\binom{5}{0} + \binom{5}{1} + \binom{5}{2} + \binom{5}{3} + \binom{5}{4} + \binom{5}{5} = 2^5 = 32$$

پس این رابطه 32 ابرکلید دارد. پس گزینه اول صحیح است. رابطه داده شده در $2NF$ نیست چون وابستگی تابعی $D \rightarrow EF$ یک وابستگی به زیر مجموعه ای از صفات کلید اصلی است. پس گزینه سوم غلط است. چون رابطه داده شده در $2NF$ نیست پس در $3NF$ هم نیست (البته وابستگی انتقالی $D \rightarrow F$ و $F \rightarrow C$

هم وجود دارد. پس گزینه چهارم صحیح است.

۴۴- گزینه (۲) صحیح است.

این رابطه در 1NF هست چون همه کلیدهای آن معلوم اند، تمام صفت‌ها به کلید اصلی وابستگی تابعی دارند (هر یک از دو کلید کاندید را به دلخواه کلید اصلی فرض کنید)، و صفت‌های آن از دامنه‌های تو در تو (چند مقداری و مرکب) نیستند.

این رابطه هم‌چنین در 2NF هست چون هیچ یک از صفت‌های غیرکلیدی آن به زیر مجموعه‌ای از کلید کاندید وابسته نیستند. (وابستگی بخشی ندارد).

این رابطه هم‌چنین در 3NF هست چون صفت‌های غیرکلیدی آن (یعنی D و E) به هم وابستگی ندارند. (وابستگی انتقالی ندارد).

هم‌چنین این جدول در BCNF هم هست چون ستون‌های آن فقط به کلیدهای کاندید وابستگی تابعی دارند. هرگاه همه شروع‌های مجموعه وابستگی‌ها، ابرکلید بودند، آن جدول BCNF است. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد، آن‌گاه آن جدول در BCNF قرار دارد.

۴۵- گزینه (۲) صحیح است.

این رابطه در 1NF هست چون کلیدهای آن معلوم اند (کد دانشجوی)، صفت‌های آن به کلید اصلی (کد دانشجو) وابسته‌اند، و صفت‌ها از دامنه‌های تو در تو نیستند.

این رابطه در 2NF هست چون هیچ صفتی به زیر مجموعه‌ای از کلید کاندید اصلی وابستگی ندارد.

این رابطه در 3NF هم هست چون وابستگی به صفت‌های غیرکلیدی نداریم (توجه کنید که از روی نام درس نمی‌توان نام استاد آن را به صورت یکتا تعیین کرد).

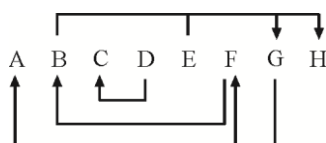
بنابراین وابستگی استاد → درس وجود ندارد. به دلیل مشابه، وابستگی درس → استاد هم وجود ندارد.

این جدول در BCNF هم هست چون ستون‌های آن فقط به کلیدهای کاندیدش وابسته‌اند.

اما این رابطه در 4NF نیست چون وابستگی‌های چند مقداری غیربدیهی درس → استاد و استاد → درس وجود دارند که در آن‌ها «درس» و «استاد» ابرکلید نیستند.

۴۶- گزینه (۳) صحیح است.

نمودار وابستگی تابعی رابطه R به صورت زیر است:



به سادگی دیده می‌شود که صفت A توسط برخی از صفات دیگر قابل دستیابی است (توسط G به طور مستقیم و توسط B و F به طور واسطه). بنابراین هر کلید که شامل این صفات باشد نیازی نیست شامل صفت A باشد. پس گزینه سوم عبارت نادرستی است و پاسخ این سؤال است.

همچنین مشاهده می‌شود که صفت D توسط هیچ یک از صفات دیگر قابل دستیابی نیست. بنابراین هر کلیدی باید حتماً شامل D باشد. پس گزینه چهارم عبارت درستی است.

قانون اول

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G, H)$ داریم:

$$BE \rightarrow GH$$

$$G \rightarrow FA$$

$$D \rightarrow C$$

$$F \rightarrow B$$

$$AB C D E F G H - A B C F G H = D E$$

بنابر رابطه فوق صفت DE حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بنابراین گزینه چهارم درست است و گزینه سوم نادرست است.

بستار صفات DE به صورت روبه‌رو است:

$$\{DE\}^+ = \{D, E, C\}$$

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول موردنظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

براساس بستار فوق، صفات DE به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون‌ها را تولید نمی‌کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفات DE قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده به غیر از صفات CDE انتخاب می‌گردند، صفات باقی مانده عبارتند از H و G و F و B و A البته از این مجموعه صفات A و H را هم کنار می‌گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی‌کنند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی‌های تابعی نیامده‌اند. بنابراین با ترکیب صفات B یا F یا G با صفات DE کلیدهای کاندید تولید می‌گردند.

$$\{BDE\}^+ = \{B, D, E, G, H, C, F, A\}$$

$$\{FDE\}^+ = \{F, D, E, B, C, G, H, A\}$$

$$\{GDE\}^+ = \{G, D, E, C, F, A, B, H\}$$

پس ترکیبات صفات BDE، FDE و GDE کلیدهای کاندید جدول R هستند.

توجه: دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه داده شده در مجموع دارای سه کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید DE، در بین هر سه کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G, H)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی معکوس $BE \longrightarrow G$ عضو کلید کاندید

وابستگی بخشی $BE \longrightarrow H$ غیرکلید

وابستگی معکوس $G \longrightarrow F$ عضو کلید کاندید

وابستگی بخشی $G \longrightarrow A$ غیرکلید

وابستگی بخشی $D \longrightarrow C$ غیرکلید

عضو کلید کاندید

وابستگی معکوس عضو کلید کاندید $B \rightarrow F$ عضو کلید کاندید
وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می‌نامند.

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید
 عضو کلید کاندید $\rightarrow$ غیرکلید
 در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی (غیرکلید به عضو کلید کاندید) وجود دارد، بنابراین جدول در نرمال فرم دوم قرار ندارد، و در نتیجه در فرم نرمال سطح سوم و BCNF هم قرار ندارد. بنابراین گزینه اول و دوم درست هستند.

در یک نگاه دیگر برای BCNF می‌توان گفت، جدولی در BCNF قرار دارد که همه‌ی شروع‌های وابستگی‌ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد، آن‌گاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی‌های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست.

۴۷- گزینه (۱) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E)$ داریم:

$$BC \rightarrow A$$

$$A \rightarrow D$$

$$D \rightarrow C$$

$$D \rightarrow E$$

$$A \not\rightarrow B, B \not\rightarrow C, C \not\rightarrow D, D \not\rightarrow E, E \not\rightarrow A, ACDE = B$$

بنابر رابطه فوق صفت B حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت B به صورت زیر است:

$$\{B\}^+ = \{B\}$$

براساس بستار فوق، صفت B، فقط ستون B را تولید می‌کند، پس صفت B فقط عضو کلید کاندید می‌باشد و کلید کاندید نمی‌باشد.

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول مورد نظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد. همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

صفات همراه عضو کلید کاندید، از صفات باقی‌مانده به غیر از صفت B انتخاب می‌گردند، صفات باقی‌مانده عبارتند از E و D و C و A. البته از این مجموعه، صفت E را هم کنار می‌گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی‌کند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی‌های تابعی نیامده است. بنابراین با ترکیب صفات A یا C یا D با صفت B کلیدهای کاندید تولید می‌گردند.

$$\{AB\}^+ = \{A, B, D, C, E\}$$

$$\{CB\}^+ = \{C, B, A, D, E\}$$

$$\{DB\}^+ = \{D, B, C, A, E\}$$

براساس بستارهای فوق، صفات AB، CB و DB، هر یک به تنهایی همه ستون‌ها را تولید می‌کنند، پس صفات AB، CB و DB، کلیدهای کاندید جدول R هستند.

حال یکبار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل عضو کلید کاندید $BC \rightarrow A$ کلید کاندید

وابستگی معکوس عضو کلید کاندید $A \rightarrow D$ عضو کلید کاندید

وابستگی معکوس عضو کلید کاندید $D \rightarrow C$ عضو کلید کاندید

وابستگی بخشی غیرکلید $D \rightarrow E$ عضو کلید کاندید

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به یک عضو کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می‌نامند.

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ غیرکلید

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی (غیرکلید به عضو کلید کاندید) وجود دارد، بنابراین جدول در نرمال فرم دوم قرار ندارد، و در نتیجه در فرم نرمال سطح سوم و BCNF هم قرار ندارد.

در یک نگاه دیگر، برای BCNF می‌توان گفت، جدولی در BCNF قرار دارد که همه شروع‌های وابستگی‌ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد، آنگاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی‌های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست.

۴۸- گزینه (۳) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G)$ داریم:

$$AB \rightarrow CDEFG$$

$$A \rightarrow G$$

$$B \rightarrow C$$

$$C \rightarrow D$$

$$AB \rightarrow CDEFG - CDEFG = AB$$

بنابر رابطه فوق صفات AB حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بستار صفات AB به صورت زیر است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G\}$$

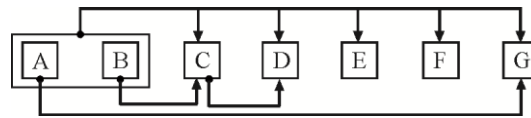
براساس بستار فوق، صفات AB، همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس صفات AB کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

جدولی در سطح نرمال فرم اول قرار دارد که صفت چند مقداری و مرکب نداشته باشد. از آنجا که در جدول R، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

نمودار وابستگی های جدول R به صورت زیر است:



به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

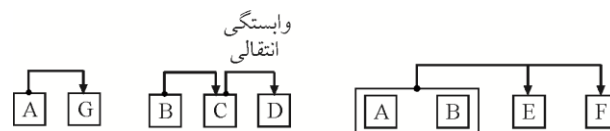
وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند. با توجه به این که ترکیب صفات AB کلید کاندید رابطه R می باشد، وابستگی های تابعی زیر:

$A \rightarrow G$

$B \rightarrow C$

به عنوان وابستگی بخشی محسوب می گردند. بنابراین جدول R در نرمال فرم دوم قرار ندارد.

بنابراین برای قرار دادن جدول R، در نرمال فرم دوم، باید وابستگی های بخشی از جدول R خارج گردند.



بنابراین جدول R به سه جدول کوچکتر تجزیه می گردد:

$R_1(\underline{A}, G)$ $R_2(\underline{B}, C, D)$ $R_3(\underline{A}, B, E, F)$

با توجه به کلید کاندید در دو جدول R_1 و R_3 می توان دریافت که این دو جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند، بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های دو جدول R_1 و R_3 ابرکلید است، بنابراین دو جدول R_1 و R_3 در سطح BCNF نیز قرار دارند.

بنابراین گزینه سوم درست است. اما راه حل را تا سطح BCNF برای جدول R_2 نیز ادامه می دهیم.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

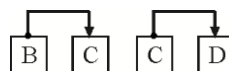
وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند.

در جدول R_2 وابستگی تابعی زیر:

$C \rightarrow D$

به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می گردد. بنابراین جدول R_2 در نرمال فرم سوم قرار ندارد.

بنابراین برای قرار دادن جدول R_2 ، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی های انتقالی از جدول R_2 خارج گردند.



بنابراین جدول R_2 به دو جدول کوچکتر تجزیه می گردد.

$R_{21}(\underline{B}, C)$ $R_{22}(\underline{C}, D)$

با توجه به کلیدهای کاندید در دو جدول R_{21} و R_{22} می توان دریافت که این دو جدول فاقد وابستگی

بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های سه جدول R_{21} و R_{22} ، ابرکلید است، بنابراین دو جدول R_{21} و R_{22} در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول R به چهار جدول R_1 ، R_{21} ، R_{22} و R_3 می توان جدول R را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

۴۹- گزینه (۴) صحیح است.

گزینه اول نادرست است. عملیات نرمال سازی یک عملیات چند مرحله ای است که با طی آن ها اهداف نرمال سازی به تدریج حاصل می شود. نخستین مرحله نرمال سازی تبدیل جداول پایه به نرمال فرم اول است. برای قرار گرفتن یک جدول در نرمال فرم اول، شروط خاصی باید برقرار باشد. یک جدول (رابطه) برای قرار گرفتن در نرمال فرم اول باید دارای شروط زیر باشد: (حفظ قوانین جامعیت درون رابطه ای)

- ۱- دارای حداقل یک کاندید باشد.
 - ۲- جدول تو جدول یا جدول تو در تو نباشد (یعنی جدول فاقد صفت مرکب و چند مقداری باشد)
 - ۲-۱- همه صفات آن غیر قابل تجزیه (Atomic) باشند. (جدول باید فاقد صفت مرکب باشد)
 - ۲-۲- همه صفات جدول تک مقداری باشند. (جدول باید فاقد صفت چند مقداری باشد).
- گزینه اول برای تحقق سطح اول نرمال سازی، یعنی نرمال فرم اول، فقط به یکی از سه شرط فوق اشاره کرده است. گزینه دوم نادرست است. زیرا، ابرکلیدی که عضو زائد نداشته باشد، کلید کاندید است. به عبارت دیگر ابرکلیدی که کاهش ناپذیر باشد، کلید کاندید است.

ابرکلید (Super key)

هر ترکیبی از صفات (ستون ها) که خاصیت کلیدی داشته باشد، یک ابرکلید است. دقت کنید که خاصیت کلیدی بر اساس محیط خارج مشخص می گردد و نه محتوی جدول.

تعریف خاصیت کلیدی: اگر بر اساس آن مورد، جستجو انجام شود، فقط و فقط یک مورد را به صورت یکتا برگرداند. در واقع قدرت تفکیک داشته باشد.

مثال: شماره دانشجویی یا شماره ملی

توجه: هر ترکیبی از ابرکلید با سایر ستون های جدول مورد نظر نیز یک ابرکلید است. بنابراین ابرکلید می تواند عضو زائد داشته باشد و کمینه (minimal) نباشد، پس گزینه دوم پاسخ سؤال است.

مثال:

S#	Sname	city
S ₁	Sn ₁	C ₁
S ₂	Sn ₂	C ₂
S ₃	Sn ₃	C ₂
S ₄	Sn ₄	C ₂

S# : ابرکلید است.

Sname : ابرکلید نیست.

(Sname, City) : ابرکلید نیست.

(S#, Sname) : ابرکلید است.

(S#, City) : ابرکلید است.

مثال: تعداد ابرکلیدهای مثال فوق چند عدد است؟

پاسخ: برابر 4 عدد می باشد.

S#	+	Sname	City	اِبر کلید
خاصیت	0	0 →	(S#)	
کلیدی دارد	0	1 →	(S#,City)	
بنابراین	1	0 →	(S#,Sname)	
اِبر کلید است.	1	1 →	(S#,Sname,City)	

کلید کاندید (Candidate key)

اِبر کلیدی که عضو زائد نداشته باشد، کلید کاندید است.

مثال:

S#	Sname	City	S#	P#	QTY	P#	Pname	Color
S ₁	Sn ₁	C ₁	S ₁	P ₁	10	P ₁	Pn ₁	Red
S ₂	Sn ₂	C ₂	S ₁	P ₂	20	P ₂	Pn ₂	Blue
S ₃	Sn ₃	C ₂	S ₂	P ₁	30	P ₃	Pn ₃	Blue

جدول S

جدول SP

جدول P

S#: اِبر کلید است. کلید کاندید نیز هست. (در جدول S)

(S#, Sname): اِبر کلید است، زیرا خاصیت کلیدی دارد، اما کلید کاندید نیست، زیرا عضو زائد Sname را

دارد. در واقع صفت S#، به تنهایی خاصیت کلیدی دارد، بنابراین صفت Sname، عضو زائد است. (در جدول S)

(S#, P#): اِبر کلید است. کلید کاندید نیز هست. (در جدول SP).

مثال:

شماره ملی: اِبر کلید است. کلید کاندید نیز هست.

(شماره ملی و نام خانوادگی): اِبر کلید است. زیرا خاصیت کلیدی دارد، اما کلید کاندید نیست، زیرا عضو

زائد نام خانوادگی را دارد. در واقع صفت شماره ملی، به تنهایی خاصیت کلیدی دارد، بنابراین صفت

نام خانوادگی، عضو زائد است.

توجه: یک جدول می تواند چندین کلید کاندید داشته باشد.

مثال:

نام	نام خانوادگی	شماره ملی	شماره دانشجویی
		کلید کاندید	کلید کاندید
		(کلید فرعی)	(کلید اصلی)

توجه: در مدل رابطه ای، هر رابطه حتماً حداقل یک کلید کاندید دارد، زیرا در بدترین شرایط، همه صفات با

هم کلید کاندید می شوند، که به این رابطه تمام کلید (All key) گفته می شود.

توجه: یک رابطه، تحت هیچ شرایطی نمی تواند به دلیل استفاده از خاصیت مجموعه ای بودن، سطر تکراری

داشته باشد. بنابراین یک رابطه، حداقل یک کلید کاندید دارد.

مثال: یک جدول تمام کلید.

a	b	c
1	2	3
1	6	3
1	2	7
8	2	3

ویژگی‌های رابطه در مدل رابطه‌ای به صورت زیر است:

- ۱- در رابطه، تاپل تکراری وجود ندارد. زیرا رابطه یک مجموعه است و مجموعه در ریاضیات طبق تعریف تاپل تکراری ندارد. بنابراین در جدول هم رکوردهای تکراری نداریم. بنابراین گزینه چهارم درست است.
- ۲- تاپل‌ها در رابطه نظم مکانی ندارند. زیرا مجموعه نظم ندارد. بنابراین ترتیب رکوردها در جدول اهمیت ندارد. بنابراین گزینه سوم نادرست است.
- ۳- ترتیب صفات خاصه در یک تاپل مهم نیست. البته به شرطی که ترتیب صفات خاصه در تمام تاپل‌های موجود در یک رابطه با یکدیگر سازگار باشند. بنابراین ترتیب فیلدها در یک جدول نیز مهم نیست، نظم ندارد و می‌توان آنرا جابه‌جا کرد. البته به شرطی که ترتیب فیلدها در تمام رکوردهای موجود در یک جدول با یکدیگر سازگار باشند.
- ۴- همه‌ی مقادیر صفات خاصه در تاپل‌ها تجزیه‌ناپذیرند. به عبارت دیگر در مدل رابطه‌ای نمی‌توان فیلد مرکبی که از فیلدهای ساده تشکیل شده‌است، تعریف نمود. یعنی فیلدهای موجود در جداول مدل رابطه‌ای نباید مرکب مثل تاریخ تولد و آدرس باشد و نباید چندمقداری مثل مدرک تحصیلی باشد.

۵۰- گزینه (۱) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D)$ داریم:

$AB \rightarrow C$
 $AB \rightarrow D$
 $BC \rightarrow A$
 $BC \rightarrow D$
 $A \rightarrow C$
 $C \rightarrow A$

$$ABCD - ACD = B$$

بنابر رابطه فوق صفت B حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

$$\{B\}^+ = \{B\}$$

بستار صفات B به صورت روبه‌رو است:

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که، جدول موردنظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد. همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

بر اساس بستر فوق، صفت B به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون‌ها را تولید نمی‌کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفت B قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده انتخاب می‌گردند، صفات باقی مانده عبارتند از D و C و A البته از این مجموعه صفت D را هم کنار می‌گذاریم، زیرا کمکی در تولید صفات دیگر نمی‌کند. چون در سمت چپ هیچ یک از وابستگی‌های تابعی نیامده است. بنابراین با ترکیب صفات A یا C با صفت B کلیدهای کاندید تولید می‌گردند.

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D\}$$

$$\{BC\}^+ = \{B, C, A, D\}$$

پس ترکیبات صفات AB و BC کلیدهای کاندید جدول R هستند.

توجه: کلید اصلی، یکی از کلیدهای کاندید است که بر اساس سلیقه طراح پایگاه داده، انتخاب می‌شود. مطابق قوانین مدل رابطه‌ای، هر جدول حتماً باید یک کلید اصلی داشته باشد. همچنین هر جدول فقط می‌تواند یک کلید اصلی داشته باشد. هر کلید کانیدی که به عنوان کلید اصلی انتخاب نشده است، یک کلید فرعی است. مطابق فرض سوال AB کلید اصلی و کلید BC کلید کاندید (کلید فرعی) در نظر گرفته شده است.

توجه: دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه داده شده در مجموع دارای دو کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید B، در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل	عضو کلید کاندید $C \rightarrow AB$ کلید کاندید
وابستگی کامل	غیرکلید $D \rightarrow AB$ کلید کاندید
وابستگی کامل	عضو کلید کاندید $A \rightarrow BC$ کلید کاندید
وابستگی کامل	غیرکلید $D \rightarrow BC$ کلید کاندید
وابستگی معکوس	عضو کلید کاندید $C \rightarrow A$ عضو کلید کاندید
وابستگی معکوس	عضو کلید کاندید $A \rightarrow C$ عضو کلید کاندید

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم اول را به صورت زیر بیان کرد:

- دارای حداقل یک کلید کاندید باشد.
 - همه خصیصه‌های آن غیرقابل تجزیه باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های مرکب باشد)
 - همه خصیصه‌های آن تک مقداری باشند (جدول باید فاقد خصیصه‌های چند مقداری باشد)
- واضح است که جدول مطرح شده در نرمال فرم اول قرار دارد.
- به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند.

مؤلفه غیرکلید: هر صفتی که عضو هیچ کلید کانیدی نباشد، به عنوان مؤلفه غیرکلیدی نامیده می‌شود.

مؤلفه جزء کلید کاندید: هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مؤلفه جزء کلید نامیده می‌شود.

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم هم قرار دارد.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند. در وابستگی های فوق، وابستگی انتقالی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم سوم هم قرار دارد. به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم سوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می نامند. عضو کلید کاندید → عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید → غیرکلید

در وابستگی های فوق، وابستگی معکوس وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم BCNF قرار ندارد. در یک نگاه دیگر برای نرمال فرم BCNF می توان گفت، جدولی در نرمال فرم BCNF قرار دارد که همه ی شروع های وابستگی ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی ها، ابرکلید باشد، آن گاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست. در وابستگی های فوق، سمت چپ وابستگی های اول، دوم، سوم و چهارم ابرکلید است. اما سمت چپ وابستگی های پنجم و ششم ابرکلید نیست. بنابراین این جدول به دلیل نقض شرایط مربوطه، در نرمال فرم BCNF قرار ندارد. در نتیجه گزینه اول پاسخ سوال خواهد بود.

۵۱- گزینه (۴) صحیح است.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم سوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می نامند. عضو کلید کاندید → عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید → غیرکلید

در یک نگاه دیگر برای نرمال فرم BCNF می توان گفت، جدولی در نرمال فرم BCNF قرار دارد که همه ی شروع های وابستگی ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی ها، ابرکلید باشد، آن گاه آن جدول در BCNF قرار دارد.

طبق فرض سوال جدول $R(A, B, C, D, E)$ در نرمال فرم BCNF قرار دارد و داری تنها یک کلید کاندید به صورت ABC می باشد، بنابراین هر ترکیبی از کلید کاندید ABC با صفات باقی مانده ابرکلید می سازد. برای به دست آوردن ابرکلیدها، باید به کلید کاندید ABC، صفر یا بیش تر، از صفات های باقی مانده را اضافه کرد. بنابراین باید به کلید کاندید ABC، صفر، یک، یا دو مورد از صفات های دیگر (D, E) اضافه کرد. برای این کار 4 حالت، وجود دارد:

$$\binom{2}{0} + \binom{2}{1} + \binom{2}{2} = 2^2 = 4$$

ساخت ابرکلید: هیچ یا ترکیبی از صفات باقیمانده + کلید کاندید ABC = ابرکلید

AB C +	D E	ترکیبات صفات باقی مانده	ابرکلیدها
	0 0	تهی	A B C
	0 1	E	A B C E
	1 0	D	A B C D
	1 1	D E	A B C D E

توجه: واضح است که 4 ابرکلید، ایجاد می‌گردد. (2^2)

حال وابستگی‌های مطرح شده در گزینه‌های صورت سوال را در نظر بگیرید:

BCE $\rightarrow$ D

ACE $\rightarrow$ D

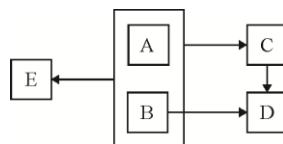
ABD $\rightarrow$ E

ABCD $\rightarrow$ E

براساس وابستگی‌های فوق، سمت چپ وابستگی‌های گزینه‌های اول، دوم و سوم ابرکلید نیست. اما سمت چپ وابستگی گزینه چهارم ابرکلید است، موجود در سطر سوم از جدول فوق. بنابراین از وابستگی‌های فوق، تنها سمت چپ وابستگی گزینه چهارم ابرکلید قرار دارد که پاسخ سوال نیز خواهد بود، به همین سادگی...

۵۲- گزینه (۱) صحیح است.

شکل زیر، نمودار وابستگی‌های تابعی صفات را نشان می‌دهد. پرواضح است که کلید این جدول صفات AB است. بنابراین بدیهی است که جدول 2NF نیست به دلیل وجود وابستگی‌های بخشی $B \rightarrow D$ (وابستگی غیرکلید به عضو کلید کاندید) پس جدول مذکور 3NF و BCNF نیز نیست. پس گزینه‌های دوم، سوم و چهارم پاسخ سوال نیستند. بنابراین گزینه اول پاسخ سوال است.



به طور کلی کلید کاندید باید دو شرط زیر را داشته باشد:

۱- ابرکلید باشد (خاصیت کلیدی داشته باشد) یعنی همه خصیصه‌ها را تولید کند.

۲- عضو زائد نداشته باشد.

به طور کلی عضو کلید کاندید از روابط زیر به دست می‌آید:

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E)$ داریم:

$C \rightarrow D$

$B \rightarrow D$

$AB \rightarrow CE$

$ABCD E - CDE = AB$

بنابر رابطه فوق صفت AB حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت AB به صورت زیر است:

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$$

براساس بستار فوق، صفات AB، همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس صفات AB، کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

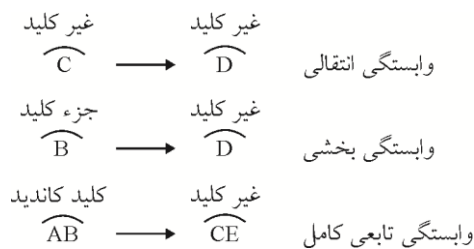
هرگاه عضو کلید کاندید حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

از آن‌جا که در جدول مطرح شده، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد. (که هست، زیرا صفت چند مقداری و مرکب ندارد).
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند. وابستگی‌های مطرح شده را در نظر بگیرید:



در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی $B \rightarrow D$ وجود دارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد و به تبع در نرمال فرم سوم و BCNF هم قرار ندارد.

۵۳- گزینه (۱) صحیح است.

صورت سوال به این شکل است:

اگر در رابطه R، تعداد ابرکلیدها با تعداد کلیدهای کاندید برابر باشد، آنگاه کدام مورد در خصوص رابطه R نادرست است؟

(۱) تنها یک خصیصه دارد.

گزینه اول نادرست است، زیرا در جدول تمام کلید، یک جدول فقط و فقط یک ابرکلید دارد و فقط و فقط هم یک کلید کاندید دارد. رابطه تمام کلید مثلاً ممکن است سه ستون داشته باشد، در این حالت یک جدول فقط و فقط یک ابرکلید دارد و فقط و فقط هم یک کلید کاندید دارد. یعنی حداقل یک ابرکلید و یک کلید کاندید دارد و حداکثر هم یک ابرکلید و یک کلید کاندید دارد. همچنین جدولی هم که تنها یک خصیصه دارد حداقل یک ابرکلید و یک کلید کاندید دارد و حداکثر هم یک ابرکلید و یک کلید کاندید دارد، اما این حالت فقط برای یک جدول تک خصیصه‌ای نیست و همانطور که گفتیم در جدول تمام کلید تعداد ابرکلید و کلید کاندید یکسان، و برابر مقدار یک است. هر ترکیبی از صفات (ستون‌ها) که خاصیت کلیدی داشته باشد، یک ابرکلید است. و ابرکلیدی که عضو زائد نداشته باشد، کلید کاندید است.

(۲) در فرم نرمال 3NF است.

گزینه دوم درست است، زیرا در حالتی که تعداد ابرکلیدها با تعداد کلیدهای کاندید برابر باشد، آن جدول یا تک خصیصه‌ای است و یا تمام کلید است که در هر دو حالت در فرم نرمال 3NF قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند. در حالت جدول تک خصیصه‌ای یا جدول تمام کلید، وابستگی بخشی وجود ندارد، پس نرمال فرم دوم برقرار است. همچنین در حالت جدول تک خصیصه‌ای یا جدول تمام کلید، وابستگی انتقالی هم وجود ندارد، پس نرمال فرم سوم هم برقرار است.

(۳) همه خصیصه‌های R، NOT NULL هستند.

گزینه سوم درست است، زیرا در حالتی که تعداد ابرکلیدها با تعداد کلیدهای کاندید برابر باشد، آن جدول یا تک خصیصه‌ای است و یا تمام کلید است که در هر دو حالت همه خصیصه‌های جدول R باید NOT NULL باشد. مطابق تعریف قانون جامعیت موجودیت، هیچگاه نباید تمام یا بخشی از کلید کاندید مقدار NULL داشته باشد.

(۴) تعداد وابستگی‌های تابعی نابدی R، صفر هستند.

گزینه چهارم درست است، زیرا در حالتی که تعداد ابرکلیدها با تعداد کلیدهای کاندید برابر باشد، آن جدول یا تک خصیصه‌ای است و یا تمام کلید است که در هر دو حالت تعداد وابستگی‌های تابعی نابدی R، صفر هستند. در جدول تک خصیصه‌ای یا تمام کلید، هیچ وابستگی غیربیدی (نابدی) همچون وابستگی تابعی بخشی، وابستگی تابعی انتقالی و وابستگی تابعی معکوس وجود ندارد. یعنی تعداد وابستگی‌های تابعی نابدی R، صفر هستند.

۵۴- گزینه (۳) صحیح است.**قانون اول**

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(X, Y, Z)$ داریم:

$$\begin{aligned} Y &\rightarrow Z \\ XZ &\rightarrow Y \\ X &\rightarrow Z \\ XYZ - YZ &= X \end{aligned}$$

بنابر رابطه فوق صفت X حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بستر صفت X به صورت زیر است:

$$\{X\}^+ = \{X, Y, Z\}$$

براساس بستر فوق، صفت X، همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس صفت X، کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

حال یک بار دیگر وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(X,Y,Z)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی انتقالی $Y \rightarrow Z$ غیرکلید
 وابستگی تابعی $XZ \rightarrow Y$ غیرکلید
 وابستگی کامل $X \rightarrow Z$ غیرکلید

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم اول را به صورت زیر بیان کرد:

- دارای حداقل یک کلید کاندید باشد.
 - همه خصیصه های آن غیرقابل تجزیه باشند (جدول باید فاقد خصیصه های مرکب باشد)
 - همه خصیصه های آن تک مقداری باشند (جدول باید فاقد خصیصه های چند مقداری باشد)
- واضح است که جدول مطرح شده در فرم اول نرمال قرار دارد.
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.
- وابستگی بخشی:** وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند.
- مؤلفه غیرکلید:** هر صفتی که عضو هیچ کلید کاندیدی نباشد، به عنوان مؤلفه غیرکلیدی نامیده می شود.
- مؤلفه جزء کلید کاندید:** هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مؤلفه جزء کلید نامیده می شود.
- در وابستگی های فوق، وابستگی بخشی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم هم قرار دارد.
- به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:
- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
 - جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند.

در وابستگی های فوق، وابستگی انتقالی وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم سوم قرار ندارد. و به تبع در نرمال فرم BCNF هم قرار ندارد.

بطور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم سوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می نامند.

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

غیرکلید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

در وابستگی های فوق، وابستگی معکوس وجود ندارد. اما جدول فوق در نرمال فرم سوم قرار ندارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم BCNF هم قرار ندارد.

در یک نگاه دیگر برای نرمال فرم BCNF می توان گفت، جدولی در نرمال فرم BCNF قرار دارد که همه ی شروع های وابستگی ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی ها، ابرکلید باشد، آن گاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست.

در وابستگی های فوق، سمت چپ وابستگی های دوم و سوم ابرکلید است. اما سمت چپ وابستگی اول ابرکلید نیست.

بنابراین این جدول به دلیل نقض شرایط مربوطه، در نرمال فرم BCNF قرار ندارد. در نتیجه گزینه دوم

گزاره درستی است.

گزینه اول گزاره درستی است، زیرا صفت X در سمت راست هیچ یک از وابستگی‌های تابعی مطرح شده در صورت سوال نیست، پس از روی صفات دیگر قابل دستیابی نیست و بنابراین حتماً باید در کلید کاندید حضور داشته باشد. بعلاوه، با داشتن X می‌توان تمام صفت‌های دیگر را به دست آورد، پس $\{X\}$ تنها کلید کمینه است و بنابراین ستون X تنها کلید کاندید رابطه R است.

گزینه دوم نیز گزاره درستی است، زیرا با توجه به وابستگی $Y \rightarrow Z$ وابستگی انتقالی یعنی وابستگی غیرکلید به غیرکلید وجود دارد، بنابراین رابطه R در سطح نرمال فرم سوم قرار ندارد و به تبع همین موضوع در سطح نرمال فرم BCNF هم قرار ندارد.

گزینه سوم گزاره نادرستی است، زیرا وابستگی سوم یعنی وابستگی $X \rightarrow Z$ اضافه و قابل حذف نیست، چون با داشتن X نمی‌توان از روی وابستگی‌های تابعی باقی‌مانده به Z رسید. در واقع وابستگی $X \rightarrow Z$ یک وابستگی اصلی از مجموعه وابستگی‌های بهینه است و یک وابستگی فرعی نیست.

گزینه چهارم نیز گزاره نادرستی است، زیرا ستون X در وابستگی دوم، مشخصه اضافه و قابل حذف نیست. چون ستون X توسط ستون دیگری تولید نمی‌شود یعنی در سمت راست هیچکدام از وابستگی‌های مطرح شده در صورت سوال قرار ندارد که بتوانیم ستون X را حذف کنیم. به عبارت دیگر اگر ستون X توسط ستون Z تولید می‌شد، آنگاه ستون X در وابستگی دوم، مشخصه اضافه و قابل حذف می‌بود که اینطور نیست.

توجه: البته اگر طراح محترم در گزینه چهارم به جای ستون X از ستون Z استفاده می‌کرد که ما هم فکر می‌کنیم همین بوده است اما در مرحله حروفچینی سوال، ستون Z به صورت X حروفچینی شده است. آنگاه گزینه چهارم هم گزاره درستی می‌بود و همان گزینه سوم در بین چهار گزینه فقط گزاره‌ای نادرست می‌شد و پاسخ سوال هم همان گزینه سوم و مد نظر طراح محترم می‌شد.

توجه: دقت کنید که با توجه به وابستگی $X \rightarrow Z$ با داشتن X می‌توان Z را به دست آورد. پس با حذف Z از وابستگی $XZ \rightarrow Y$ اطلاعاتی از بین نمی‌رود و حالت بهینه و کمینه وابستگی دوم به فرم $X \rightarrow Y$ می‌باشد. دقت کنید که عامل حذف ستون X در وابستگی دوم، وجود و حضور وابستگی اصلی سوم است. وابستگی اصلی سوم تحت هیچ شرایطی قابل حذف نیست.

توجه: سازمان سنجش آموزش کشور، در کلید اولیه و نهایی خود، گزینه سوم را به عنوان پاسخ اعلام کرده بود.

۵۵- گزینه (۳) صحیح است.

قانون اول

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A,B,C,D,E,P,G)$ داریم:

$AB \rightarrow CD$

$DE \rightarrow P$

$C \rightarrow E$

$P \rightarrow C$

$B \rightarrow G$

$ABCDEPG - CDEPG = AB$

بنابر رابطه فوق صفت AB حتماً باید عضو کلید کاندید باشد.

بستار صفت AB به صورت مقابل است: $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E, P, G\}$
 براساس بستار فوق، صفات AB ، همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس صفات AB ، کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

از آن‌جا که در جدول مطرح شده، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد. (که هست، زیرا صفت چند مقداری و مرکب ندارد).
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می‌نامند.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, P, G)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل $AB \longrightarrow CD$ غیرکلید AB کلید کاندید

وابستگی انتقالی $DE \longrightarrow P$ غیرکلید DE غیرکلید

وابستگی انتقالی $C \longrightarrow E$ غیرکلید C غیرکلید

وابستگی انتقالی $P \longrightarrow C$ غیرکلید P غیرکلید

وابستگی بخشی $B \longrightarrow G$ غیرکلید B عضو کلید کاندید

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی $B \rightarrow G$ وجود دارد، بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم قرار ندارد و به تبع در نرمال فرم سوم و BCNF هم قرار ندارد.

توجه: سازمان سنجش آموزش کشور، در کلید اولیه و نهایی خود، گزینه سوم را به عنوان پاسخ اعلام کرده بود.

۵۶- گزینه (۴) صحیح است.

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D)$ داریم:

$$B \rightarrow C$$

$$CD \rightarrow B$$

$$ABC \rightarrow D$$

بنابر رابطه فوق صفات AD حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بستار صفات AD به صورت زیر است:

$$\{A, D\}^+ = \{A, D\}$$

براساس بستار فوق، صفات AD ، فقط ستون‌های AD را تولید می‌کند، پس صفات AD فقط عضو کلید کاندید می‌باشد و کلید کاندید نمی‌باشد.

قانون سوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، برخی از ستون‌ها را تولید کند، بدین معنی است که،

جدول مورد نظر، چندین کلید کاندید دارد، که این عضو کلید کاندید، در بین تمامی کلیدهای کاندید، به طور مشترک قرار دارد، بنابراین صفات دیگری نیز، باید عضو کلید کاندید را همراهی کنند تا کلید کاندید ایجاد گردد.

همچنین مطابق این قانون، صفاتی که توسط عضو کلید کاندید، قابل دسترسی هستند، در کلید کاندید جایگاهی نخواهند داشت.

بر اساس بستر فوق، صفات AD به عنوان عضو کلید کاندید همه ستون‌ها را تولید نمی‌کند، بنابراین مطابق قانون سوم باید صفاتی در کنار صفت AD قرار گیرد تا کلید کاندید تولید گردد. این صفات کناری از صفات باقی مانده انتخاب می‌گردند، صفات باقی مانده عبارتند از B و C بنابراین با ترکیب صفات B یا C با صفت AD کلیدهای کاندید تولید می‌گردند.

$$\{ADB\}^+ = \{A, D, B, C\}$$

$$\{ADC\}^+ = \{A, D, C, B\}$$

پس ترکیبات صفات ADB و ADC کلیدهای کاندید جدول R هستند.

توجه: دقت کنید که هیچ‌گاه، کلید کاندید نباید عضو زائد داشته باشد. بنابراین رابطه داده شده در مجموع دارای دو کلید کاندید است. که مطابق قانون سوم، عضو کلید کاندید AD، در بین هر دو کلید کاندید به طور مشترک قرار دارد.

حال یک‌بار دیگر وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D)$ را در نظر بگیرید:

وابستگی معکوس $B \rightarrow C$ عضو کلید کاندید C

وابستگی معکوس $CD \rightarrow B$ عضو کلید کاندید B

در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم هم قرار دارد.

در وابستگی‌های فوق، وابستگی انتقالی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم سوم هم قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم BCNF را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم سوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی معکوس باشد.

وابستگی معکوس: وابستگی یک عضو کلید کاندید به عضو یک کلید کاندید دیگر یا مؤلفه غیرکلیدی را، وابستگی معکوس می‌نامند.

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ عضو کلید کاندید

عضو کلید کاندید $\rightarrow$ غیرکلید

در وابستگی‌های فوق، وابستگی معکوس وجود دارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم BCNF قرار ندارد.

در یک نگاه دیگر برای نرمال فرم BCNF می‌توان گفت، جدولی در نرمال فرم BCNF قرار دارد که همه‌ی شروع‌های وابستگی‌ها، ابرکلید باشد. به بیان دیگر هرگاه سمت چپ همه وابستگی‌ها، ابرکلید باشد، آن‌گاه آن جدول در BCNF قرار دارد که در وابستگی‌های فوق این چنین نیست. پس BCNF هم نیست. در وابستگی‌های فوق، سمت چپ وابستگی‌های اول و دوم ابرکلید نیست. بنابراین این جدول به دلیل نقض

شرایط مربوطه، در نرمال فرم BCNF قرار ندارد. در نتیجه گزینه چهارم پاسخ سوال است.

۵۷- گزینه (۲) صحیح است.

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E)$ داریم:

$$A \rightarrow B, C$$

$$B, C \rightarrow A, D$$

$$D \rightarrow E$$

$$ABCDE - ABCDE = \text{تهی}$$

قانون چهارم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول، تهی گردد، بدین معنی است که، جدول فوق چندین کلید کاندید دارد، که هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید آن وجود ندارد. بنابراین باید کلید کاندید با بررسی دقیق بر روی مجموعه وابستگی کشف گردد.

$$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$$

براساس بستر فوق، صفت A، همه ستون ها را بدون عضو زائد تولید می کند، پس صفت A، کلید کاندید می باشد.

حال کلید کاندید A را در نظر بگیرید، از آن جا که مطابق وابستگی $BC \rightarrow A$ ، صفات BC، صفت A را می دهد. می توان به جای صفت A در کلید کاندید A، صفات BC را قرار داد. چون مجدداً مطابق وابستگی $BC \rightarrow A$ ، صفت A را می دهد که منجر به ایجاد کلید کاندید BC می گردد.

مطابق الگوی زیر:

$$A \Rightarrow BC$$

↑

$$BC$$

$$\{BC\}^+ = \{B, C, A, D, E\}$$

براساس بستر فوق، صفات BC، همه ستون ها را بدون عضو زائد تولید می کند، پس صفات BC کلید کاندید می باشد.

بررسی مجموعه وابستگی های مطرح شده نشان داد که (A) و (B,C) به عنوان کلیدهای کاندید برای رابطه R محسوب می شوند.

توجه: همان طور که مشاهده می شود، مطابق قانون چهارم، هیچ عضو کلید کاندید مشترکی، بین تمامی کلیدهای کاندید فوق وجود ندارد.

واضح است که جدول مطرح شده در فرم اول نرمال قرار دارد.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند.

مؤلفه غیرکلید: هر صفتی که عضو هیچ کلید کاندیدی نباشد، به عنوان مؤلفه غیرکلیدی نامیده می شود.

مؤلفه جزء کلید کاندید: هر صفتی که عضو حداقل یک کلید کاندید باشد، به عنوان مؤلفه جزء کلید نامیده

می‌شود.

وابستگی‌های مطرح شده را در نظر بگیرید:

وابستگی کامل کلیدکاندید $A \rightarrow BC$ کلیدکاندید

وابستگی کامل کلیدکاندید $BC \rightarrow A$ کلیدکاندید

وابستگی کامل غیرکلید $BC \rightarrow D$ کلیدکاندید

وابستگی انتقالی غیرکلید $D \rightarrow E$ غیرکلید

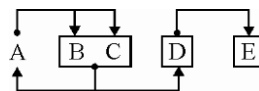
در وابستگی‌های فوق، وابستگی بخشی وجود ندارد. بنابراین جدول مربوطه در نرمال فرم دوم هم قرار دارد.

به طور کلی می‌توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می‌نامند.

در جدول زیر:

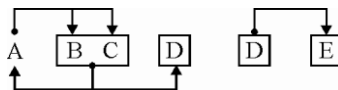


وابستگی تابعی زیر:

$D \rightarrow E$

به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می‌گردد. بنابراین جدول R در نرمال فرم سوم قرار ندارد.

بنابراین برای قرار دادن جدول R، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی‌های انتقالی از جدول R خارج گردند.



بنابراین جدول R به دو جدول کوچکتر تجزیه می‌گردد.

$R_1(A, B, C, D)$ $R_2(\underline{D}, E)$

با توجه به کلیدهای کاندید در دو جدول R_1 و R_2 می‌توان دریافت که این دو جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی‌های دو جدول R_1 و R_2 ، ابرکلید است، بنابراین دو جدول R_1 و R_2 در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول R به دو جدول R_1 و R_2 می‌توان جدول R را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

۵۸- گزینه (۴) صحیح است.

ویژگی‌های رابطه در مدل رابطه‌ای

۱- در رابطه، تاپل تکراری وجود ندارد. زیرا رابطه یک مجموعه است و مجموعه در ریاضیات طبق تعریف تاپل تکراری ندارد. بنابراین در جدول هم رکوردهای تکراری نداریم.

۲- تاپل‌ها در رابطه نظم مکانی ندارند. زیرا مجموعه نظم ندارد. بنابراین ترتیب رکوردها در جدول اهمیت ندارد.

۳- ترتیب صفات خاصه در یک تاپل مهم نیست. البته به شرطی که ترتیب صفات خاصه در تمام تاپل‌های موجود در یک رابطه با یکدیگر سازگار باشند. بنابراین ترتیب فیلدها در یک جدول نیز مهم نیست، نظم ندارد و می‌توان آنرا جابه‌جا کرد. البته به شرطی که ترتیب فیلدها در تمام رکوردهای موجود در یک جدول با یکدیگر سازگار باشند.

برای مثال رابطه R_3 به عنوان یک زیر مجموعه دلخواه از حاصلضرب دکارتی سه دامنه D_1 ، D_2 و D_3 را در نظر بگیرید:

$$R_3 = \{(a, x, 1), (a, x, 2), (b, x, 1), (b, x, 2)\}$$

اگر ترتیب تاپل‌های رابطه R_7 به صورت زیر باشد:

$$R_7 = \{(x, 1, a), (x, 2, a), (x, 1, b), (x, 2, b)\}$$

رابطه R_7 معادل رابطه R_3 است، زیرا ترتیب صفات خاصه در تمام تاپل‌های موجود در رابطه R_7 با یکدیگر سازگار است. ($R_3 = R_7$)

اگر ترتیب تاپل‌های رابطه R_8 به صورت زیر باشد:

$$R_8 = \{(x, 1, a), (2, x, a), (1, b, x), (x, 2, b)\}$$

رابطه R_8 معادل رابطه R_3 نیست، زیرا ترتیب صفات خاصه در تمام تاپل‌های موجود در رابطه R_8 با یکدیگر سازگار نیست. ($R_3 \neq R_8$)

۴- همه‌ی مقادیر صفات خاصه در تاپل‌ها تجزیه‌ناپذیرند. به عبارت دیگر در مدل رابطه‌ای نمی‌توان فیلد مرکبی که از فیلدهای ساده تشکیل شده‌است، تعریف نمود. یعنی فیلدهای موجود در جداول مدل رابطه‌ای نباید مرکب مثل تاریخ تولد و آدرس باشد و نباید چندمقداری مثل مدرک تحصیلی باشد. به عبارت دیگر هیچ رابطه‌ای نمی‌تواند شامل تاپل‌های تو در تو، تاپل تو تاپل یا جدول تو جدول باشد، به بیان دیگر مولفه‌های هریک از تاپل‌های رابطه نباید مرکب و چندمقداری باشد، به عبارت ساده‌تر هر مولفه یک تاپل نمی‌تواند خودش یک تاپل باشد.

توجه: بهترین راه نمایش و پیاده‌سازی رابطه استفاده از جدول است، بنابراین جدول معادل رابطه در نظر گرفته می‌شود.

گزینه اول نادرست است. زیرا، اگر هیچ‌یک از صفات ساده یک رابطه چندمقداری و مرکب نباشد، این مربوط به فقط و فقط نرمال فرم اول (1nf) است. در حالی که نرمال سازی تا سطح سوم (3nf) اجباری است. **گزینه دوم نادرست است.** زیرا، ابرکلیدی که عضو زائد نداشته باشد، کلید کاندید است، به عبارت دیگر ابرکلید کمینه را کلید کاندید می‌گویند. منظور از ابرکلید کمینه، ابرکلیدی نیست که کمترین تعداد صفت را داشته باشد، بلکه منظور ابرکلیدی است که صفت زائد نداشته باشد. بنابراین کلید کاندید یک رابطه خودش به طور ذاتی کمینه است و نمی‌تواند کاهش‌پذیر باشد.

گزینه سوم نادرست است. زیرا، تاپل‌ها در رابطه نظم مکانی ندارند. زیرا مجموعه نظم ندارد. بنابراین ترتیب رکوردها در جدول اهمیت ندارد.

گزینه چهارم درست است. زیرا، در رابطه، تاپل تکراری وجود ندارد. زیرا رابطه یک مجموعه است و

مجموعه در ریاضیات طبق تعریف تاپل تکراری ندارد. بنابراین در جدول هم رکوردهای تکراری نداریم.

۵۹- گزینه (۱) صحیح است.

صورت سوال ابهام و خطا دارد، کلمه فارسی «گمشدگی» معادل کلمه انگلیسی «lossless» نیست، معنی درست و فارسی کلمه «lossless» عبارت «بدون گمشدگی» است. و دیگر اینکه صفت F موجود در جدول R در هیچ یک از گزینه‌ها نیامده است. بنابراین سوال قابل حل نیست.

توجه: سازمان سنجش آموزش کشور، در کلید اولیه و نهایی خود، گزینه اول را به عنوان پاسخ اعلام کرده بود. که کار درستی نبوده است و سوال باید حذف می شد که نشد.

شرایط تجزیه مطلوب به صورت زیر است:

۱- شرط لازم (Nonloss join): دو جدول الحاق پذیر باشند (صفت مشترک در دو جدول، حداقل در یکی کلید کاندید باشد) این شرط، مهم ترین شرط نرمال سازی است، زیرا شرط لازم است.

۲- شرط کافی (حفظ وابستگی های تابعی): وابستگی های تابعی جدول پایه قابل استنتاج از روی وابستگی های تابعی جداول حاصل از تجزیه باشد یا در آن ها موجود باشد.

توجه: در تجزیه بدون گمشدگی (Lossless)، صفت مشترک در یکی از روابط باید کلید کاندید باشد. همچنین هنگامی که در فرآیند نرمال سازی یک جدول تجزیه می شود، این تجزیه باید به گونه ای انجام شود که امکان بازسازی محتوایی و ساختاری جدول اولیه بر اساس جداول کوچکتر فراهم باشد، به این صورت که با الحاق جداول کوچکتر به یکدیگر دقیقاً جدول اولیه (پایه) ایجاد گردد (نه سطر یا ستونی از جدول اولیه از دست برود و نه سطر یا ستونی به جدول اولیه اضافه شود). چنین تجزیه ای را تجزیه بدون گمشدگی (Lossless) می گویند.

اگر صورت سوال را به فرم زیر اصلاح کنیم، یعنی صفت F از جدول R حذف شود و معنی «lossless» را بدون گمشدگی معنی کنیم:

رابطه $R = (A, B, C, D, E)$ را در نظر بگیرید. اگر مجموعه وابستگی های تابعی F روی R برقرار باشد، کدام یک از تجزیه های زیر بدون گمشدگی (lossless) است؟

آنگاه بررسی گزینه ها بر اساس وابستگی های مطرح شده به صورت زیر خواهد بود:

$$A \rightarrow BC$$

$$CD \rightarrow E$$

$$B \rightarrow D$$

$$E \rightarrow A$$

گزینه اول:

$$R_1(A, B, C)$$

$$\{C\}^+ = \{C, \text{Stop}\}$$

$$R_2(C, D, E)$$

$$\{C\}^+ = \{C, \text{Stop}\}$$

در گزینه اول، ستون مشترک C در $R_1(A, B, C)$ یا $R_2(C, D, E)$ کلید کاندید نیست. بنابراین «دارای گمشدگی» است.

گزینه دوم:

$$R_1(A, B, C)$$

$$A \rightarrow BC$$

$$\{A\}^+ = \{A, B, C\}$$

$$R_2(A, D, E)$$

$$\{A\}^+ = \{A, \text{Stop}\}$$

در گزینه دوم، ستون مشترک A در $R_1(A, B, C)$ یا $R_2(A, D, E)$ در جدول R_1 کلید کاندید است. بنابراین «بدون گمشدگی» (Lossless) است.

گزینه سوم:

$$R_1(E, B, C)$$

$$\{E\}^+ = \{E, \text{Stop}\}$$

$$R_2(E, D, A)$$

$$E \rightarrow A$$

$$\{E\}^+ = \{E, A, \text{Stop}\}$$

در گزینه سوم، ستون مشترک E در $R_1(E, B, C)$ یا $R_2(E, D, A)$ کلید کاندید نیست. بنابراین «دارای گمشدگی» است.

گزینه چهارم:

$$R_1(A, B, C)$$

$$\{BC\}^+ = \{B, C, \text{Stop}\}$$

$$R_2(B, C, D, E)$$

$$CD \rightarrow E$$

$$B \rightarrow D$$

$$\{BC\}^+ = \{B, C, D, E\}$$

در گزینه چهارم، ستون مشترک BC در $R_1(A, B, C)$ یا $R_2(B, C, D, E)$ در جدول R_2 کلید کاندید است. بنابراین «بدون گمشدگی» (Lossless) است.

۶۰- گزینه (۲ و ۳) صحیح است.

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G)$ داریم:

$$AF \rightarrow BE$$

$$FC \rightarrow DE$$

$$F \rightarrow CD$$

$$D \rightarrow E$$

$$C \rightarrow A$$

$$ABCDEFGF - ABCDE = FG$$

بنابر رابطه فوق صفات FG حتماً باید عضو کلید کاندید باشد. بستار صفات FG به صورت زیر است:

$$\{FG\}^+ = \{F, G, C, D, E, A, B\}$$

براساس بستار فوق، صفات FG، همه ستون‌ها را تولید می‌کند، پس صفات FG کلید کاندید می‌باشد.

قانون دوم

هرگاه عضو کلید کاندید، حاصل از تفاضل قانون اول (روش اول یا دوم)، همه ستون‌ها را تولید کند، آن عضو کلید کاندید، تنها کلید کاندید جدول خواهد بود.

جدولی در سطح نرمال فرم اول قرار دارد که صفت چند مقداری و مرکب نداشته باشد. از آنجا که در جدول R، صفت چند مقداری و مرکب وجود ندارد، بنابراین این جدول در نرمال فرم اول قرار دارد.

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G)$ داریم:

$$AF \rightarrow BE$$

$$FC \rightarrow DE$$

$$F \rightarrow CD$$

$$D \rightarrow E$$

$$C \rightarrow A$$

توجه: به طور کلی در نرمال‌سازی پس از کشف کلید کاندید، جهت کشف وابستگی بخشی و انتقالی و کنترل بهتر وابستگی‌ها می‌توان وابستگی‌ها را بهینه و کمینه کرد، اما با عدم حذف وابستگی‌های اصلی و عدم درج وابستگی‌ها فرعی. در اغلب موارد خود وابستگی‌ها گویای وابستگی بخشی و انتقالی هستند و نیاز به کمینه‌سازی وابستگی‌ها هم نیست. مهمترین عنصر نرمال‌سازی صحیح، کشف دقیق و درست کلید کاندید توسط قوانین چهارگانه است.

توجه: در وابستگی $AF \rightarrow BE$ از وابستگی‌های $F \rightarrow C$ و $C \rightarrow A$ ستون F می‌دهد A را، پس در سمت چپ وابستگی $AF \rightarrow BE$ ستون A زائد است، چون F می‌تواند خود A را تولید کند، پس به جای وابستگی $AF \rightarrow BE$ می‌توان وابستگی کمینه $F \rightarrow BE$ را جایگزین کرد.

توجه: در وابستگی $FC \rightarrow DE$ از وابستگی $F \rightarrow CD$ ستون F می‌دهد C را، پس در سمت چپ وابستگی $FC \rightarrow DE$ ستون C زائد است، چون F می‌تواند خود C را تولید کند، پس به جای وابستگی $FC \rightarrow DE$ می‌توان وابستگی کمینه $F \rightarrow DE$ را جایگزین کرد.

پس از حذف وابستگی‌های فرعی و قابل تولید از سایر وابستگی‌ها، وابستگی‌های کمینه بصورت زیر است:

$$F \rightarrow B$$

$$F \rightarrow C$$

$$F \rightarrow D$$

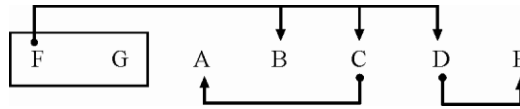
$$D \rightarrow E$$

$$C \rightarrow A$$

توجه: بر اساس وابستگی‌های فوق واضح است که صفت F همه ستون‌ها را به طور مستقیم و غیرمستقیم بجز صفت G را تولید می‌کند، بستار صفت F به صورت زیر است:

$$\{F\}^+ = \{F, C, D, E, A, B\}$$

نمودار وابستگی های جدول R به صورت زیر است:



به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم دوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم اول باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی بخشی باشد.

وابستگی بخشی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی، به جزئی از کلید کاندید را وابستگی بخشی می نامند. با توجه به این که ترکیب صفات FG کلید کاندید رابطه R می باشد، وابستگی های تابعی زیر:

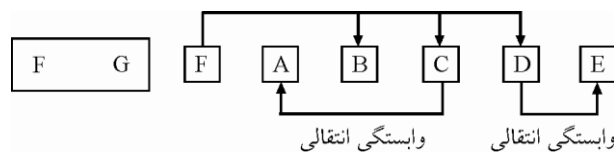
$$F \rightarrow B$$

$$F \rightarrow C$$

$$F \rightarrow D$$

به عنوان وابستگی بخشی محسوب می گردند. بنابراین جدول R در نرمال فرم دوم قرار ندارد.

بنابراین برای قرار دادن جدول R، در نرمال فرم دوم، باید وابستگی های بخشی از جدول R خارج گردند.



بنابراین جدول R به دو جدول کوچکتر تجزیه می گردد:

$$R_1(F, G) \quad R_2(F, A, B, C, D, E)$$

با توجه به کلید کاندید FG در جدول R_1 می توان دریافت که این جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی است، بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارد. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های جدول R_1 ابرکلید است، بنابراین جدول R_1 در سطح BCNF نیز قرار دارد. از نگاه دیگر می توان گفت جدول R_1 تمام کلید است پس BCNF است، از منظری دیگر نیز می توان گفت هر جدول با 2 ستون همواره و تحت هر شرایطی قطعاً BCNF است. مطابق خواسته سوال راه حل را تا سطح 3NF برای جدول R_2 ادامه می دهیم.

به طور کلی می توان شروط قرار داشتن یک جدول در نرمال فرم سوم را به صورت زیر بیان کرد:

- جدول باید در نرمال فرم دوم باشد.
- جدول باید فاقد وابستگی انتقالی باشد.

وابستگی انتقالی: وابستگی یک مؤلفه غیرکلیدی به یک مؤلفه غیرکلیدی دیگر را وابستگی انتقالی می نامند.

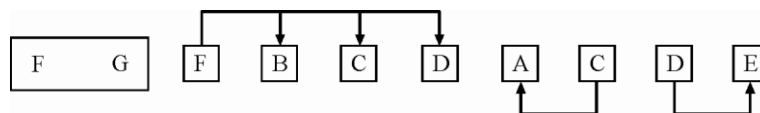
در جدول R_2 وابستگی تابعی زیر:

$$D \rightarrow E$$

$$C \rightarrow A$$

به عنوان وابستگی انتقالی محسوب می گردد. بنابراین جدول R_2 در نرمال فرم سوم قرار ندارد.

بنابراین برای قرار دادن جدول R_2 ، در نرمال فرم سوم، باید وابستگی های انتقالی از جدول R_2 خارج گردند.



بنابراین جدول R_2 به سه جدول کوچکتر تجزیه می‌گردد.

$$R_{21}(F, B, C, D) \quad R_{22}(C, A) \quad R_{23}(D, E)$$

با توجه به کلیدهای کاندید در سه جدول R_{21} و R_{22} و R_{23} می‌توان دریافت که این سه جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی‌های سه جدول R_{21} و R_{22} و R_{23} ، ابرکلید است، بنابراین سه جدول R_{21} و R_{22} و R_{23} در سطح BCNF نیز قرار دارند. به این ترتیب با تجزیه جدول R به چهار جدول R_1 ، R_{21} ، R_{22} و R_{23} می‌توان جدول R را در نرمال فرم سوم و سطح BCNF قرار داد.

توجه: سازمان سنجش آموزش کشور در کلید اولیه خود ابتدا گزینه دوم را به عنوان پاسخ اعلام نمود، سپس در کلید نهایی نظر خود را عوض کرد و گزینه دوم و سوم را به عنوان پاسخ اعلام کرد، که عمل نادرستی را انجام داده است. چون فقط و فقط همان گزینه سوم پاسخ سوال و درست است.

۶۱- گزینه (۴) صحیح است.

۱- الف) کشف کلید کاندید

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(X, Y, Z, S, T, U, W)$ داریم:

$$S \rightarrow X$$

$$T \rightarrow Y$$

$$X \rightarrow Y$$

$$XY \rightarrow TUZ$$

$$XYZSTUW - XYZTU = SW$$

بنابر رابطه فوق صفات SW حتماً باید **عضو کلید کاندید** باشد. بستار صفات SW به صورت زیر است:

$$\{SW\}^+ = \{S, W, X, Y, T, U, Z\}$$

براساس بستار فوق، صفات SW ، همه ستون‌های جدول R را تولید می‌کند، پس مطابق **قانون دوم** صفات SW **تنها کلید کاندید** جدول R است. و تحت هیچ شرایطی کلید کاندید دیگری ندارد.

توجه: به طور کلی در نرمال‌سازی پس از کشف کلید کاندید، می‌توان وابستگی‌ها را بهینه (کمینه) کرد، اما در اغلب موارد، نیاز به کمینه‌سازی وابستگی‌ها نیست. چون مهمترین عنصر نرمال‌سازی، کشف کلید کاندید است و با کشف کلید کاندید، وابستگی‌های بخشی، انتقالی و معکوس قابل تشخیص است. قواعد ایجاد مجموعه وابستگی‌های تابعی کاهش‌ناپذیر یا کمینه (minimal cover) از سه شرط (۱) سمت راست هر وابستگی تابعی باید تک‌خصیصه‌ای باشد، (۲) سمت چپ هر وابستگی تابعی باید تا حد امکان کاهش‌ناپذیر (Minimal) باشد و (۳) تمام وابستگی‌های تابعی فرعی (زائد و اضافه) باید حذف شوند تشکیل شده است که شرط (۲) بهتر است همیشه انجام شود.

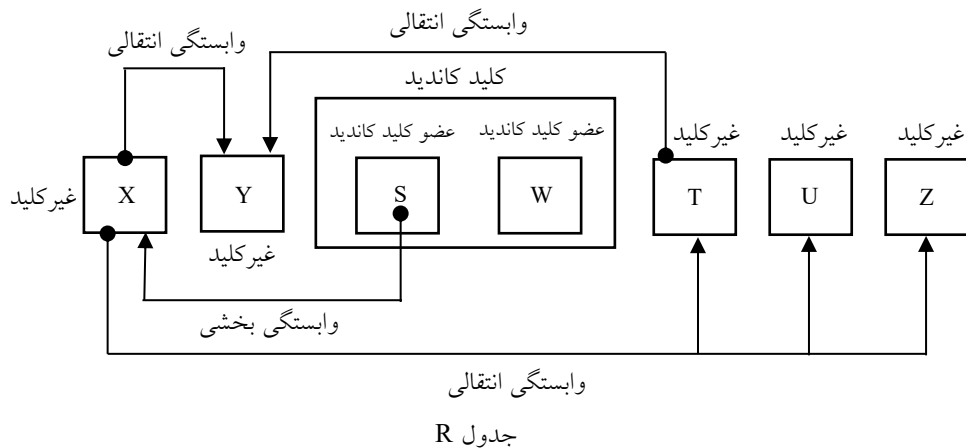
توجه: در وابستگی $XY \rightarrow TUZ$ براساس وابستگی $X \rightarrow Y$ ستون Y زائد است، چون X می تواند Y را تولید کند، پس به جای وابستگی $XY \rightarrow TUZ$ می توان وابستگی کمینه $X \rightarrow TUZ$ را جایگزین کرد. وابستگی های کمینه به صورت زیر است:

$S \rightarrow X$
 $T \rightarrow Y$
 $X \rightarrow Y$
 $X \rightarrow TUZ$

توجه: بر اساس وابستگی های فوق واضح است که صفت S همه ستون ها را بجز صفت W را تولید می کند، بستر صفت S به صورت زیر است:

$$\{S\}^+ = \{S, X, Y, T, U, Z\}$$

نمودار وابستگی های جدول R به صورت زیر است:

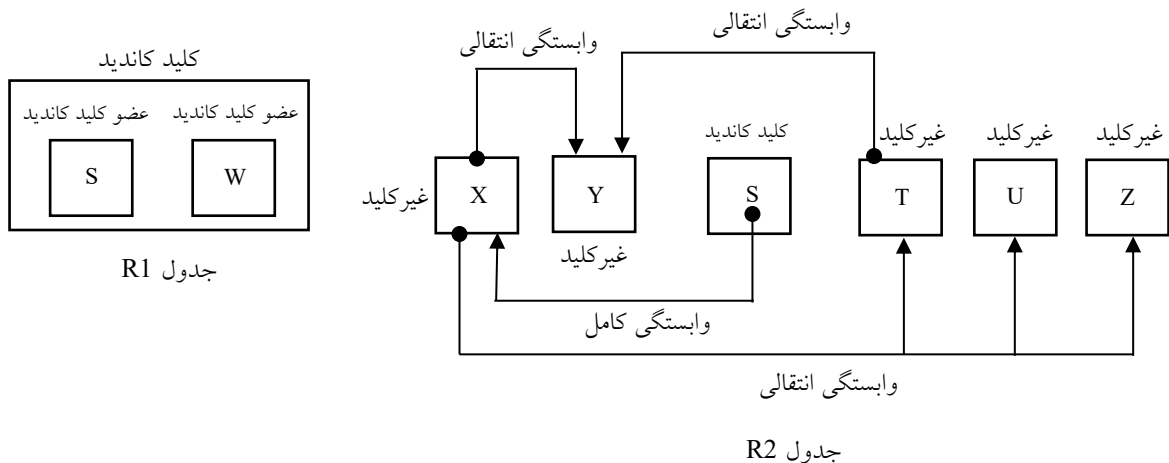


۱- ب) کشف وابستگی های بد و خوب

وابستگی تابعی بخشی: $S \rightarrow X$ غیرکلید X عضو کلید کاندید

۱- ج) حذف وابستگی بخشی (توسط تجزیه سنتز)

با تجزیه جدول به روش CUT کردن و برداشتن دُم (دترمینان)، وابستگی بخشی $S \rightarrow X$ از روی کلید کاندید SW ، حذف می شود، به صورت زیر:



نتیجه: جدول R به دو جدول کوچکتر تجزیه شد:

$$R1(\underline{S}, W) \quad R2(\underline{S}, X, Y, T, U, Z)$$

با توجه به کلید کاندید SW در جدول R1، این جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی است، بنابراین در **نرمال فرم سوم** قرار دارد. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های جدول R1، ابرکلید است، بنابراین در سطح BCNF نیز قرار دارد. مطابق خواسته سوال، نرمال سازی را تا سطح 3NF برای جدول R2 ادامه می دهیم.

۲- الف) کشف کلید کاندید

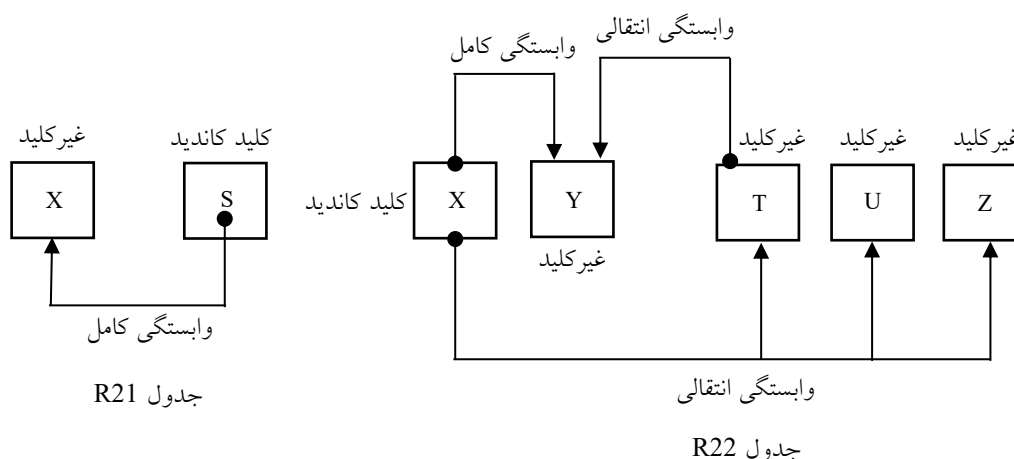
کلید کاندید جدول R2 صفت S است.

۲- ب) کشف وابستگی های بد و خوب

وابستگی تابعی انتقالی: غیرکلید $X \rightarrow Y$ غیرکلید

۲- ج) حذف وابستگی انتقالی (توسط تجزیه (سنتز))

وابستگی انتقالی $X \rightarrow Y$ از روی جدول R2، **حذف** می شود، به صورت زیر:



نتیجه: جدول R2 به دو جدول کوچکتر تجزیه شد.

$$R21(\underline{S}, X) \quad R22(\underline{X}, Y, T, U, Z)$$

با توجه به کلید کاندید S در جدول R21 این جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی است، بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارد. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های جدول R21، ابرکلید است، بنابراین در سطح BCNF نیز قرار دارد.

توجه مهم: عمل نرمال سازی، مرحله به مرحله انجام می شود، و در هر مرحله، در صورت وجود وابستگی بخشی و انتقالی، کل ملحقات آن به مرحله بعد منتقل می شود. مطابق خواسته سوال نرمال سازی را تا سطح 3NF برای جدول R22 ادامه می دهیم.

۳- الف) کشف کلید کاندید

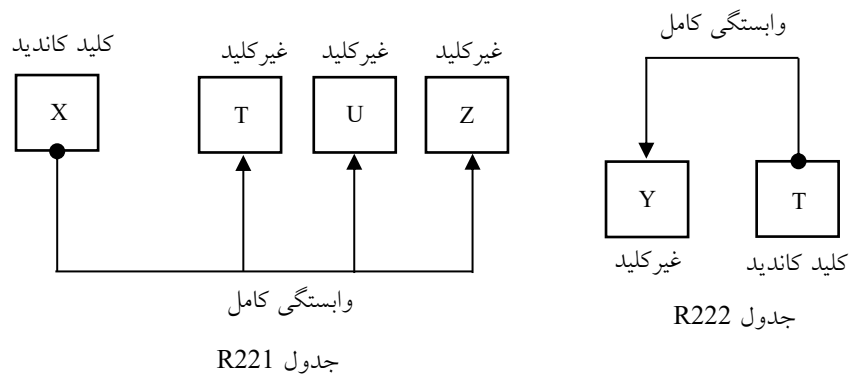
کلید کاندید جدول R22 صفت X است.

۳- ب) کشف وابستگی های بد و خوب

وابستگی تابعی انتقالی: غیرکلید $T \rightarrow Y$ غیرکلید

۳- ج) حذف وابستگی های بد (توسط تجزیه سنتز)

وابستگی انتقالی $T \rightarrow Y$ از روی جدول R22، حذف می شود، به صورت زیر:



نتیجه: جدول R22 به دو جدول کوچکتر تجزیه می گردد.

$$R221(\underline{X}, T, U, Z) \quad R222(T, Y)$$

با توجه به کلیدهای کاندید در دو جدول R221 و R222 این جداول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند و بنابراین در نرمال فرم سوم قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های دو جدول R221 و R222، ابرکلید است، بنابراین در سطح BCNF نیز قرار دارد. به این ترتیب با تجزیه جدول R به چهار جدول R1، R21، R221 و R222 می توان جدول R را در نرمال فرم سوم و BCNF قرار داد.

توجه: منظور از R22 در گزینه چهارم همان R222 است که طراح محترم دچار خطای نام گذاری شده است.

۶۲- گزینه (۱) صحیح است.

با توجه به وابستگی های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E, F, G, H, I)$ داریم:

$I \rightarrow G$
 $F \rightarrow G$
 $D \rightarrow F$
 $A \rightarrow D$
 $C \twoheadrightarrow B$
 $F \rightarrow E$

$$ABCDEFGHI - DEFG = ABCHI$$

بنابر رابطه فوق صفات ABCHI حتماً باید **عضو کلید کاندید** باشد. بستر صفات ABCHI به صورت زیر است:

$$\{ABCHI\}^+ = \{A, B, C, H, I, D, F, E, G\}$$

براساس بستر فوق، صفات ABCHI، همه ستون‌های جدول R را تولید می‌کند، پس مطابق **قانون دوم** صفات ABCHI **تنها کلید کاندید** جدول R است. و تحت هیچ شرایطی کلید کاندید دیگری ندارد. **توجه:** دقت کنید که در روابط زیر:

روش اول:

اجتماع تمام خصیصه‌های سمت راست **وابستگی‌های غیربدهی** - تمام خصیصه‌های جدول = عضو کلید کاندید

روش دوم:

$$\text{عضو کلید کاندید} = R - \bigcup_{i=1}^n [(x_i \text{ (چپ)} - y_i \text{ (راست)})]$$

اجتماع تمام خصیصه‌های سمت راست وابستگی‌های غیربدهی به معنی **وابستگی‌های تابعی غیربدهی** **Functional dependencies** است و به معنی **وابستگی‌های چندمقداری Multivalued dependencies** نیست، بنابراین در تفاضل فوق، سمت راست وابستگی چندمقداری $C \rightarrow B$ نادیده گرفته شد.

۶۳- گزینه (کلید اولیه ۳ و کلید نهایی حذف) صحیح است.

توجه: سازمان سنجش، ابتدا در **کلید اولیه** گزینه سوم را به عنوان پاسخ اعلام کرد، اما در **کلید نهایی** به دلیل وجود ابهام و اعتراضات به درستی این سوال از کنکور حذف شد. که متأسفانه مدرسین کنکوری و برخی دانشجویان از **کلید نهایی** بی‌خبر هستند.

در فرآیند نرمال‌سازی شروط **تجزیه مطلوب** به صورت زیر است:

۱- شرط لازم: (تجزیه، حافظ تمام ستون‌ها (ساختار) و سطرهای (محتوا) جدول اولیه باشد).

Non-Loss (LossLess) DE composition باشد، یعنی **تجزیه بی‌کاست** (بی‌گمشدگی) باشد.

Non additive DE composition باشد، یعنی **تجزیه بی‌حشو** (بی‌اضافه‌شدگی) باشد.

توجه: تجزیه مطلوب، باید به طور هم‌زمان دو شرط **بی‌کاست** و **بی‌حشو** را داشته باشد.

۲- شرط کافی: (تجزیه، حافظ تمام FDهای جدول اولیه باشد).

FDs preserving DE composition باشد، یعنی **تجزیه حافظ وابستگی‌های تابعی** باشد.

توجه مهم: در برخی متون کتب مرجع کلاسیک اصطلاح **بی‌حشو** مطرح نشده است و به همان **بی‌کاست** (**Non-Loss (LossLess)**) بودن اکتفا شده است، در این مراجع، بی‌کاست بودن شامل بی‌حشو بودن هم هست، در واقع بی‌کاست و بی‌حشو هر دو باهم در اصطلاح بی‌کاست خلاصه شده است. البته در برخی مراجع دیگر، **بی‌کاست** (**Non-Loss (LossLess)**) بودن به معنی **بی‌کاست**، **بی‌حشو** و **حافظ وابستگی‌های**

تابعی هر سه باهم است. همین موضوع باعث شده است سوالات کنکور این مبحث در **کلید نهایی** حذف شود.

در **گزینه اول**، ستون مشترک **D** بر اساس $(C, D) \rightarrow E$ در $R1$ و $R2$ کلید کاندید نیست. بنابراین «دارای گمشدگی» است و تجزیه بی کاست (Lossless, Nonless) نیست.

$R1(A, B, C, D)$

$\{D\}^+ = \{D, \text{Stop}\}$

$R2(D, E)$

$\{D\}^+ = \{D, \text{Stop}\}$

در **گزینه دوم**، ستون مشترک **AB** بر اساس $(C, D) \rightarrow E$ در $R1$ و $R2$ کلید کاندید نیست. بنابراین «دارای گمشدگی» است و تجزیه بی کاست (Lossless, Nonless) نیست.

$R1(A, B, D)$

$\{AB\}^+ = \{A, B, \text{Stop}\}$

$R2(A, B, C, E)$

$\{AB\}^+ = \{A, B, \text{Stop}\}$

در **گزینه سوم**، ستون مشترک **ACD** بر اساس $(C, D) \rightarrow E$ در $R2$ کلید کاندید است. بنابراین «بدون گمشدگی» (Lossless) است و تجزیه بی کاست (Lossless, Nonless) است.

$R1(A, B, C, D)$

$\{ACD\}^+ = \{A, C, D, \text{Stop}\}$

$R2(A, C, D, E)$

$\{ACD\}^+ = \{A, C, D\}$

$(C, D) \rightarrow E$

$\{ACD\}^+ = \{A, C, D, E\}$

توجه مهم: البته اگر **بی کاست (Non-Loss (LossLess))** بودن به معنی **بی کاست، بی حشو و حافظ وابستگی های تابعی** هر سه باهم باشد، این گزینه هم «دارای گمشدگی» است، چون زمانی هر سه شرط باهم برقرار است که روی جدول اولیه، **تجزیه مطلوب** انجام شده باشد، که **گزینه سوم** تجزیه مطلوب نیست. بنابراین پاسخ سوال هم نیست. تجزیه مطلوب جدول $R(A, B, C, D, E)$ در ادامه بررسی شده است.

در **گزینه چهارم**، دو جدول $R1$ و $R2$ ستون مشترک ندارند. بنابراین «دارای گمشدگی» است.

$R1(A, B)$

$R2(C, D, E)$

تجزیه مطلوب جدول $R(A, B, C, D, E)$ به صورت زیر است:

۱- کشف کلید کاندید

با توجه به وابستگی‌های مطرح شده برای رابطه $R(A, B, C, D, E)$ داریم:

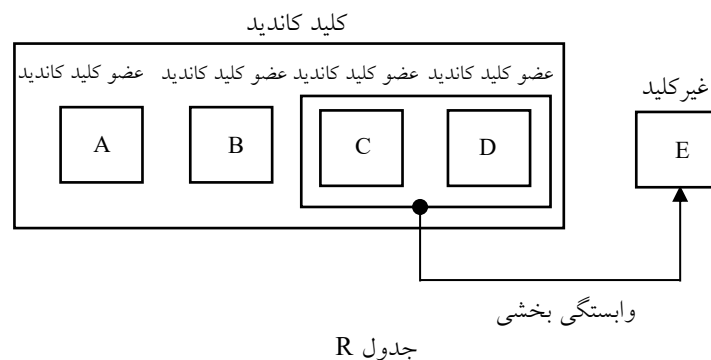
$$(C, D) \rightarrow E$$

$$ABCD \not\rightarrow E = ABCD$$

بنابر رابطه فوق، صفات ABCD حتماً باید **عضو کلید کاندید** باشد. بستر صفات ABCD به صورت زیر است:

$$\{ABCD\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$$

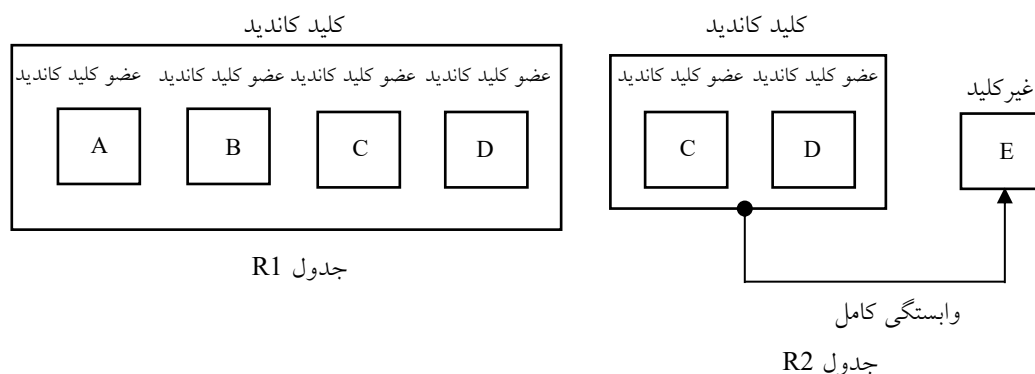
بر اساس بستر فوق، صفات ABCD، همه ستون‌های جدول R را تولید می‌کند، پس مطابق **قانون دوم** صفات ABCD **تنها کلید کاندید** جدول R است. و تحت هیچ شرایطی کلید کاندید دیگری ندارد. نمودار وابستگی‌های جدول R به صورت زیر است:

**۲- کشف وابستگی‌های بد و خوب**

وابستگی تابعی بخشی: غیرکلید $(C, D) \rightarrow E$ عضو کلید کاندید

۳- حذف وابستگی بخشی (توسط تجزیه سنتز))

با **تجزیه جدول** به روش CUT کردن، وابستگی بخشی $(C, D) \rightarrow E$ از روی جدول R، **حذف** می‌شود، به صورت زیر:



نتیجه: جدول R به دو جدول کوچکتر تجزیه شد:

$R1(A, B, C, D) \quad R2(C, D, E)$

با توجه به کلید کاندید R1 و R2، این دو جدول فاقد وابستگی بخشی و انتقالی هستند، بنابراین در **نرمال فرم سوم** قرار دارند. همچنین از آن جا که سمت چپ تمام وابستگی های دو جدول R1 و R2، ابرکلید است، بنابراین در سطح **BCNF** نیز قرار دارند. اما **تجزیه مطلوب در هیچ یک از گزینه ها وجود ندارد.**

۶۴- گزینه (۲ با تاثیر مثبت) صحیح است.

توجه: سازمان سنجش، در **کلید اولیه** گزینه دوم و سپس **به درستی** در **کلید نهایی** گزینه دوم با تاثیر مثبت را به عنوان پاسخ نهایی اعلام کرد. فرآیند **DE normalization** عکس نرمال سازی و به معنی بازگشت به جدول پایه و قبل از نرمال سازی است.

با انجام فرآیند DE normalization روی جداول داده شده صورت سوال ۲ حالت ممکن قابل استنتاج است:

حالت ۱:

$R(\underline{A}, B, C)$

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

در این حالت کلید کاندید جدول R ستون A است. واضح است که جدول فوق وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس ندارد. بنابراین جدول مذکور در نرمال فرم BCNF قرار دارد. همچنین از آنجاکه جدول R در BCNF است و حداقل یک کلید کاندید تک خصیصه ای دارد بنابراین در نرمال فرم چهارم 4NF هم هست. همچنین از آنجاکه جدول R در 4NF است و همه کلیدهای کاندید آن تک خصیصه ای است، بنابراین در نرمال فرم پنجم 5NF هم هست.

نتیجه: اگر فرآیند DE normalization منجر به **حالت ۱** به عنوان جدول پایه شود، این جدول پایه خودش در نرمال فرم پنجم 5NF قرار دارد و اصلاً نیازی به انجام فرآیند تجزیه و نرمال سازی نداشته است که بعد بخواهیم روی آن فرآیند DE normalization انجام دهیم. بنابراین **حالت ۱** استنتاج درستی برای فرآیند DE normalization نیست.

حالت ۲:

می دانیم وابستگی تک مقداری $A \rightarrow B$ حالت خاص وابستگی چند مقداری $A \twoheadrightarrow B$ است، بنابراین به جای $A \rightarrow B$ می توان از $A \twoheadrightarrow B$ استفاده کرد. البته عکس این قضیه صادق نیست. بنابراین قضیه فوق تجزیه زیر را:

1) TblOne (A,B), {A → B}

2) TblTwo (A,C), {A → C}

به صورت زیر معادل سازی و بازنویسی می کنیم:

1) TblOne (A,B), {A →→ B}

2) TblTwo (A,C), {A →→ C}

بنابراین در **حالت ۲** پس از انجام فرآیند DE normalization جدول R صورت زیر است:

$R(A, B, C)$

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

در این حالت کلید کاندید جدول R صفات ABC و به صورت **تمام کلید** است. واضح است که جدول فوق وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس ندارد. بنابراین جدول مذکور در BCNF قرار دارد. اما دارای دو وابستگی چندمقداری مهم است، پس در نرمال فرم چهارم 4NF قرار ندارد. بنابراین گزینه دوم پاسخ سوال است، چون جدول حاصل مشکل MVD (وابستگی چندمقداره مهم) دارد. البته بهتر بود طراح محترم توجه می کرد که خود MVD مشکل نیست، بلکه صرفاً وابستگی چندمقداری است و آنومالی و افزونگی به عنوان مشکل نتیجه وجود MVD مهم است.

جدول 4NF

یک جدول ممکن است در سطح BCNF باشد، ولی بازهم آنومالی داشته باشد. ابتدا این موضوع را با یک مثال نشان می دهیم.

مثال: در یک دانشگاه درس C توسط استاد T از روی کتاب X تدریس می شود. یک درس توسط هر یک از استادان یک **مجموعه استاد (چندمقداری)**، از روی هر یک از کتاب های یک **مجموعه کتاب (چندمقداری)**، تدریس می شود.

C#	T#	X#
C1	{T1 T2}	{X1 X2}
C2	{T1}	{X1 X3 X4}

جدول CTX

که پس از درج مقادیر به صورت زیر خواهد بود:

C#	T#	X#
C1	T1	X1
C1	T1	X2
C1	T2	X1
C1	T2	X2
C2	T1	X1
C2	T1	X3
C2	T1	X4

جدول CTX

جدول CTX یک رابطه تمام کلید است، پس در BCNF است. زیرا یک دترمینان دارد که همان عنوان آن است و این دترمینان، کلید کاندید هم هست. با این حال جدول مذکور آنومالی دارد و ریشه این آنومالی در افزونگی است. از جمله: درج اطلاع $\langle C1, T3 \rangle$ منجر به درج 2 تاپل در جدول CTX می شود:

C#	T#	X#
C1	T1	X1
C1	T1	X2
C1	T2	X1
C1	T2	X2
C1	T3	X1
C1	T3	X2
C2	T1	X1
C2	T1	X3
C2	T1	X4

جدول CTX

جدول CTX چه در درج، چه در حذف و چه در آپدیت مساله آنومالی دارد چون برای انجام هرکاری باید چند جای مختلف کار انجام شود و ممکن است خطا رخ دهد. بنابراین افزونگی جدای از هدر دادن منابع و حافظه مساله آنومالی هم ایجاد کرده است.

توجه: با توجه به آنومالی های جدول BCNF، نتیجه می گیریم که BCNF قوی ترین صورت نرمال نیست. جدول CTX وابستگی بخشی، انتقالی و معکوس ندارد اما نوع دیگری از وابستگی دارد که به آن وابستگی چندمقداری (MVD: Multi Valued Dependency) می گویند که دلیل آنومالی های رابطه BCNF است.

تعریف وابستگی چندمقداری

در رابطه $R(X, Y, Z)$ با صفات ساده یا مرکب X, Y و Z می گوئیم که Y با X وابستگی چندمقداری دارد و چنین نمایش می دهیم: $X \twoheadrightarrow Y$ ، اگر به یک مقدار X ، مجموعه ای از مقادیر Y متناظر باشد.

توجه: وابستگی چندمقداری در جداول با 3 صفت $R(X, Y, Z)$ (یا 3 گروه از صفات) همیشه زوج و جفت است، یعنی: اگر $X \twoheadrightarrow Y$ آنگاه $X \twoheadrightarrow (H - (X, Y))$ برابر $X \twoheadrightarrow Z$ ، به این زوج و جفت بودن در جدول با 3 صفت، وابستگی چندمقداری مهم گفته می شود.

توجه: در حالات زیر وابستگی چندمقداری $X \twoheadrightarrow Y$ بدیهی (نامهم) است:

- $Y \subset X$
- $X \cup Y = H$
- $X \twoheadrightarrow \emptyset$ یعنی Y مجموعه ای تهی باشد،

توجه: وابستگی تابعی $X \rightarrow Y$ حالت خاصی از وابستگی چندمقداری $X \twoheadrightarrow Y$ است که در آن مجموعه مقادیر Y تک عنصری است. بنابراین می توان گفت: اگر $X \rightarrow Y$ آنگاه $X \twoheadrightarrow Y$ به بیان ساده تر هر FD یک MVD است ولی عکس آن صادق نیست.

همانطور که گفتیم وابستگی‌های چندمقداری دلیل آنومالی جدول CTX است. بنابراین رابطه را باید چنان تجزیه کرد که در رابطه‌های حاصله وابستگی چندمقداری وجود نداشته باشد. برای انتخاب چگونگی تجزیه از قضیه فاکین استفاده می‌شود.

قضیه فاکین (Fagin)

رابطه $R(X, Y, Z)$ به 2 پرتو $R_1(X, Y)$ و $R_2(X, Z)$ تجزیه می‌شود اگر و فقط اگر $X \rightarrow Y$ که البته با توجه به زوج و جفت بودن وابستگی‌های چندمقداری مهم به طور طبیعی $X \rightarrow Z$ هم برقرار است. باتوجه به این قضیه رابطه CTX به 2 پرتو CT و CX به صورت زیر تجزیه می‌شود:

C#	T#	C#	X#
C1	T1	C1	X1
C1	T2	C1	X2
C2	T1	C2	X1
		C2	X3
		C2	X4

جدول CT

جدول CX

می‌بینیم که رابطه‌های CT و CX آنومالی رابطه CTX را ندارند، بررسی می‌کنیم: درج اطلاع $\langle C1, T3 \rangle$ منجر به درج 1 تاپل در جدول CT می‌شود و افزونگی ایجاد نمی‌کند. همچنین درج اطلاع $\langle C2, X5 \rangle$ منجر به درج 1 تاپل در جدول CX می‌شود و افزونگی ایجاد نمی‌کند.

توجه: جدول CT و CX هر دو تمام کلید هستند، پس حداقل در BCNF اند، وابستگی چندمقداری غیرمهم (نامهم) در آنها وجود دارد چون همانطور که گفتیم در حالت زیر وابستگی چندمقداری $X \rightarrow Y$ بدیهی (نامهم) است:

$$X \cup Y = H \quad \bullet$$

$$C\# \cup T\# = R(H)$$

$$C\# \cup X\# = R(H)$$

اما وابستگی چندمقداری مهم (جفت و زوج) در آنها وجود ندارد، پس در 4NF هستند.

تعریف رابطه 4NF

رابطه R در 4NF است اگر در BCNF باشد و در آن وابستگی چندمقداری مهم (جفت و زوج) وجود نداشته باشد.

رابطه‌های CT و CX هر دو 4NF هستند، زیرا BCNF اند و همچنین وابستگی چندمقداری مهم (جفت و زوج) در آنها وجود ندارد.

۶۵- گزینه (۲) صحیح است.

گزاره اول درست است. زیرا هر جدولی که در سطح 3NF باشد، حتما 1NF و 2NF هم هست. برای رسیدن به 3NF، ابتدا جدول باید 1NF و 2NF را پاس کند. **گزاره دوم درست است.** زیرا هر جدولی که در سطح BCNF باشد، حتما 1NF و 2NF و 3NF هم هست. برای رسیدن به BCNF، ابتدا جدول باید 1NF و 2NF و 3NF را پاس کند. **گزاره سوم نادرست است.** زیرا هر جدولی که در سطح BCNF باشد، حتما 1NF و 2NF و 3NF هم هست. **گزاره چهارم نادرست است.** زیرا هر جدولی که در سطح 4NF باشد، حتما 1NF و 2NF و 3NF و BCNF هم هست. برای رسیدن به 4NF، ابتدا جدول باید 1NF و 2NF و 3NF و BCNF را پاس کند.

۶۶- گزینه (۱) صحیح است.

جدولی که 3NF است، دلیل نیست که حتماً BCNF هم باشد، ممکن است BCNF باشد یا نباشد، جدولی که 3NF است، اگر وابستگی معکوس نداشته باشد، حتماً BCNF است. سطوح بالاتر نرمال همواره از سطوح پایین تر قوی تر هستند، بنابراین اگر جدولی 3NF باشد، حتماً 2NF هم هست. جدولی که 3NF است، وابستگی غیرکلیدی بخشی و انتقالی ندارد، ولی ممکن است شامل وابستگی های غیرکلیدی معکوس باشد. 3NF بودن، حفظ سطر و ستون جدول اولیه و حفظ وابستگی های تابعی (Dependency Preservation) جدول اولیه را تضمین می کند. اما BCNF حفظ سطر و ستون جدول اولیه را تضمین می کند ولی حفظ وابستگی های تابعی جدول اولیه را تضمین نمی کند.

۶۷- گزینه (۱) صحیح است.

در **طراحی بانک اطلاعات** رعایت شرط لازم (رعایت شرط Loss-Less Join) اولویت بالاتر دارد نسبت به شرط کافی (حفظ وابستگی ها تابعی جدول اولیه). بعد از اینکه طراحی بانک اطلاعات تمام شد، حال نوبت به رعایت قوانین جامعیت داخلی (مثل جامعیت درون رابطه ای) داشتن حداقل یک کلید کاندید (اصلی)) و خارجی (قوانین کسب و کار) برای **جدول ها** می رسد.

۶۸- گزینه (۴) صحیح است.

هدف اصلی نرمال سازی در پایگاه داده رابطه ای، **کاهش افزونگی داده ها** است.