Normalización - 2da. Parte

15/Septiembre/2017

Normalización - Marco General

- **Normalización 1era. Parte**
  - Concepto DF
  - Problemas de DF y cómo eliminarlos por medio del método de descomposición
  - 1FN, 2FN, 3FN, BCFN
- **Normalización 2da. Parte**
  - Inferencia de DF
  - Conceptos nuevos: clausura, equivalencia y cubrimiento mínimo
  - Propiedades de la descomposición
  - Algoritmos para el diseño de esquemas

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas
- **Ejemplo.**
  - $R=\{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - De ambas DFs se puede inferir que $E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre$
- **Inferencia.** Una DF $X \rightarrow Y$ es **inferida de** o **implicada por** un conjunto de DFs F de R si se cumple $X \rightarrow Y$ en toda instancia legal $r(R)$. Es decir, siempre que $r(R)$ satisface F, se cumple $X \rightarrow Y$
- **Clausura.** Conjunto de todas las DFs de F más todas las DFs que puedan ser inferidas de F. Se denota como F^+
  - $R=\{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - $F^+=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre, E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre, \ldots\}$
- **Necesidad.** Para calcular F^+ es necesario un método: Reglas de inferencia

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \rightarrow Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$
- **Demostración RI1.** Supuestos
  - $Y \subseteq X$
  - t_1, t_2 existen en una instancia $r(R)$ tal que $t_1[X]=t_2[X]$

  Entonces, $t_1[Y]=t_2[Y]$ dado que $Y \subseteq X$; por lo tanto $X \rightarrow Y$ en r.
- **Demostración RI2. (por contradicción)** Supuestos
  - $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  - $XZ \rightarrow YZ$ NO se cumple en $r(R)$

  Entonces existen t_1, t_2 tal que
  1. $t_1[X]=t_2[X]$
  2. $t_1[Y]=t_2[Y]$
  3. $t_1[XZ]=t_2[XZ]$
  4. $t_1[YZ] \neq t_2[YZ]$

  Esto no es posible dado que de (1) y (3) se deduce (5) $t_1[Z]=t_2[Z]$, y de (2) y (5) se obtiene (6) $t_1[YZ]=t_2[YZ]$, contradiciendo (4)

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.** Supuestos
  1. $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  2. $Y \rightarrow Z$ se cumple en $r(R)$

  Entonces para cualquier t_1, t_2 en $r(R)$ tal que $t_1[X]=t_2[X]$, debe pasar que (3) $t_1[Y]=t_2[Y]$ por asunción (1). También se sabe, por (3) y por asunción (2) que $X \rightarrow Z$. Por lo tanto, RI3 se cumple en $r(R)$.
- **Propiedades.**
  - **Fiable (Sound).** Dado F de R, cualquier DF deducida de F utilizando RI1 a RI3, se cumple en cualquier estado $r(R)$ que satisface F
  - **Completa (Complete).** F^+ puede ser determinado a partir de F aplicando solamente RI1 a RI3
- **Reglas de Inferencia Adicionales.** (corolarios de Armstrong)
  - **RI4 (regla de descomposición o proyección).** $\{X \rightarrow YZ\} \models X \rightarrow Y$
  - **RI5 (regla de unión o aditiva).** $\{X \rightarrow Y, X \rightarrow Z\} \models X \rightarrow YZ$
  - **RI6 (regla pseudotransitiva).** $\{X \rightarrow Y, WY \rightarrow Z\} \models WX \rightarrow Z$

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX=X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**
  - $X \rightarrow A$ y $Y \rightarrow B$, entonces $XY \rightarrow AB$ **verdadero**
  - $XY \rightarrow A$, entonces $X \rightarrow A$ o $Y \rightarrow A$ **falso** (¿ejemplo?)

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales
- ¿Cómo realizar (2) de manera sistemática?
  - determinar conjunto de atributos X que aparecen del lado izq. de DFs de F
  - determinar conjunto Y de todos los atributos que dependen de X
- **Clausura de X.** Conjunto de atributos que son determinados por X basados en F. Se nota X^+
- **Algoritmo Nro. 1** para determinar X^+

  Entrada: DFs F de R; subconjunto de atributos X de R

  1. $X^+ := X$
  2. **repetir**
  3. $\quad$ *viejo*$X^+ := X^+$
  4. $\quad$ **Para cada** *DF* $Y \rightarrow Z$ *en* F **hacer**
  5. $\quad\quad$ **Si** $Y \subseteq X^+$ **entonces** $X^+ = X^+ \cup Z$
  6. **hasta**($X^+ =$ *viejo*X^+)

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - $R=(idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad)$
  - $F=\{$

    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,

    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,

    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,

    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,

    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$

    $\}$
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ = \{CodigoCurso, Puntos\}$
  - $\{CodigoCurso, Instrumento\}^+ =$
    $\{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$
- **Observación.** Clausura $idClase \notin \{CodigoCurso, Instrumento\}^+$ por lo tanto NO es CK

Normalización - Equivalencia

- **Cubrimiento.** Dados E y F conjuntos de DFs, F **cubre** a E si $(\forall df \in E) df \in F^+$
- **Equivalencia.** Dados E y F conjuntos de DFs, F y E son **equivalentes** si $F^+ = E^+$, es decir, si F **cubre** a E y E **cubre** a F
- **Ejercicio.** Decir si los siguientes conjuntos de DFs son equivalentes
  - $F = \{A \rightarrow C, AC \rightarrow D, E \rightarrow AD, E \rightarrow H\}$
  - $G = \{A \rightarrow CD, E \rightarrow AH\}$
- **Metodología.** Para determinar si F **cubre** a G, calcular, para cada DF $X \rightarrow Y$ de G, X^+ con respecto a F . Luego verificar si este X^+ incluye los atributos en Y. Similar razonamiento para verificar si G **cubre** a F

Normalización - Conjunto Minimal de DFs

- $\rightarrow$ Se explico cómo expandir F a F^+
- $\leftarrow$ Se quiere ver el camino inverso, reducir F a su expresión minimal
- **Atributo Extraño.** Atributo que puede ser removido sin alterar la clausura del conjunto de DFs.
- **Formalmente.** Sea $X \rightarrow A$ en F, $Y \subset X$ es **extraño** si F implica lógicamente $(F - \{X \rightarrow A\} \cup \{(X - Y) \rightarrow A\}$
- **Características de un Conjunto de DFs para ser minimal**
  1. Cada DF de F debe poseer un solo atributo en su lado derecho
  2. No es posible reemplazar niguna DF $X \rightarrow A$ de F por $Y \rightarrow A$, siendo $Y \subset X$, y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F
  3. No es posible remover niguna DF de F y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F
- **Intuitivamente.** F *minimal* es un conjunto *canónico* y *sin redundancia*
- **Cubrimiento minimal.** Un **cubrimiento minimal** de F es un conjunto minimal de DFs (en forma canónica y sin redundancia) que es equivalente a F.
- **Existencia.** Siempre es posible hallar al menos un **cubrimiento minimal** F para cualquier conjunto de DFs E usando el siguiente algoritmo

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

Algoritmo Nro. 2 Búsqueda de un cubrimiento minimal F para un conjunto de DFs E

Entrada: Conjunto de DFs E

0. $F := E$
1. **Reemplazar** *cada DF* $X \rightarrow \{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$ *en* F **por** *n DFs* $X \rightarrow A_1, X \rightarrow A_2, \ldots, X \rightarrow A_n$

/*Traslada a todas las DFs a una forma canónica para los pasos subsiguientes*/

2. **Para cada** *DF* $X \rightarrow A$ **en** F
   - **Para cada** *atributo* B *que es un* **elemento de** X
     - **Si** $\{F - \{X \rightarrow A\}\} \cup \{(X - \{B\}) \rightarrow A\}$ *es equivalente a* F
       - **Entonces reemplazar** $X \rightarrow A$ **por** $(X - \{B\}) \rightarrow A$

/*Remueve al atributo extraño B del lado izquierdo de X siempre que es posible*/

3. **Para cada** *DF* $X \rightarrow A$ **en** F
   - **Si** $F - \{X \rightarrow A\}$ *es equivalente a* F
     - **Remover** $X \rightarrow A$ *de* F

/*Remueve las DF redundantes siempre que es posible*/

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, AB \rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Todas las DFs de E están en forma canónica. No es necesario hacer ningún cambio
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $AB \rightarrow D$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto es, si puede ser reemplazado por $A \rightarrow D$ o $B \rightarrow D$
    - Aplicando RI2 a $B \rightarrow A$, incrementándolo con B, se obtiene $BB \rightarrow AB$ que equivale a (i) $B \rightarrow AB$; Adicionalmente se tiene la DF (ii) $AB \rightarrow D$
    - Aplicando la RI3 (transitiva) sobre (i) y (ii), se obtiene $B \rightarrow D$. Así, $AB \rightarrow D$ puede ser reemplazada por $B \rightarrow D$
    - El conjunto original E puede ser reemplazado por otro equivalente $E' = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, B \rightarrow D\}$
    - No es posible otra reducción ya que todos los lados izquierdos poseen un solo atributo
  - **Paso (3)** Usando RI3 (transitiva) sobre $B \rightarrow D$ y $D \rightarrow A$, se infiere $B \rightarrow A$. Por lo tanto $B \rightarrow A$ es redundante y puede ser eliminada de E'
  - **Cubrimiento minimal de E.** $F = \{B \rightarrow D, D \rightarrow A\}$

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E=\{A\rightarrow BCDE, CD\rightarrow E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Al pasar todas las DFs de E a la forma canónica, se obtiene: $E=\{A\rightarrow B, A\rightarrow C, A\rightarrow D, A\rightarrow E, CD\rightarrow E\}$
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $CD\rightarrow E$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto no sucede ya que las DFs $C\rightarrow E$ / $D\rightarrow E$ no pueden ser derivadas de las otras DFs
  - **Paso (3)** Verificamos si alguna DF es redundante. Dado que $A\rightarrow CD$ y $CD\rightarrow E$, por RI3 (transitiva) $A\rightarrow E$ es redundante.
  - **Cubrimiento minimal de E.** $F=\{A\rightarrow BCD, CD\rightarrow E\}$ (combinando partes derechas)

Normalización - Clave de una Relación

Algoritmo Nro. 3 Búsqueda de una clave K de R a partir de un conjunto de DFs

Entrada: Relación R y un Conjunto de DFs F de R

1. $K:=R$
2. **Para** *cada atributo* $A\in K$
   Computar $(K-A)^+$ *con respecto a* F
   Si $(K-A)^+$ *contiene todos los atributos de* R **entonces** $K:=K-\{A\}$

- Algoritmo determina una sola de las CK. Depende fuertemente de la manera en que son removidos los atributos

Normalización - Insuficiencia de formas normales

- **Descomposición.** Es la descomposición de R en un conjunto de esquemas $D=\{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$ de R

- **Propiedad deseable Nro. 1.** Se desea **preservación de atributos**

$$\bigcup_{i=1}^{m} R_i = R$$

Normalización - Preservación de DFs

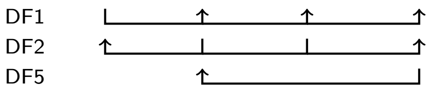
- **Propiedad deseable Nro. 2.** Si $X\rightarrow Y$ en F, es deseable que o bien aparezca en algún esquema R_i de D o bien pueda ser inferida de las DFs de algún esquema R_i
- **Importante.** No es necesario que las DFs de F aparezcan en las R_i de D. Es suficiente que la unión de las DFs de cada R_i de D sea equivalente a F
- **Proyección.** Dado un conjunto de DFs F de R, la proyección de F sobre R_i, denotado como $\pi_{R_i}(F)$ donde R_i es un subconjunto de R, es el conjunto de DFs $X\rightarrow Y$ en F^+ tal que los atributos $(X\cup Y)\subseteq R_i$
- **Preservación de DFs.** La descomposición $D=\{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$ de R **preserva dependencias** con respecto a F si la unión de las proyecciones de F de cada R_i de D es equivalente a F. Es decir, si $(\pi_{R_1}(F)\cup\ldots\cup\pi_{R_m}(F))^+=F^+$

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

id_Nacional	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

Zonificación	Provincia

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡NO! Se pierde DF 2

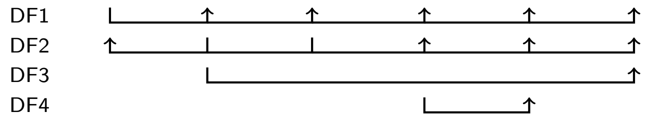
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**

CK

LOTES

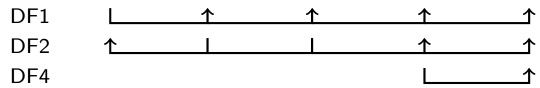
id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2	Tasa_Impuesto



- **Descomposición en 2FN.**

LOTES_1

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



LOTES_2

Provincia	Tasa_Impuesto

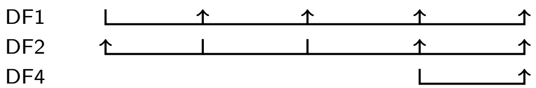
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡Sí!

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

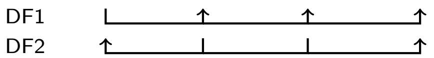
id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



LOTES_1B

Zonificación	Precio_m2

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡Sí!

Afirmación Nro. 1

Siempre es posible encontrar una descomposición D con preservación de DFs con respecto a F tal que cada R_i en D se encuentre en 3FN

Normalización - Lossless Join

- **Lossless Join informalmente.** El cumplimiento de esta propiedad no permite la generación de tuplas espúreas cuando se realiza un NATURAL JOIN entre las relaciones resultantes de una descomposición
- **Lossless Join formalmente.** Una descomposición $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R posee la propiedad **lossless join** con respecto al conjunto de DFs F de R si, para todo estado $r(R)$ que satisface F, se cumple que $\bowtie(\pi_{R_1}(r),\ldots,\pi_{R_m}(r))=r$

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Algoritmo Nro. 4** Chequeo de propiedad Lossless Join

  Entrada: R, descomposición $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R y un conjunto de DFs F

  1. Crear una matriz S con una fila i por cada R_i en D, y una columna j por cada atributo A_j en R
  2. **Para todo** i,j **asignar** $S(i,j)=b_{ij}$ /*cada b_{ij} es un elemento distinto de la matriz*/
  3. **Para cada** i,j
     Si $A_j \in R_i$ **entonces** $S(i,j)=a_j$ /*distingue a elementos que pertenecen a la relación R_i*/
  4. **Repetir hasta** *que un loop completo no genere cambios en S*
     Para cada $X \rightarrow Y$ *en F*
       Para todas *las filas fs en S que tienen los mismos valores en los atributos de X*
         Hacer *que los atributos en fs para cada columna y de Y tengan el mismo valor de la siguiente manera*
           Si *alguna de las fs en y tiene un simbolo a* **entonces asignarlo** *al resto de las fs en y*
           Sino *elegir arbitrariamente un simbolo b de fs en y y* **asignarlo** *al resto de las fs en y*
  5. **Si** *alguna fila de S posee la totalidad de elementos a* **entonces** *es* **lossless join**, **caso contrario** *no lo es*

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP\_UBICACION=\{E\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_2=EMP\_PROY1=\{E\_CUIL, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $D=\{R_1,R_2\}$
  - $F=\{$
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;$
    $P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$
    $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	a_2	b_{13}	b_{14}	a_5	b_{16}
R_2	a_1	b_{22}	a_3	a_4	a_5	a_6

  - **Paso 4.** No modifica ningún símbolo b en a
  - **Paso 5.** No hay ninguna fila en S que posea a en la totalidad de valores, por lo tanto la descomposición no es lossless join

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP=\{E\_CUIL, E\_Nombre\}$
  - $R_2=PROY=\{P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_3=TRABAJA\_EN=\{E\_CUIL, P\_Número, Horas\}$
  - $D=\{R_1,R_2,R_3\}$
  - $F=\{\ E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;\ P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$
    $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						
R_3						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}
R_3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	b_{34}	b_{35}	b_{36}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	b_{32}	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP=\{E\_CUIL, E\_Nombre\}$
  - $R_2=PROY=\{P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_3=TRABAJA\_EN=\{E\_CUIL, P\_Número, Horas\}$
  - $D=\{R_1,R_2,R_3\}$
  - $F=\{\ E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;\ P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$
    $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

  - **Paso 4.** $P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\}$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	$\cancel{b_{34}}$ a_4	$\cancel{b_{35}}$ a_5	a_6

  - **Paso 4.** $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas$ no produce cambios en S
  - **Paso 4.** Nueva vuelta sobre TODAS las DFs F no produce cambios en S
  - **Paso 5.** Última fila de S posee la totalidad de sus valores en a, por lo tanto la descomposición es lossless join

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Caso especial.** Existe algoritmo más sencillo en caso de descomposición binaria
- **Limitación.** Sólo descomposición binaria
- **Chequeo Lossless Join para descomposición binaria.** También denominado NJB (Nonadditive Join Test for Binary Decompositions)
- **NJB.** Una descomposición $D = \{R_1, R_2\}$ de R cumple con la propiedad de lossless join, con respecto a un conjunto de DFs F de R sí y sólo sí
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+$

Introducción
Propiedades de la Descomposición
Algoritmos para el Diseño de Esquemas
Preservación de atributos
Preservación de DFs
Lossless Join

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 1.** (Estudiante en ambas relaciones)

Estudiante	Instructor

Estudiante	Materia

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Materia) \in F^+$
- Descomposición 1 ¿Cumple Lossless join? ¡No! porque no cumple con ninguna de las dos condiciones

Introducción
Propiedades de la Descomposición
Algoritmos para el Diseño de Esquemas
Preservación de atributos
Preservación de DFs
Lossless Join

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 2.** (Materia en ambas relaciones)

Materia	Instructor

Materia	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Estudiante) \in F^+$
- Descomposición 2 ¿Cumple Lossless join? ¡No! porque no cumple con ninguna de las dos condiciones

Introducción
Propiedades de la Descomposición
Algoritmos para el Diseño de Esquemas
Preservación de atributos
Preservación de DFs
Lossless Join

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 3.** (Instructor en ambas relaciones)

Instructor	Materia

Instructor	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Estudiante) \in F^+$
- Descomposición 3 ¿Cumple Lossless join? ¡Sí! porque se cumple al menos una de las dos condiciones: $(Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$

Normalización - Lossless Join - Descomposiciones sucesivas

- **Recapitulando.** En ejemplos previos utilizamos descomposiciones sucesivas al pasar a R a 2FN y luego a 3FN

Afirmación Nro. 2

Si se cumplen las siguientes condiciones:

- Una descomposición $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R cumple la propiedad de lossless join con respecto a F de R
- Una descomposición $D_i=\{Q_1,Q_2,\ldots,Q_k\}$ de R_i cumple la propiedad de lossless join con respecto a la proyección de F sobre R_i

Entonces la descomposición $D_2=\{R_1,R_2,\ldots R_{i-1},Q_1,Q_2,\ldots,Q_k,R_{i+1},\ldots,R_m\}$ de R cumple con la propiedad lossless join con respecto a F de R

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN

- **Algoritmo Nro. D1** Descomposición en 3FN

Entrada: R universal y un conjunto de DFs F sobre R

1. Hallar el cubrimiento minimal G de F (utilizar algoritmo ya dado)
2. **Para cada** *lado izquierdo X de cada DF que aparece en G*
   Crear *una relación en D con atributos* $\{X\cup\{A_1\}\cup\{A_2\}\cup\ldots\cup\{A_k\}\}$
   siendo $X\rightarrow A_1, X\rightarrow A_2,\ldots,X\rightarrow A_k$ *las únicas dependencias*
   en G con X como lado izquierdo (X es la clave de esta relación)
3. **Si** *ninguna relación en D contiene una clave de R*
   entonces *crear una relación adicional en D que contenga*
   atributos que formen una clave de R (se puede utilizar algoritmo ya dado)
4. **Eliminar** *relaciones redundantes de D. Una relación R de D es redundante si R es una proyección de otra relación S de D*

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 1.**
  - $U=\{E\_CUIL, P\_Número, E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $F=\{$ FD1: $E\_CUIL\rightarrow\{E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número\}$,
    FD2: $P\_Número\rightarrow\{P\_Nombre, P\_Ubicación\}$,
    FD3: $\{E\_CUIL, P\_Número\}\rightarrow\{E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}\}$
  - $\{E\_CUIL, P\_Número\}$ representa una clave de la relación U (por $FD3$)
  - **Paso 1.** Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 3 se observa
    - $P\_Número$ es atributo extraño en $\{E\_CUIL, P\_Número\}\rightarrow\{E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número\}$
    - E_CUIL es atributo extraño en $\{E\_CUIL, P\_Número\}\rightarrow\{P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
    - Así, cubrimiento minimal = FD1 y FD2 (FD3 es redundante). Agrupando atributos con mismo lado izq. en una sola DF:

    Cubrimiento minimal $G=\{E\_CUIL\rightarrow\{E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número\}$,
    $P\_Número\rightarrow\{P\_Nombre, P\_Ubicación\}\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1 y R_2
    - $R_1=(\underline{E\_CUIL}, E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número)$
    - $R_2=(\underline{P\_Número}, P\_Nombre, P\_Ubicación)$
  - **Paso 3.** Generar R_3 adicional con clave de U. Obteniendo finalmente:
    - $R_1=(\underline{E\_CUIL}, E\_Salario, E\_Teléfono, D\_Número)$
    - $R_2=(\underline{P\_Número}, P\_Nombre, P\_Ubicación)$
    - $R_3=(\underline{E\_CUIL, P\_Número})$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ FD1: $id\_Nacional\rightarrow\{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    FD2: $\{Provincia, id\_Provincial\}\rightarrow\{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    FD3: $Zonificación\rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N\rightarrow VPZ, VP\rightarrow NZ, Z\rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N\rightarrow V, N\rightarrow P, N\rightarrow Z, VP\rightarrow N, VP\rightarrow Z, Z\rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, se observa que $N\rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $N\rightarrow VP$ y $VP\rightarrow Z$)
    - Así *Cubrimiento minimal* $G=\{N\rightarrow VP, VP\rightarrow NZ, Z\rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, V, P)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** R_3 y R_1 ambas son proyecciones de R_2. Por lo tanto, ambas son redundantes
  - Así, la descomposición obtenida en 3FN es $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    ¡Que es idéntica a la original!

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ FD1: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    FD2: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    FD3: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, de manera alternativa, se observa que $VP \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $VP \rightarrow N$ y $N \rightarrow Z$)
    - También $N \rightarrow V$ es redundante (transitividad de $N \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow V$)
    - Así, se obtiene un cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** Ninguna es proyecciones de otra. Por lo tanto, es el resultado final ¡Pero difiere del ejemplo anterior!

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ FD1: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    FD2: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    FD3: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Resultado.**
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Observaciones.**
    1. Se preservan las DFs
    2. Se encuentran en BCFN
    3. R_2 es redundante en presencia de R_1 y R_3. Sin embargo, R_2 no se puede eliminar dado que no es proyección de las otras dos relaciones
    4. R_2 es importante ya que mantiene las dos CK juntas
    5. R_2 mantiene la DF $VP \rightarrow N$ que se perdería si eliminamos dicha relación

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN

Conclusiones.

- Con el algoritmo, partiendo del mismo conjunto de DFs, se puede generar más de un diseño (Ejemplo 2.A. vs Ejemplo 2.B.)
- En algunos casos, algoritmo puede producir diseños que cumplen con BCFN (incluyendo relaciones que mantienen la preservación de DFs)

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Algoritmo Nro. D2** Descomposición en BCFN

  Entrada: R universal y un conjunto de DFs F sobre R

  1. $D:=\{R\}$
  2. **Mientras** $(\exists Q \in D)$ *Q no cumple BCFN*{
     Seleccionar $Q \in D$ *que no cumple BCFN*;
     Encontrar *DF* $X \rightarrow Y$ *en Q que no cumple con BCFN*;
     Reemplazar *Q en D por la siguientes dos relaciones*: $(Q-Y)$ *y* $(X \cup Y)$;
     };

- En base a la propiedad NJB (descomposición binaria) y a la Afirmación Nro. 2 D cumple con la propiedad lossless join

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Ejemplo.**
  - $R = \{\underline{Estudiante}, \underline{Materia}, Instructor\}$
  - $F = \{\ FD1: \{Estudiante, Materia\} \rightarrow Instructor,$
    $FD2: Instructor \rightarrow Materia\}$
- Aplicando el algoritmo se obtiene
  - $R_1 = (\underline{Estudiante}, \underline{Instructor})$
  - $R_2 = (\underline{Instructor}, Materia)$

Importante

La teoría de lossless join se basa en la asunción de que no existen valores NULL en los atributos de JOIN

Normalización - Algoritmos Diseño

- **Algortimo D1.** Descompone relación universal R cumpliendo:
  - 3FN
  - Preservación de DFs
  - Lossless Join
- **Algortimo D2.** Descompone relación universal R cumpliendo:
  - BCFN
  - Lossless Join
- No es posible diseñar algoritmo que produzca una descomposición en BCFN con preservación DFs y Lossless Join

Normalización - Bibliografía

- Capítulo 15 (hasta 15.3 inclusive) Elmasri/Navathe - Fundamentals of Database Systems, 7th Ed., Pearson, 2015.