4 Teoria relacyjnych baz danych (cz.2)

4.1 Trzecia postać normalna

Def.6 Rozważmy relację R ze zbiorem zależności funkcyjnych F. Przyjmijmy, jak poprzednio, że wszystkie zależności z F mają po prawej stronie jeden atrybut. Relacja R jest w *trzeciej postaci normalnej*, jeżeli:

$$(\forall \alpha \to B \in F)\ (B \in \alpha)\ \vee\ ((\alpha)^+_F = R)\ \vee (B \in \mathcal{G}),$$

gdzie $\mathcal{G}$ oznacza zbiór atrybutów głównych R względem F. Innymi słowy R jest w 3NF, gdy każda nietrywialna zależność wynika z nadklucza lub ma z prawej strony atrybut główny.[1] $\square_{Def.6}$

Def.7: F_{min} nazwiemy *pokryciem minimalnym* F jeżeli F_{min} jest równoważne F, każda zależność $\alpha \to \beta$ z F_{min} jest postaci $\alpha \to B$ (tzn. z prawej strony ma tylko jeden atrybut) oraz:

- B nie zawiera się w α,
- α nie zawiera atrybutów (lewostronnie) nadmiarowych, tzn. takich $A \in \alpha$, że $(\alpha \setminus \{A\}) \to B$,
- zależność $\alpha \to B$ nie jest nadmiarowa, tzn. $\alpha \to B \notin (F \setminus \{\alpha \to B\})^+$.

Obliczanie F_{min} przeprowadzamy usuwając zależności i atrybuty nadmiarowe z F.

Lemat 4: Dla każdej relacji istnieje odwracalny i zachowujący zależności rozkład do 3NF.

Dowód: Wyliczmy $F_{min} = \{\alpha_i \to B_i \mid i = 1, 2, \ldots, m\}$. Następnie zdefiniujmy $R_i = \alpha_i \cup B_i$ i usuńmy takie R_i, które są podzbiorami innych składowych. Jeżeli żadna z pozostawionych składowych R_i nie zawiera klucza R, to dołączamy składową K, gdzie K jest dowolnym kluczem R. Aby wykazać, że trzymaliśmy odwracalny i zachowujący zależności rozkład relacji do 3NF, pozostaje udowodnić następujące własności tego rozkładu.

- Otrzymany rozkład R zachowuje wszystkie zależności — łatwo to widać, bo każda zależność z F_{min} zawiera się w całości w pewnej składowej.

[1] Nazwa 3NF wynika z faktu, że istnieje także pierwsza i druga postać normalna (1NF i 2NF). Relacja jest w 1NF, gdy wszystkie jej atrybuty są „atomowe”, czyli nie zawierają wewnątrz grup innych atrybutów czy powtórzeń. *Zależności częściowe* to takie, których lewa strona stanowi istotny podzbiór klucza relacji. *Zależności przechodnie* to takie, w których lewa i prawa strona nie należą do klucza. Po wyeliminowaniu z 1NF zależności częściowych dostajemy 2NF. Po wyeliminowaniu z 2NF zależności przechodnich dostajemy 3NF. (Przyp. 2009)

- Każda ze składowych jest w 3NF — to trzeba sprawdzić; wystarczy przeanalizować kilka przypadków, by przekonać się, że gdyby pewna składowa nie była w 3NF, to zbiór zależności F_{min} musiałby zawierać zależności lub atrybuty nadmiarowe.

- Otrzymany rozkład jest odwracalny — to wynika z faktu, że jedna ze składowych (powiedzmy R_0) zawiera klucz oryginalnej relacji; wystarczy poszukać takiej składowej $R_i = \alpha_i \cup \{B_i\}$, że $\alpha_i \subset R_0$ oraz $B_i \notin R_0$. Z lematu stosowanego w rozkładzie do BCNF widać, że rozkład $R_0 \cup R_i$ na R_0 i R_i jest odwracalny. Iterując to postępowanie dowodzimy, że cały rozkład jest odwracalny.

$\square_{Lem.4.}$

Przykład 5: Niech $R = ABCDEFG$ i $\mathbf{F}$ składa się z zależności:

$$\begin{array}{rcl@{\qquad}rcl} AB & \to & C & D & \to & EG \\ C & \to & A & BE & \to & C \\ BC & \to & D & CG & \to & BD \\ ACD & \to & B & CE & \to & AGE \end{array}$$

Minimalne pokrycie $\mathbf{F}$ to:

$F'_{min} = \{AB \to C, C \to A, BC \to D, CD \to B, D \to E, D \to G, BE \to C, CG \to D, CE \to G\}$,
lub
$F''_{min} = \{AB \to C, C \to A, BC \to D, D \to E, D \to G, BE \to C, CG \to B, CE \to G\}$.
Kluczem R jest BCF. Rozkład R do 3NF:

$R_1 = ABC,\ F_1 = \{AB \to C, C \to A\}$
$R_2 = BCD,\ F_2 = \{BC \to D, CD \to B\}$,
$R_3 = BCE,\ F_3 = \{BE \to C, BE \to C\}$
$R_4 = DE,\ F_4 = \{D \to E\}$
$R_5 = CDG\ F_5 = \{CG \to D, D \to G\}$,
$R_6 = CEG,\ F_6 = \{CE \to G\}$,
$R_7 = BCF,\ F_7 = \emptyset$. $\square_{Prz.5}$

4.2 Zależności wielowartościowe i 4NF

Def.8: Powiemy, że w R zachodzi *zależność wielowartościowa* $\alpha \to\to \beta$, gdzie $\alpha, \beta \subseteq R$, gdy dla każdego stanu r relacji R zachodzi:

$$\begin{aligned}(\forall t_1, t_2 \in r)(t_1.\alpha = t_2.\alpha) \quad \Rightarrow \quad & ((\exists s_1, s_2 \in r) \\ & (s_1.\alpha = t_1.\alpha \wedge s_1.(R \setminus (\alpha \cup \beta)) = t_1.(R \setminus (\alpha \cup \beta)) \wedge s_1.\beta = t_2.\beta) \wedge \\ & (s_2.\alpha = t_2.\alpha \wedge s_2.(R \setminus (\alpha \cup \beta)) = t_2.(R \setminus (\alpha \cup \beta)) \wedge s_2.\beta = t_1.\beta)).\end{aligned}$$

Zależność wielowartościowa $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ w R jest *trywialna*, gdy $\beta \subseteq \alpha$ lub $R \setminus \beta \subseteq \alpha$. $\Box_{Def.8}$

Uwagi:

- Możemy zawsze rozważać zależności $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, gdzie $\alpha \cap \beta = \emptyset$.
- Jeżeli w R zachodzi zależność $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, to zachodzi także $\alpha \twoheadrightarrow R \setminus (\beta \cup \alpha)$.
- Jeżeli w R zachodzi $\alpha \rightarrow \beta$, to zachodzi także $\alpha \twoheadrightarrow \beta$.

Def.9: Relacja jest w *4NF*, jeżeli wszystkie nietrywialne zależności wielowartościowe wynikają z nadklucza (wyznaczonego przez zależności funkcyjne)[2]. $\Box_{Def.9}$

Przykład 6: W relacji $R = (Osoba, Certyfikat, Egzamin)$ zachodzi zależność $Certyfikat \twoheadrightarrow Egzamin$ oraz $Certyfikat \twoheadrightarrow Osoba$, chociaż nie zachodzi żadna zależność funkcyjna.[3] Relacja nie jest w 4NF. Relacje $R_1 = (Certyfikat, Osoba)$ i $R_2 = (Certyfikat, Egzamin)$ są w 4NF. $\Box_{Przykl.6}$

4.3 Zależności złączeniowe i 5NF

Def.10: Powiemy, że w R zachodzi zależność złączeniowa $\bowtie (R_1, R_2, \ldots, R_k)$, jeżeli dla każdego stanu r relacji R zachodzi:

$$r = \pi_{R_1}(r) \bowtie \pi_{R_2}(r) \bowtie \cdots \bowtie \pi_{R_k}(r),$$

gdzie R_i są różnymi składowymi R. $\Box_{Def.10}$

Def.11: Relacja jest w *5NF*, jeżeli nie ma w niej zależności złączeniowych. $\Box_{Def.11}$

Przykład 7: Mamy relację *R=(Nadwozie,Silnik,Wnętrze)*, której zawartość oznacza, że w sprzedaży jest model samochodu złożony z określonego nadwozia, silnika i wnętrza. W ofercie są wszystkie możliwe zestawienia. Zachodzi więc zależność złączeniowa: $\bowtie (Nadwozie, Silnik, Wnętrze)$, co oznacza, że relacja nie jest w 5NF.

[2] Wprowadzenie pojęcia zależności wielowartościowych nie ma wpływu na definicję klucza relacji. Jego wartość zależy tylko od zależności funkcyjnych. (Przyp. 2009)

[3] Oczywiście, aby przyjąć takie stwierdzenie, musimy mieć odpowiednie zagadnienie rzeczywiste. Mamy więc centrum wydawania uprawnień, w którym dla każdego certyfikatu jest opisane, jakie egzaminy musi mieć zdane osoba, by uzyskać certyfikat. Niektóre egzaminy, na przykład *język angielski*, *prawo jazdy* mogą być przydatne do kilku certyfikatów. W relacji mamy zapisane trójki (o, c, e), które oznaczają, że osoba o ma certyfikat c i przedstawiła wynik egzaminu e do tego certyfikatu. Oczywiście rodzi się pytanie, po co wpisywać to w jednej relacji, zamiast stworzyć relację *wymagania(certyfikat,egzamin)* oraz *otrzymała(osoba,certyfikat)*. No właśnie tak należy zrobić. (Przyp. 2009)

Przykład 8: Możemy także rozważyć znany nam z ćwiczeń przykład bazy z relacjami *Bywa(osoba,bar)*, *Podają(bar,sok)*, *Lubi(osoba,sok)*. Przyjmijmy, że osoba pija sok wtedy i tylko wtedy, gdy go lubi i bywa w barze, w którym go podają. Stąd zachodzi równość

$$Pija(osoba, sok, bar) = Lubi(osoba, sok) \bowtie Podaj(bar, sok) \bowtie Bywa(osoba, bar).$$

Gdybyśmy więc do bazy dołączyli relację *Pija*, to byłaby to składowa, w której zachodziłaby zależność złączeniowa i relacja nie byłaby w 5NF (także 4NF i BCNF).

Uwaga: Z zależności wielowartościowej $\alpha \rightarrow\rightarrow \beta$ wynika zależność złączeniowa $\bowtie (\alpha\beta, \alpha R(\backslash\beta))$.