



Bazy Danych

Andrzej M. Borzyszkowski

Instytut Informatyki
Uniwersytetu Gdańskiego

materiały dostępne elektronicznie
<http://inf.ug.edu.pl/~amb>

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

Relacyjna baza danych = relacje + operacje na relacjach

- Algebra relacji:
 - operacje mogą być ze sobą wielokrotnie składane tworząc wyrażenia relacyjne
- Podstawowe operacje relacyjne:
 - obcięcie/wybór: wybiera pewne wiersze
 - rzut/projekcja: wybiera pewne atrybuty (+ zmiana nazwy)
 - złączenie: produkuje relację o atrybutach z dwu relacji, w tym wspólne atrybuty
- Operacje teoriomnogościowe: suma, przecięcie, różnica, iloczyn kartezjański
- Wstawianie, modyfikacja, usuwanie krotki

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

3/24

Algebra relacji

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

2/24

Operacja obciążenia

- Obcięcie – tylko wiersze spełniające warunek (*predicate*)
 - $\sigma_{\text{miasto}='Gdańsk'}(\text{Klient})$ (sigma)
 - w notacji bardziej przyjaznej **Klient** WHERE **miasto='Gdańsk'**
- $\sigma_{\text{warunek}}(\text{relacja})$
 - relacja jest dowolnym wyrażeniem algebry relacji
 - warunek jest wyrażeniem logicznym

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

nr	tytuł	nazwisko	imie	kod_po	miasto	ulica_dom	telefon
5	Pan	Soroczyński	Jan	80-230	Gdańsk	Al. Hallera	58 3090
6	Pani	Niezabitowska	Marzena	80-619	Gdańsk	Focha 39-41 m.66	58 3099
7	Pani	Kołąk	Agnieszka	80-832	Gdańsk	Wąwóz 4	NULL
9	NULI	Hałasa	Ewa	80-511	Gdańsk	Dywizjonu 303/303	58 3485
10	Pan	Sosnowy	Andrzej	80-266	Gdańsk	Leśna Góra 41h/08	58 3467
11	Pani	Songin	Barbara	80-376	Gdańsk	Grunwaldzka 1024	58 5528

Predykaty w operacji obciążenia

- Przykładowe postacie warunku obciążenia:
 - równość (i jej zaprzeczenie) $X1=X2$, $X1 \neq C$
 - porządek (dla dziedzin uporządkowanych) $X1 < X2$, $X1 \leq X2$
 - należenie $X1 \text{ in } X2$
 - warunki złożone
 - $A \text{ WHERE } c1 \text{ AND } c2$ koniunkcja
 - $A \text{ WHERE } c1 \text{ OR } c2$ alternatywa
 - $A \text{ WHERE NOT } c1$ negacja
- Predykat stosowany jest do każdej krotki z osobna
 - nie można więc wyrażać go w zależności od wielu krotek
- $\sigma_{[\text{warunek-2}]}(\sigma_{[\text{warunek-1}]}(\text{relacja}))$ jest możliwym zastosowaniem obciążenia
 - wynik będzie ten samo co $\sigma_{[\text{warunek-2 and warunek-1}]}(\text{relacja})$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

5/24

Operacja rzutu

- Rzut – tylko wybrane atrybuty
 - $\pi_{[nr, nazwisko, imie]}(\text{Klient})$
 - w notacji ascii
 $\text{Klient}(nr, nazwisko, imie)$
- Rzutem relacji R : $\pi_{[A_1, \dots, A_m]}(R)$ jest relacja z nagłówkiem $\{ A_1:D_{A_1}, \dots, A_m:D_{A_m} \}$ i z treścią składającą się z tych krotek, dla których w relacji R występuje krotka, której fragmentem jest krotka z rzutu
- uwaga: relacja nie ma powtórzeń, fragmenty wszystkich krotek mogłyby wprowadzić powtórzenie

nr	nazwisko	imie
1	Kuśmerek	Małgorzata
2	Chodkiewicz	Jan
3	Szczęsna	Jadwiga
4	Łukowski	Bernard
5	Soroczyński	Jan
6	Niezabitowski	Marzena
7	Kołąk	Agnieszka
8	Kołąk	Agnieszka
9	Hałasa	Ewa
10	Sosnowy	Andrzej
11	Songin	Barbara
12	Wróblewicz-Te	Urszula
13	Soroczyński	Bogdan
14	Miszke	Wojciech
15	Zaorski	Marcin
16	Wiśniewska	Grażyna
17	Wierciński	Henryk
18	Bazior	Gerard

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

6/24

Uogólniony rzut (i zmiana nazwy)

- Zmiana nazwy
 - całej relacji: $\rho_{[S]}(R)$ (rho)
 - poszczególnych atrybutów w relacji: $\rho_{[S(B_1, \dots, B_n)]}(R)$
 - tutaj zakładamy, że nowy schemat S ma tyle samo atrybutów i o tych samych dziedzinach
 - w praktyce będzie notacja wymieniająca tylko nowe nazwy
- Rzut w sensie ogólniejszym
 - nagłówek: może zawierać również wyrażenia dla atrybutów relacji (i nazwy dla nich)
 - treść: krotki, do których zastosowano to wyrażenie
 - np. jeśli w nagłówku są atrybuty cena i koszt, to w rzucie może się pojawić nowy atrybut zysk zdefiniowany jako różnica cena-koszt

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

7/24

Iloczyn kartezjański

- Iloczyn kartezjański (produkt kartezjański, złączenie krzyżowe)
 - nagłówek: suma nagłówków $\{ X:DX, Y:DY \}$, które muszą mieć różne atrybuty
 - treść: wszystkie możliwe pary krotek $\{ X:x, Y:y \}$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

8/24

Operacja złączenia

- Złączenie zapewnia integrację danych
 - dane z kilku tabel są zbierane w jednej tabeli wynikowej
- Łączy ze sobą krotki z różnych relacji
 - krotki dobierane są na podstawie pasujących wartości odpowiednich atrybutów
 - najczęściej klucz obcy jednej relacji i klucz kandydujący drugiej relacji
- Operacja daje się wyrazić za pomocą kolejno
 - iloczynu kartezjańskiego (wszystkie pary krotek)
 - obcięć (wybór par pasujących do siebie)
 - rzutu (wyrugowanie powtarzających się atrybutów)
- Oznaczenia matematyczne: $R \bowtie_{[\text{warunek złączenia}]} S$

9/24

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

Złączenie, przykład

nr	nazwisko	imie
1	Kuśmerek	Małgorzata
2	Chodkiewicz	Jan
3	Szczęsna	Jadwiga
4	Łukowski	Bernard
5	Soroczyński	Jan
6	Niezabitowska-Nasiadko	Marzena
7	Kołąk	Agnieszka
8	Kołąk	Agnieszka

klient_nr	data_zlozenia
3	13.03.2025
3	23.03.2025
3	21.02.2025
4	22.03.2025
4	1.02.2025
5	4.02.2025
8	12.01.2025
8	7.01.2025

nr	nazwisko	imie	data_zlozenia
3	Szczęsna	Jadwiga	13.03.2025
3	Szczęsna	Jadwiga	23.03.2025
3	Szczęsna	Jadwiga	21.02.2025
4	Łukowski	Bernard	22.03.2025
4	Łukowski	Bernard	1.02.2025
5	Soroczyński	Jan	4.02.2025
8	Kołąk	Agnieszka	12.01.2025
8	Kołąk	Agnieszka	7.01.2025

10/24

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

Dodatkowe operacje relacyjne – złączenie zewnętrzne

- Złączenie naturalne gubi te krotki z jednej relacji, które nie pasują do żadnej krotki z drugiej relacji
 - może to być pożądanym rezultatem, np. szukamy zamówień i klientów, którzy je złożyli
 - ale może prowadzić do utraty informacji, np. o klientach, którzy nie złożyli zamówień wcale
- Złączenie zewnętrzne
 - krotki z jednej z relacji nie pasujące do żadnej krotki z drugiej uzupełniane są wartością NULL
 - można “chronić” tylko jedną z relacji przed utratą informacji: złączenie lewe i prawe

11/24

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

Złączenie zewnętrzne, przykład

nr	nazwisko	imie	data_zlozenia
1	Kuśmerek	Małgorzata	
2	Chodkiewicz	Jan	
3	Szczęsna	Jadwiga	23.02.2025
3	Szczęsna	Jadwiga	13.02.2025
3	Szczęsna	Jadwiga	23.01.2025
4	Łukowski	Bernard	22.02.2025
4	Łukowski	Bernard	1.02.2025
5	Soroczyński	Jan	4.02.2025
6	Niezabitowska-Nasiadko	Marzena	
7	Kołąk	Agnieszka	
8	Kołąk	Agnieszka	12.01.2025
8	Kołąk	Agnieszka	7.01.2025

12/24

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

Złączenie naturalne, definicja

- Niech A i B będą relacjami o nagłówkach $\{ X:DX, Y:DY \}$ oraz $\{ Y:DY, Z:DZ \}$,
 - złączeniem naturalnym relacji A i B , $A \bowtie B$, jest relacja z nagłówkiem $\{ X:DX, Y:DY, Z:DZ \}$ i z treścią składającą się z takich krotek $\{ X:x, Y:y, Z:z \}$, że krotka $\{ X:x, Y:y \}$ należy do relacji A , a krotka $\{ Y:y, Z:z \}$ należy do relacji B
- Najczęstszy przypadek: wspólne atrybuty Y stanowią klucz kandydujący w jednej relacji i klucz obcy w drugiej
 - generalnie NIE zakłada się, że atrybuty o tej samej nazwie oznaczają to samo
 - złączenie wymaga jawnego podania nazw atrybutów, które chcemy utożsamić (t.j. warunku łączącego)

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

13/24

Złączenie, własności

- łączność: $(A \bowtie B) \bowtie C = A \bowtie (B \bowtie C)$
 - można opuszczać nawiasy
- przemienność: $A \bowtie B = B \bowtie A$
- jeśli relacje A i B nie mają wspólnych atrybutów, wówczas jest to iloczyn kartezjański relacji: każda krotka A jest skombinowana z każdą krotką B
- jeśli relacje A i B mają identyczne wszystkie atrybuty, wówczas jest to przecięcie relacji: tylko wspólne krotki

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

14/24

Operacje teoriomnogościowe

- Przekrój (iloczyn, część wspólna)
 - nagłówek: równy *wspólnemu* nagłówkowi obu relacji (dopuszczalne są lekkie odchylenia, dziedziny atrybutów nie muszą być identyczne, ale zgodne, np. liczbowe)
 - treść: wszystkie krotki należące do obu relacji
- Suma (unia)
 - nagłówek: równy *wspólnemu* nagłówkowi obu relacji
 - treść: wszystkie krotki należące do co najmniej jednej z relacji
- Różnica
 - nagłówek: równy *wspólnemu* nagłówkowi obu relacji
 - treść: krotki z jednej relacji nie należące do drugiej
 - np. studenci, którzy nie zaliczyli egzaminu

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

15/24

Wstawianie, modyfikacja, usuwanie krotki

- Wstawianie krotki
 - wstawiana krotka musi pasować do schematu relacji
 - treść: wszystkie dotychczasowe krotki plus wstawiana
- Modyfikacja krotki
 - treść: wszystkie dotychczasowe krotki oprócz modyfikowanej pozostają bez zmian, modyfikowana jest zmieniona
- Usuwanie krotki
 - treść: wszystkie dotychczasowe krotki oprócz usuniętej

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

16/24

Dodatkowe operacje relacyjne – funkcje agregujące (grupowanie)

- Funkcja agregująca przekształca zbiór wartości w pojedynczą wartość
 - avg: średnia
 - min, max, sum
 - count: liczba elementów
- Relacja jest grupowana w/g równych wartości niektórych atrybutów
 - do każdej grupy stosowana jest funkcja agregująca
 - szczególny przypadek: cała relacja jest jedną grupą

ilu	miasto
3	Sopot
1	Gdakowo
1	Kielno
1	Dziewięć Włók
6	Gdynia
7	Gdańsk
1	Tczew
1	Prabuty
1	Kwidzyn
1	Gardeja Pierwsza

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

17/24

Rachunek krotek

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

18/24

Rachunek krotek

- Zmienne krotkowe x
 - $\{x \mid \Phi(x)\}$ lub $\{ \langle x.A1, \dots, x.An \rangle \mid \Phi(x) \}$
 - $\langle x.A1, \dots, x.An \rangle$ jest złożeniem kilku atrybutów w krotkę
 - predykat Φ jest zbudowany z następujących elementów
 - należenie do relacji $x \in r$, zapisywane również $r(x)$
 - warunki na wartości atrybutów (podobnie jak w obciążeniu)
 - kwantyfikatory „dla każdego” $\forall x$ oraz „istnieje” $\exists x$
 - elementy połączone są spójnikami koniunkcji, alternatywy oraz negacji
- Przykład,
 - relacja $\sigma_{[miasto='Gdańsk']}(Klient)$ jest równa $\{ k \mid Klient(k) \text{ AND } k.miasto='Gdańsk' \}$
 - relacja $\pi_{[nr,nazwisko,imie]}(Klient)$ jest równa $\{ \langle k.nr, k.nazwisko, k.imie \rangle \mid Klient(k) \}$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

19/24

Rachunek krotek, c.d.

- Kwantyfikatory:
 - nazwiska klientów, którzy złożyli zamówienie:
 - $\{ k.nazwisko \mid Klient(k) \text{ AND } \exists z (Zamowienie(z) \text{ AND } z.klient_nr=k.nr) \}$
 - jest to de facto złączenie (a właściwie jego rzut)
- Nazwiska klientów, którzy zamówili każdy towar dostępny w ofercie
 - $\{ k.nazwisko \mid Klient(k) \text{ AND } \forall t (Towar(t) \Rightarrow \exists z (Zamowienie(z) \text{ AND } z.klient_nr=k.nr \text{ AND } \exists p (Pozycja(p) \text{ AND } p.zamowienie_nr=z.nr \text{ AND } p.towar_nr=t.nr))) \}$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

20/24

Logika kwantyfikatorów

- $\text{NOT } (\exists u) \Phi(u) \Leftrightarrow (\forall u) \text{NOT } \Phi(u)$
- $\text{NOT } (\forall u) \Phi(u) \Leftrightarrow (\exists u) \text{NOT } \Phi(u)$
- W szczególności kwantyfikator uniwersalny \forall może zostać zastąpiony przez bardziej skomplikowane wyrażenie bez niego
 - $(\forall u) \Phi(u) \Leftrightarrow \text{NOT } (\exists u) \text{NOT } \Phi(u)$
 - „nieprawda, że istnieje kontrprzykład”
- Przydatne mogą też być prawa de Morgana dla spójników logicznych
 - $\text{NOT } (\Phi(t) \text{ AND } \Psi(t)) \Leftrightarrow (\text{NOT } \Phi(t) \text{ OR } \text{NOT } \Psi(t))$
 - $\text{NOT } (\Phi(t) \text{ OR } \Psi(t)) \Leftrightarrow (\text{NOT } \Phi(t) \text{ AND } \text{NOT } \Psi(t))$
- Konstrukcje z kwantyfikatorem ogólnym powinny ograniczać zbiór potencjalnych wartości
 - tzn. dopuszczalne są jedynie konstrukcje $\forall x. x \in r \Rightarrow \Phi(x)$ czyli $\forall x \in r. \Phi(x)$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

21/24

Rachunek dziedzin

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

22/24

Rachunek dziedzin

- Zmienne dziedzinowe x_i , dla każdej dziedziny atrybutu
 - $\{ \langle x_1, \dots, x_n \rangle \mid \Phi(x_1, \dots, x_n) \}$ gdzie w formule ma prawo wystąpić więcej zmiennych niż chcemy mieć w wyniku
 - predykat Φ jest zbudowany analogicznie jak w rachunku krotek
- Przykład,
 - relacja $\sigma_{[\text{miasto}='Gdańsk']}(\text{Klient})$ jest równa $\{ \langle nr, tytuł, nazwisko, \dots, miasto, kod_p, tel \rangle \mid \text{Klient}(nr, tytuł, nazwisko, \dots, miasto, kod_p, tel) \text{ AND } miasto='Gdańsk' \}$
 - relacja $\pi_{[nr, nazwisko, imie]}(\text{Klient})$ jest równa $\{ \langle nr, nazwisko, imie \rangle \mid \exists \text{ tytuł, miasto, kod_p, tel, } \dots \text{ Klient}(nr, tytuł, nazwisko, \dots, miasto, kod_p, tel) \}$

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

23/24

Rachunek dziedzin, QBE

- Język QBE (*query by example*) opracowany w IBM
 - nie ma potrzeby nazywać zmiennych, których nie potrzebujemy w wyniku
 - nazwy zmiennych często są przykładowymi wynikami (i są syntaktycznie wyróżnione)
 - wyświetl imiona i nazwiska klientów z Gdańska:
 $\{ \langle _Jan, _Kowalski \rangle \mid \text{Klient}(_, _, _Kowalski, _Jan, 'Gdańsk', _, _) \}$
 - wyświetl nazwy towarów zamawianych z Gdańska:
 $\{ _donica \mid \text{Klient}(_17, _, _, _, 'Gdańsk', _, _) \text{ AND } \text{Zamówienie}(_44, _17, _, _) \text{ AND } \text{Pozycja}(_44, _32, _) \text{ AND } \text{Towar}(_32, _donica, _, _) \}$
- Język używany jest często w środowisku graficznym (Access)
 - nazwy potrzebnych zmiennych lub stałych wprowadzane są bezpośrednio do nagłówków tabeli

© Andrzej M. Borzyszkowski

Bazy Danych

24/24