

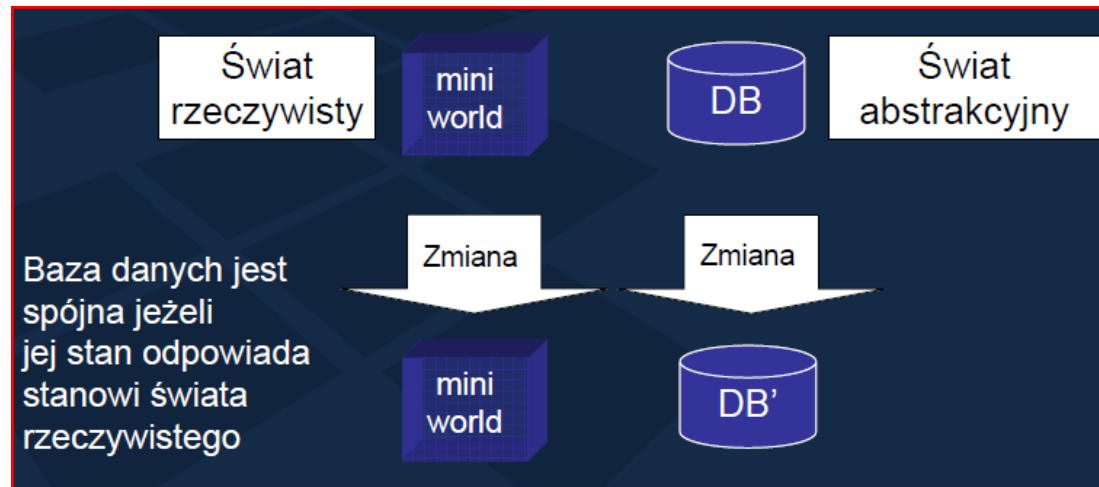
# **INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA**

## **Przetwarzanie transakcyjne**

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Wprowadzenie (1)

- Baza danych – jest abstrakcyjnym odzwierciedleniem wybranego fragmentu rzeczywistości (ang. miniworld)



Baza danych jest spójna jeżeli jej stan odpowiada stanowi świata rzeczywistego

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Wprowadzenie (2)

- Zmiany zachodzące w świecie rzeczywistym muszą być zakodowane w postaci programu, który będzie transformował bazę danych z jednego stanu spójnego do innego stanu spójnego
- Niebezpieczeństwa związane z realizacją programu transformującego bazę danych
  - Awaryjność środowiska sprzętowo-programowego
  - Współbieżny dostęp do danych
  - Rozproszenie baz danych

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Problemy przygotowania aplikacji

- Przykład: Napisać aplikację przelewu kwoty  $N$  z konta  $A$  na konto  $B$

- Problem 1 – awaria systemu

Po pobraniu kwoty  $N$  z konta  $A$ , i zapisaniu tej aktualizacji do bazy danych, wystąpiła awaria systemu.

W wyniku awarii systemu wykonana została jedynie część operacji składających się na daną aplikację

- Problem 2 – współbieżny dostęp do danych

Operacje współbieżnie wykonywanych transakcji mogą naruszać spójność bazy danych, lub generować niepoprawne wyniki

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Transakcja (1)

- Problem 3 - utrata danych w wyniku awarii

Wyniki zakończonych aplikacji, buforowane w pamięci operacyjnej, mogą zostać utracone w wyniku awarii systemu

- Rozwiązaniem problemu awaryjności, rozproszenia i wielodostępności środowiska systemu bazy danych – koncepcja transakcji

**Transakcja** jest sekwencją logicznie powiązanych operacji na bazie danych, która przeprowadza bazę danych z jednego stanu spójnego w inny stan spójny. Typy operacji na bazie danych obejmują: odczyt i zapis danych oraz zakończenie i akceptację (zatwierdzenie), lub wycofanie transakcji.

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Transakcja (1)

**Transakcja – niepodzielna operacja w systemie bazodanowym**

Przykładem transakcji może być transakcja bankowa jaką jest przelew. Muszą tu zostać dokonane 2 operacje - zabranie pieniędzy z jednego konta oraz dopisanie ich do drugiego. W przypadku niepowodzenia żadna z tych operacji nie powinna być zatwierdzona, gdyż zajście tylko jednej powodowałoby nieprawidłowości w bazie danych (pojawienie się lub zniknięcie pieniędzy).

Transakcja składa się zawsze z 3 etapów:

- rozpoczęcia
- wykonania
- zamknięcia

W systemach bazodanowych istotne jest, aby transakcja trwała jak najkrócej, ponieważ równolegle może być dokonywanych wiele transakcji i część operacji musi zostać wykonana w pewnej kolejności. Każdy etap transakcji jest logowany, dzięki czemu w razie awarii systemu (dzięki zawartości logów), można odtworzyć stan bazy danych sprzed transakcji, która nie została zamknięta.

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Transakcja (2)

- Transakcja przelewu kwoty N z konta A na konto B:

begin

// odejmij kwotę N z konta A;

update konta

SET stan = stan - N

where id\_konta = A;

// dodaj do konta B kwotę N;

update konta

SET stan = stan + N

where id\_konta = B;

commit;

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Własności transakcji (1)

A(atomicity)C(consistency)I(isolation)D(durability)

- **Atomowość (A)**

Zbiór operacji wchodzących w skład transakcji jest niepodzielny: albo zostaną wykonane wszystkie operacje transakcji albo żadna. Dotyczy to również wszystkich operacji transakcji wykonywanych na obiektach rzeczywistych (tak zwane akcje rzeczywiste) – np. wypłata gotówki z bankomatu

- **Spójność (C)**

Transakcja przeprowadza bazę danych z jednego stanu spójnego do innego stanu spójnego. W trakcie wykonywania transakcji baza danych może być przejściowo niespójna. Transakcja nie może naruszać ograniczeń integralnościowych



# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Własności transakcji (2)

- Izolacja (I)

Transakcje są od siebie logicznie odseparowane. Transakcje oddziałują na siebie poprzez dane. Mimo współbieżnego wykonywania, transakcje widzą stan bazy danych tak, jak gdyby były wykonywane w sposób sekwencyjny

- Trwałość (D)

Wyniki zatwierdzonych transakcji nie mogą zostać utracone w wyniku wystąpienia awarii systemu. Zatwierdzone dane w bazie danych, w przypadku awarii, muszą być odtwarzalne

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

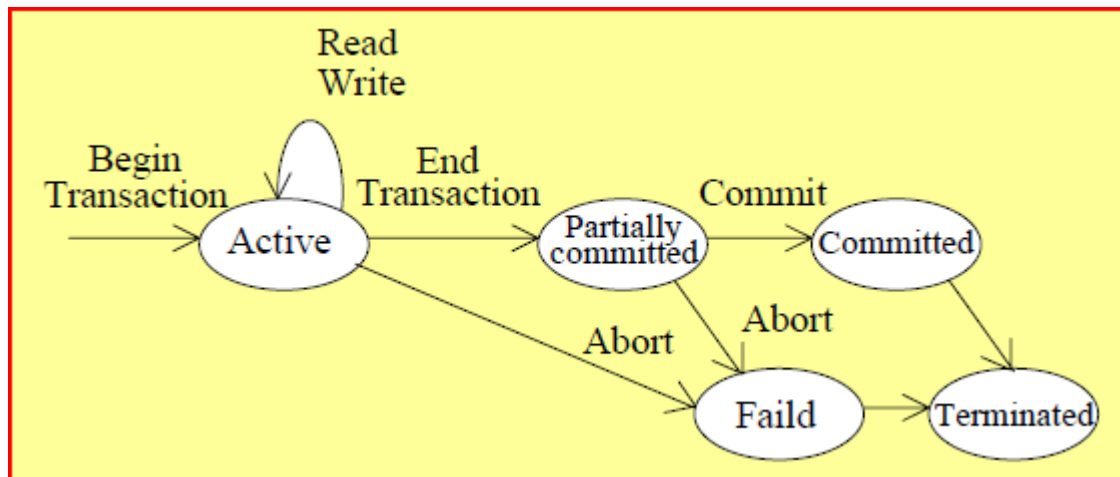
## Transakcja (3)

Transakcja jest:

- **Atomowa**: jeżeli pieniądze zostaną poprawnie przetransferowane z konta A do B
- **Spójna**: jeżeli kwota odjęta z konta A jest równa kwocie dodanej do konta B
- **Izolowana**: jeżeli inne transakcje wykonywane współbieżnie, czytające i modyfikujące konta A i B, nie mają wpływu na transakcję
- **Trwała**: jeżeli po zakończeniu transakcji, baza danych trwale odzwierciedla nowe stany kont A i B

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Diagram stanów transakcji



Begin\_transaction: początek transakcji.

Read, Write: operacje odczytu i zapisu danych w bazie danych.

End\_transaction: koniec transakcji:

Commit: zatwierdzenie (akceptacja) wyników transakcji.

Rollback: wycofanie wyników transakcji

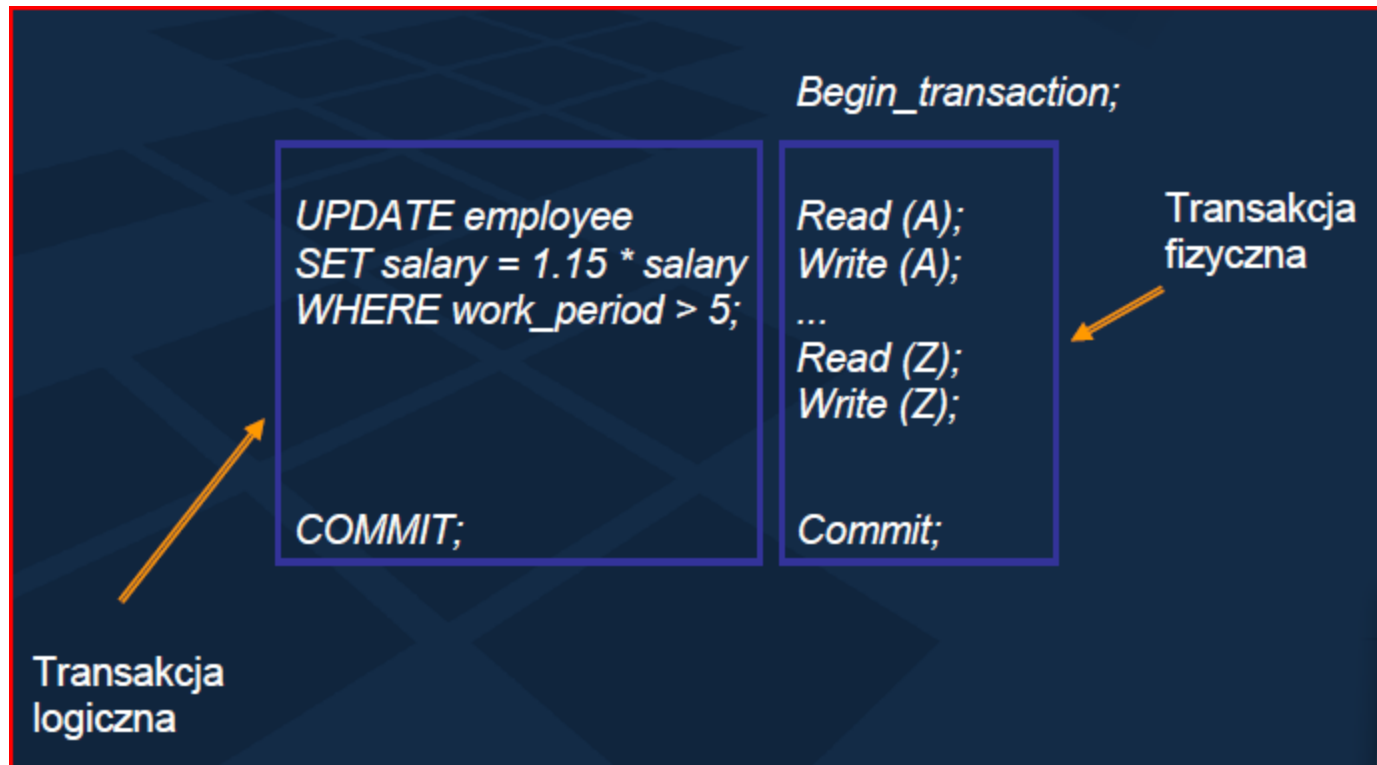
# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Zakończenie transakcji

- End\_transaction: koniec transakcji oznacza, że wszystkie operacje odczytu i/lub zapisu transakcji zostały wykonane. W tym momencie, zachodzi konieczność podjęcia decyzji, czy zmiany wprowadzone przez transakcję mają być wprowadzone do bazy danych (zatwierdzenie transakcji) czy też mają być wycofane z bazy danych
- Commit: zatwierdzenie (akceptacja transakcji) oznacza pomyślne zakończenie transakcji - zmiany wprowadzone przez transakcję mają być wprowadzone do bazy danych
- Rollback: wycofanie transakcji oznacza niepoprawne zakończenie transakcji i konieczność wycofania z bazy danych wszystkich ewentualnych zmian wprowadzonych przez transakcję

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

Transakcja logiczna a transakcja fizyczna



# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Model transakcji (1)

**Transakcją**  $T_j$  nazywamy uporządkowaną parę:  $T_j = (\bar{T}_i < T_j)$   
gdzie:

$\bar{T}_i = \{ o_j : 1 \leq j \leq n_i \}$ , oznacza zbiór operacji na bazie danych: { **R** - odczyt, **W** - zapis, **C** – zatwierdzenie transakcji, **A** - wycofanie }

$< T_j$  jest relacją częściowego porządku na zbiorze  $T_i$

Przyjmujemy następującą notację:

- $r_i(x)$  lub  $r_i(x, \text{wartość})$
- $w_i(x)$  lub  $w_i(x, \text{wartość})$
- $c_i$  lub  $a_i$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Model transakcji (2)

- Każda transakcja może być reprezentowana przez graf skierowany:  
 $G = (V, A)$ , gdzie:
- $V$  jest zbiorem węzłów odpowiadających operacjom transakcji  $T_i$
- $A$  jest zbiorem krawędzi reprezentujących porządek na zbiorze operacji

Przykład:

$$\text{a) } r_1(x) \longrightarrow w_1(x) \longrightarrow r_2(y) \longrightarrow w_2(y) \longrightarrow c_1$$

$$\text{b) } r_1(x) \longrightarrow w_1(x) \longrightarrow w_2(y) \longrightarrow c_1$$

$r_2(y)$   $\nearrow$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Klasyfikacja transakcji

- Ze względu na porządek operacji:
  - transakcja sekwencyjna
  - transakcja współbieżna
- Ze względu na zależność operacji:
  - transakcja zależna od danych
  - transakcja niezależna od danych
- Ze względu na typy operacji:
  - zapytania lub transakcja odczytu (read only)
  - transakcja aktualizująca - transakcja (read/write)



# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje transakcji (1)

- Częściowo uporządkowaną sekwencją operacji należących do zbioru współbieżnie wykonywanych transakcji nazywamy realizacją (historią). Realizacja modeluje, formalnie, współbieżne wykonanie zbioru transakcji
- Formalnie, realizacją  $S$  zbioru  $n$  transakcji  $T_1, T_2, \dots, T_n$  nazywamy takie uporządkowanie operacji współbieżnie wykonywanych transakcji, w którym, dla każdej transakcji  $T_i$  w realizacji  $S$ , porządek wykonania operacji transakcji  $T_i$  jest taki sam jak porządek  $\langle T_i$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje transakcji (2)

$$S(\tau) = (Tr(\tau), < r)$$

gdzie:

$Tr(\tau)$ , 1. zbiór operacji wszystkich transakcji należących do zbioru  $\tau$

$< r$  2. relacja częściowego porządku na zbiorze  $Tr(\tau)$ ,

3. Dla dowolnej pary operacji  $o_i, o_j \in Tr(\tau)$ , takich, że żądają one dostępu do tej samej danej i co najmniej jedna z nich jest operacją zapisu, zachodzi  $o_i < r o_j$  lub  $o_j < r o_i$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje transakcji (3)

- Realizacja zawierająca tylko operacje zatwierdzonych transakcji nazywana jest zaakceptowaną projekcją

(Dalsze rozważania dotyczyć będą tylko realizacji spełniających powyższy warunek)

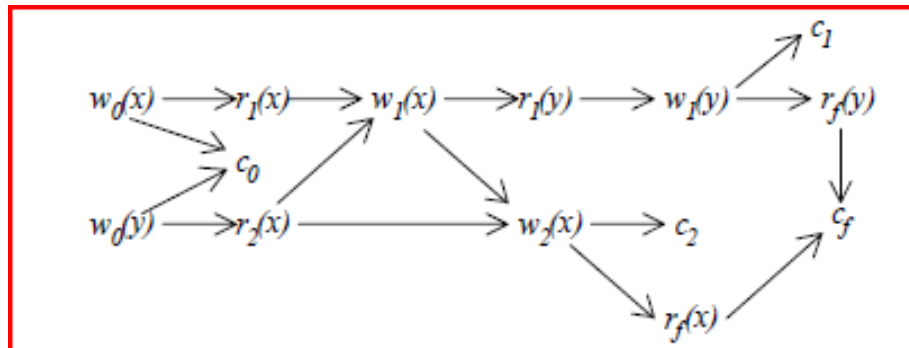
Przykład:

$r: w_0(x), w_0(y), c_0, r_1(x), r_2(x), w_1(x), r_1(y), w_2(x), c_2, w_1(y), c_1, r_f(x), r_f(y), c_f ;$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje transakcji (4)

- Dowolną realizację można przedstawić w postaci grafu skierowanego, nazywanego grafem realizacji,  $GR(s(\tau)) = (V, A)$ . Węzły grafu odpowiadają operacjom ze zbioru  $Tr(\tau)$ , natomiast krawędzie grafu reprezentują relację częściowego porządku  $< r$
- Przykład:



# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Realizacje sekwencyjne i współbieżne

- Mówimy, że dana realizacja jest sekwencyjna jeżeli, dla żądanych dwóch transakcji, wszystkie operacje jednej z nich poprzedzają wszystkie operacje drugiej
- W przeciwnym wypadku realizacja jest współbieżna

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Stan i obraz bazy danych

- Stan bazy danych

zbiór wartości wszystkich danych w bazie danych

- Obraz bazy danych widziany przez transakcję  $T_i$

zbiór wartości wszystkich danych w bazie danych

zbiór wartości danych odczytywanych przez transakcję  $T_i$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Uszeregowalność realizacji (1)

- Założenie 1:

Każda realizacja sekwencyjna jest poprawna

Założenie 2:

Każda realizacja współbieżna równoważna dowolnej realizacji sekwencyjnej tego samego zbioru transakcji jest również poprawna

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Uszeregowalność realizacji (2)

- Przykład:

Dane (początkowe wartości):  $a=50$ ;  $b=50$

Transakcja T1: sumuje konta a i b

Transakcja T2: przelewa 30 z konta a na konto b

Dana realizacja postaci:

s: ... $r_2(a, 50)$   $w_2(a, 20)$   $r_1(a, 20)$   $r_1(b, 50)$   $r_2(b, 50)$

$w_2(b, 80)$   $c_1$   $c_2$

**Czy dana realizacja jest poprawna?**



# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

Uszregowalność realizacji (3)

Realizacje sekwencyjne transakcji T1 i T2:

s1:...r1(a, 50) r1(b, 50) c1 r2(a, 50) w2(a, 20)

r2(b, 50) w2(b, 80) c2 .....

końcowy stan bazy danych: a= 20; b= 80

obraz bazy danych widziany przez T2: a = 50; b = 50

obraz bazy danych widziany przez T1: a = 50; b = 50

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Konflikt (1)

Dwie operacje  $oi(x)$ ,  $oj(y)$  współbieżnej realizacji są konfliktowe, wtedy i tylko wtedy, gdy są spełnione następujące trzy warunki:

1.  $x = y$  Operacje na różnych danych nigdy nie są konfliktowe
2.  $i \neq j$  Operacje konfliktowe muszą należeć do różnych transakcji
3. Jedna z dwóch operacji  $oi$  lub  $oj$  musi być operacją zapisu

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Konflikt (2)

- Dwie **transakcje**  $T_i, T_j$  są **konfliktowe**, jeżeli zawierają wzajemnie konfliktowe operacje
- Mówimy, że **operacja**  $oi(x)$  **poprzedza** **operację**  $oj(y)$  w realizacji  $r(\tau)$ , co zapisujemy jako  $oi(x) \prec_r oj(y)$ , jeżeli operacje te są konfliktowe i  $oi(x) <_r oj(y)$
- Następujące pary operacji mogą znajdować się w konflikcie:
  - $ri(x) \ wj(x)$
  - $wi(x) \ rj(x)$
  - $wi(x) \ wj(x)r$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Konfliktowa równoważność

- Mówimy, że **transakcja  $T_i$  poprzedza transakcję  $T_j$**  w realizacji  $r(\tau)$ , co zapisujemy jako  $T_i \rightarrow T_j$ , jeżeli zawierają odpowiednio operacje  $o_i(x)$  i  $o_j(x)$ , między którymi zachodzi związek poprzedzania
- Mówimy, że dwie realizacje  $r(\tau) = (\text{Tr}(\tau), \langle r \rangle)$  i  $r'(\tau) = (\text{Tr}(\tau), \langle r' \rangle)$  są **konfliktowo równoważne**, jeżeli dla każdej pary operacji  $o_i(x)$  i  $o_j(y)$  w realizacji  $r(\tau)$ , takich, że  $o_i(x) \rightarrow o_j(x)$ , zachodzi również  $o_i(x) \rightarrow o_j(y)$  w realizacji  $r'(\tau)$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Kryterium konfliktowej uszeregowalności

### Kryterium konfliktowej uszeregowalności:

Realizacja  $r(\tau)$  zbioru transakcji  $\tau$  jest **konfliktowo uszeregowalna** wtedy i tylko wtedy, gdy jest ona konfliktowo równoważna dowolnej sekwencyjnej realizacji  $\tau$  wtedy i tylko wtedy jest ona konfliktowo równoważna dowolnej sekwencyjnej realizacji  $\tau$

### Grafem konfliktowej-uszeregowalności realizacji $r(\tau)$ :

nazywamy skierowany graf  $CSR(r(\tau)) = (V, A)$ , taki, w którym zbiór wierzchołków  $V$  odpowiada transakcjom ze zbioru  $\tau$ , natomiast zbiór krawędzi  $A = \{(T_i, T_j) : T_i \rightarrow T_j\}$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

Twierdzenie o konfliktowej uszeregowalności

Realizacja  $r(\tau)$  zbioru transakcji jest **konfliktowo-uszeregowalna** wtedy i tylko wtedy, gdy jej graf konfliktowej uszeregowalności  $CSRG(r(\tau))$  jest acykliczny

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje odtwarzalne (1)

- Czy własność uszeregowalności gwarantuje wolność od anomalii?

### Przykład:

$H = r1[x] w1[x] r1[y] r2[x] w1[y] r2[y] c2 r1[z] w1[z]$   
<crash> c1

- Historia H jest uszeregowalna, ale nie jest wolna od anomalii (brudny odczyt). Po restarcie systemu transakcja T2 nie zostanie poprawnie odtworzona

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Definicje

- Potrzebna jest definicja nowych własności realizacji wykluczających anomalie będące wynikiem awarii systemu

- Mówimy, że transakcja  $T_i$  czyta daną  $x$  z transakcji  $T_j$  w realizacji  $H$  jeżeli:

$$w_j[x] < r_i[x]$$

$$a_j < r_i[x]$$

jeżeli istnieje operacja  $w_k[x]$  taka, że  $w_j[x] < w_k[x] < r_i[x]$ ,

wtedy  $a_k < r_i[x]$

- Mówimy, że transakcja  $T_i$  **czyta** z transakcji  $T_j$  w realizacji  $H$ , jeżeli  $T_i$  czyta jakąś daną z transakcji  $T_j$  w realizacji  $H$



# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Realizacje odtwarzalne (2)

- Realizacja  $H$  jest **odtworzalna** (ang. *recoverable*) ( $RC$ ) wówczas, jeżeli transakcja  $T_i$  czyta z transakcji  $T_j$  ( $i \neq j$ ) w realizacji  $H$  i  $ci \in H$ , to  $cj < ci$
- Realizacja  $H$  **unika kaskadowych wycofań** (ang. *avoids cascading aborts*) ( $ACA$ ) wówczas, jeżeli transakcja  $T_i$  czyta z transakcji  $T_j$  ( $i \neq j$ ), to  $cj < ri[x]$
- Realizacja  $H$  jest **ściśła** (ang. *strict*) ( $ST$ ) wówczas, jeżeli  $wj[x] < oi[x]$  ( $i \neq j$ ), zachodzi  $aj < oi[x]$  lub  $cj < oi[x]$ , gdzie  $oi[x]$  jest jedną z operacji  $ri[x]$  lub  $wi[x]$  lub  $wi[x]$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

Realizacje odtwarzalne (3)

Przykład:

$$T1 = w1[x] w1[y] w1[z] c1$$

$$T2 = r2[u] w2[x] r2[y] w2[y] c2$$

$$H1 = w1[x] w1[y] r2[u] w2[x] r2[y] w2[y] c2 w1[z] c1$$

$$H2 = w1[x] w1[y] r2[u] w2[x] r2[y] w2[y] w1[z] c1 c2$$

$$H3 = w1[x] w1[y] r2[u] w2[x] w1[z] c1 r2[y] w2[y] c2$$

$$H4 = w1[x] w1[y] r2[u] w1[z] c1 w2[x] r2[y] w2[y] c2$$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

Izolacja

**Izolacja = Uszeregowalność  $\cap$  ST**

# INFORMATYKA GEODEZYJNO- KARTOGRAFICZNA

## Realizacje uszeregowalne

- Realizacja r zbioru transakcji jest **poprawna** (uszeregowalna) jeżeli jest ona obrazowo i stanowo równoważna jakiejkolwiek sekwencyjnej realizacji tego zbioru transakcji. Realizację taką nazywamy **realizacją uszeregowalną (SR)**

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Graf uszergowalności (1)

- **Grafem uszeregowalności** realizacji  $r(\tau)$  nazywamy skierowany graf  $SG(r(\tau)) = (V, A)$ , taki, w którym zbiór wierzchołków  $V$  odpowiada transakcjom ze zbioru  $\tau$ , natomiast zbiór krawędzi jest zdefiniowany następująco:
- Jeżeli istnieje dana  $x$ , i operacje  $T_i: r(x)$ ,  $T_j: w(x) \in Tr(\tau)$ , takie, że  $T_i: r(x)$  czyta wartość danej  $x$  zapisanej przez operację  $T_j: w(x)$ , to:
  1.  $(T_j, T_i) \in A$
  2. Jeżeli  $T_j \neq T_0$ ,  $T_i \neq T_f$  i istnieje operacja  $T_k: w(x) \in Tr(\tau)$ ,  $T_k \neq T_0$ , to  $(T_k, T_j) \in A$  lub  $(T_i, T_k) \in A$
  3. Jeżeli  $T_j \neq T_0$ , to  $(T_0, T_j) \in Ar$

# INFORMATYKA GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNA

## Graf uszeregowalności (2)

4. Jeżeli  $T_j = T_0$ ,  $T_i \neq T_f$  i istnieje operacja  $T_k: w(x) \in \text{Tr}(\tau)$ ,  $T_k \neq T_0$ , to  $(T_i, T_k) \in A$ ;
5. Jeżeli  $T_i = T_f$ , i istnieje operacja  $T_k: w(x) \in \text{Tr}(\tau)$ , to  $(T_k, T_j) \in A$ 
  - Dana realizacja  $r(\tau)$  jest uszeregowalna wtedy i tylko wtedy, gdy można skonstruować dla niej acykliczny skierowany graf uszeregowalności  $SG(r(\tau))$

Dana realizacja  $r(\tau)$  jest uszeregowalna wtedy i tylko wtedy, gdy można skonstruować dla niej acykliczny skierowany graf uszeregowalności  $SG(r(\tau))$