Funkcje analityczne

Plan rozdziału

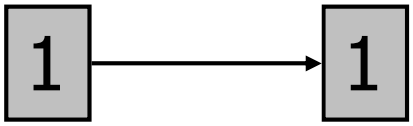
- Wprowadzenie do funkcji analitycznych
- Funkcje rankingu
- Funkcje okna
- Funkcje raportujące
- Funkcje LAG/LEAD
- Funkcje FIRST/LAST
- Odwrotne funkcje percentyli
- Funkcje rankingu hipotetycznego
- Funkcja WIDTH_BUCKET
- Pozostałe funkcje analityczne

Wprowadzenie do funkcji analitycznych

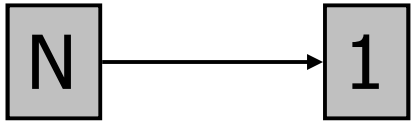
- Funkcje analityczne stanowią analityczne rozszerzenie funkcji SQL
- Podstawowy podział funkcji analitycznych jest następujący:
  - **funkcje rankingu** – wykorzystywane do wyznaczania rankingów, podziałów zbiorów wierszy na grupy (n-tki)
  - **funkcje okna** – wyznaczają wartości agregatów dla zbiorów wierszy wyznaczanych przy użyciu definicji okna
  - **funkcje raportujące** – wyznaczają wartości agregatów dla zbiorów wierszy w ramach tzw. partycji
  - **funkcje LAG/LEAD** – znajdują wartości określonych atrybutów w wierszach sąsiednich
  - **funkcje FIRST/LAST** – znajdują początkową lub końcową wartość w uporządkowanym zbiorze
  - **odwrotne funkcje procentyli** – wyznaczają wartość występującą w określonym miejscu w uporządkowanym zbiorze
  - **funkcje rankingu hipotetycznego** – wyznaczają hipotetyczny ranking zadanych wartości w uporządkowanym zbiorze
  - **funkcja WIDTH_BUCKET** – dzieli uporządkowany zbiór na określoną liczbę przedziałów o zadanej szerokości
  - **funkcje statystyczne** – wyliczają zmiany poziomów i inne statystyki

Miejsce funkcji analitycznych (1/3)

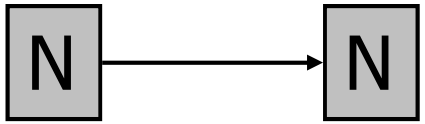
- Funkcje analityczne różnią się metodą działania i sposobem użycia od tradycyjnych funkcji SQL-owych
- Funkcje analityczne wyznaczając wynik dla bieżącego wiersza z reguły korzystają z informacji znajdujących się w wierszach sąsiednich
- Typy funkcji (liczba wierszy będących podstawą wyznaczenia wyniku, liczba wartości będących wynikiem funkcji)
  - Jednowierszowe (np. DECODE, UPPER, TO_DATE)



  - Grupowe (np. AVG, SUM, COUNT)

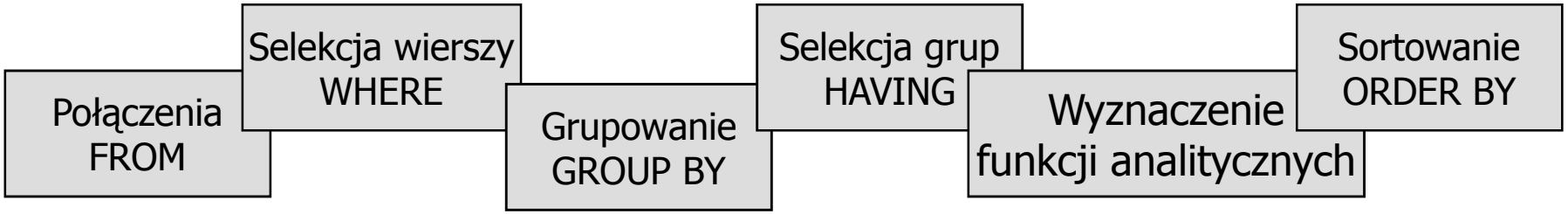


  - Analityczne



Miejsce funkcji analitycznych (2/3)

- Uwzględniając przetwarzanie polecenia SQL i jego kolejnych klauzul, można powiedzieć, że wartości funkcji analitycznych są wyliczane po wszystkich operacjach składowych (połączeniach, selekcji wierszy, grupowaniu, selekcji grup itd.)
- Po wyznaczeniu wyników funkcji analitycznych wykonywana jest jedynie operacja sortowania



Miejsce funkcji analitycznych (3/3)

- Ściśle określone miejsce wyznaczania wartości funkcji analitycznych ma swoje znaczące konsekwencje:
  - nie mogą być używane w klauzulach WHERE, GROUP BY, HAVING
  - wykorzystywane są tylko i wyłącznie w klauzuli SELECT lub ORDER BY
  - działają tylko i wyłącznie na wierszach, grupach będących efektem finalnym zapytania
  - wiersze lub grupy odrzucone za pomocą klauzul WHERE lub HAVING nie są uwzględniane przez funkcje analityczne

    np. jeśli odrzucimy w zapytaniu wszystkich zarabiających powyżej 1000 zł. to może okazać się, że w rankingu osób wg zarobków pierwsze miejsce zajmuje osoba z kwotą 900 zł.

Partycje, okna, wiersz bieżący

- Przy używaniu funkcji analitycznych istotna jest znajomość podstawowej terminologii
  - **Partycje** – umożliwiają podział rezultatu zapytania na autonomiczne, niezależne zbiory, w ramach których funkcje analityczne będą mogły wyznaczać oddzielne rankingi, średnie itp.
  - **Okna** – występują tylko w przypadku funkcji okna. Pozwalają na zdefiniowane ruchomego zakresu – określanego indywidualnie dla każdego wiersza – w ramach którego funkcja będzie wyznaczała swoją wartość
  - **Bieżący wiersz** – wiersz, dla którego w danym momencie wyznaczany jest wynik funkcji analitycznej. W szczególności stanowi on punkt odniesienia przy wyznaczaniu zakresu okna

Partycje, okna, wiersz bieżący

ID_TRANSAKCJI	NR_KONTA	DATA	KWOTA	TYP
10000	11-11111111	97/01/03	1500	WPŁATA
10010	11-11111111	97/01/12	-100	WYPŁATA
10020	11-11111111	97/02/02	750	WPŁATA
10030	11-11111111	98/05/22	-150	WYPŁATA
10040	11-11111111	99/11/04	1800	WPŁATA
10050	11-11111111	99/12/02	1800	WPŁATA
10070	11-11111111	99/12/24	-300	WYPŁATA
10060	11-11111111	99/12/24	-120,5	WYPŁATA
10011	22-22222222	97/01/12	1000	WPŁATA
10021	22-22222222	97/09/02	830	WPŁATA
10031	22-22222222	98/03/22	-170	WYPŁATA
10001	22-22222222	98/04/03	1650	WPŁATA
10071	22-22222222	99/10/02	-330	WYPŁATA
10061	22-22222222	99/10/24	-130,5	WYPŁATA
10081	22-22222222	99/12/19	-110	WYPŁATA
10002	33-33333333	95/10/03	1350	WPŁATA
10022	33-33333333	96/07/02	670	WPŁATA
10012	33-33333333	97/02/12	-90	WYPŁATA
10052	33-33333333	98/05/02	1710	WPŁATA
10042	33-33333333	98/05/04	1620	WPŁATA
10032	33-33333333	98/07/22	-130	WYPŁATA
10092	33-33333333	99/08/03	810	WPŁATA

Partycje pozwalają na podział wyniku na autonomiczne obszary, w celu wykonania wielu analiz np. rankingów lub obliczenia sumy kumulacyjnej oddzielnie dla każdego z nich

Okno wyznaczane indywidualnie dla każdego wiersza bieżącego pozwala na zdefiniowanie zmiennego zakresu uwzględnianego przez funkcję analityczną

Bieżący wiersz to wiersz, dla którego w danej chwili następuje wyznaczenie wyniku funkcji analitycznej

Składnia funkcji analitycznych

- Funkcje analityczne znacznie różnią się od standardowych funkcji SQL-owych. Ich ogólna składnia jest następująca:

NAZWA FUNKCJI ANALITYCZNEJ (**parametry** –
różne dla różnego rodzaju funkcji)
OVER (**definicja partycji** – opcjonalna
definicja porządku wierszy w partycji – zależna od typu funkcji
definicja okna – tylko w przypadku funkcji okna)

- Przykłady:

RANK() OVER (**partition by numer_konta**
order by kwota)

AVG() OVER (**partition by numer_konta**
order by data
ROWS UNBOUNDED PRECEDING)

LEAD(**sum(kwota)**) OVER (**partition by numer_konta**
order by data)

Przykładowy schemat

```
SQL> desc transakcje
 Nazwa                     Wartość NULL? Typ
 ------------------------- -------- ----------------
 ID_TRANSAKCJI             NOT NULL NUMBER(12)
 NR_KONTA                  NOT NULL VARCHAR2(30)
 DATA                      NOT NULL DATE
 KWOTA                     NOT NULL NUMBER(10,2)
 TYP                                VARCHAR2(10)
 KATEGORIA                          VARCHAR2(20)
```

```
SQL> SELECT * FROM transakcje;

ID_TRANSAKCJI NR_KONTA    DATA          KWOTA TYP        KATEGORIA
------------- ----------- -------- ---------- ---------- --------------------
        10000 11-11111111 97/01/03       1500 WPŁATA     PENSJA
        10010 11-11111111 97/01/12       -100 WYPŁATA    WYPŁATA W BANKOMACIE
        10020 11-11111111 97/02/02        750 WPŁATA     UMOWA O DZIEŁO
        10030 11-11111111 98/05/22       -150 WYPŁATA    RACHUNEK ZA TELEFON
        10040 11-11111111 99/11/04       1800 WPŁATA     PENSJA
        10050 11-11111111 99/12/02       1900 WPŁATA     PENSJA
        10060 11-11111111 99/12/24     -120,5 WYPŁATA    RACHUNEK ZA PRĄD
        10070 11-11111111 00/01/02       -300 WYPŁATA    WYPŁATA W BANKOMACIE
        10080 11-11111111 00/01/19       -100 WYPŁATA    RACHUNEK ZA TELEFON
        10090 11-11111111 00/05/03        900 WPŁATA     UMOWA O DZIEŁO
        10100 11-11111111 01/07/16       -600 WYPŁATA    RACHUNEK ZA PRĄD
        10110 11-11111111 01/07/24       -150 WYPŁATA    WYPŁATA W BANKOMACIE
        10120 11-11111111 01/09/03       1400 WPŁATA     PENSJA
        10130 11-11111111 01/09/29       -250 WYPŁATA    RACHUNEK ZA TELEFON
        10140 11-11111111 01/12/03       1650 WPŁATA     PENSJA
        10150 11-11111111 02/01/05       -500 WYPŁATA    WYPŁATA W BANKOMACIE
. . .
```

Funkcje rankingu

- Funkcje rankingu wyznaczają ranking wiersza porównując wartości w nim zawarte z wartościami wierszy znajdujących się w tej samej partycji.
- Partycje pozwalają na wyznaczenie wielu oddzielnych rankingów.
- Porządek wierszy w partycji jest podstawowym elementem definiującym ranking
- Przykłady funkcji rankingu:
  - RANK, DENSE_RANK
  - CUME_DIST
  - PERCENT_RANK
  - NTILE
  - ROW_NUMBER
- Składnia:

```
nazwa_funkcji() OVER (    PARTITION BY wyrażenie1 - opcjonalnie
                          ORDER BY wyrażenie2 - obowiązkowo)
```

RANK, DENSE_RANK (1/2)

- Pozwalają na ustalenie rankingu w grupie.
- Funkcja RANK w przypadku dwóch lub większej liczby wierszy znajdujących się na tej samej pozycji pozostawia przerwy w numeracji, funkcja DENSE_RANK przerw nie zostawia.
- Zadanie:
  Wyznacz rankingi wpłat i wypłat oddzielne dla każdej kategorii.
  Analizę ogranicz tylko do konta 11-11111111

```
SELECT rank() OVER (PARTITION BY kategoria
                    ORDER BY kwota DESC) RANK,
       dense_rank() OVER (PARTITION BY kategoria
                          ORDER BY kwota DESC) dense_rank,
       kategoria, data, kwota
FROM   transakcje
WHERE  nr_konta = '11-11111111'
ORDER BY kategoria, kwota DESC;
```

RANK, DENSE_RANK (2/2)

Oddzielne rankingi dla każdej partycji

Ten sam porządek – malejący dla wszystkich partycji

Różnice dla funkcji RANK i DENSE_RANK

RANK	DENSE_RANK	KATEGORIA	DATA	KWOTA
1	1	PENSJA	99/11/04	1800
1	1	PENSJA	99/12/02	1800
3	2	PENSJA	01/12/03	1650
4	3	PENSJA	97/01/03	1500
5	4	PENSJA	01/09/03	1400
1	1	RACHUNEK ZA PRĄD	99/12/24	-120,5
2	2	RACHUNEK ZA PRĄD	01/07/16	-600
1	1	RACHUNEK ZA TELEFON	98/05/22	-150
1	1	RACHUNEK ZA TELEFON	00/01/19	-150
3	2	RACHUNEK ZA TELEFON	01/09/29	-250
1	1	UMOWA O DZIEŁO	00/05/03	900
2	2	UMOWA O DZIEŁO	97/02/02	750
1	1	WYPŁATA W BANKOMACIE	97/01/12	-100
2	2	WYPŁATA W BANKOMACIE	01/07/24	-150
3	3	WYPŁATA W BANKOMACIE	99/12/24	-300
4	4	WYPŁATA W BANKOMACIE	02/01/05	-500

Podział wierszy na partycje

- Wiersze dzielone są na partycje za pomocą wyrażenia PARTITION BY
- Podział na partycje może być realizowany za pomocą dowolnego wyrażenia lub zbioru wyrażeń rozdzielonych przecinkami.
- Przykłady:

```
PARTITION BY kategoria
```

```
PARTITION BY konto, kategoria
```

```
PARTITION BY to_char(data,'YYYY')
```

Porządek wierszy w partycji

- Większość funkcji analitycznych (poza funkcjami raportującymi) wymaga uporządkowania wierszy w partycji
- Do ustalenia porządku wierszy w partycji wykorzystywane jest wyrażenie ORDER BY
- Sortowanie może odbyć się w oparciu o jedno wyrażenie lub zbiór wyrażeń rozdzielonych przecinkami
- Klauzule NULLS FIRST i NULLS LAST pozwalają precyzyjnie wskazać miejsce wierszy z pustymi wartościami wyrażeń wykorzystywanych do ustalenia porządku. Pominięcie tych klauzul powoduje, że wartości puste są traktowane jako największe w zbiorze
- Porządek wierszy we wszystkich partycjach jest jednakowy
- Przykłady:

```
ORDER BY data
```

```
ORDER BY data, kwota DESC
```

```
ORDER BY to_char(data,'YYYY'), kwota
```

CUME_DIST, PERCENT_RANK

- Wyniki funkcji CUME_DIST i PERCENT_RANK wyznaczane są wg następujących wzorów:

CUME_DIST(x) = liczba wierszy w partycji posiadających wartość x "przed" bieżącą wartością x wraz z wierszami posiadającymi wartość x / liczbę wszystkich wierszy w partycji

PERCENT_RANK(x) = ranking bieżącego wiersza - 1 / liczbę wszystkich wierszy w partycji - 1

gdzie x jest atrybutem, po którym sortujemy lub, w oparciu o który wyznaczamy ranking

```
SQL> SELECT cume_dist() OVER (ORDER BY kwota) cume_dist,
  2         percent_rank() OVER (ORDER BY kwota) percent_rank,
  3         kwota
  4  FROM   transakcje
  5  WHERE nr_konta = '11-11111111'
  6  AND   kategoria = 'pensja'
  7  ORDER BY kwota;
 CUME_DIST PERCENT_RANK      KWOTA
---------- ------------ ----------
        ,2            0       1400
        ,4          ,25       1500
        ,6           ,5       1650
         1          ,75       1800
         1          ,75       1800
```

(1+1)/5

(4 – 1)/(5 – 1)

w przypadku braku klauzuli PARTITION BY wszystkie wiersze uzyskane w wyniku stanowią jedną partycję

Funkcja **CUME_DIST** wyznacza tzw. procentyle. Informuje na jakim miejscu w uporządkowanym zbiorze, wyrażonym procentowo, znajduje się określona wartość

NTILE, ROW_NUMBER (1/2)

- Funkcja NTILE dzieli wiersze w partycji na N grup (ang. bucket) i przypisuje każdej z nich liczbę porządkową. Liczba krotek między grupami różni się co najwyżej o jedną krotkę. Funkcja NTILE służy przede wszystkim do wyliczania kwantyli, kwartyli i median. NTILE jest funkcją niedeterministyczną.
- Funkcja ROW_NUMBER przypisuje każdemu wierszowi oddzielny numer wynikający z jego porządku w partycji. Podobnie jak funkcja NTILE jest to funkcja niedeterministyczna.
- Niedeterminizm funkcji analitycznych jest uwarunkowany porządkiem wierszy w partycji. Jeśli jest on ściśle określony (sortowanie jest realizowane w oparciu o wyrażenie unikalne) niedeterminizm nie występuje.

NTILE, ROW_NUMBER (2/2)

```
SQL> SELECT ntile(4) OVER (ORDER BY kwota) ntile,
  2         row_number() OVER (ORDER BY kwota) row_number,
  3         kwota, data, kategoria
  4  FROM  transakcje
  5  WHERE nr_konta = '11-11111111'
  6  AND   kategoria IN ('pensja','rachunek za telefon')
  7  ORDER BY kwota;

     NTILE ROW_NUMBER      KWOTA DATA     KATEGORIA
---------- ---------- ---------- -------- --------------------
         1          1       -250 01/09/29 RACHUNEK ZA TELEFON
         1          2       -150 98/05/22 RACHUNEK ZA TELEFON
         2          3       -150 00/01/19 RACHUNEK ZA TELEFON
         2          4       1400 01/09/03 PENSJA
         3          5       1500 97/01/03 PENSJA
         3          6       1650 01/12/03 PENSJA
         4          7       1800 99/11/04 PENSJA
         4          8       1800 99/12/02 PENSJA
```

Kwota nie jest unikalna, a zatem wyniki funkcji NTILE i ROW_NUMBER mogą być niedeterministyczne

W przypadku niepodzielności liczby wierszy przez argument funkcji NTILE, początkowe grupy "obdarowywane" są pojedynczymi wierszami wynikającymi z reszty z dzielenia. Dla przykładu liczności grup partycji składającej się z 15 pierwszy i argumencie funkcji NTILE równym 4 będą następujące 4,4,4,3 wynika to z 15/4 = 3 reszta 3

Ograniczanie wyników w oparciu o wyniki funkcji analitycznych

- Ze względu na kolejność wykonywania operacji w przepadku użycia funkcji analitycznych nie można bezpośrednio zakładać na nich warunków
- Warunki na wartościach wyznaczonych przez funkcje analityczne zakłada się zagnieżdżając zapytanie wykorzystujące funkcję analityczną
- Przykłady:
  - Znajdź trzy największe wpłaty
  - Znajdź pierwszą połowę transakcji wykonanych w roku 1999

```
SELECT kwota, data, nr_konta
FROM (
  SELECT kwota, data, nr_konta,
         rank()
         over (ORDER BY kwota DESC) r
  FROM   transakcje)
WHERE r <= 3;

 KWOTA DATA     NR_KONTA
------ -------- -----------
  2090 01/07/02 22-22222222
  1980 01/05/04 22-22222222
  1820 03/04/03 22-22222222
```

```
SELECT kwota, data, nr_konta
FROM (
  SELECT kwota, data, nr_konta,
         percent_rank()
         over (ORDER BY kwota DESC) pr
  FROM   transakcje
  WHERE  nr_konta = '11-11111111'
  AND to_char(data,'YYYY') = '1999')
WHERE pr <= 0.5;

 KWOTA DATA     NR_KONTA
------- -------- -----------
   1800 99/11/04 11-11111111
   1800 99/12/02 11-11111111
```

Funkcje okna

- Funkcje okna operują na uporządkowanym zbiorze krotek i dla każdej krotki obliczają wartość agregowaną obejmującą wartości występujące w tzw. oknie.
- Funkcje okna pozwalają na wyznaczanie wyników funkcji agregujących przyrostowych, ruchomych itp. Do określenia typu agregacji wykorzystywana jest definicja okna
- Funkcje okna są bardzo podobne do tradycyjnych funkcji agregujących: MAX, MIN, AVG, SUM, COUNT, STDDEV, VARIANCE. Dodatkowo istnieją dwie funkcje FIRST_VALUE i LAST_VALUE wyznaczające odpowiednio pierwszą i ostatnią wartość w partycji. Funkcjami okna mogą również funkcje regresji liniowej.
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(wyrażenie1)
OVER (   PARTITION BY wyrażenie2 - opcjonalnie
         ORDER BY wyrażenie3 - obowiązkowo
         definicja okna - opcjonalna)
```

Definicja okna (1/2)

- Rozróżniamy dwa typy okien. Typ wykorzystywanego okna zależy od słów kluczowych użytych przy jego definicji
  - ROWS – okno fizyczne – wyrażone w liczbie krotek
  - RANGE – okno logiczne – wyrażone przy użyciu wartości o typie zgodnym z atrybutem porządkującym wiersze w partycji
- Zakres okna może być zdefiniowany za pomocą wyrażeń:
  - BETWEEN … AND … – pozwala na jawne zdefiniowanie zarówno początku jak i końca okna
  - określenia tylko początku okna, koniec okna w takim przypadku będzie domyślny – bieżący wiersz.
- Słowa kluczowe wykorzystywane przy definiowaniu okna:
  - UNBOUNDED PRECEDING – początkiem okna będzie pierwszy wiersz w partycji, używane tylko przy definiowaniu początku okna
  - UNBOUNDED FOLLOWING – końcem okna będzie końcowy wiersz w partycji, używane tylko przy definiowaniu końca okna
  - CURRENT ROW – bieżący wiersz lub wartość w zależności od typu okna

Definicja okna (2/2)

- Początek i koniec okna można również zdefiniować za pomocą wyrażeń:
  - wartość FOLLOWING
  - wartość PRECEDING
- Interpretacja wartości jest zależna od typu okna
  - ROWS – wartość jest fizycznym offsetem wyrażonym w liczbie krotek. Musi być albo stałą albo wyrażeniem, którego wartością jest liczba całkowita dodatnia
  - RANGE – wartość jest logicznym offsetem zależnym od wyrażenia wykorzystanego do uporządkowania wierszy w partycji.
    Jeśli wyrażenie to jest liczbą lub datą, wówczas wartość może być liczbą dodatnią.
    Jeśli wyrażenie w klauzuli ORDER BY jest datą wówczas wartość może być zarówno liczbą dodatnią jak i interwałem czasu
- Początek okna nigdy nie może być za końcem okna
- Dla każdego wiersza okno wyznaczane jest indywidualnie
- Pominięcie definicji okna jest równoznaczne z wyrażeniem:

```
RANGE BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND CURRENT ROW
```

Definicja okna – przykłady

- Okno obejmujące 5 wierszy: bieżący i po 2 przed i po bieżącym wierszu

```
ROWS BETWEEN 2 PRECEDING AND 2 FOLLOWING
```

- Okno rozpoczynające się od bieżącego wiersza a kończące na końcu partycji

```
ROWS BETWEEN CURRENT ROW AND UNBOUNDED FOLLOWING
```

- Okno obejmujące dwa ubiegłe miesiące

```
RANGE INTERVAL '2' MONTH PRECEDING
```

- Okno obejmujące wiersze z wartościami atrybutu nie mniejszymi niż 100 i nie większymi niż 200 od wartości w bieżącym wierszu

```
RANGE BETWEEN 100 PRECEDING AND 200 FOLLOWING
```

Przykłady funkcji okna

- Dla każdej transakcji przedstaw jej datę, kwotę na jaką opiewała oraz:
  - saldo po wykonaniu operacji
  - średnią kwotę operacji z ostatniego roku
  - minimalną kwotę z 3 ostatnich operacji
  - ilość operacji wykonanych od 6 miesięcy wstecz do 6 miesięcy po transakcji

KWOTA	DATA	SALDO	AVG12	MIN3	COUNT6_6
1500	97/01/03	1500	1500,00	1500	3
-100	97/01/12	1400	700,00	-100	3
750	97/02/02	**2150**	716,67	-100	3
-150	98/05/22	2000	-150,00	-150	1
1800	99/11/04	3800	1800,00	-150	6
1800	99/12/02	5600	1800,00	-150	6
-300	99/12/24	5300	1100,00	-300	6
-120,5	99/12/24	5179,5	794,88	-300	6
-150	00/01/19	5029,5	605,90	-300	6
900	00/05/03	5929,5	654,92	-300	6
-600	01/07/16	5329,5	-600,00	-600	6
-150	01/07/24	5179,5	-375,00	-600	6
1400	01/09/03	6579,5	216,67	-600	6
-250	01/09/29	6329,5	100,00	-600	6
1650	01/12/03	7979,5	410,00	-250	6
-500	02/01/05	7479,5	258,33	-500	6

```
SELECT kwota, data,
       SUM(kwota) OVER (ORDER BY data) saldo,
       AVG(kwota) OVER (ORDER BY data RANGE INTERVAL '12' month PRECEDING) avg12,
       MIN(kwota) OVER (ORDER BY data rows 3 PRECEDING) min3,
       COUNT(*)   OVER (ORDER BY data RANGE BETWEEN interval '6' month PRECEDING
                                               AND interval '6' month FOLLOWING) count6_6
FROM  transakcje
WHERE nr_konta = '11-11111111'
ORDER BY data;
```

Funkcje raportujące

- Funkcje raportujące podobnie jak funkcje okna pozwalają na wyznaczenie wartości funkcji agregujących w oparciu o zbiór wierszy uzyskanych w wyniku zapytania.
- W odróżnieniu od funkcji okna nie wprowadzają one definicji okna, ani porządku wierszy w partycji.
- Zakresem obejmowanym do wyznaczenia wyniku funkcji agregujących jest zawsze cała partycja
- Funkcje raportujące są bardzo podobne do tradycyjnych funkcji agregujących: MAX, MIN, AVG, SUM, COUNT, STDDEV, VARIANCE, RATIO_TO_REPORT. Funkcjami raportującymi mogą być również funkcje regresji liniowej.
- Dzięki funkcjom raportującym z poziomu pojedynczych wierszy mamy dostęp do agregatów wyznaczonych na grupie.
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(wyrażenie1)
  OVER (PARTITION BY wyrażenie2 - opcjonalnie)
```

Przykłady funkcji raportujących

- Dla każdej transakcji przedstaw jej kwotę, datę i kategorię, oraz:
  - średnią kwotę operacji wchodzących w skład tej samej kategorii
  - udział kwoty transakcji do wszystkich transakcji z tej samej kategorii

```
SELECT kwota, data, kategoria,
       AVG(kwota) OVER (PARTITION BY kategoria) avg_k,
       kwota/SUM(kwota) OVER (PARTITION BY kategoria) ratio_to_report
FROM  transakcje
WHERE nr_konta = '11-11111111'
ORDER BY kategoria, data;
```

UWAGA! Użycie klauzuli ORDER BY wewnątrz funkcji raportującej czyni z niej funkcje okna.

Funkcja **RATIO_TO_REPORT(x)** jest uproszczeniem dla wyrażenia **x/SUM(x)** gdzie SUM(x) jest raportującą funkcją analityczną

KWOTA	DATA	KATEGORIA	AVG_K	RATIO_TO_
1500	97/01/03	PENSJA	1630,00	0,184
1800	99/11/04	PENSJA	1630,00	0,221
1800	99/12/02	PENSJA	1630,00	0,221
1400	01/09/03	PENSJA	1630,00	0,172
1650	01/12/03	PENSJA	1630,00	0,202
-120,5	99/12/24	RACHUNEK ZA PRĄD	-360,25	0,167
-600	01/07/16	RACHUNEK ZA PRĄD	-360,25	0,833
-150	98/05/22	RACHUNEK ZA TELEFON	-183,33	0,273
-150	00/01/19	RACHUNEK ZA TELEFON	-183,33	0,273
-250	01/09/29	RACHUNEK ZA TELEFON	-183,33	0,455
750	97/02/02	UMOWA O DZIEŁO	825,00	0,455
900	00/05/03	UMOWA O DZIEŁO	825,00	0,545
-100	97/01/12	WYPŁATA W BANKOMACIE	-262,50	0,095
-300	99/12/24	WYPŁATA W BANKOMACIE	-262,50	0,286
-150	01/07/24	WYPŁATA W BANKOMACIE	-262,50	0,143
-500	02/01/05	WYPŁATA W BANKOMACIE	-262,50	0,476

LAG/LEAD

- Bardzo ciekawymi funkcjami analitycznymi o wielu zastosowaniach są funkcje LAG i LEAD.
- Funkcje te mogą sięgać do wartości określonych atrybutów znajdujących się w sąsiednich wierszach w tej samej partycji
- Przykłady:
  - Pokaż okresy w jakich występował określony stan konta
  - Pokaż zysk z kolejnych lat oraz różnicę w stosunku do zysku z lat poprzednich
- Funkcje LAG i LEAD wymagają określenia kolejności wierszy w partycji
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(wyrażenie1,o_ile) OVER
          (PARTITION BY wyrażenie2 - opcjonalnie
           ORDER BY wyrażenie3 - obowiązkowo)
```

wyrażenie1 – jest wskazaniem na atrybut, który leży w kręgu naszych zainteresowań
o_ile – mówi o ile wierszy wstecz (LAG) lub w przód (LEAD) w wierszach wyników należy sięgnąć aby dobrać się do właściwej wartości

Przykłady wykorzystania funkcji LAG/LEAD

```
SELECT kwota,
       SUM(kwota) OVER (ORDER BY data) saldo,
       data od_dnia,
       LEAD(data,1) OVER
         (ORDER BY data) do_dnia
FROM  transakcje
WHERE nr_konta = '11-11111111'
ORDER BY data;
```

KWOTA	SALDO	OD_DNIA	DO_DNIA
1500	1500	97/01/03	97/01/12
-100	1400	97/01/12	97/02/02
750	2150	97/02/02	98/05/22
-150	2000	98/05/22	99/11/04
1800	3800	99/11/04	99/12/02
1800	5600	99/12/02	99/12/24
. .			
1400	6579,5	01/09/03	01/09/29
-250	6329,5	01/09/29	01/12/03
1650	7979,5	01/12/03	02/01/05
-500	7479,5	02/01/05	

```
SELECT nr_konta, to_char(data,'YYYY') rok,
       SUM(kwota) przychod,
       SUM(kwota)-
       LAG(SUM(kwota),1)
         OVER (PARTITION BY nr_konta
               ORDER BY to_char(data,'YYYY'))
           roznica
FROM   transakcje
GROUP BY nr_konta, to_char(data,'YYYY');
```

NR_KONTA	ROK	PRZYCHOD	ROZNICA
11-11111111	1997	2150,00	
11-11111111	1998	-150,00	-2300
11-11111111	1999	3179,50	3329,5
11-11111111	2000	750,00	-2429,5
11-11111111	2001	2050,00	1300
11-11111111	2002	-500,00	-2550
22-22222222	1997	1830,00	
22-22222222	1998	1480,00	-350
22-22222222	1999	-570,50	-2050,5
22-22222222	2001	3400,00	3970,5
22-22222222	2002	1540,00	-1860
22-22222222	2003	1820,00	280
33-33333333	1995	1350,00	
33-33333333	1996	670,00	-680
33-33333333	1997	-90,00	-760
33-33333333	1998	3200,00	3290
. . .			

FIRST/LAST

- Funkcje FIRST/LAST są odpowiednikami funkcji okna FIRST_VALUE i LAST_VALUE. Działają one jednakże na całej partycji i nie ma w nich definicji okna.
- Funkcje FIRST/LAST mogą działać w dwóch trybach
  - jako funkcje agregujące – bez użycia klauzuli OVER – w tym przypadku "partycją" jest grupa wierszy (GROUP BY)
  - jako zwykłe funkcje raportujące – z wykorzystaniem klauzuli OVER
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(wyrażenie1)
        KEEP ( DENSE_RANK LAST|FIRST ORDER BY wyrażenie2)
        [OVER (PARTITION BY wyrażenie3)]
```

- Funkcje FIRST/LAST mimo iż posiadają wiele postaci MIN, MAX, SUM, AVG, COUNT, VARIANCE, STDDEV ostatecznie koncentrują się na przetwarzaniu jednej wartości występującej na początku lub na końcu grupy wierszy

Przykłady wykorzystania funkcji FIRST/LAST

- Dla każdego roku wyświetl kwotę oraz datę największego przychodu (funkcja FIRST jako funkcja agregująca)

```
SELECT TO_CHAR(data,'yyyy') rok,
       MAX(kwota) przychod,
       MIN(data) keep (dense_rank first
                       order by kwota desc) data1,
       MAX(data) keep (dense_rank last
                       order by kwota) data2
FROM   transakcje
WHERE  nr_konta = '11-11111111'
GROUP  BY TO_CHAR(data,'YYYY');
```

ROK	PRZYCHOD	DATA1	DATA2
1997	1500	97/01/03	97/01/03
1998	-150	98/05/22	98/05/22
1999	1800	99/11/04	99/12/02
2000	900	00/05/03	00/05/03
2001	1650	01/12/03	01/12/03
2002	-500	02/01/05	02/01/05

- Dla każdej transakcji wyświetl różnicę kwoty transakcji i kwoty pierwszej transakcji wykonanej tego samego roku

```
SELECT data, kwota,
       kwota-
       AVG(kwota) KEEP (DENSE_RANK LAST
                        ORDER BY data DESC)
       OVER (PARTITION BY to_char(data,'YYYY')) ROZ
from   transakcje
where  NR_KONTA = '11-11111111'
and to_char(DATA,'YYYY') between '1997' and '2000'
order by DATA
```

DATA	KWOTA	ROZ
97/01/03	1500	0
97/01/12	-100	-1600
97/02/02	750	-750
98/05/22	-150	0
99/11/04	1800	0
99/12/02	1800	0
99/12/24	-300	-2100
99/12/24	-120,5	-1920,5
00/01/19	-150	0
00/05/03	900	1050

Funkcje PERCENTILE_DISC i PERCENTILE_CONT

- Funkcja CUME_DIST może służyć do wyznaczenia tzw. procentyli czyli określenia na jakim miejscu w uporządkowanym zbiorze, wyrażonym procentowo, znajduje się określona wartość
- Funkcje PERCENTILE_DISC i PERCENTILE_CONT służą do operacji odwrotnej. Informują jaka wartość znajduje się na określonej pozycji w uporządkowanym zbiorze wartości.
- PERCENTILE_DISC wyznaczane jest przez przeglądanie wyników uzyskanych w wyniku funkcji CUME_DIST. Pierwszy wiersz, w którym wynik funkcji CUME_DIST jest większy od argumentu funkcji PERCENTILE_DISC wyznacza poszukiwaną wartość.
- Wynik funkcji PERCENTILE_CONT jest wyznaczany przez liniową interpolację wierszy otaczających wskazaną pozycję. Algorytm do wyznaczenia wartości PERCENTILE_CONT(x) jest następujący:
  - RN = (1+x*(n-1)) gdzie n jest liczbą wierszy w grupie
  - CRN = CEIL(RN); FRN = FLOOR(RN)
  - Jeśli CRN = FRN wówczas wynikiem jest wartość znajdująca się w wierszu RN w przeciwnym przypadku wynikiem jest wartość wyrażenia (CRN-RN)*(wartość z wiersza CRN)+(RN-FRN)*(wartość z wiersza FRN)
- Funkcje mają dwie postacie: funkcji agregujących i raportujących
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(stała1)
        WITHIN GROUP (ORDER BY wyrażenie2)
        [OVER (PARTITION BY wyrażenie3)]
```

Przykłady wykorzystania funkcji PERCENTILE_DISC i PERCENTILE_CONT

- Jakie kwoty były w poszczególnych latach kwotami znajdującymi się w środku zbioru transakcji uporządkowanego wg wielkości kwoty – medianę
- Jaki był procentowy udział kwoty każdej transakcji w medianie

```
SELECT TO_CHAR(data,'yyyy') rok,
       percentile_disc(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY kwota) disc,
       percentile_cont(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY kwota) cont
FROM   transakcje
WHERE  nr_konta = '11-11111111'
AND    to_char(data,'YYYY') BETWEEN '1997' AND '2000'
GROUP BY to_char(data,'YYYY')
```

ROK	DISC	CONT
1997	750	750
1998	-150	-150
1999	-120,5	839,75
2000	-150	375

RN = (1+x*(n-1)) = (1+0,5*(4-1)) = 1+1,5 = 2,5; CRN = 3; FRN = 2;
CONT = (CRN-RN)*x(CRN)+(RN-FRN)*x(FRN) =
0,5 * -120,5 + 0,5 * 1800 = -60,25 + 900 = 839,75

```
SELECT to_char(data,'yyyy') rok, kwota,
  cume_dist()
    OVER (PARTITION BY to_char(data,'YYYY')
          ORDER BY kwota ) cume_dist,
  kwota/percentile_disc(0.5)
    WITHIN GROUP (ORDER BY kwota)
    OVER (PARTITION BY to_char(data,'YYYY')) proc
FROM   transakcje
. . .
```

ROK	KWOTA	CUME_DIST	PROC
1997	-100	0,33	-0,13
1997	750	0,67	1,00
1997	1500	1,00	2,00
1998	-150	1,00	1,00
1999	-300	0,25	2,49
1999	-120,5	0,50	1,00
1999	1800	1,00	-14,94
1999	1800	1,00	-14,94
2000	-150	0,50	1,00
2000	900	1,00	-6,00

Funkcje rankingu hipotetycznego

- Funkcje rankingu mają swoje odpowiedniki wyznaczające hipotetyczny ranking zadanych wartości
- Mogą być wykorzystywane do badania sytuacji "co by było gdyby"
- Przykłady:
  - na jakim miejscu znajdowałby klient z rocznym przychodem 3000 zł
  - na jaki miejscu, wyrażonym procentowo, w przychodzie z roku 1999 określonego klienta znalazłaby się wpłata 1000 zł
- Do funkcji rankingu hipotetycznego zaliczamy RANK, DENSE_RANK, PERCENT_RANK i CUME_DIST. Argumentem tych funkcji jest wartość dla której poszukujemy wyniku rankingu
- Funkcje rankingu hipotetycznego są funkcjami agregującymi i działają na zbiorze wierszy znajdujących się w grupie
- Liczba i typy argumentów funkcji rankingu hipotetycznego muszą odpowiadać konstrukcji klauzuli ORDER BY
- Składnia:

```
nazwa_funkcji(stała1,...) WITHIN GROUP (ORDER BY wyrażenie2 - obowiązkowo)
```

Przykłady wykorzystania funkcji rankingu hipotetycznego

```
select RANK(3000) WITHIN GROUP
         (ORDER BY SUM(KWOTA) DESC) GDZIE_3000
from   transakcje
group by NR_KONTA, to_char(DATA,'YYYY');
```

```
GDZIE_3000
----------
         4
```

Stan rzeczywisty:

NR_KONTA	ROK	PRZYCHOD	RANK
22-22222222	2001	3400	1
33-33333333	1998	3200	2
11-11111111	1999	3179,5	3
33-33333333	2000	2269,5	4
11-11111111	1997	2150	5
11-11111111	2001	2050	6
22-22222222	1997	1830	7
22-22222222	2003	1820	8

```
select PERCENT_RANK(1000)
         WITHIN GROUP (ORDER BY KWOTA) HIP_PRANK
from   transakcje
where NR_KONTA = '11-11111111'
and to_char(DATA,'YYYY') = '1999';
```

```
 HIP_PRANK
----------
        ,5
```

Stan rzeczywisty:

NR_KONTA	DATA	KWOTA	PRANK
11-11111111	99/12/24	-300	0,00
11-11111111	99/12/24	-120,5	0,33
11-11111111	99/11/04	1800	0,67
11-11111111	99/12/02	1800	0,67

Funkcja WIDTH_BUCKET

- Interesującą funkcją zaliczaną do funkcji analitycznych jest funkcja WIDTH_BUCKET. Pozwala ona na zdefiniowanie zakresu i szerokości przedziałów oraz wyznaczanie numerów przedziałów, w których mieszczą się określone wartości w poszczególnych wierszach.
- W przeciwieństwie do funkcji NTILE która dzieli grupę wierszy na równoliczne przedziały, funkcja WIDTH_BUCKET dzieli grupę wierszy na przedziały o równej szerokości
- Przykłady:
  - Wyznacz wyniki egzaminu zakładając, że maksymalna liczba punktów to 100 a liczba punktów potrzebnych do zaliczenia to 50
  - Na podstawie sumy posiadanych aktywów pogrupuj klientów na dwie kategorie "bogatych" i "biednych" zakładając, że minimalny analizowany próg to 5000, maksymalny to 10000 a podział ma być pośrodku
- Składnia:

```
width_bucket(   wyrażenie1,   dolna wartość graniczna,
                górna wartość graniczna,   liczba przedziałów)
```

Przykłady wykorzystania funkcji WIDTH_BUCKET

```
SQL> SELECT indeks, punkty,
  2         2.5+width_bucket(punkty,50,100,5)*0.5 ocena
  3  FROM egzamin
  4  WHERE punkty>=50;

    INDEKS     PUNKTY      OCENA
---------- ---------- ----------
     59786         93          5
     59787         76          4
     59796         80        4,5
     59797         75          4
     59798         70          4
     59800         82        4,5
     59802         69        3,5
     59803         66        3,5
```

```
SQL> SELECT SUM(kwota), nr_konta,
  2         width_bucket(SUM(kwota),5000,10000,2) dobry_zly
  3  FROM   transakcje
  4  GROUP BY nr_konta;

SUM(KWOTA) NR_KONTA       DOBRY_ZLY
---------- ------------ ----------
    7479,5 11-11111111            1
    9499,5 22-22222222            2
    6869,5 33-33333333            1
```

Pozostałe funkcje analityczne

- Wśród pozostałych funkcji analitycznych możemy wyróżnić:
  - Funkcje regresji liniowej
    - REGR_COUNT
    - REGR_AVGY, REGR_AVGX
    - REGR_SLOPE, REGR_INTERCEPT
    - REGR_R2
    - REGR_SXX, REGR_SYY i REGR_SXY
  - Funkcje statystyczne wchodzące w skład pakietu DBMS_STAT_FUNCS (10g)
    - Weryfikujące jak dobrze dane w tabeli spełniają:
      - EXPONENTIAL_DIST_FIT – rozkład wykładniczy
      - NORMAL_DIST_FIT – rozkład normalny
      - POISSON_DIST_FIT – rozkład Poissona
      - UNIFORM_DIST_FIT – rozkład normalny
      - WEIBULL_DIST_FIT – rozkład Weibulla
    - SUMMARY – podsumowuje kolumny numeryczne w tabeli (wyznacza średnie, minima, maksima, mediany, qwantyle itp.)
  - Do funkcji analitycznych zalicza się często także funkcję CASE

Funkcje analityczne a wydajność (1/2)

- Funkcje analityczne oprócz dużej funkcjonalności, często niemożliwej do osiągnięcia w tradycyjny sposób, posiadają również bardzo dobrą wydajność
- Wydajność funkcji analitycznych w znaczący sposób przewyższa większość alternatywnych, standardowych rozwiązań
- Przykład 1: Wyznacz trzy największe transakcje

```
SQL> SELECT kwota, data, nr_konta
  2  FROM ( SELECT kwota, data, nr_konta,
  3                RANK() OVER (ORDER BY kwota DESC) r
  4         FROM   transakcje)
  5  WHERE r <= 3;

Całkowity: 00:00:00.08

Plan wykonywania
----------------------------------------------------------
   0      SELECT STATEMENT Optimizer=CHOOSE (Cost=176 Card=24571 Bytes=1277692)
   1    0   VIEW (Cost=176 Card=24571 Bytes=1277692)
   2    1     WINDOW (SORT PUSHED RANK) (Cost=176 Card=24571 Bytes=540562)
   3    2       TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost=43 Card=24571 Bytes=540562)
```

Funkcje analityczne a wydajność (2/2)

```
SELECT kwota, data, nr_konta
FROM   transakcje T1
WHERE 3 >= ( SELECT COUNT(*)
             FROM  transakcje
             WHERE kwota >= T1.kwota);

Całkowity: 00:10:36.01
```

Plan wykonywania

```
----------------------------------------------------------
 0    SELECT STATEMENT Optimizer=CHOOSE (Cost=52890 . . .)
 1  0  FILTER
 2  1    TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost=43 . . .)
 3  1    SORT (AGGREGATE)
 4  3      TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost=43 . . .)
```

- Przykład 2. Podaj największą transakcję z każdego roku

```
SELECT to_char(data,'YYYY') rok,  MAX(kwota) przychod,
       MIN(data) KEEP (DENSE_RANK FIRST ORDER BY kwota DESC) data
FROM   transakcje
WHERE  nr_konta = '11-11111111'
GROUP BY TO_CHAR(data,'YYYY')
```

Plan wykonywania

```
----------------------------------------------------------
  0    SELECT STATEMENT Optimizer=CHOOSE (Cost=71 . . .)
  1  0  SORT (GROUP BY) (Cost=71 Card=48 Bytes=1056)
  2  1    TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost=43 . . .)
```

```
SELECT to_char(data,'YYYY') rok,
       kwota przychod,
       data
FROM   transakcje T1
WHERE  nr_konta = '11-11111111'
AND    (to_char(data,'YYYY'),kwota) IN
  ( SELECT to_char(data,'YYYY'), max(kwota)
    FROM   transakcje
    WHERE  nr_konta = '11-11111111'
    GROUP BY to_char(data,'YYYY'))
```

Plan wykonywania

```
----------------------------------------------------------
  0    SELECT STATEMENT Optimizer=CHOOSE (Cost=116 . . .)
  1  0  HASH JOIN (Cost=116 Card=1 Bytes=39)
  2  1    VIEW OF 'VW_NSO_1' (Cost=71 . . .)
  3  2      SORT (GROUP BY) (Cost=71 Card=48 Bytes=1056)
  4  3        TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost= . . .)
  5  1    TABLE ACCESS (FULL) OF 'TRANSAKCJE' (Cost=43 . . .)
```