

Podstawy programowania R

Łukasz Wawrowski

Contents

Wprowadzenie	5
1 Wprowadzenie do R	7
1.1 R	7
1.2 RStudio	7
1.3 Ważne informacje	7
1.4 Pakiety	10
1.5 R jako kalkulator	11
2 Struktury danych	13
2.1 Wektor	13
2.2 Macierz	21
2.3 Czynniki	25
2.4 Lista	26
2.5 Ramka danych	27
2.6 Rozwiązania do zadań	29
3 Przetwarzanie danych	31
3.1 Pakiet tidyverse	31
3.2 Import danych	32
3.3 Filtrowanie	33
3.4 Wybieranie kolumn	34
3.5 Tworzenie nowych zmiennych	34
3.6 Zmiana nazwy zmiennej	35
3.7 Podsumowanie danych	35
3.8 Grupowanie	35
3.9 Sortowanie	37
3.10 Łączenie zbiorów	38
3.11 Szeroka i wąska reprezentacja danych	39
3.12 Eksport danych	40
3.13 Zadania	40
3.14 Case study	40
4 Wizualizacja danych	41
4.1 Wbudowane funkcje	41
4.2 Pakiet ggplot2	42
4.3 Pakiet plotly	54
5 Programowanie w R	55
5.1 Funkcje	55
5.2 Pętle	55
5.3 Instrukcje warunkowe	55

Wprowadzenie

Literatura podstawowa:

- Przemysław Biecek - *Przewodnik po pakiecie R*
- Marek Gągolewski - *Programowanie w języku R. Analiza danych, obliczenia, symulacje.*
- Garret Golemund, Hadley Wickham - *R for Data Science* (polska wersja)

Literatura dodatkowa:

- inne pozycje po polsku
- inne pozycje po angielsku

Internet:

- R-bloggers
- rweekly

Chapter 1

Wprowadzenie do R

GNU R to interpretowany język programowania oraz środowisko do obliczeń statystycznych i wizualizacji wyników [Wikipedia 2017].

Robert A. Muenchen - The Popularity of Data Science Software

1.1 R

Bazowa wersja R jest do pobrania ze strony r-project.org.

1.2 RStudio

RStudio to zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) dla języka R dostępne za darmo na stronie RStudio.

Z R można także korzystać w Microsoft Visual Studio.

1.3 Ważne informacje

R jest wrażliwy na wielkość liter.

Separatorem części dziesiętnej liczby jest kropka.

W codziennej pracy RStudio jest wygodniejsze, jednak długotrwałe obliczenia lepiej uruchamiać w trybie wsadowym w zwykłym R.

- **Katalog roboczy**

Ważnym pojęciem w R jest katalog roboczy (ang. working directory), który określa gdzie zostaną zapisane pliki, wykresy, zbiory, itp. jeśli nie podamy dokładnej ścieżki do pliku. Katalog roboczy przypisuje się z wykorzystaniem funkcji `setwd("ścieżka do katalogu")`, a jego wartość można sprawdzić funkcją `getwd()`. W RStudio przypisanie katalogu roboczego odbywa się w momencie utworzenia projektu.

- **Projekt**

Katalog na dysku, w którym znajdują się wszystkie pliki projektu wraz z plikiem o rozszerzeniu `.Rproj` skojarzonym z RStudio.

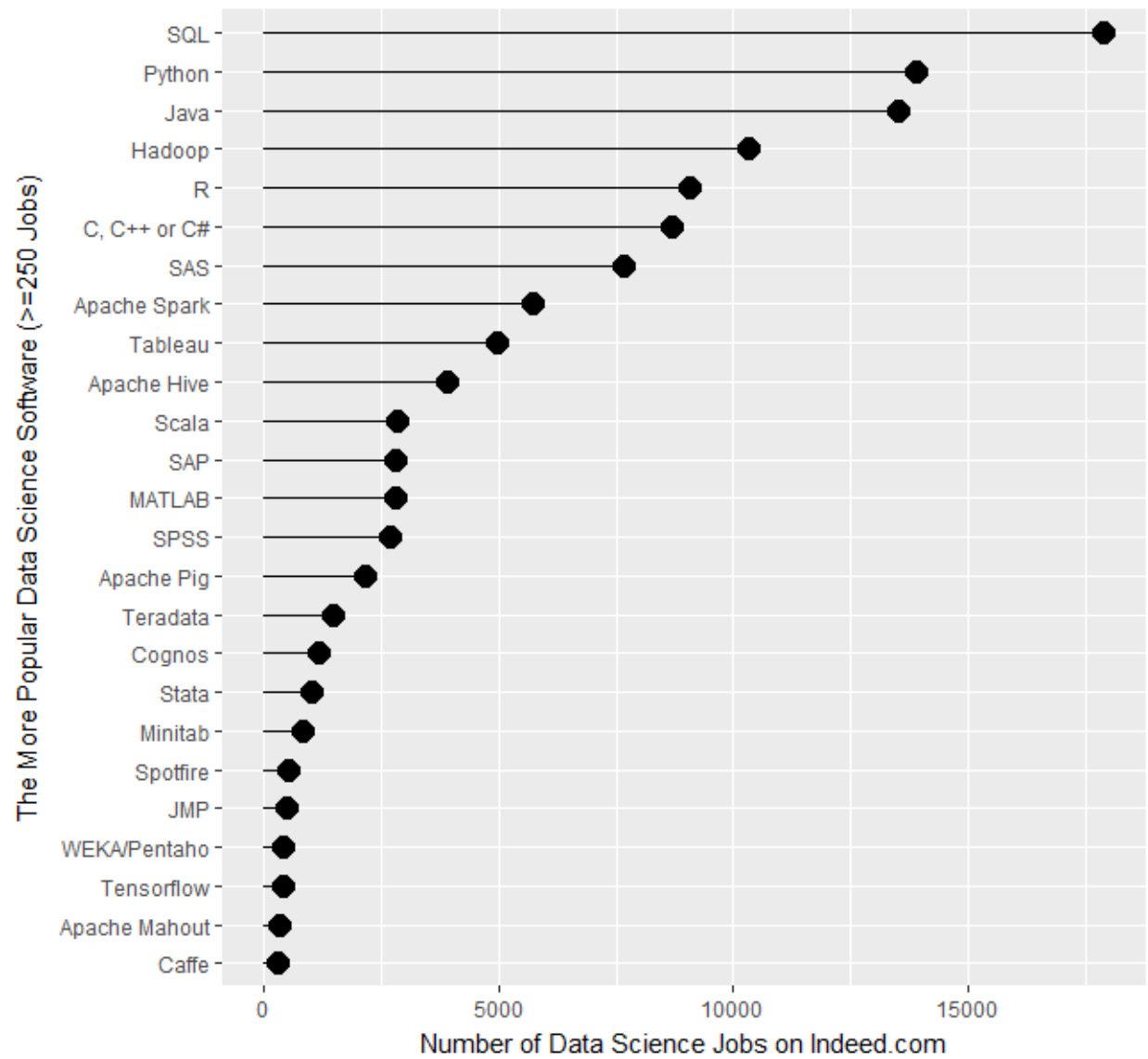


Figure 1.1:

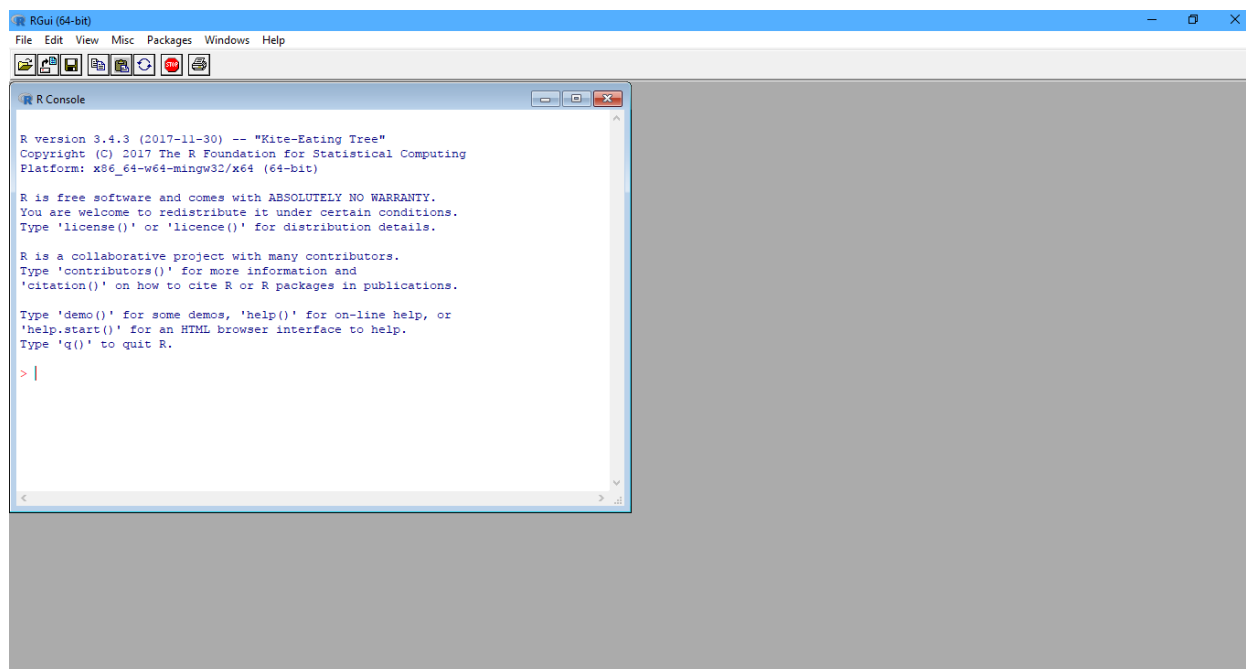


Figure 1.2:

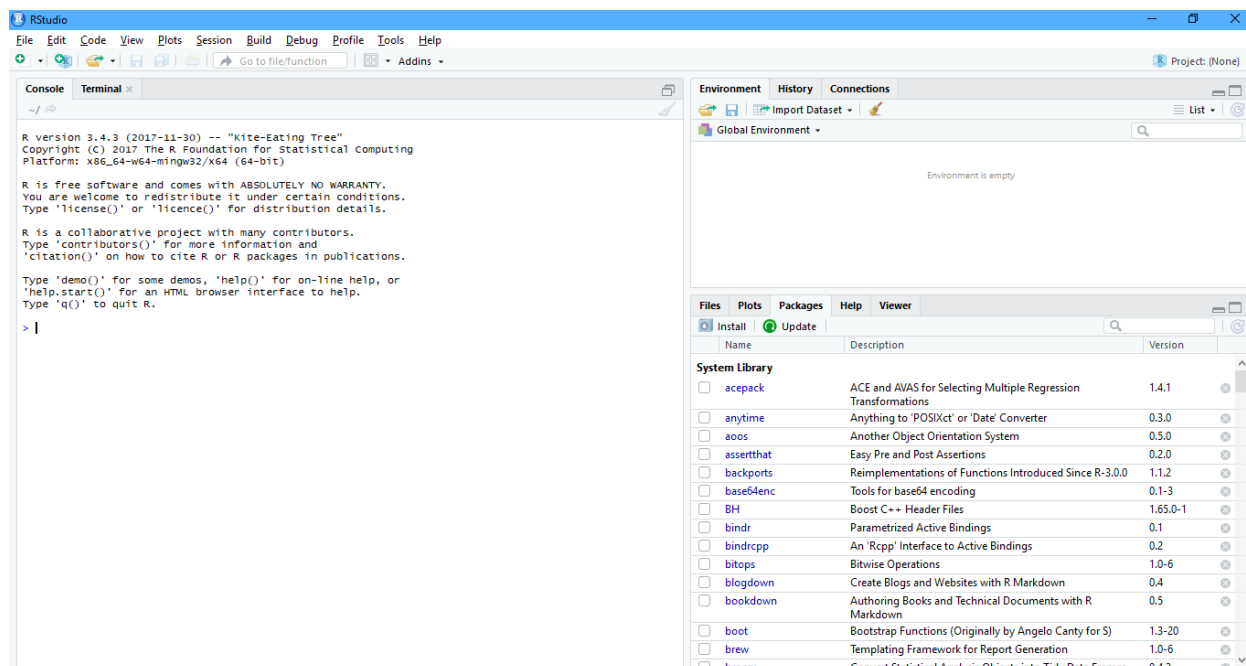


Figure 1.3:

- **Korzystanie z pomocy**

Dostęp do pomocy odnośnie wybranej funkcji można uzyskać na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest poprzedzenie nazwy funkcji w konsoli znakiem zapytania np. `?getwd` lub wywołanie funkcji `help` na nazwie funkcji `help("getwd")`. Drugim sposobem jest umieszczenie kursora w dowolnym miejscu nazwy funkcji i wciśnięcie klawisza F1.

Internet - przede wszystkim stackoverflow.

- **Komentarze**

Real programmers don't comment their code. If it was hard to write it should be hard to understand.

Dobrze napisany kod jest czytelny bez komentarzy. W R komentarze rozpoczynają się od symbolu `#`. Skrót klawiaturowy w RStudio to CTRL + SHIFT + C (do wstawiania i usuwania komentarzy).

- **Podpowiadanie składni**

RStudio ma zaimplementowaną funkcję podpowiadania składni. Listę możliwych funkcji i obiektów wywołuję się klawiszem TAB lub CTRL + SPACJA po wpisaniu co najmniej jednej litery. Kolejne naciśnięcie TAB lub ENTER powoduje uzupełnienie kodu o wybraną funkcję lub obiekt.

- **Wykonywanie programów**

Programy w R możemy tworzyć jako skrypty w pliku tekstowym o rozszerzeniu `.R` lub wywoływać polecenia bezpośrednio w konsoli. Kod programu napisanego w skrypcie przekazywany jest do konsoli. Gotowość do pracy R sygnalizuje w konsoli znakiem zachęty `>`. Jeśli podczas wykonywania programu w konsoli pojawi się znak `+` to oznacza oczekiwanie na kompletny kod - brak domkniętego nawiasu, cudzysłowia, itp.:

```
> getwd(  
+
```

W powyższym przykładzie brakuje prawego nawiasu. Dodanie brakującego kodu spowoduje wykonanie przekazanego polecenia. Z kolei wciśnięcie klawisza ESC spowoduje przerwanie wykonywania programu i powrót do znaku zachęty. Zawartość konsoli można wyczyścić stosując kombinację klawiszy CTRL + L.

- **Pliki**

Jeśli w pamięci znajdują się jakieś obiekty (zakładka Environment) to RStudio przy zamykaniu programu zapyta o zapisanie tych obiektów do pliku `.RData`. Jeżeli zdecydujemy się na tą propozycję to po ponownym uruchomieniu projektu obiekty znajdujące się w pliku `.RData` zostaną automatycznie wczytane do pamięci.

Można także samodzielnie tworzyć pliki o rozszerzeniu `.RData` z wykorzystaniem funkcji `save()`:

```
save(obiekt1, obiekt2, obiekt3, file = "nazwa_pliku.RData")
```

Wczytanie obiektów z takiego pliku do pamięci odbywa się z zastosowaniem funkcji `load()`:

```
load("nazwa_pliku.RData")
```

1.4 Pakiety

Podstawowe możliwości R są dosyć ograniczone. Rozszerzają je pakiety, których obecnie jest ponad 12 tysięcy. Można je przeglądać według kategorii w CRAN Task Views lub w wygodnej wyszukiwarce METACRAN i rdr.io.

1.5 R jako kalkulator

Działania matematycznie w R:

Operator	Operacja
+	dodawanie
-	odejmowanie
	mnożenie
/	dzielenie
^ lub **	potęgowanie
sqrt()	pierwiastkowanie

W R istnieje także stała wbudowana `pi` przechowująca wartość liczby pi.

Funkcja `factorial(x)` zwraca silnię (znak wykrzyknika !) z podanej wartości `x`, a `sign(x)` sprawdza znak wyrażenia i zwraca odpowiednio wartość -1 jeśli wyrażenie jest ujemne, 0 jeśli jest równe 0 i 1 dla wyrażen dodatnich.

Funkcja `exp(x)` zwraca wartość wyrażenia e^x , natomiast funkcja `log(x)` zwraca logarytm z podanej liczby. Domyślnie jest to logarytm naturalny, ale można zmienić podstawę podając wartość argumentu `base`.

Funkcja `abs(x)` zwraca wartość bezwzględną (absolutną) wyrażenia.

Ćwiczenie

Oblicz wartość wyrażenia: $2 \cdot \sqrt{\pi} + \log_2 8$.

Rozwiązanie:

```
2*sqrt(pi)+log(8,2)
```

```
## [1] 6.544908
```

Zadania

Oblicz wartość wyrażen:

- $\frac{2^3 \cdot 6^2}{(\frac{1}{2})^2 \cdot (\frac{4}{5})^3}$
- $\sqrt[3]{\frac{6-3.5}{2^{11}}}$
- $\pi + \sqrt{e^4}$
- $5! - \log_{10} 100$
- $|1 - e|$

Chapter 2

Struktury danych

W R praktycznie wszystko jest obiektem. Może to być zbiór danych, ale także wykres czy mapa. Zasadnicza różnica to klasa tych obiektów i operacje jakie mogą być na nich wykonywane.

Funkcje w R wymagają jako argumentów określonych typów obiektów - stąd tak ważna jak znajomość istniejących struktur.

Każdy obiekt w R możemy przypisać do tzw. obiektu nazwanego. Wówczas jest przechowywany w pamięci i można się do niego odwołać. Przypisanie odbywa się za pomocą operatora `<-`.

```
nazwa <- obiekt
obiekt -> nazwa
```

Można także przypisywać obiekty z wykorzystaniem znaku równości `=`, ale nie jest to zalecane ponieważ symbol ten jest używany w innych miejscach np. do deklarowania wartości argumentów w funkcji.

W R dostępna jest funkcja `assign`, która także umożliwia przypisanie nazwy do obiektu:

```
assign("nazwa", obiekt)
```

2.1 Wektor

Wektor jest najprostszym typem danych w R. Najczęściej korzysta się z trzech typów wektorów:

- logicznych
- liczbowych
- tekstowych

Wektor tworzy się z wykorzystaniem funkcji `c()`.

2.1.1 Wektor wartości logicznych

Przyjmuje wartości *prawda* lub *falsz*:

```
c(TRUE, FALSE, FALSE)
```

```
## [1] TRUE FALSE FALSE
```

lub w skróconej wersji:

```
c(T, F, F)
```

```
## [1] TRUE FALSE FALSE
```

Do sprawdzenia długości wektora używa się funkcji `length`:

```
length(c(T, F, F))
```

```
## [1] 3
```

lub korzystając z obiektu nazwanego:

```
wart_log <- c(T,F,F)
```

```
length(wart_log)
```

```
## [1] 3
```

Wektory można także utworzyć poprzez replikację określonej wartości lub wektora z wykorzystaniem funkcji `rep`. Funkcja ta przyjmuje co najmniej dwa argumenty: obowiązkowo `x` - wektor wejściowy oraz jeden z następujących: `times` - liczba powtórzeń elementów wektora `x`, `each` - liczba powtórzeń elementów wektora `x` (wyjaśnienie różnicy poniżej) lub `length.out` - oczekiwana długość wektora wynikowego.

Trzy równoważne zapisy:

```
rep(x = c(T,F), times = 3)
```

```
## [1] TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE
```

```
rep(c(T,F), times = 3)
```

```
## [1] TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE
```

```
rep(c(T,F), 3)
```

```
## [1] TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE
```

A tak to wygląda z argumentem `each`:

```
rep(c(T,F), each = 3)
```

```
## [1] TRUE TRUE TRUE FALSE FALSE FALSE
```

Wykorzystanie argumentu `length.out`:

```
rep(c(T,F), length.out = 5)
```

```
## [1] TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE
```

2.1.2 Wektor wartości liczbowych

W wektorze możemy przechowywać także liczby:

```
c(1, 3, -5, 2.5, .6) # nie trzeba pisać zera przed ułamkiem
```

```
## [1] 1.0 3.0 -5.0 2.5 0.6
```

Połączenie dwóch wektorów to także wektor:

```
c(c(1,2,3), c(3.5,4,4.5))
```

```
## [1] 1.0 2.0 3.0 3.5 4.0 4.5
```

Pojedyncza liczba też jest jednoelementowym wektorem:

```
length(2)
```

```
## [1] 1
```

Proste ciągi o różnicy równej 1 można generować wykorzystując dwukropek:

```
1:10
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

lub

```
c(-5:-1,1:5)
```

```
## [1] -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
```

Do generowania ciągów liczbowych o różnych różnicach wykorzystuje się funkcję `seq`, która przyjmuje następujące argumenty. Wartość początkową `from`, wartość końcową `to` oraz jeden z następujących: `by` - krok lub `length.out` - oczekiwana długość wektora.

To samo co 1:10

```
seq(1, 10, 1)
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

Wartości niecałkowite:

```
seq(1, 2, 0.2)
```

```
## [1] 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0
```

Wektor wartości malejących:

```
seq(10, 1, by=1) # błędny zapis
```

```
## Error in seq.default(10, 1, by = 1): wrong sign in 'by' argument
```

```
seq(10, 1, by=-1) # poprawny zapis
```

```
## [1] 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

Tworzenie wektora w oparciu o argument `length.out` - funkcja sama dobiera krok:

```
seq(1, 7, length.out = 13)
```

```
## [1] 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0
```

Do generowania liczb pseudolosowych służy funkcja `runif(n)`, która do poprawnego wywołania wymaga tylko jednego argumentu - długości wektora wynikowego. Domyślnie losowane są liczby z przedziału $[0; 1]$ (tak jak w funkcji `los()` w Excelu), można to jednak zmienić podając odpowiednie wartości argumentów `min` i `max`.

```
runif(6)
```

```
## [1] 0.3991616 0.7530615 0.8384006 0.1196702 0.8771482 0.9816750
```

Obserwacje można także generować z innych rozkładów:

- `rnorm` - rozkład normalny,
- `rchisq` - rozkład χ^2 ,
- `rt` - rozkład t-studenta,
- itp.

Wykaz wszystkich dostępnych w R rozkładów uzyskamy wywołując polecenie `help("Distributions")`.

Za każdym uruchomieniem jednej z wymienionych wyżej funkcji losujących wartości z danego rozkładu otrzymamy inne wartości:

```
runif(5)
```

```
## [1] 0.218086669 0.774537554 0.007871869 0.119956221 0.884669371
```

```
runif(5)
```

```
## [1] 0.09961691 0.06187958 0.80648641 0.86360898 0.40379194
```

Powtarzalność wyników możemy uzyskać ustalając ziarno generatora:

```
set.seed(123)
```

```
runif(5)
```

```
## [1] 0.2875775 0.7883051 0.4089769 0.8830174 0.9404673
```

```
set.seed(123)
```

```
runif(5)
```

```
## [1] 0.2875775 0.7883051 0.4089769 0.8830174 0.9404673
```

2.1.3 Wektor wartości tekstowych

W wektorze może być przechowywany tekst - wówczas poszczególne elementy zapisujemy w cudzysłowie lub apostrofach:

```
c("ala", "ma", "kota")
```

```
## [1] "ala" "ma" "kota"
```

```
c('ala', 'ma', 'kota')
```

```
## [1] "ala" "ma" "kota"
```

W RStudio wygodniej używać cudzysłowu, ponieważ program automatycznie go zamyka.

Istnieje także stała zawierająca litery alfabetu:

```
letters
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q"
## [18] "r" "s" "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
LETTERS
```

```
## [1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q"
## [18] "R" "S" "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"
```

2.1.4 Przeciążanie wektora

Jeśli w wektorze pomieszczy kilka typów zmiennych to R przekształci poszczególne wartości, tak aby stracić jak najmniej informacji:

```
c(TRUE, 2, 5)
```

```
## [1] 1 2 5
```

```
c(3, "cztery", 5)
```

```
## [1] "3" "cztery" "5"
```

W pierwszym przypadku wartość TRUE została przekształcona na odpowiednik liczbowy - 1. Z kolei w drugim przykładzie podane liczby zostały przekonwertowane na tekst.

2.1.5 Operacje na wektorach

Na wektorach logicznych i liczbowych można wykonywać operacje arytmetyczne np. mnożenie:

```
1:10*2
```

```
## [1] 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
```

Wektor liczbowy plus wektor liczbowy:

```
1:10 + c(1,2)
```

```
## [1] 2 4 4 6 6 8 8 10 10 12
```

Wektor liczbowy razy wektor liczbowy:

```
1:10 * c(1,2)
```

```
## [1] 1 4 3 8 5 12 7 16 9 20
```

Wektor liczbowy razy wektor logiczny:

```
1:10 * c(T, F)
```

```
## [1] 1 0 3 0 5 0 7 0 9 0
```

Długości obu wektorów muszą być odpowiednie:

```
1:10 * c(T,F,T)
```

```
## Warning in 1:10 * c(T, F, T): longer object length is not a multiple of
## shorter object length
```

```
## [1] 1 0 3 4 0 6 7 0 9 10
```

Dłuższy z wektorów musi być wielokrotnością krótszego.

Siłą rzeczy działania arytmetyczne na wektorach tekstowych nie są możliwe:

```
c("jeden", "dwa", "trzy", "cztery") * c(T,F)
```

```
## Error in c("jeden", "dwa", "trzy", "cztery") * c(T, F): non-numeric argument to binary operator
```

```
c("jeden", "dwa", "trzy", "cztery") + c(1,2)
```

```
## Error in c("jeden", "dwa", "trzy", "cztery") + c(1, 2): non-numeric argument to binary operator
```

2.1.6 Operacje agregujące

Na wektorach można także wykonywać operacje agregujące:

Funkcja	Działanie
mean()	średnia elementów
sum()	suma elementów
prod()	iloczyn elementów
var()	wariancja elementów
sd()	odchylenie standardowe elementów
median()	mediana elementów
quantile()	kwantyl danego rzędu
min()	minimum
max()	maksimum

Obliczenie skośności i kurtozy jest możliwe po zainstalowaniu pakietu `e1071`. Wówczas mamy dostęp do funkcji:

Funkcja	Działanie
<code>skewness()</code>	skośność elementów
<code>kurtosis()</code>	kurtoza elementów

Suma wektora numerycznego:

```
sum(1:10)
```

```
## [1] 55
```

Suma i średnia wektora logicznego:

```
sum(c(T, F, F, T))
```

```
## [1] 2
```

```
mean(c(T, F, F, T))
```

```
## [1] 0.5
```

Korzystanie z funkcji pochodzących z pakietów zewnętrznych wymaga wskazania skąd pochodzi dana funkcja. Można to zrobić na dwa sposoby: funkcją `library(pakiet)` - wówczas wszystkie funkcje z tego pakietu są wczytywane do pamięci i można do nich sięgać bezpośrednio lub wskazując przed nazwą funkcji z jakiego pakietu pochodzi.

Wczytanie pakietu:

```
library(e1071)
skewness(c(1,2,3,4,5,7,9,11,13))
```

```
## [1] 0.3451259
```

lub równoważnie:

```
e1071::skewness(c(1,2,3,4,5,7,9,11,13))
```

```
## [1] 0.3451259
```

Podsumowanie rozkładu wektora można także uzyskać z wykorzystaniem funkcji `summary(x)`:

```
summary(1:10)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      1.00   3.25   5.50   5.50   7.75   10.00
```

Działa także na wektorach tekstowych:

```
summary(c("jeden", "dwa", "trzy", "cztery"))
```

```
##      Length      Class      Mode
##           4 character character
```

2.1.7 Sprawdzanie typu wektora

Do określenia typu wektora służy funkcja `typeof`, `class` lub `mode`.

```
typeof(wart_log)
```

```
## [1] "logical"
```

Sprawdzenie czy obiekt jest danego typu odbywa się z wykorzystaniem dedykowanych funkcji z przyrostkiem `is`.

```
is.logical(wart_log)
```

```
## [1] TRUE
```

```
is.character(wart_log)
```

```
## [1] FALSE
```

2.1.8 Rzutowanie wektorów

Czasami jako np. argument funkcji będzie wymagany inny typ wektora aniżeli aktualnie posiadany w pamięci. Można wówczas spróbować przekształcić taki wektor z wykorzystaniem funkcji rozpoczynającej się od `as`:

```
typeof(wart_log)
```

```
## [1] "logical"
```

```
as.numeric(wart_log)
```

```
## [1] 1 0 0
```

```
typeof(as.numeric(wart_log))
```

```
## [1] "double"
```

2.1.9 Indeksowanie wektorów

Aby uzyskać dostęp do części wektora korzysta się z indeksatora w postaci nawiasów kwadratowych. Utworzymy nowy wektor zawierający liczby całkowite od 10 do 20:

```
wart_10_20 <- seq(10,20)
```

```
wart_10_20
```

```
## [1] 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```

a następnie wybieramy trzecią obserwację:

```
wart_10_20[3]
```

```
## [1] 12
```

Możemy także odwołać się do większego zakresu:

```
wart_10_20[3:5]
```

```
## [1] 12 13 14
```

I wybranych elementów:

```
wart_10_20[c(1,3,5)]
```

```
## [1] 10 12 14
```

W ten sposób można także modyfikować odpowiednie elementy wektora:

```
wart_10_20[7] <- 90
```

Wybór obserwacji większych od 15:

```
wart_10_20[wart_10_20>15]
```

```
## [1] 90 17 18 19 20
```

Z kolei następujący zapis zwróci nam wektor wartości logicznych:

```
wart_10_20 > 15
```

```
## [1] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
```

2.1.10 Wartości nieliczbowe

Brak danych w R jest przedstawiany jako wartość NA (ang. *not available*) i może powodować trudności z wywoływaniem niektórych funkcji:

```
v_na <- c(1,2,1,NA,1)
v_na
```

```
## [1] 1 2 1 NA 1
```

```
sum(v_na)
```

```
## [1] NA
```

W związku z tym większość funkcji ma zaimplementowany dodatkowy argument służący do obsługi tego typu wartości, który najczęściej nie uwzględnia tych wartości w obliczeniach:

```
sum(v_na, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 5
```

Oprócz braku danych podczas obliczeń możemy natrafić na wartości nieokreślone NaN (ang. *not a number*) oraz nieskończone Inf (ang. *infinity*).

```
0/0
```

```
## [1] NaN
```

```
1/0
```

```
## [1] Inf
```

```
sqrt(-10)
```

```
## Warning in sqrt(-10): NaNs produced
```

```
## [1] NaN
```

W R istnieje także wartość NULL, która jest podstawowym typem danych a nie wartością. NULL można traktować jako odpowiednik zbioru pustego. Jest stosowany np. w funkcjach, które niczego nie zwracają.

```
v_null <- c(1,2,1,NULL,1)
v_null
```

```
## [1] 1 2 1 1
```

```
sum(v_null)
```

```
## [1] 5
```

2.1.11 Zadania

1. Ile wynosi suma elementów większych od 10 dla następujących liczb: 12, 5, 20, 18, 8.5, 10, 4, 101, -2?
2. Z wykorzystaniem funkcji `seq` i na podstawie wektora ... dokonaj przekształcenia tworząc następujący wektor: 2 0 0 4 0 0 6 0 0 8 0 0.
3. Dane są dwa wektory - a: 2, 3, 7, 8, 2, b: 9, 1, 2, 0, 2. Jakiego typu będzie wektor będący wynikiem działania `a<=b`?
4. Uzupełnij wektor `letters` o polskie litery diakrytyzowane. Jaką długość ma nowo utworzony wektor?
5. Wylosuj z rozkładu normalnego 1000 obserwacji z ziarnem równym 76. Ile wynosi kurtoza tych wartości?

2.2 Macierz

Macierze są wykorzystywane w R do przechowywania np. odległości pomiędzy punktami czy wskazywania sąsiedztwa obszarów geograficznych.

Do tworzenia macierzy służy funkcja `matrix`:

```
m <- matrix(1:6, nrow = 2, ncol=3)
m
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    3    5
## [2,]    2    4    6
```

Z wykorzystaniem wybranych funkcji można sprawdzić wymiary macierzy, liczbę wierszy oraz kolumn:

```
dim(m)
```

```
## [1] 2 3
```

```
ncol(m)
```

```
## [1] 3
```

```
nrow(m)
```

```
## [1] 2
```

Macierz może także zawierać tekst:

```
matrix(letters[1:9], nrow=3)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] "a"  "d"  "g"
## [2,] "b"  "e"  "h"
## [3,] "c"  "f"  "i"
```

Domyślnie macierz układana jest kolumnami. Aby to zmienić należy dodać argument `byrow=TRUE`:

```
matrix(letters[1:9], nrow=3, byrow=TRUE)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] "a"  "b"  "c"
## [2,] "d"  "e"  "f"
## [3,] "g"  "h"  "i"
```

Jeśli liczba elementów wejściowych jest mniejsza iloczyn podanej liczby kolumn i wierszy to w brakujące miejsce wstawiane są elementy z początku wektora wejściowego:

```
matrix(letters[1:7], nrow=3, byrow=TRUE)
```

```
## Warning in matrix(letters[1:7], nrow = 3, byrow = TRUE): data length [7] is
## not a sub-multiple or multiple of the number of rows [3]
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] "a"  "b"  "c"
## [2,] "d"  "e"  "f"
## [3,] "g"  "a"  "b"
```

Z kolei macierz diagonalną posiadającą elementy niezerowe wyłącznie na przekątnej tworzy się z wykorzystaniem funkcji `diag`. Macierz jednostkowa o wymiarach 4×4 :

```
diag(4)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    0    0    0
## [2,]    0    1    0    0
## [3,]    0    0    1    0
## [4,]    0    0    0    1
```

Macierz diagonalna o wartościach 5 na przekątnej i wymiarach 3×3

```
diag(5, nrow=3, ncol=3)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    5    0    0
## [2,]    0    5    0
## [3,]    0    0    5
```

Funkcja `diag` umożliwia także ekstrakcję przekątnej z istniejącej już macierzy:

```
diag(matrix(letters[1:9], nrow=3))
```

```
## [1] "a" "e" "i"
```

2.2.1 Łączenie macierzy

Z wykorzystaniem funkcji `rbind` i `cbind` można odpowiednio łączyć obiekty wierszami (ang. *row bind*) lub kolumnami (ang. *col bind*):

```
rbind(m, c(99, 88, 77))
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    3    5
## [2,]    2    4    6
## [3,]   99   88   77
```

```
cbind(m, matrix(101:104, nrow=2))
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    3    5  101  103
## [2,]    2    4    6  102  104
```

2.2.2 Indeksowanie macierzy

Dostęp do poszczególnych elementów macierzy odbywa się z wykorzystaniem nawiasów kwadratowych, ale można podać dwie wartości - obiekt[wiersz,kolumna]:

```
m[2,1] # drugi wiersz, pierwsza kolumna
```

```
## [1] 2
```

```
m[2,] # tylko drugi wiersz
```

```
## [1] 2 4 6
```

```
m[,1] # tylko pierwsza kolumna
```

```
## [1] 1 2
```

```
m[,] # wszystkie obserwacje
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    1    3    5
```

```
## [2,]    2    4    6
```

```
m[] # wszystkie obserwacje
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    1    3    5
```

```
## [2,]    2    4    6
```

W ten sposób można dokonać modyfikacji konkretnych elementów macierzy:

```
m[2,1] <- 77
```

```
m
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    1    3    5
```

```
## [2,]   77    4    6
```

2.2.3 Operacje na macierzach

Na macierzach można wywołać szereg operacji:

Operator/funkcja	Działanie
a %*% b	mnożenie macierzy a i b
t(a)	transpozycja macierzy a
det(a)	wyznacznik macierzy a
solve(a)	macierz odwrotna z a
solve(a, b)	rozwiązanie układu $a \cdot x = b$

Rozważmy dwie macierze:

```
a <- matrix(c(2, 3, 4, 2, 1, 2, 1, 3, 2), nrow = 3)
```

```
b <- matrix(6:1, ncol=2)
```

```
a;b
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    2    2    1
```

```
## [2,]    3    1    3
```

```
## [3,]    4    2    2
##      [,1] [,2]
## [1,]    6    3
## [2,]    5    2
## [3,]    4    1
```

Aby przeprowadzić mnożenie macierzy **a** i **b**, liczba kolumn macierzy **a** musi być równa liczbie wierszy w macierzy **b**. Z kolei rozmiar macierzy wyjściowej to liczba wierszy macierzy **a** i liczba kolumn macierzy **b**.

```
a %*% b
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]   26   11
## [2,]   35   14
## [3,]   42   18
```

Transpozycja macierzy **b**:

```
t(b)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    6    5    4
## [2,]    3    2    1
```

Wyznacznik macierzy **a**:

```
det(a)
```

```
## [1] 6
```

Macierz odwrotna do macierzy **a**:

```
solve(a)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] -0.6666667 -0.3333333 0.8333333
## [2,] 1.0000000 0.0000000 -0.5000000
## [3,] 0.3333333 0.6666667 -0.6666667
```

Wyznaczenie macierzy **x** w równaniu $\mathbf{a} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$:

```
solve(a,b)
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,] -2.333333 -1.833333
## [2,] 4.000000 2.500000
## [3,] 2.666667 1.666667
```

```
a %*% solve(a,b)
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]    6    3
## [2,]    5    2
## [3,]    4    1
```

```
b
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]    6    3
## [2,]    5    2
## [3,]    4    1
```


2.2.4 Zadanie

1. Co powstanie po przemnożeniu macierzy przez jej macierz odwrotną?
2. Estymator parametrów beta w metodzie najmniejszych kwadratów jest dany wzorem:

$$b = (X'X)^{-1}X'y$$

Zmienna x_1 przyjmuje wartości 2,4,1,6,9,3,2,9,10,7, zmienna x_2 1.5,0.2,0.1,2,3.1,1.2,0.4,2.9,2.5,1.9, a zmienna x_0 to wektor jedynek. Te trzy zmienne tworzą macierz X . Z kolei wartości zmiennej y są następujące 12,15,10,19,26,13,13,21,29,18. Wyznacz wartość b .

```
zad1 <- matrix(1:4, nrow=2)
solve(zad1)
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]   -2  1.5
## [2,]    1 -0.5
```

```
zad1 %*% solve(zad1)
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    0
## [2,]    0    1
```

2.3 Czynnik

Czynnik (ang. *factor*) służy do przechowywania danych jakościowych o mało licznej liczbie kategorii, mierzonych na skali nominalnej i porządkowej.

Rozważmy informacje o wykształceniu:

```
wyk <- rep(c("podstawowe", "średnie", "wyższe"), c(5,3,2))
wyk
```

```
## [1] "podstawowe" "podstawowe" "podstawowe" "podstawowe" "podstawowe"
## [6] "średnie"      "średnie"      "średnie"      "wyższe"      "wyższe"
```

i dokonajmy transformacji na czynnik:

```
wyk_f <- factor(wyk)
wyk_f
```

```
## [1] podstawowe podstawowe podstawowe podstawowe podstawowe średnie
## [7] średnie      średnie      wyższe      wyższe
## Levels: podstawowe średnie wyższe
```

Funkcja `summary()` wywołana na czynniku zwraca wynik innego typu aniżeli na wektorze tekstowym:

```
summary(wyk)
```

```
##      Length      Class      Mode
##          10 character character
```

```
summary(wyk_f)
```

```
## podstawowe      średnie      wyższe
##           5           3           2
```

Jeśli chcemy zaakcentować fakt, że zmienne są mierzone na skali porządkowej dodajemy argument `ordered=TRUE`:

```
wyk_of <- factor(wyk, ordered = TRUE)
wyk_of
```

```
## [1] podstawowe podstawowe podstawowe podstawowe podstawowe średnie
## [7] średnie średnie wyższe wyższe
## Levels: podstawowe < średnie < wyższe
```

W łatwy sposób możemy edytować etykiety:

```
levels(wyk_of) <- c("pod.", "śr.", "wyż.")
wyk_of
```

```
## [1] pod. pod. pod. pod. pod. śr. śr. śr. wyż. wyż.
## Levels: pod. < śr. < wyż.
```

Czynniki mają szczególne znaczenie w przypadku tworzenia wykresów, gdy chcemy określić porządek wyświetlania.

2.4 Lista

Listy to ciągi złożone z elementów o dowolnych typach. Mogą przydać się w szczególności przy budowaniu funkcji, które zwracają tylko jedną wartość. Wówczas dane różnego typu mogą być zawarte w takiej liście.

Tworzenie prostej listy:

```
l <- list(TRUE, c(1,2,3,4), "element tekstowy")
l
```

```
## [[1]]
## [1] TRUE
##
## [[2]]
## [1] 1 2 3 4
##
## [[3]]
## [1] "element tekstowy"
```

Już na pierwszy rzut oka widać bardziej złożoną strukturę listy. W związku z tym odwoływanie do poszczególnych elementów będzie trochę się różnić od wektorów czy macierzy.

```
l[2] # druga lista
```

```
## [[1]]
## [1] 1 2 3 4
```

```
l[[2]] # zawartość listy
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
l[[2]][3] # trzeci element wektora drugiej listy
```

```
## [1] 3
```

Listę można także rozwinąć do wektora z wykorzystaniem funkcji `unlist`:

```
unlist(l)
```

```
## [1] "TRUE"          "1"          "2"
## [4] "3"             "4"          "element tekstowy"
```

Poszczególne elementy listy można nazwać:

```
ln <- list(log=TRUE, num=c(1,2,3,4), tekst="element tekstowy")
ln
```

```
## $log
## [1] TRUE
##
## $num
## [1] 1 2 3 4
##
## $tekst
## [1] "element tekstowy"
```

Wówczas można uzyskać do nich dostęp poprzez symbol \$ i podaną nazwę:

```
ln$num
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
ln[[2]] # normalne indeksowanie nadal działa
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
ln$num[2]
```

```
## [1] 2
```

2.5 Ramka danych

Ramka danych to tabela, która przypomina tą z Excela zawierającą dane o różnych typach. Tworzona za pomocą funkcji `data.frame`:

```
df <- data.frame(plec=c("m", "k", "k", "m", "k", "m", "m", "m"),
                 wzrost=c(173, 170, 163, 178, 169, 180, 175, NA),
                 pali=c(T, F, F, F, T, F, NA, T))
```

W RStudio po wybraniu tego obiektu w zakładce **Environment** pojawia się przyjazne okno do przeglądania oraz poglądowego filtrowania i sortowania danych ze zbioru.

Możemy zobaczyć podsumowanie całego zbioru wywołując na nim funkcję `summary()`:

```
summary(df)
```

```
##   plec      wzrost      pali
## k:3   Min.    :163.0   Mode :logical
## m:5   1st Qu.:169.5   FALSE:4
##       Median :173.0   TRUE :3
##       Mean   :172.6   NA's :1
##       3rd Qu.:176.5
##       Max.   :180.0
##       NA's   :1
```

Ramki danych można indeksować w taki sam sposób jak macierze lub z wykorzystaniem operatora \$:

```
df[,2] # druga kolumna
```

```
## [1] 173 170 163 178 169 180 175 NA
```

```
df$wzrost # kolumna wzrost
```

```
## [1] 173 170 163 178 169 180 175 NA
```

```
df[,c("plec", "pali")]
```

```
##   plec  pali
## 1    m  TRUE
## 2    k FALSE
## 3    k FALSE
## 4    m FALSE
## 5    k  TRUE
## 6    m FALSE
## 7    m   NA
## 8    m  TRUE
```

Z kolei do wyboru obserwacji można wykorzystać warunek:

```
df[df$plec=="m",]
```

```
##   plec wzrost  pali
## 1    m    173  TRUE
## 4    m    178 FALSE
## 6    m    180 FALSE
## 7    m    175   NA
## 8    m     NA  TRUE
```

Wyodrębnienie informacji o wzroście tylko dla kobiet i wyznaczenie średniej:

```
wzrost_k <- df$wzrost[df$plec == "k"]
wzrost_k
```

```
## [1] 170 163 169
```

```
mean(wzrost_k)
```

```
## [1] 167.3333
```

Widzimy, że dla mężczyzn nie udało się ustalić wszystkich informacji i jeden z nich nie ma podanego wzrostu, a dla drugiego brakuje informacji o paleniu papierosów. Możemy usunąć braki danych w kolumnach korzystając z funkcji `complete.cases()`:

```
df[complete.cases(df$wzrost),] # tylko zmienna wzrost
```

```
##   plec wzrost  pali
## 1    m    173  TRUE
## 2    k    170 FALSE
## 3    k    163 FALSE
## 4    m    178 FALSE
## 5    k    169  TRUE
## 6    m    180 FALSE
## 7    m    175   NA
```

```
df[complete.cases(df),] # wszystkie zmienne
```

```
##   plec wzrost  pali
## 1    m    173  TRUE
## 2    k    170 FALSE
## 3    k    163 FALSE
```

```
## 4    m    178 FALSE
## 5    k    169  TRUE
## 6    m    180 FALSE
```

Zbiory danych przechowywane są także w R i pochodzą z różnych pakietów. Wywołując funkcję `data("zbiór")` ładujemy dany zbiór do pamięci. Do szybkiego podglądu zebranych danych służy funkcja `head()`, która domyślnie wyświetla 6 pierwszych obserwacji ze zbioru:

```
data("iris")
head(iris)
```

```
##      Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 1           5.1         3.5          1.4          0.2  setosa
## 2           4.9         3.0          1.4          0.2  setosa
## 3           4.7         3.2          1.3          0.2  setosa
## 4           4.6         3.1          1.5          0.2  setosa
## 5           5.0         3.6          1.4          0.2  setosa
## 6           5.4         3.9          1.7          0.4  setosa
```

2.5.1 Zadania

Załaduj do pamięci zbiór o nazwie `ChickWeight`.

1. Ile razy jedzenie otrzymał kurczak o numerze 15?
2. Ile wynosi mediana wagi kurczaka o numerze 35?
3. Ile średnio ważyły kurczaki na diecie nr 1, a ile na diecie nr 2?

2.6 Rozwiązania do zadań

2.6.1 Macierz

```
x1 <- c(2,4,1,6,9,3,2,9,10,7)
x2 <- c(1.5,0.2,0.1,2,3.1,1.2,0.4,2.9,2.5,1.9)
x0 <- rep(1,length(x1))
y <- c(12,15,10,19,26,13,13,21,29,18)

x <- cbind(x0, x1, x2)

b <- solve(t(x)%*%x)%*%t(x)%*%y
```


Chapter 3

Przetwarzanie danych

3.1 Pakiet tidyverse

Pakiet `tidyverse` to zestaw pakietów do kompleksowego przetwarzania i wizualizacji danych. Ładuje następujące pakiety:

- `ggplot2` - tworzenie wykresów,
- `dplyr` - przetwarzanie danych,
- `tidyr` - zmiana reprezentacji danych,
- `readr` - wczytywanie danych tekstowych,
- `purrr` - programowanie funkcyjne
- `tibble` - sposób przechowywania danych,
- `stringr` - przetwarzanie tekstów,
- `forcats` - przetwarzanie faktorów

Manifest tidyverse ustala następujące zasady:

- powtórne użycie istniejących struktur danych,
- tworzenie czytelnych kodów z operatorem pipe `%>%` (ang. rura, przewód, łącznik).

Wobec tego załadujmy pakiet `tidyverse`:

```
library(tidyverse)
```

W konsoli pojawi się informacja o wersji załadowanych pakietów oraz o konfliktach występujących pomiędzy pakietami. Konflikty te wynikają z takich samych nazw funkcji w różnych pakietach. Kolejność wczytywania pakietów ma znaczenie - kolejny pakiet przykryje funkcje z wcześniej wczytanego. Wywołanie przykrytej funkcji jest możliwe poprzez zapis `nazwa_pakietu::nazwa_funkcji`.

Korzystanie z pakietu i zasad `tidyverse` to dużo bardziej czytelny kod w porównaniu do wbudowanych funkcji. Poniżej przedstawiony jest przykład przetwarzania danych polegający na filtrowaniu, wyborze kolumn oraz utworzeniu nowej zmiennej.

```
data("ChickWeight")

# bez pakietu tidyverse

chick_15 <- ChickWeight[ChickWeight$Chick=="15",]
chick_15 <- chick_15[c("weight", "Time", "Diet"),]
chick_15$weight_kg <- chick_15$weight/1000
```

```
# z pakietem tidyverse

chick_15 <- ChickWeight %>%
  filter(Chick=="15") %>%
  select(-Chick) %>%
  mutate(weight_kg=weight/1000)
```

Rozwiązanie z wykorzystaniem wbudowanych funkcji to 133 znaki, natomiast wykorzystanie `tidyverse` to 30% oszczędność miejsca i tylko 92 znaki.

3.2 Import danych

Wczytywanie danych do R jest możliwe z wielu różnych źródeł. Funkcje, które to umożliwiają zwykle mają nazwę rozpoczynającą się od `read`.

Będziemy korzystać z następujących zbiorów danych:

- `movies` - plik tekstowy zawierający informacje o filmach,
- `bank` - plik excel zawierający dane dot. kampanii marketingowej banku, opis zmiennych,
- `rossmann` - plik excel zawierający dane ze sklepów Rossmann,
- `lotto` - plik tekstowy zawierający dane z losowań Lotto.

3.2.1 Pliki CSV

Do wczytywania plików csv można wykorzystać wbudowaną funkcję `read.csv()` lub tą pochodzącą z pakietu `readr` - `read_csv()`. W obu przypadkach wynik wczytania będzie podobny.

```
movies <- read.csv("data/movies.csv")

movies2 <- read_csv("data/movies.csv")

## Parsed with column specification:
## cols(
##   title = col_character(),
##   genre = col_character(),
##   director = col_character(),
##   year = col_double(),
##   duration = col_double(),
##   gross = col_double(),
##   budget = col_double(),
##   cast_facebook_likes = col_double(),
##   votes = col_double(),
##   reviews = col_double(),
##   rating = col_double()
## )
```

Jeśli nas plik ma nietypową strukturę to w funkcji `read.csv()` możemy określić dodatkowe argumenty informując o nazwach kolumn obecnych w pliku (`header =`), separatorze kolumn (`sep =`) lub separatorze miejsc dziesiętnych (`dec =`)

```
movies <- read.csv(file = "data/movies.csv", header = T, sep=";", dec=".")
```


3.2.2 Pliki excel

Do wczytywania plików z Excela niezbędny jest dodatkowy pakiet `readxl`. W funkcji `read_xlsx()` podajemy jako argument nazwę pliku. Możemy także dodać nazwę lub numer arkusza w argumentcie (`sheet =`) oraz zakres komórek jako wartość argumentu `range =`.

```
library(readxl)

bank <- read_xlsx("data/bank.xlsx")

# bank <- read_xlsx("data/bank.xlsx", sheet = "dane")
# bank <- read_xlsx("data/bank.xlsx", sheet = 1)

bank_a1i30 <- read_xlsx("data/bank.xlsx", range = "A1:I30")

rossmann <- read_xlsx("data/rossmann.xlsx")
```

3.2.3 Pliki tekstowe

Z kolei do wczytywania plików tekstowych wykorzystuje się funkcję `read.table()`. Wczytywany plik nie musi być zlokalizowany na dysku twardym - może to być link internetowy.

```
lotto <- read.table("http://www.mbnet.com.pl/dl.txt")
names(lotto) <- c("lp", "data", "numery")
```

3.3 Filtrowanie

Do przetwarzania danych służą funkcje z pakietu `dplyr`. Większość z nich jako pierwszy argument przyjmuje przetwarzany zbiór danych, ale można tego uniknąć wykorzystując symbole `%>%`.

Filtrowanie polega na wybraniu obserwacji, które spełniają określony warunek lub warunki. Ze zbioru `movies` wybierzmy wszystkie komedie:

```
komedie <- filter(movies, genre=="Comedy")
```

lub alternatywnie:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy")
```

Po zmiennej, która jest filtrowana musimy podać operator porównania czyli podwójny znak równości `==`. Jeśli chcemy filtrować po większej liczbie zmiennych to kolejne warunki dodajemy po przecinku:

```
komedie_2012 <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy", year==2012)
```

Wówczas oba warunki muszą zostać spełnione czyli pomiędzy nimi zachodzi relacja `i`. Równoważny zapis jest następujący:

```
komedie_2012 <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy" & year==2012)
```

Pomiędzy warunkami może także zachodzić relacja `lub`. Wybieramy filmy, które są komediami **lub** miały swoją premierę w 2012 roku.

```
komedie_l_2012 <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy" | year==2012)
```

Możliwy jest także wybór wielu kryteriów filtrowania poprzez operator `%in%`:

```
komedie_familijne <- movies %>%
  filter(genre %in% c("Comedy", "Family"))

movies_2000_2010 <- movies %>%
  filter(year %in% 2000:2010)
```

3.4 Wybieranie kolumn

Do wyboru kolumn służy funkcja `select()`. Zmodyfikujemy wcześniej utworzony zbiór `komedie`:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(title, year, duration, budget, rating)
```

Ten sam kod możemy zapisać zagnieżdżając funkcje, ale traci on w ten sposób na czytelności:

```
komedie <- select(filter(movies, genre=="Comedy"), title, year, duration, budget, rating)
```

Możemy także wskazać, które zmienne nie mają znaleźć się w zbiorze wynikowym:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-genre)
```

Natomiast jeśli zmiennych jest więcej to musimy je umieścić w wektorze, żeby nie pisać przed każdą zmienną znaku minus:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-genre, -director, -gross, -budget)
```

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-c(genre, director, gross, budget))
```

Z wykorzystaniem znaku dwukropka możemy także wskazywać zakresy zmiennych:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-genre, -c(gross:reviews))
```

3.5 Tworzenie nowych zmiennych

Do utworzenia nowej zmiennej wykorzystuje się funkcję `mutate()`. Utwórzmy w naszym zbiorze nową zmienną, która będzie zawierała czas trwania filmu w godzinach:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
```

```
select(-genre, -c(gross:reviews)) %>%
mutate(dur_hour = duration/60)
```

Rozsądnie będzie zaokrąglić otrzymaną wartość do jednego miejsca po przecinku - służy do tego funkcja `round()`:

```
komedie <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-genre, -c(gross:reviews)) %>%
  mutate(dur_hour = round(duration/60,1))
```

Z kolei funkcja `transmute()` tworzy zbiór w którym jest tylko nowo utworzona kolumna:

```
komedie_t <- movies %>%
  filter(genre=="Comedy") %>%
  select(-genre, -c(gross:reviews)) %>%
  transmute(dur_hour = round(duration/60,1))
```

3.6 Zmiana nazwy zmiennej

Do zmiany nazw zmiennych służy funkcja `rename()`. Najpierw podajemy nazwę nowej zmiennej, a po znaku równości starą nazwę:

```
bank <- bank %>%
  rename(karta=kredyt)
```

Zmiany nazwy można także dokonać z wykorzystaniem funkcji `select`:

```
bank_nowy <- bank %>%
  select(lokata=wynik)
```

W takim przypadku trzeba jednak pamiętać o wypisaniu wszystkich zmiennych, które mają się znaleźć w zbiorze wynikowym.

3.7 Podsumowanie danych

Funkcja `summarise()` służy do podsumowań danych w formie zagregowanej:

```
bank %>%
  summarise(saldo_srednia=mean(saldo),
            saldo_mediana=median(saldo))
```

```
## # A tibble: 1 x 2
##   saldo_srednia saldo_mediana
##         <dbl>         <dbl>
## 1      1362.           448
```

Podsumowanie danych ma najwięcej sensu w połączeniu z funkcją grupującą.

3.8 Grupowanie

Do grupowania obserwacji służy funkcja `group_by()`. Zobaczmy jak wyglądają statystyki salda w poszczególnych grupach wykształcenia:

```
bank %>%
  group_by(wykszt) %>%
  summarise(saldo_srednia=mean(saldo),
            saldo_mediana=median(saldo))
```

```
## # A tibble: 4 x 3
##   wykoszt      saldo_srednia saldo_mediana
##   <chr>          <dbl>          <dbl>
## 1 podstawowe    1251.            403
## 2 srednie       1155.            392
## 3 wyzsze       1758.            577
## 4 <NA>         1527.            568
```

Po przecinku w funkcji `group_by()` można wskazać kolejne zmienne grupujące:

```
bank %>%
  group_by(wykszt, hipoteka) %>%
  summarise(saldo_srednia=mean(saldo),
            saldo_mediana=median(saldo))
```

```
## # A tibble: 8 x 4
## # Groups:   wykoszt [?]
##   wykoszt      hipoteka      saldo_srednia saldo_mediana
##   <chr>      <chr>          <dbl>          <dbl>
## 1 podstawowe nie          1571.            521
## 2 podstawowe tak          1008.            344.
## 3 srednie   nie          1340.            416.
## 4 srednie   tak          1034.            380
## 5 wyzsze    nie          1919.            618
## 6 wyzsze    tak          1584.            543
## 7 <NA>      nie          1780.            679
## 8 <NA>      tak          1207.            442
```

Przydatna jest także funkcja `n()`, która nie przyjmuje żadnego argumentu i zwraca liczebność zbioru bądź grupy.

```
bank %>%
  group_by(wykszt) %>%
  summarise(liczebosc=n(),
            saldo_srednia=mean(saldo),
            saldo_mediana=median(saldo))
```

```
## # A tibble: 4 x 4
##   wykoszt      liczebosc      saldo_srednia saldo_mediana
##   <chr>      <int>          <dbl>          <dbl>
## 1 podstawowe    6851            1251.            403
## 2 srednie     23202            1155.            392
## 3 wyzsze     13301            1758.            577
## 4 <NA>        1857            1527.            568
```

Jeżeli chcemy tylko wyznaczyć liczebności grup to możemy skorzystać z funkcji `count()`:

```
bank %>%
  group_by(wykszt) %>%
  count()
```

```
## # A tibble: 4 x 2
## # Groups:   wykoszt [4]
```

```
##   wykszt      n
##   <chr>      <int>
## 1 podstawowe 6851
## 2 srednie    23202
## 3 wyzsze     13301
## 4 <NA>       1857
```

Jedną z kategorii zmiennej wykształcenie jest brak danych (NA). Zamienimy tę wartość na kategorię *nieustalone* z wykorzystaniem funkcji `mutate()` oraz `if_else()`. Funkcja `if_else()` przyjmuje trzy argumenty - pierwszy (`condition =`) to warunek, który jest weryfikowany, następnie podajemy wartość, która ma być wprowadzona w przypadku spełnienia warunku (`true =`), a na końcu wartość dla niespełnionego warunku (`false =`). Jest to odpowiednik funkcji JEŻELI z Excela.

W omawianym przykładzie warunkiem jest sprawdzenie czy wartości zmiennej `wykszt` są równe NA. Jeśli tak to na ich miejsce wprowadzany jest tekst *nieustalone*, a w przeciwnym przypadku pozostaje oryginalna wartość.

```
bank %>%
  mutate(wykszt=if_else(is.na(wykszt), "nieustalone", wykszt)) %>%
  group_by(wykszt) %>%
  count()
```

```
## # A tibble: 4 x 2
## # Groups:   wykszt [4]
##   wykszt      n
##   <chr>      <int>
## 1 nieustalone 1857
## 2 podstawowe 6851
## 3 srednie    23202
## 4 wyzsze     13301
```

3.9 Sortowanie

Sortowanie jest możliwe z wykorzystaniem funkcji `arrange()`. Jako argument podajemy zmienną według, której chcemy posortować zbiór. Domyślne zbiór sortowany jest rosnąco - od wartości najmniejszych do największych:

```
bank_sort <- bank %>%
  arrange(saldo)
```

Zmiana kierunku sortowania jest możliwa po zastosowaniu funkcji `desc()`:

```
bank_sort <- bank %>%
  arrange(desc(saldo))
```

Sortowanie możemy także zastosować do wyników podsumowania danych:

```
bank %>%
  group_by(wykszt) %>%
  summarise(liczebnosc=n(),
            saldo_srednia=mean(saldo),
            saldo_mediana=median(saldo)) %>%
  arrange(saldo_srednia)
```

```
## # A tibble: 4 x 4
##   wykszt    liczebnosc saldo_srednia saldo_mediana
```

##	<chr>	<int>	<dbl>	<dbl>
## 1	srednie	23202	1155.	392
## 2	podstawowe	6851	1251.	403
## 3	<NA>	1857	1527.	568
## 4	wyzsze	13301	1758.	577

3.10 Łączenie zbiorów

W celu zaprezentowania funkcji łączących dane przygotujemy kilka zbiorów pomocniczych:

```
praca_czas <- bank %>%
  group_by(praca) %>%
  summarise(sr_czas=mean(czas))

praca_saldo <- bank %>%
  group_by(praca) %>%
  summarise(sr_saldo=mean(saldo))

zawod_saldo <- bank %>%
  rename(zawod=praca) %>%
  group_by(zawod) %>%
  summarise(sr_saldo=mean(saldo))
```

Do łączenia dwóch zbiorów danych służy funkcja `inner_join()`, która jako argumenty przyjmuje nazwy zbiorów danych oraz klucz łączenia. Jeśli w obu zbiorach występują kolumny o takich samych nazwach to zostaną potraktowane jako klucz łączenia:

```
praca_czas_saldo <- inner_join(praca_czas, pracasaldo)
```

```
## Joining, by = "praca"
```

Jeśli takie kolumny nie będą istniały to wywołanie funkcji zwróci błąd:

```
praca_czas_saldo <- inner_join(praca_czas, zawod_saldo)
```

```
## Error: `by` required, because the data sources have no common variables
```

W takich przypadkach należy wskazać klucz połączenia w postaci `by = c("id1"="id2")`:

```
praca_czas_saldo <- inner_join(praca_czas, zawod_saldo, by=c("praca"="zawod"))
```

Jeśli w jednym ze zbiorów nie ma wszystkich identyfikatorów, które znajdują się w drugim zbiorze to zastosowanie funkcji `inner_join()` będzie skutkowało zbiorem, w którym znajdują się tylko te obserwacje, które udało się połączyć.

```
praca_saldo_1500 <- pracasaldo %>%
  filter(sr_saldo > 1500)

inner_join(praca_czas, pracasaldo_1500, by="praca")
```

```
## # A tibble: 6 x 3
##   praca sr_czas sr_saldo
##   <dbl> <dbl> <dbl>
## 1     2   289.  1522.
## 2     3   254.  1764.
## 3     5   256.  1521.
## 4     7   268.  1648.
```

```
## 5      8      287.      1984.
## 6     NA      238.      1772.
```

Jeśli chcemy pozostawić niedopasowane obserwacje to należy wykorzystać jedną z funkcji - `left_join()` lub `right_join()` w zależności od tego dla którego zbioru chcemy pozostawić wszystkie informacje.

```
left_join(praca_czas, praca_saldo_1500, by="praca")
```

```
## # A tibble: 11 x 3
##   praca sr_czas sr_saldo
##   <dbl>   <dbl>   <dbl>
## 1     1     247.     NA
## 2     2     289.    1522.
## 3     3     254.    1764.
## 4     4     246.     NA
## 5     5     256.    1521.
## 6     6     263.     NA
## 7     7     268.    1648.
## 8     8     287.    1984.
## 9     9     253.     NA
## 10    10     257.     NA
## 11    NA     238.    1772.
```

3.11 Szeroka i wąska reprezentacja danych

Do wyjaśnienia kwestii szerokiej i wąskiej reprezentacji danych posłużymy się danymi z GUS dotyczącymi przeciętnego miesięcznego spożycie wybranych artykułów żywnościowych na 1 osobę w 2016 roku - plik.

```
spozycie <- read_xlsx("data/spozycie.xlsx")
```

Taka tabela jest przykładem szerokiej reprezentacji danych. Z kolei w niektórych sytuacjach wygodnie jest korzystać z wąskiej reprezentacji danych, a niektóre pakiety wręcz wymagają takich zbiorów wejściowych.

Do transformacji danych z reprezentacji szerokiej na wąską służy funkcja `gather()` (pol. *gromadzić*). Kluczowe są w niej dwa argumenty - pierwszy (`key`) określa nazwę nowej kolumny, która będzie zawierała nazwy zmiennych, a drugi (`value`) określa nazwę nowej kolumny, która będzie zawierała wartości zmiennych. Jako kolejne argumenty podaje się nazwy kolumn, które mają być transformowane lub nazwy kolumn ze znakiem minus -, które nie mają być transformowane.

```
spozycie_waskie <- spozycie %>%
  gather(artykul, spozycie, mieso, owoce, warzywa)

# spozycie_waskie <- spozycie %>%
#   gather(artykul, spozycie, -kod, -nazwa)
```

W takiej formie łatwiej podsumować dane:

```
spozycie_waskie %>%
  group_by(artykul) %>%
  summarise(sr_spozycie=mean(spozycie))
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   artykul sr_spozycie
##   <chr>   <dbl>
## 1 mieso      5.47
## 2 owoce      3.65
```

```
## 3 warzywa      8.85
```

W porównaniu do szerokiej reprezentacji danych:

```
spozycie %>%
  summarise(sr_spozycie_mieso=mean(mieso),
            sr_spozycie_owoce=mean(owoce),
            sr_spozycie_warzywa=mean(warzywa))
```

```
## # A tibble: 1 x 3
##   sr_spozycie_mieso sr_spozycie_owoce sr_spozycie_warzywa
##             <dbl>             <dbl>             <dbl>
## 1             5.47             3.65             8.85
```

Transformacja z wąskiej do szerokiej reprezentacji danych jest możliwa z zastosowaniem funkcji `spread()` (pol. *rozprzestrzenić*). W przypadku tej funkcji niezbędne są dwa argumenty - pierwszy (`key`) wskazuje kolumnę zawierającą nazwy dla nowych zmiennych, a drugi argument (`value`) wskazuje kolumnę zawierającą wartości dla nowych zmiennych.

```
spozycie_szerokie <- spozycie_waskie %>%
  spread(artykul, spozycie)
```

3.12 Eksport danych

Zapis zbioru danych do zewnętrznego pliku jest możliwy z wykorzystaniem funkcji `write.table()`. Jako argumenty tej funkcji określamy: zbiór danych (`x`), docelowe miejsce na dysku i nazwę pliku (`file`), separator kolumn (`sep`), separator miejsc dziesiętnych (`dec`) oraz argument `row.names = FALSE`, dzięki któremu unikniemy dodatkowych numerów wierszy.

```
write.table(spozycie_waskie, file = "data/spozycie_w.csv", sep=";", dec=".", row.names=F)
```

Taki plik jest plikiem csv, który możemy otworzyć w Excelu i zapisać go z rozszerzeniem `.xlsx`. Teoretycznie istnieje pakiet `xlsx`, który umożliwia zapisywanie zbiorów od razu do Excela, ale działa w oparciu o Javę, co bywa problematyczne.

3.13 Zadania

Na podstawie zbioru `rossmann` odpowiedź na pytania:

1. Ile było sklepów o asortymencie rozszerzonym w dniu 25-02-2014?
2. W jaki dzień tygodnia średnia liczba klientów była największa w sklepie nr 101?
3. Sklep jakiego typu charakteryzuje się największą medianą sprzedaży?
4. Czy w ciągu roku odległość do najbliższego sklepu konkurencji zmieniła się dla jakiegokolwiek sklepu Rossmann?

3.14 Case study

Rozważmy sklepy Rossmann, które w 2014 roku były otwarte powyżej 300 dni w roku. Czy średnia sprzedaż wyrażona w zł w sklepach Rossmann różni się statystycznie pomiędzy grupami zdefiniowanymi przez asortyment sklepu? Dane na temat średniego kursu miesięcznego euro pobierz ze stron NBP.

Rozwiązanie

Chapter 4

Wizualizacja danych

Przewodnik po wizualizacji danych

Będziemy działać na zbiorze dotyczącym sprzedaży w sklepach Rossmann.

```
library(tidyverse)
library(readxl)

rossmann <- read_xlsx("data/rossmann.xlsx")

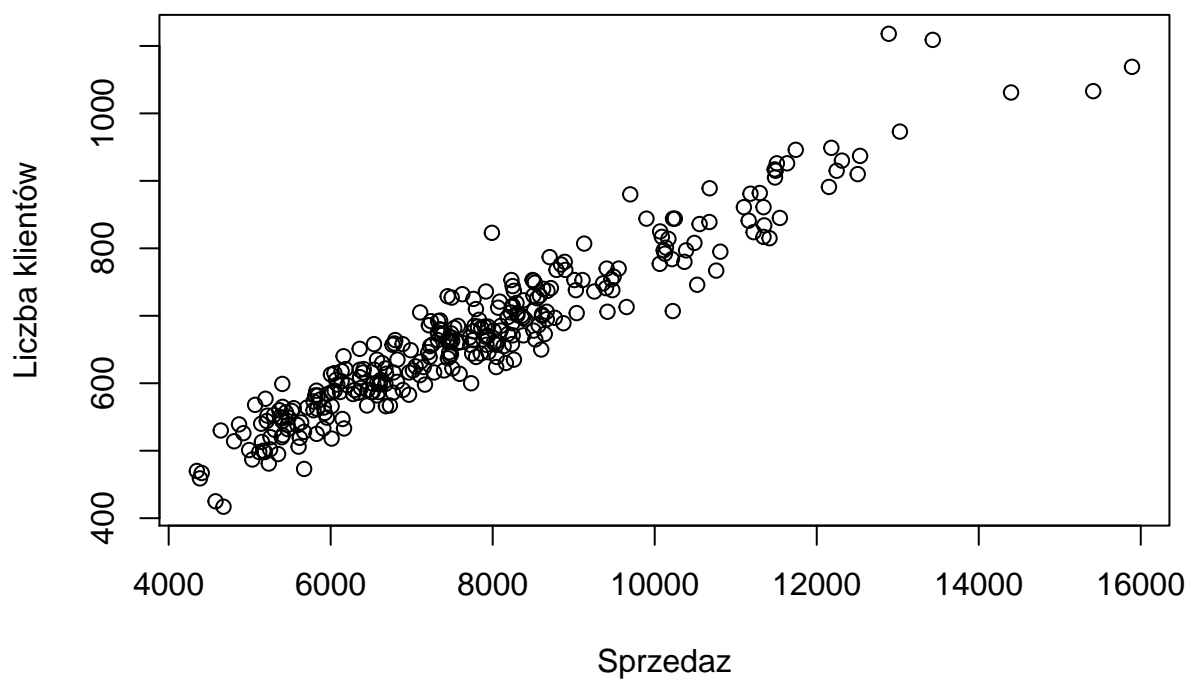
sklep77 <- rossmann %>%
  filter(sklep_id==77, czy_otwarty=="Tak")
```

4.1 Wbudowane funkcje

Do prostych wykresów można wykorzystać wbudowaną funkcję `plot`.

```
plot(sklep77$sprzedaz, sklep77$liczba_klientow,
     xlab = "Sprzedaż", ylab = "Liczba klientów",
     main = "Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77")
```

Sprzedaz i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77



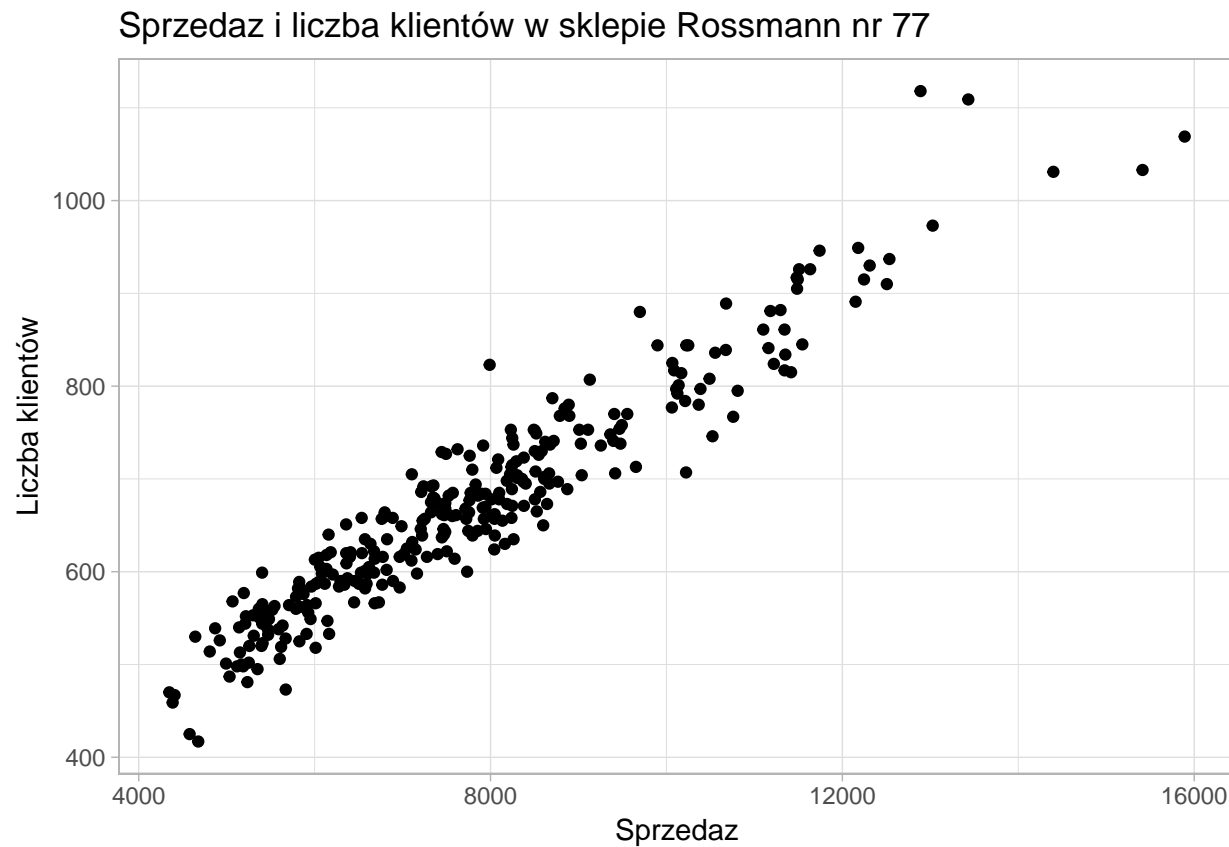
4.2 Pakiet ggplot2

Wiodący pakiet do wizualizacji danych:

- dokumentacja: <https://ggplot2.tidyverse.org/>
- cheatsheet
- tworzenie wykresów poprzez dodawanie (+) kolejnych warstw

4.2.1 Wykres punktowy

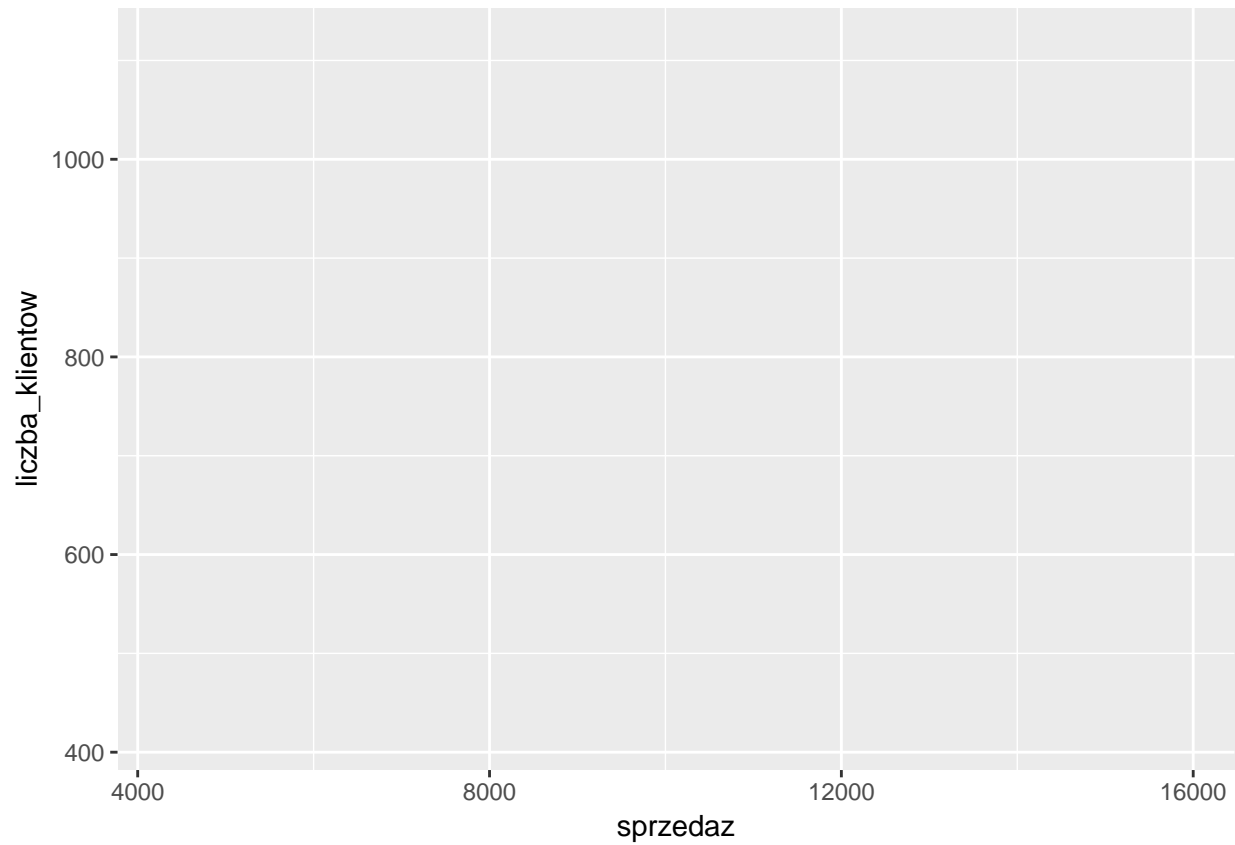
Ten sam wykres co wcześniej, ale z wykorzystaniem pakietu ggplot2.



Wykonanie krok po kroku:

1. Utworzenie siatki - określenie co chcemy na wykresie przedstawić

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow))
```

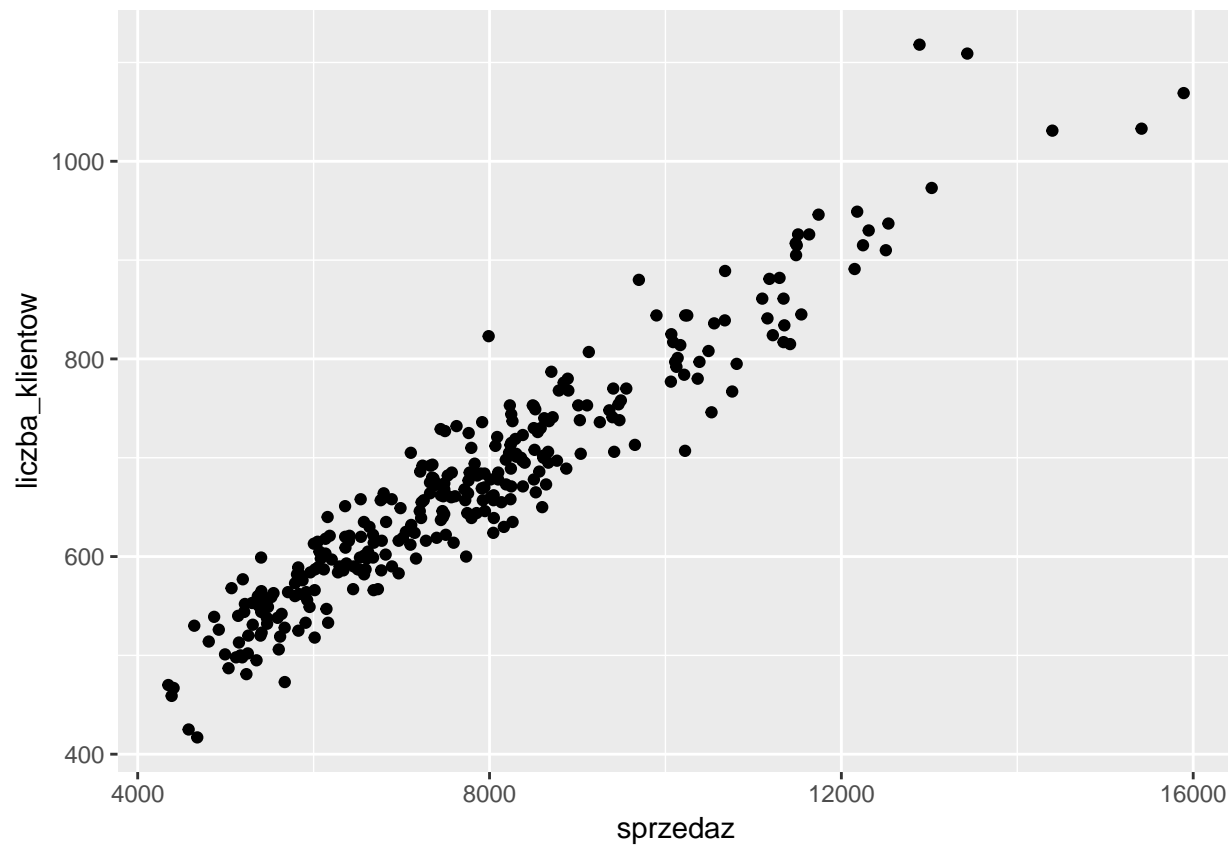


W zależności od typu wykresu w funkcji `aes` mogą znaleźć się argumenty:

- `x`
- `y`
- `fill`
- `size`
- `color`
- `shape`

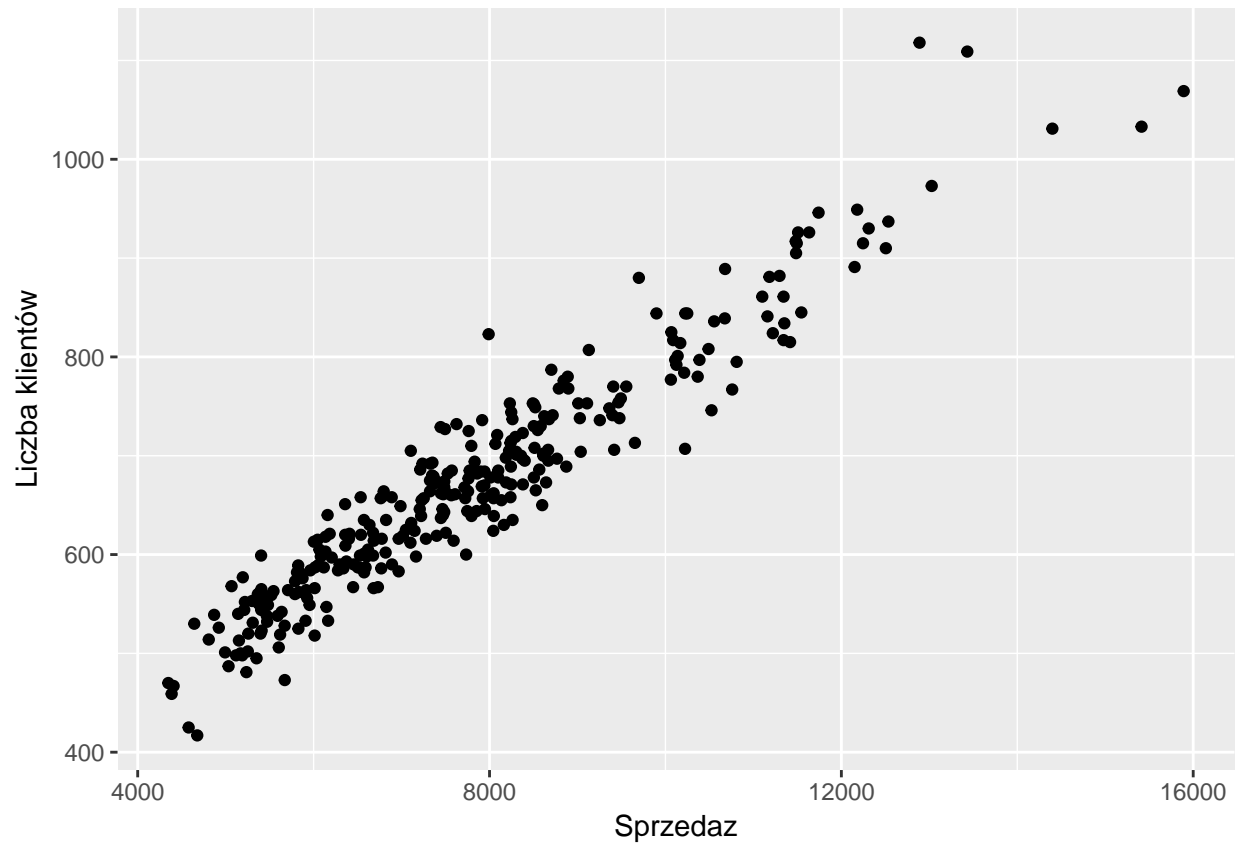
2. Określenie w jaki sposób chcemy te dane przedstawić - funkcja zawsze zaczyna się od `geom_`:

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow)) +  
  geom_point()
```



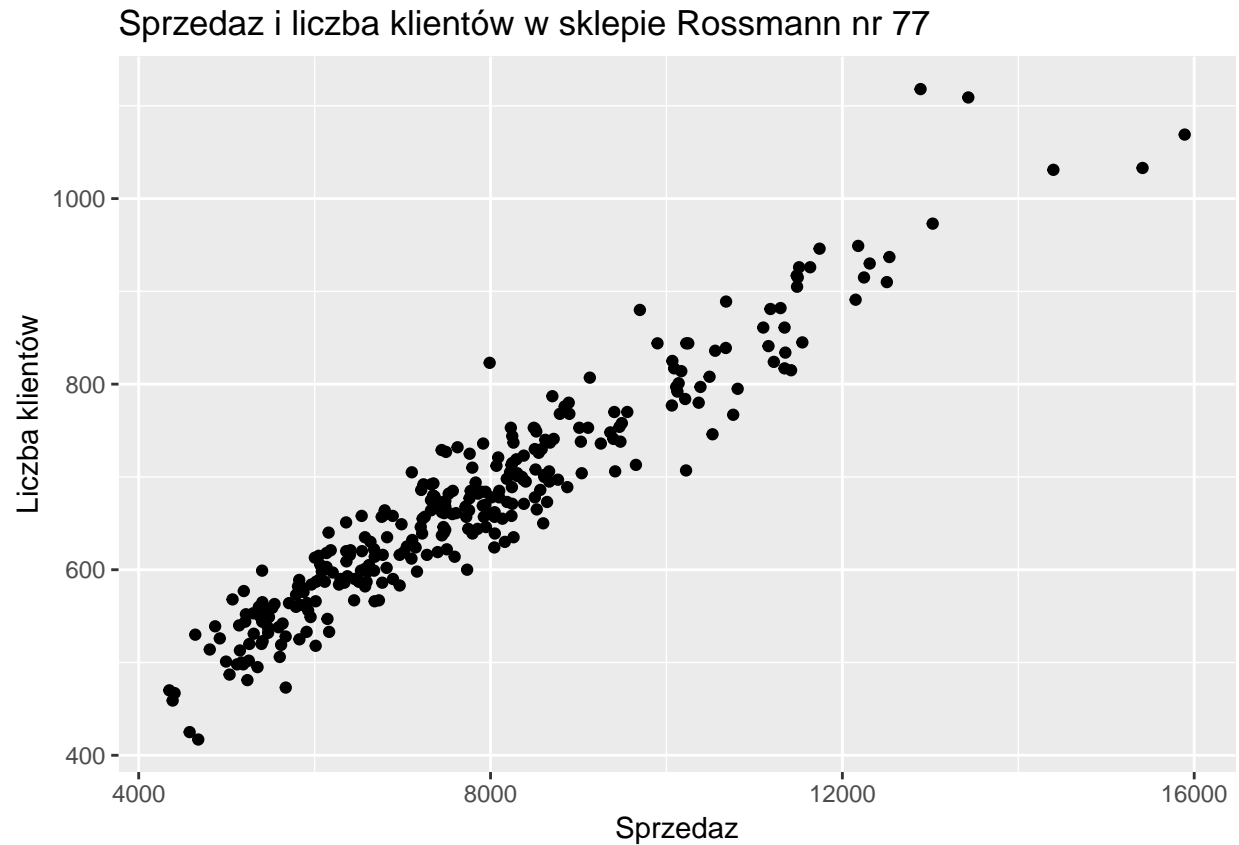
3. Edytowanie etykiet osi - funkcje `xlab` i `ylab`:

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow)) +  
  geom_point() +  
  xlab("Sprzedaż") +  
  ylab("Liczba klientów")
```



4. Dodanie tytułu - funkcja ggtitle

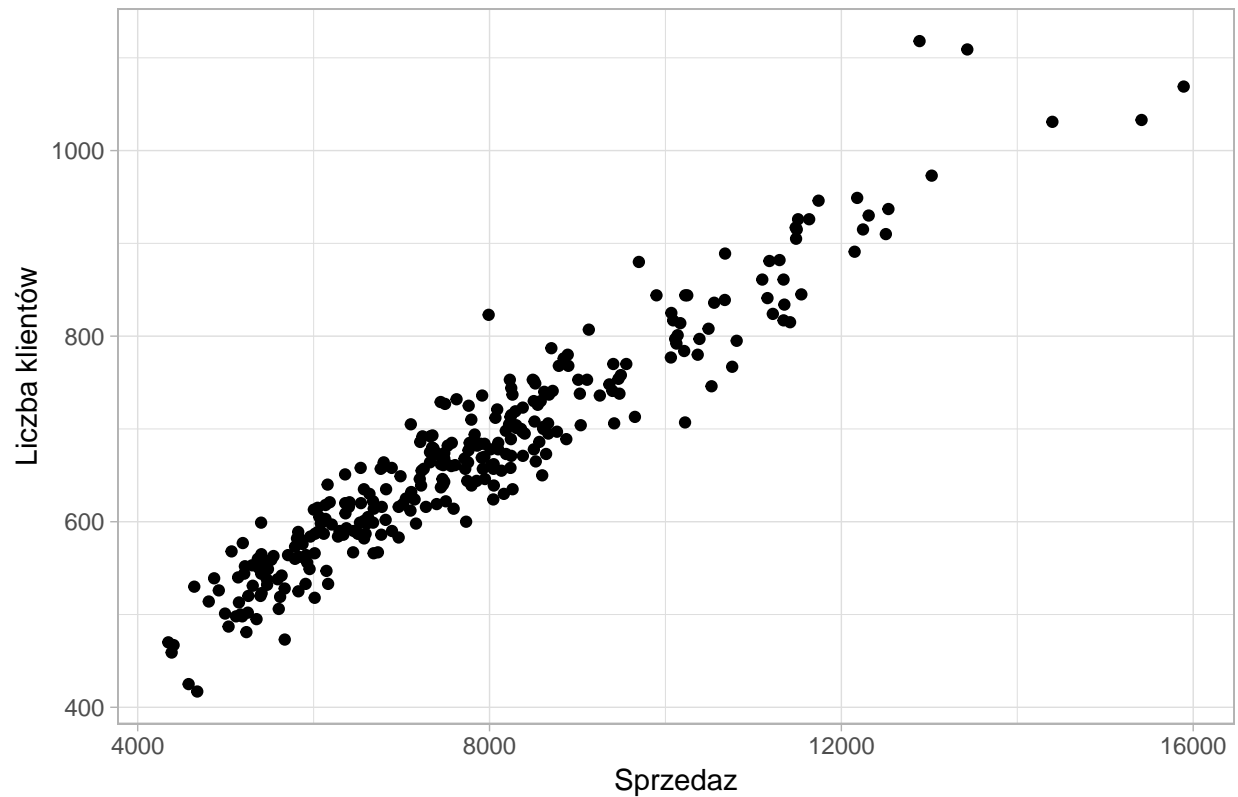
```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow)) +  
  geom_point() +  
  xlab("Sprzedaż") +  
  ylab("Liczba klientów") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77")
```



5. Zmiana motywu - funkcja rozpoczynająca się od `theme_`:

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow)) +  
  geom_point() +  
  xlab("Sprzedaż") +  
  ylab("Liczba klientów") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +  
  theme_light()
```

Sprzedaz i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77



Dostępne motywy:

- theme_bw
- theme_classic
- theme_dark
- theme_gray
- theme_light
- theme_linedraw
- theme_minimal
- theme_void

Powyższe motywy są zaimplementowane w pakiecie ggplot2, ale można także skorzystać z dodatkowych pakietów:

- theme_bbc
- theme_xkcd

Albo stworzyć swój własny motyw.

Zadanie

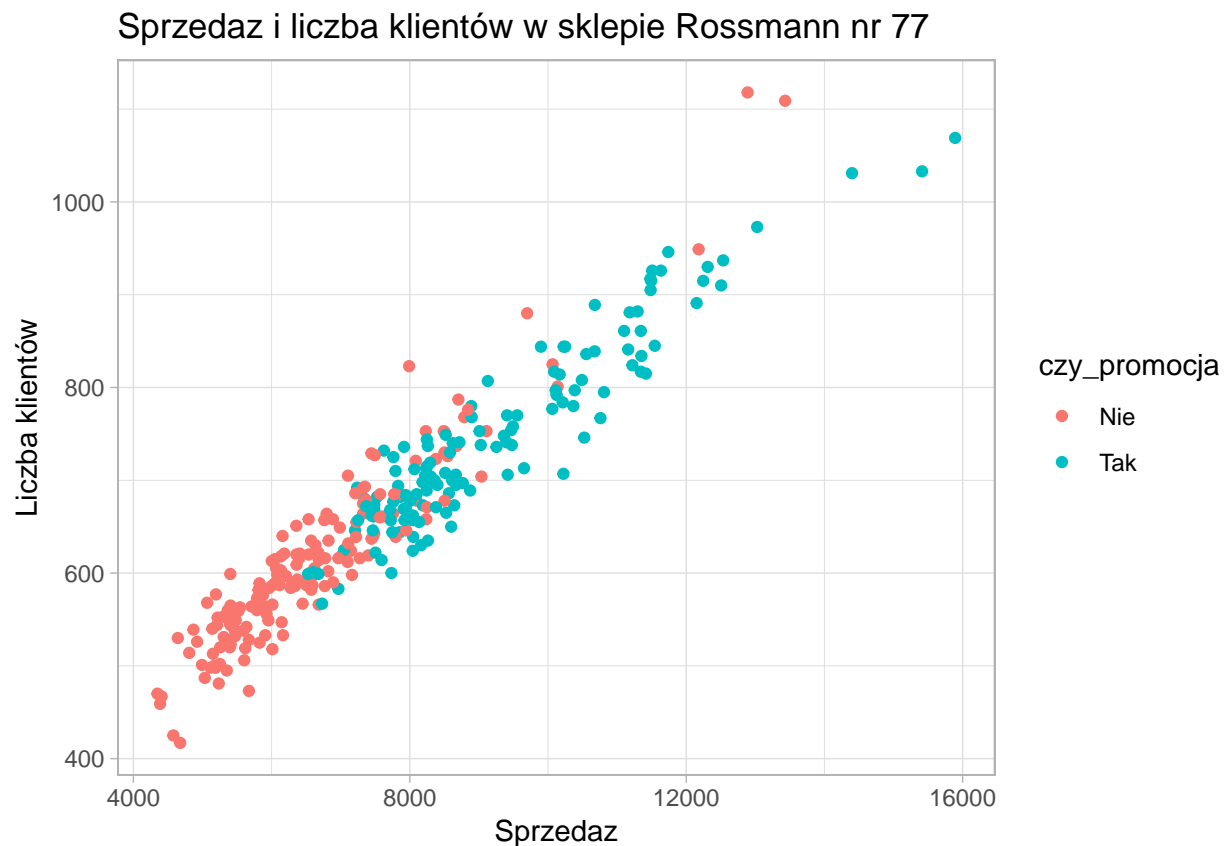
Zmień motyw wykresu na wybrany przez siebie.

Dodamy teraz do wykresu kolejną cechę - rozpoczęcie promocji, żeby sprawdzić czy istnieje jakaś tendencja.

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +  
  geom_point() +  
  xlab("Sprzedaż") +  
  ylab("Liczba klientów") +
```



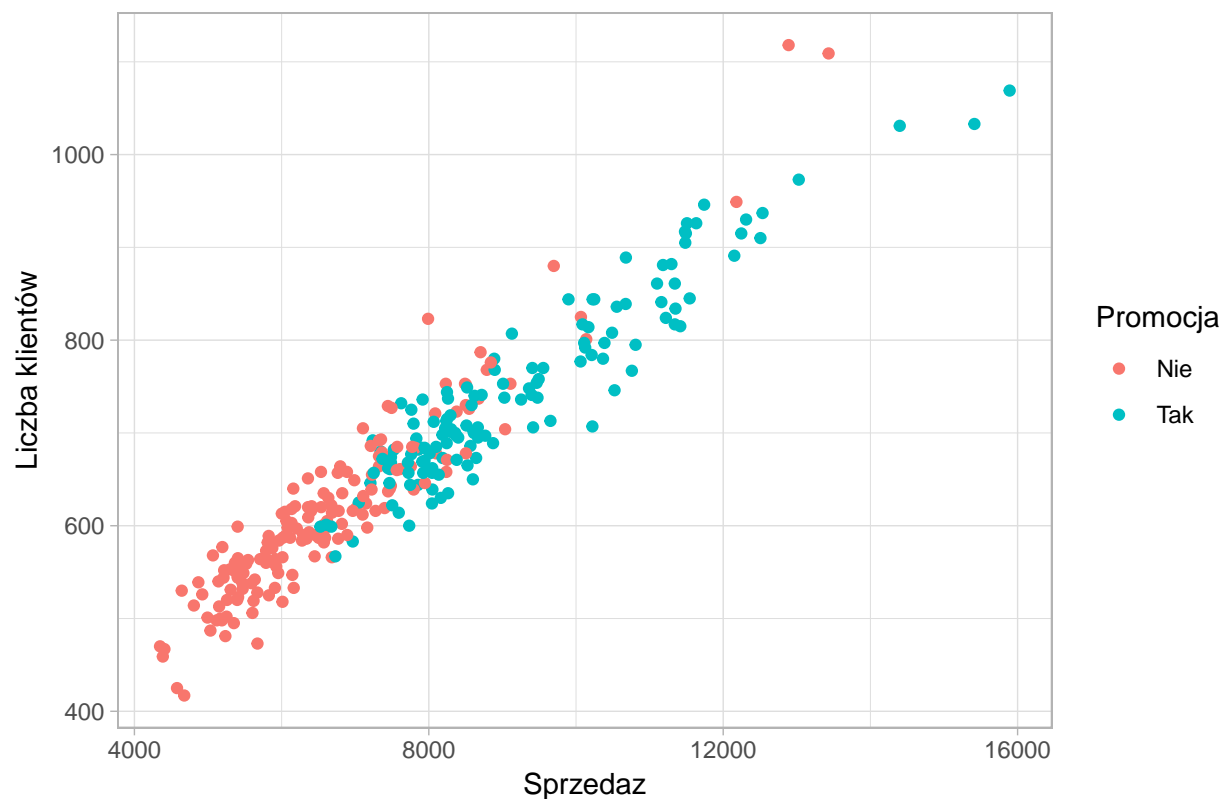
```
ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +
theme_light()
```



Okazuje się dosyć interesująco, niemniej nazwa etykiety legendy nie wygląda zbyt dobrze. Żeby to poprawić musimy użyć funkcji `scale_`

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +
  geom_point() +
  xlab("Sprzedaż") +
  ylab("Liczba klientów") +
  scale_color_discrete(name = "Promocja") +
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +
  theme_light()
```

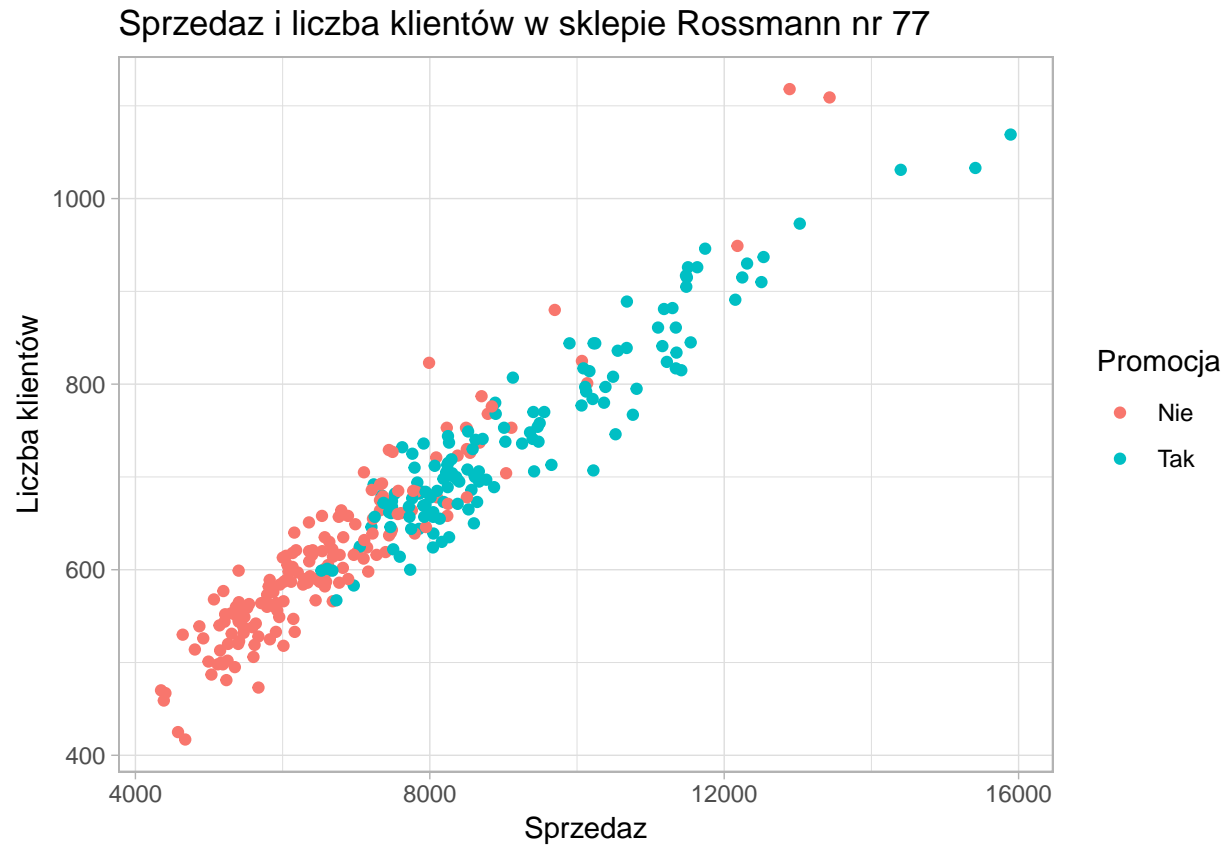
Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77



W funkcji `scale_` musimy podać w jaki sposób daną cechę wizualizujemy (x/y/color/...) oraz jakiego jest typu. Oprócz nazwy w tej funkcji możemy określić wiele innych kwestii takich jak:

- wyświetlane etykiety
- początek i koniec osi
- kolory wariantów
- etykiety wariantów

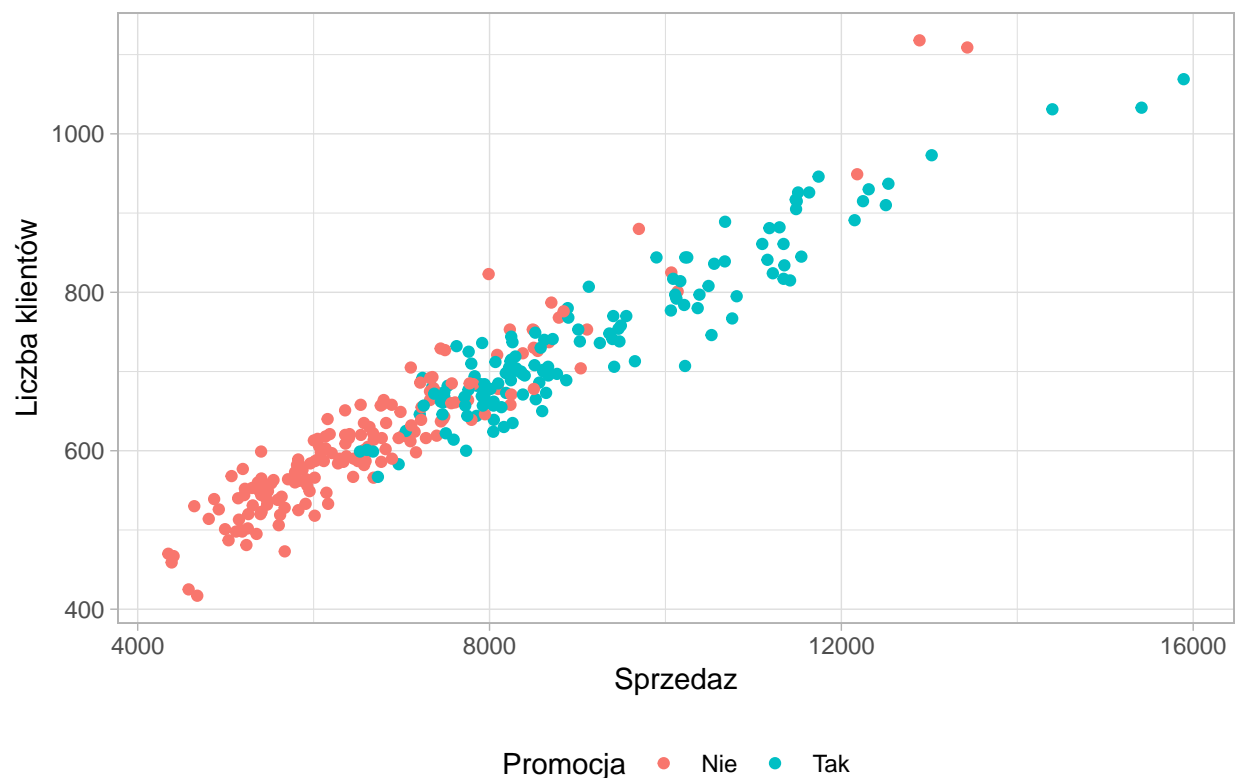
```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaż, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +  
  geom_point() +  
  scale_x_continuous(name = "Sprzedaż") +  
  scale_y_continuous(name = "Liczba klientów") +  
  scale_color_discrete(name = "Promocja") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +  
  theme_light()
```



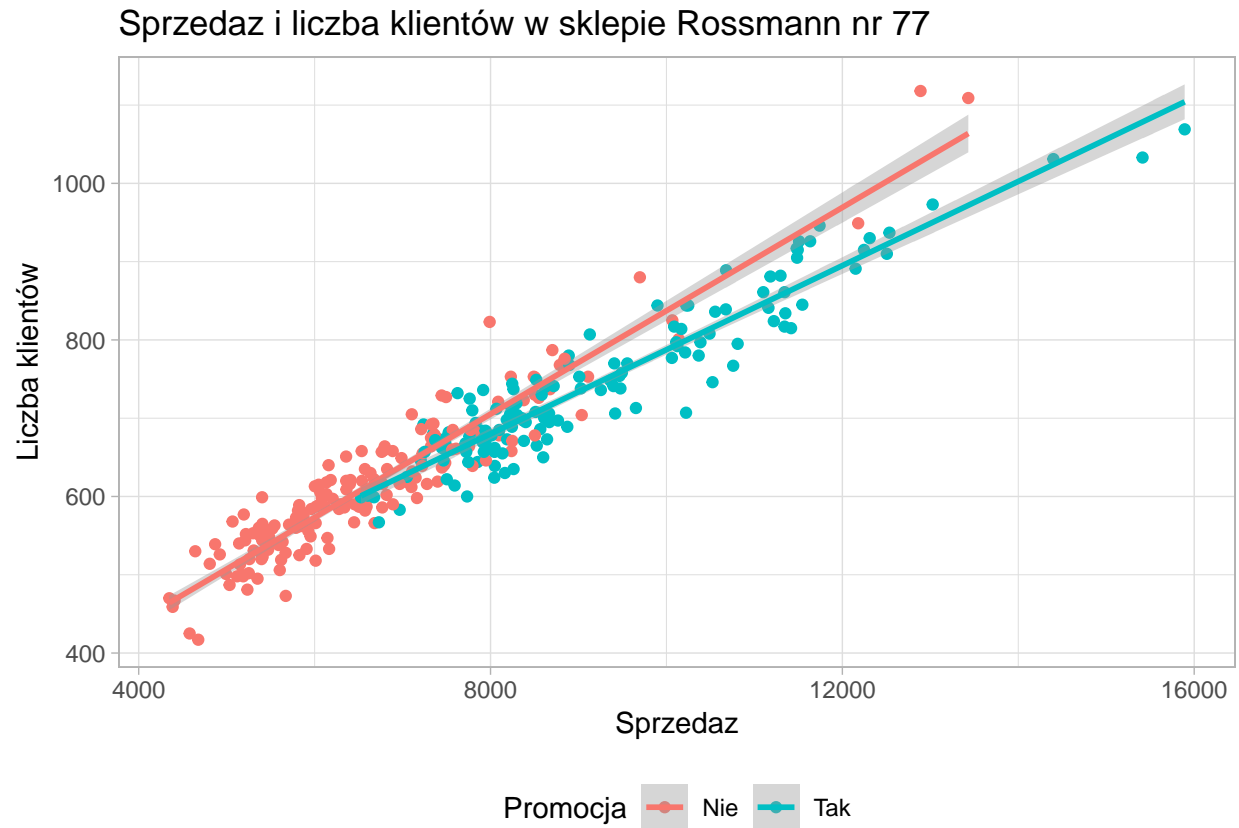
Zmiana pozycji legendy możliwa jest z wykorzystaniem funkcji `theme`:

```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +  
  geom_point() +  
  scale_x_continuous(name = "Sprzedaż") +  
  scale_y_continuous(name = "Liczba klientów") +  
  scale_color_discrete(name = "Promocja") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +  
  theme_light() +  
  theme(legend.position = "bottom")
```

Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77



```
ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaż, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +  
  geom_point() +  
  geom_smooth(method = "lm") +  
  scale_x_continuous(name = "Sprzedaż") +  
  scale_y_continuous(name = "Liczba klientów") +  
  scale_color_discrete(name = "Promocja") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +  
  theme_light() +  
  theme(legend.position = "bottom")
```



4.2.2 Histogram i wykres gęstości

- sprzedaż wg promocji

4.2.3 Wykres pudełkowy

- sprzedaż wg dnia tygodnia - czynnik

4.2.4 Wykres słupkowy - z grupowaniem i bez

- liczba sklepów wg asortymentu

4.2.5 Wykres kafelkowy

- czy promocja i czy swieto szkolne

4.2.6 Uwzględnienie czasu

- sprzedaż w kolejnych dniach

4.3 Pakiet plotly

```
p <- ggplot(data = sklep77, aes(x=sprzedaz, y=liczba_klientow, color=czy_promocja)) +  
  geom_point() +  
  scale_x_continuous(name = "Sprzedaż") +  
  scale_y_continuous(name = "Liczba klientów") +  
  scale_color_discrete(name = "Promocja") +  
  ggtitle("Sprzedaż i liczba klientów w sklepie Rossmann nr 77") +  
  theme_light() +  
  theme(legend.position = "bottom")  
  
plotly::ggplotly(p)
```

Chapter 5

Programowanie w R

5.1 Funkcje

5.2 Pętle

5.3 Instrukcje warunkowe