

Наука о данных в R для программы Цифровых гуманитарных исследований

Г. А. Мороз, И. С. Поздняков

Оглавление

1	О курсе	7
2	Введение в R	9
2.1	Наука о данных	9
2.2	Установка R и RStudio	10
2.3	Полезные ссылки	11
2.4	Rstudio	11
2.5	Введение в R	12
2.6	Типы данных	20
2.7	Вектор	23
2.8	Матрицы (matrix)	37
2.9	Списки (list)	41
2.10	Датафрейм	44
3	Импорт данных	47
3.1	Рабочая папка и проекты RStudio	47
3.2	Проверка импортированных данных	51
3.3	Экспорт данных	53
3.4	Импорт таблиц в бинарном формате: таблицы Excel, SPSS	54
3.5	Быстрый импорт данных	54
4	Условные конструкции и циклы	59
4.1	Выражения if, else, else if	59
4.2	Циклы for	61
4.3	Векторизованные условные конструкции: функции ifelse() и dplyr::case_when()	63
5	Функциональное программирование в R	65
5.1	Создание функций	65
5.2	Проверка на адекватность	67
5.3	Когда и зачем создавать функции?	69
5.4	Функции как объекты первого порядка	69
5.5	Семейство функций apply()	70

6	Введение в tidyverse	77
6.1	Вселенная tidyverse	77
6.2	Загрузка данных с помощью readr	78
6.3	tibble	79
6.4	magrittr::%>%	81
6.5	Главные пакеты tidyverse: dplyr и tidyr	82
6.6	Выбор строк: dplyr::slice() и dplyr::filter()	82
6.7	dplyr::select()	84
6.8	Сортировка строк: dplyr::arrange()	88
6.9	Уникальные значения: dplyr::distinct()	89
6.10	Создание колонок: dplyr::mutate() и dplyr::transmute()	90
6.11	Агрегация: dplyr::group_by() %>% dplyr::summarise()	91
6.12	Подсчет строк: dplyr::n(), dplyr::count()	92
6.13	Соединение датафреймов: bind_rows(), bind_cols()	95
6.14	Соединение датафреймов: *_join	96
6.15	Tidy data: tidyr::pivot_longer(), tidyr::pivot_wider()	99
7	Задания	103
7.1	Начало работы в R	103
7.2	Создание векторов	103
7.3	Приведение типов	105
7.4	Векторизация	105
7.5	Индексирование векторов	106
7.6	Работа с пропущенными значениями	108
7.7	Матрицы	108
7.8	Списки	110
7.9	Датафрейм	112
7.10	Условные конструкции	116
7.11	Создание функций	117
7.12	Семейство функций apply()	122
7.13	magrittr::%>%	125
7.14	Выбор строк: dplyr::slice() и dplyr::filter()	125
7.15	Выбор столбцов: dplyr::select()	126
7.16	Сортировка строк: dplyr::arrange()	128
7.17	Уникальные значения: dplyr::distinct()	129
7.18	Создание колонок: dplyr::mutate() и dplyr::transmute()	130
7.19	Агрегация: dplyr::group_by() %>% summarise()	131
7.20	Соединение датафреймов: *_join {#task_join}	131
7.21	Tidy data	132
8	Решения заданий	135
8.1	Начало работы в R	135
8.2	Создание векторов	136
8.3	Приведение типов	138
8.4	Векторизация	139
8.5	Индексирование векторов	141

8.6	Работа с пропущенными значениями	144
8.7	Матрицы	145
8.8	Списки	147
8.9	Датафрейм	149
8.10	Условные конструкции	155
8.11	Создание функций	156
8.12	Семейство функций <code>apply()</code>	162
8.13	<code>magrittr::%>%</code>	166
8.14	Выбор строк: <code>dplyr::slice()</code> и <code>dplyr::filter()</code>	167
8.15	Выбор столбцов: <code>dplyr::select()</code>	168
8.16	Сортировка строк: <code>dplyr::arrange()</code>	170
8.17	Уникальные значения: <code>dplyr::distinct()</code>	171
8.18	Создание колонок: <code>dplyr::mutate()</code> и <code>dplyr::transmute()</code>	172
8.19	Агрегация: <code>dplyr::group_by()</code> <code>%>% summarise()</code>	173
8.20	Соединение датафреймов: <code>*_join {#solution_join}</code>	174
8.21	Tidy data	175

Глава 1

О курсе

Материалы для курса Наука о данных для магистерской программы Цифровых гуманитарных исследования НИУ ВШЭ.

Глава 2

Введение в R

2.1 Наука о данных

Наука о данных — это новая область знаний, которая активно развивается в последнее время. Она находится на пересечении компьютерных наук, статистики и математики, и трудно сказать, действительно ли это наука. При этом это движение развивается в самых разных научных направлениях, иногда даже оформляясь в отдельную отрасль:

- биоинформатика
- вычислительная криминалистика
- цифровые гуманитарные исследования
- датажурналистика
- ...

Все больше книг “Data Science for ...”:

- psychologists (Hansjörg, 2019)
- immunologists (Thomas and Pallett, 2019)
- business (Provost and Fawcett, 2013)
- public policy (Brooks and Cooper, 2013)
- fraud detection (Baesens et al., 2015)
- ...

Среди умений датасаентистов можно перечислить следующие:

- сбор и обработка данных
- трансформация данных
- визуализация данных
- статистическое моделирование данных
- представление полученных результатов
- организация всей работы **воспроизводимым способом**

Большинство этих тем в той или иной мере будет представлено в нашем курсе.

2.2 Установка R и RStudio

В данной книге используется исключительно R (R Core Team, 2019), так что для занятий понадобятся:

- R
 - на Windows¹
 - на Mac²
 - на Linux³, также можно добавить зеркало и установить из командной строки:

```
sudo apt-get install r-cran-base
```

- RStudio — IDE для R (можно скачать здесь⁴)
- и некоторые пакеты на R

Часто можно увидеть или услышать, что R — язык программирования для “статистической обработки данных”. Изначально это, конечно, было правдой, но уже давно R — это полноценный язык программирования, который при помощи своих пакетов позволяет решать огромный спектр задач. В данной книге используется следующая версия R:

```
## [1] "R version 4.0.2 (2020-06-22)"
```

Некоторые люди не любят устанавливать лишние программы себе на компьютер, несколько вариантов есть и для них:

- RStudio cloud⁵ — полная функциональность RStudio, пока бесплатная, но скоро это исправят;
- RStudio on rollApp⁶ — облачная среда, позволяющая разворачивать программы.

Первый и вполне закономерный вопрос: зачем мы ставили R и отдельно еще какой-то RStudio? Если опустить незначительные детали, то R — это сам язык программирования, а RStudio — это среда (IDE), которая позволяет в этом языке очень удобно работать.

¹<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

²<https://cran.r-project.org/bin/macosx/>

³<https://cran.rstudio.com/bin/linux/>

⁴<https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>

⁵<https://rstudio.cloud/>

⁶<https://www.rollapp.com/app/rstudio>

2.3 Полезные ссылки

В интернете легко найти документацию и tutorиалы по самым разным вопросам в R, так что главный залог успеха — грамотно пользоваться поисковиком, и лучше на английском языке.

- книга (Wickham and Grolemund, 2016)⁷ является достаточно сильной альтернативой всему курсу
- [stackoverflow](https://stackoverflow.com)⁸ — сервис, где достаточно быстро отвечают на любые вопросы (не обязательно по R)
- [RStudio community](https://community.rstudio.com/)⁹ — быстро отвечают на вопросы, связанные с R
- [русский stackoverflow](https://ru.stackoverflow.com)¹⁰
- [R-bloggers](http://www.r-bloggers.com/)¹¹ — сайт, где собираются новинки, связанные с R
- чат¹², где можно спрашивать про R на русском (но почитайте правила чата¹³, перед тем как спрашивать)
- чат¹⁴ по визуализации данных, чат¹⁵ датажурналистов
- канал про визуализацию¹⁶, дата-блог “Новой газеты”¹⁷, ...

2.4 Rstudio

Когда вы откроете RStudio первый раз, вы увидите три панели: консоль, окружение и историю, а также панель для всего остального. Если ткнуть в консоли на значок уменьшения, то можно открыть дополнительную панель, где можно писать скрипт.

⁷<https://r4ds.had.co.nz/>

⁸<https://stackoverflow.com>

⁹<https://community.rstudio.com/>

¹⁰<https://ru.stackoverflow.com>

¹¹<https://www.r-bloggers.com/>

¹²https://t.me/r_lang_ru

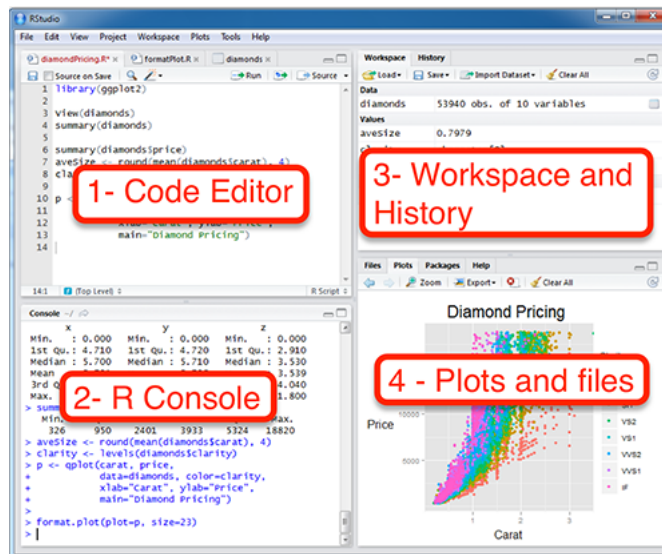
¹³<https://github.com/r-lang-group-ru/group-rules/blob/master/README.md>

¹⁴<https://t.me/joinchat/CxZg5goGc6rlWGjcv0YrpA>

¹⁵<https://t.me/ddjrus>

¹⁶<https://t.me/chartomojka>

¹⁷https://t.me/novaya_data



Существуют разные типы пользователей: одни любят работать в консоли (на картинке это 2 — **R Console**), другие предпочитают скрипты (1 — **Code Editor**). Консоль позволяет использовать интерактивный режим команда-ответ, а скрипт является по сути текстовым документом, фрагменты которого можно для отладки запускать в консоли.

3 — **Workspace and History**: Здесь можно увидеть переменные. Это поле будет автоматически обновляться по мере того, как Вы будете запускать строчки кода и создавать новые переменные. Еще там есть вкладка с историей последних команд, которые были запущены.

4 — **Plots and files**: Здесь есть очень много всего. Во-первых, небольшой файловый менеджер, во-вторых, там будут появляться графики, когда вы будете их рисовать. Там же есть вкладка с вашими пакетами (**Packages**) и **Help** по функциям. Но об этом потом.

2.5 Введение в R

2.5.1 R как калькулятор

Ой-ей, консоль, скрипт че-то все непонятно.

Давайте начнем с самого простого и попробуем использовать R как простой калькулятор. +, -, *, /, ^ (степень), () и т.д.

Просто запускайте в консоли пока не надоест:

```
40 + 2
```

```
## [1] 42
```

```
3 - 2
```

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

```
5 * 6
```

```
## [1] 30
```

```
99 / 9
```

```
## [1] 11
```

```
2 ^ 3
```

```
## [1] 8
```

```
(2 + 2) * 2
```

```
## [1] 8
```

Ничего сложного, верно? Вводим выражение и получаем результат. Порядок выполнения арифметических операций как в математике, так что не забывайте про скобочки.

Если Вы не уверены в том, какие операции имеют приоритет, то используйте скобочки, чтобы точно обозначить, в каком порядке нужно производить операции.

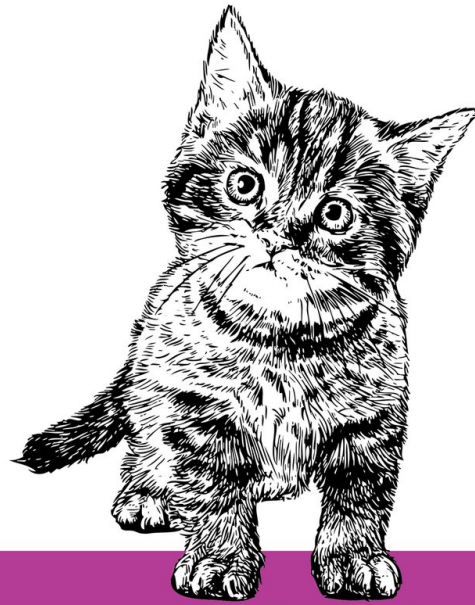
2.5.2 Функции

Давайте теперь извлечем корень из какого-нибудь числа. В принципе, тем, кто помнит школьный курс математики, возведения в степень вполне достаточно:

```
16 ^ 0.5
```

```
## [1] 4
```

How to actually learn any new programming concept



Essential

Changing Stuff and
Seeing What Happens

O RLY?

@ThePracticalDev

Рис. 2.1

Ну а если нет, то можете воспользоваться специальной **функцией**: это обычно какие-то буквенные символы с круглыми скобками сразу после названия функции. Мы подаем на вход (внутри скобочек) какие-то данные, внутри этих функций происходят какие-то вычисления, которые выдают в ответ какие-то другие данные (или же функция записывает файл, рисует график и т.д.).

Данные на входе называются **аргументом** функции, а иногда — **параметром** функции. В обыденной речи часто говорят **инпут** (калька с английского *input*).

Вот, например, функция для корня:

```
sqrt(16)
```

```
## [1] 4
```

R — case-sensitive язык, т.е. регистр важен. `SQRT(16)` не будет работать.

А вот так выглядит функция логарифма:

```
log(8)
```

```
## [1] 2.079442
```

Так, вроде бы все нормально, но... Если Вы еще что-то помните из школьной математики, то должны понимать, что что-то здесь не так.

Здесь не хватает основания логарифма!

Логарифм — показатель степени, в которую надо возвести число, называемое основанием, чтобы получить данное число.

То есть у логарифма 8 по основанию 2 будет значение 3:

$$\log_2 8 = 3$$

То есть если возвести 2 в степень 3 у нас будет 8:

$$2^3 = 8$$

Только наша функция считает все как-то не так.

Чтобы понять, что происходит, нам нужно залезть в хэлп этой функции:

```
?log
```

Справа внизу в RStudio появится вот такое окно:

Действительно, у этой функции есть еще аргумент `base`. По умолчанию он равен числу Эйлера (2.7182818...), т.е. функция считает натуральный логарифм. В большинстве функций R есть какой-то основной инпут — данные в том или

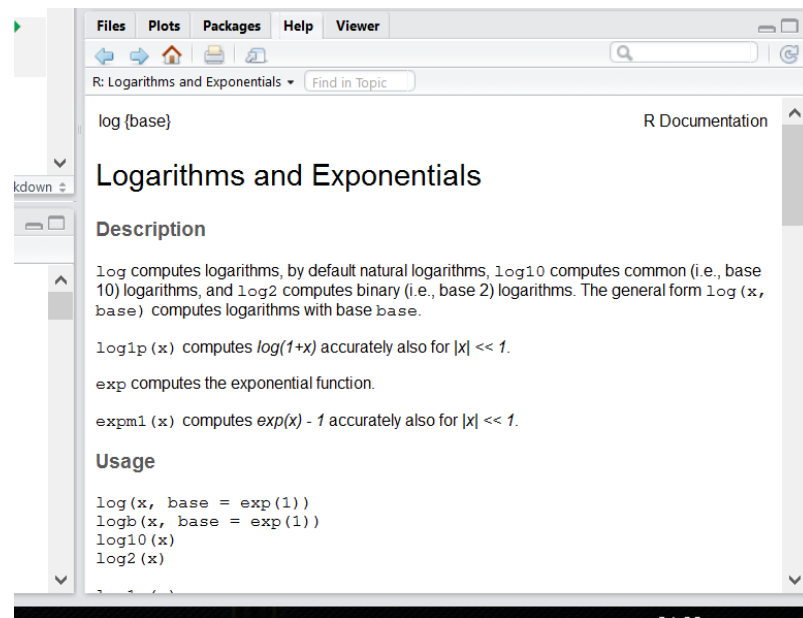


Рис. 2.2

ином формате, а есть и дополнительные параметры, которые можно прописывать вручную, если параметры по умолчанию вас не устраивают.

```
log(x = 8, base = 2)
```

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

...или просто (если Вы уверены в порядке аргументов):

```
log(8, 2)
```

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

Более того, Вы можете использовать результат выполнения одних функций в качестве аргумента для других:

```
log(8, sqrt(4))
```

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

Если эксплицитно писать имена аргументов, то их порядок в функции не важен:


```
log(base = 2, x = 8)
```

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

А еще можно недописывать имена аргументов, если они не совпадают с другими:

```
log(b = 2, x = 8)
```

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

Мы еще много раз будем возвращаться к функциям. Вообще, функции — это одна из важнейших штук в R (примерно так же как и в Python). Мы будем создавать свои функции, использовать функции как инпут для функций и многое-многое другое. В R очень крутые возможности работы с функциями. Поэтому подружитесь с функциями, они клевые.

Арифметические знаки, которые мы использовали: $+$, $-$, $/$, $^$ и т.д. называются **операторами** и на самом деле тоже являются функциями:

```
'+'(3,4)
```

```
## [1] 7
```

2.5.3 Переменные

Важная штука в программировании на практически любом языке — возможность сохранять значения в **переменных**. В R это обычно делается с помощью вот этих символов: `<-` (но можно использовать и обычное `=`, хотя это не очень принято). Для этого есть удобное сочетание клавиш: нажмите одновременно `Alt` - (или `option` - на Mac).

```
a <- 2
a
```

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

После присвоения переменная появляется во вкладке **Environment** в RStudio:

Можно использовать переменные в функциях и просто вычислениях:

```
b <- a ^ a + a * a
b
```

```
## [1] 8
```

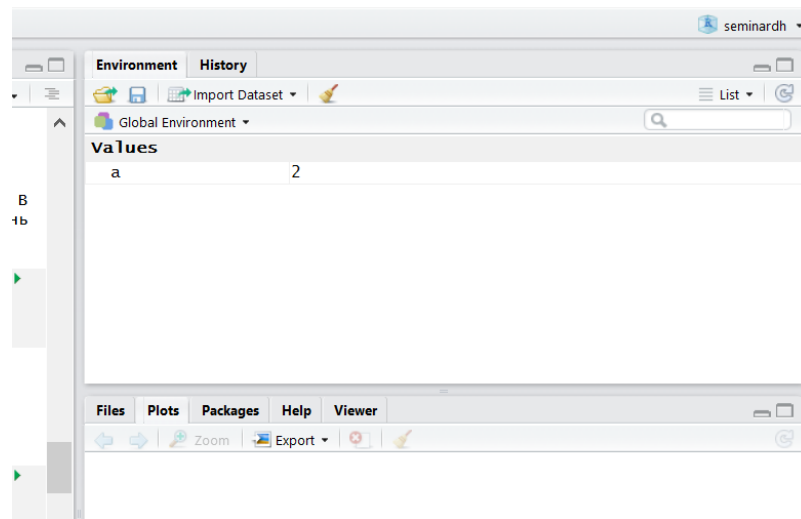


Рис. 2.3

```
log(b, a)
```

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

Вы можете сравнивать разные переменные:

```
a == b
```

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

Заметьте, что сравнивая две переменные мы используем два знака равно ==, а не один =. Иначе это будет означать присвоение.

```
a = b
a
```

```
## [1] 8
```

Теперь Вы сможете понять комикс про восстание роботов на следующей странице (пусть он и совсем про другой язык программирования)

Этот комикс объясняет, как важно не путать присваивание и сравнение (*хотя я иногда путаю до сих пор* = ().

Иногда нам нужно проверить на *неравенство*:

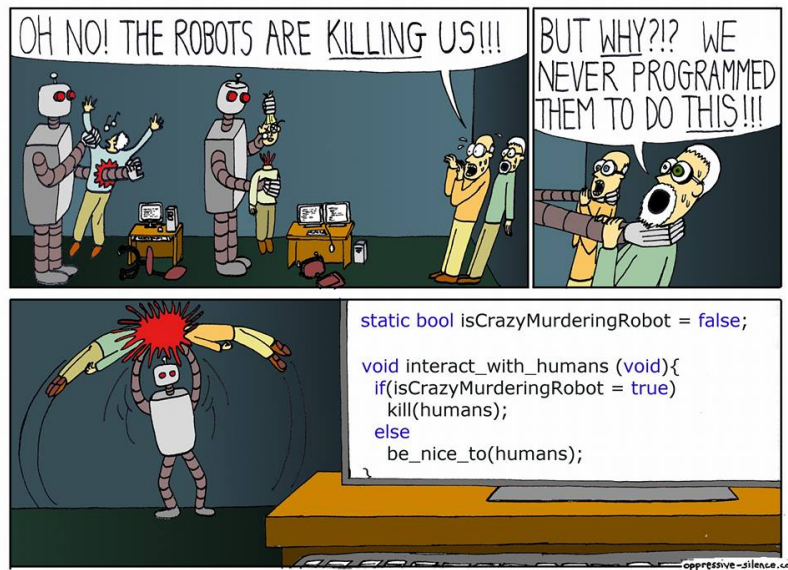


Рис. 2.4

```
a <- 2
```

```
b <- 3
```

```
a == b
```

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

```
a != b
```

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

Восклицательный язык в программировании вообще и в R в частности стандартно означает отрицание.

Еще мы можем сравнивать на больше/меньше:

```
a > b
```

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

```
a < b
```

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

```
a>=b
```

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

```
a<=b
```

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

2.6 Типы данных

До этого момента мы работали только с числами (numeric):

```
class(a)
```

```
## [1] "numeric"
```

Вообще, в R много типов numeric: integer (целые), double (с десятичной дробью), complex (комплексные числа). Последние пишутся так: `complexnumber <- 2+2i` Однако в R с этим обычно можно вообще не заморачиваться, R сам будет конвертировать между форматами при необходимости. Немного подробностей здесь:

Разница между numeric и integer¹⁸, Как работать с комплексными числами в R¹⁹

Теперь же нам нужно ознакомиться с двумя другими важными типами данных в R:

1. **character:** строки символов. Они должны выделяться кавычками. Можно использовать как `"`, так и `'` (что удобно, когда строчка внутри уже содержит какие-то кавычки).

```
s <- "      !"
s
```

```
## [1] "      !"
```

```
class(s)
```

```
## [1] "character"
```

2. **logical:** просто TRUE или FALSE.

¹⁸<https://stackoverflow.com/questions/23660094/whats-the-difference-between-integer-class-and-numeric-class-in-r>

¹⁹<http://www.r-tutor.com/r-introduction/basic-data-types/complex>

```
t1 <- TRUE
f1 <- FALSE

t1
```

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

```
f1
```

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

Вообще, можно еще писать Т и F (но не True и False!)

```
t2 <- T
f2 <- F
```

Это дурная практика, так как R защищает от перезаписи переменные TRUE и FALSE, но не защищает от этого Т и F

```
TRUE <- FALSE
```

```
## Error in TRUE <- FALSE:      (do_set)
```

```
TRUE
```

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

```
T <- FALSE
T
```

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

Теперь вы можете догадаться, что результаты сравнения, например, числовых или строковых переменных вы можете сохранять в переменные тоже!

```
comparison <- a == b
comparison
```

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

Это нам очень понадобится, когда мы будем работать с реальными данными: нам нужно будет постоянно вытаскивать какие-то данные из датасета, а это как раз и построено на игре со сравнением переменных.

Чтобы этим хорошо уметь пользоваться, нам нужно еще освоить как работать с логическими операторами. Про один мы немного уже говорили — это не (!):

```
t1
```

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

```
!t1
```

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

```
!!t1 # !
```

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

Еще есть И (выдаст TRUE только в том случае если обе переменные TRUE):

```
t1 & t2
```

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

```
t1 & f1
```

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

А еще ИЛИ (выдаст TRUE в случае если хотя бы одна из переменных TRUE):

```
t1 | f1
```

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

```
f1 | f2
```

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

Если кому-то вдруг понадобится другое ИЛИ (строгое ЛИБО) — есть функция `xor()`, принимающая два аргумента.

Поздравляю, мы только что разобрались с самой занудной (хотя и важной) частью. Пора переходить к чему-то более интересному и специфическому для R. Вперед к ВЕКТОРАМ!

2.7 Вектор

Если у вас не было линейной алгебры (или у вас с ней было все плохо), то просто запомните, что **вектор** (или **atomic vector** или **atomic**) — это набор (столбик) чисел в определенном порядке.

Если вы привыкли из школьного курса физики считать вектора стрелочками, то не спешите возмущаться и паниковать. Представьте стрелочки как точки из нуля координат $\{0,0\}$ до какой-то точки на координатной плоскости, например, $\{2,3\}$:

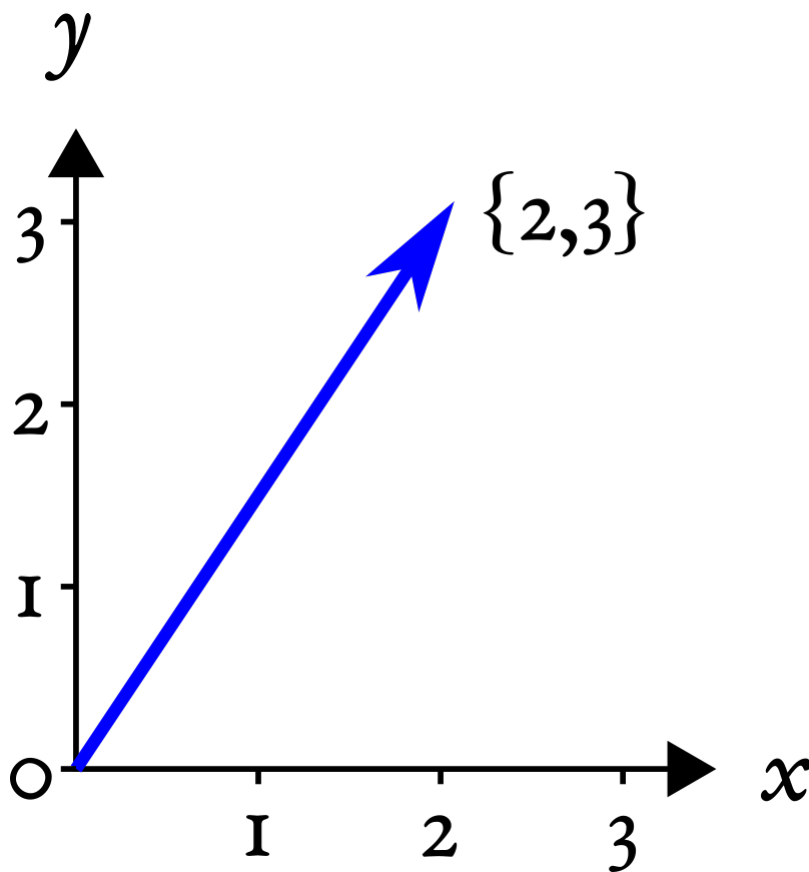


Рис. 2.5

Вот последние два числа и будем считать вектором. Попробуйте теперь мысленно стереть координатную плоскость и выбросить стрелочки из головы, оставив только последовательность чисел $\{2,3\}$:

На самом деле, мы уже работали с векторами в \mathbb{R} , но, возможно, Вы об этом даже не догадывались. Дело в том, что в \mathbb{R} нет как таковых “значений”, есть **вектора** длиной 1. Такие дела!

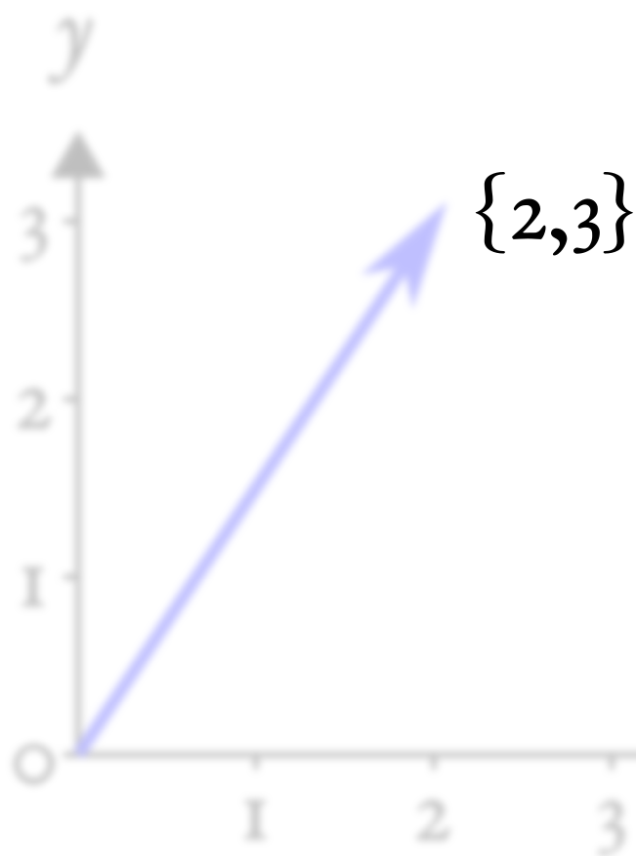


Рис. 2.6

Чтобы создать вектор из нескольких значений, нужно воспользоваться функцией `c()`:

```
c(4, 8, 15, 16, 23, 42)
```

```
## [1] 4 8 15 16 23 42
```

```
c(" ", " ", " ", " ", " ")
```

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

Одна из самых мерзких и раздражающих причин ошибок в коде — это использование из кириллицы вместо с из латиницы. Видите разницу? И я не вижу. А R видит. И об этом сообщает:


```
(3, 4, 5)
```

```
## Error in (3, 4, 5): " "
```

Для создания числовых векторов есть удобный оператор :

```
1:10
```

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

```
5:-3
```

```
## [1] 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3
```

Этот оператор создает вектор от первого числа до второго с шагом 1. Вы не представляете, как часто эта штука нам пригодится... Если же нужно сделать вектор с другим шагом, то есть функция `seq()`:

```
seq(10,100, by = 10)
```

```
## [1] 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
```

Кроме того, можно задавать не шаг, а длину вектора. Тогда шаг функция `seq()` посчитает сама:

```
seq(1,13, length.out = 4)
```

```
## [1] 1 5 9 13
```

Другая функция — `rep()` — позволяет создавать вектора с повторяющимися значениями. Первый аргумент — значение, которое нужно повторять, а второй аргумент — сколько раз повторять.

```
rep(1, 5)
```

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

И первый, и второй аргумент могут быть векторами!

```
rep(1:3, 3)
```

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

```
rep(1:3, 1:3)
```

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

Еще можно объединять вектора (что мы, по сути, и делали, просто с векторами длиной 1):

```
v1 <- c("Hey", "Ho")
v2 <- c("Let's", "Go!")
c(v1, v2)
```

```
## [1] "Hey"    "Ho"      "Let's"   "Go!"
```

2.7.1 Приведение типов

Что будет, если вы объедините два вектора с значениями разных типов? Ошибка?

Мы уже обсуждали, что в *atomic* может быть только один тип данных. В некоторых языках программирования при операции с данными разных типов мы бы получили ошибку. А вот в R при несовпадении типов произойдет попытка привести типы к “общему знаменателю”, то есть конвертировать данные в более “широкий” тип.

Например:

```
c(FALSE, 2)
```

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

FALSE превратился в 0 (а TRUE превратился бы в 1), чтобы оба значения можно было объединить в вектор. То же самое произошло бы в случае операций с векторами:

```
2 + TRUE
```

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

Это называется **неявным приведением типов (implicit coercion)**.

Вот более сложный пример:

```
c(TRUE, 3, " ")
```

```
## [1] "TRUE" "3" " " "
```

У R есть иерархия приведения типов:

```
NULL < raw < logical < integer < double < complex < character <
list < expression.
```

Мы из этого списка еще многого не знаем, сейчас важно запомнить, что логические данные — TRUE и FALSE — превращаются в 0 и 1 соответственно, а 0 и 1 в строчки "0" и "1".

Если Вы боитесь полагаться на приведение типов, то можете воспользоваться функциями `as.` для явного приведения типов (**explicit coercion**):

```
as.numeric(c(T, F, F))
```

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

```
as.character(as.numeric(c(T, F, F)))
```

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

Можно превращать и обратно, например, строковые значения в числовые. Если среди числа встретится буква или другой неподходящий знак, то мы получим предупреждение NA — пропущенное значение (мы очень скоро научимся с ними работать).

```
as.numeric(c("1", "2", " " ))
```

```
## Warning: NA
```

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

Один из распространенных примеров использования неявного приведения типов — использования функций `sum()` и `mean()` для подсчета в логическом векторе количества и доли TRUE соответственно. Мы будем много раз пользоваться этим приемом в дальнейшем!

2.7.2 Векторизация

Все те арифметические операторы, что мы использовали ранее, можно использовать с векторами одинаковой длины:

```
n <- 1:4
m <- 4:1
n + m
```

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

```
n - m
```

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

```
n * m
```

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

```
n / m
```

```
## [1] 0.2500000 0.6666667 1.5000000 4.0000000
```

```
n ^ m + m * (n - m)
```

```
## [1] -11 5 11 7
```

Если применить операторы на двух векторах одинаковой длины, то мы получим результат поэлементного применения оператора к двум векторам. Это называется **векторизацией (vectorization)**.

Если после какого-нибудь MATLAB Вы привыкли, что по умолчанию операторы работают по правилам линейной алгебры и $m*n$ будет давать скалярное произведение (*dot product*), то снова нет. Для скалярного произведения нужно использовать операторы с % по краям:

```
n %*% m
```

```
## [1]
```

```
## [1,] 20
```

Абсолютно так же и с операциями с матрицами в R, хотя про матрицы будет немного позже.

В принципе, большинство функций в R, которые работают с отдельными значениями, так же хорошо работают и с целыми векторами. Скажем, Вы хотите извлечь корень из нескольких чисел, для этого не нужны никакие циклы (как это обычно делается в других языках программирования). Можно просто “скормить” вектор функции и получить результат применения функции к каждому элементу вектора:

```
sqrt(1:10)
```

```
## [1] 1.000000 1.414214 1.732051 2.000000 2.236068 2.449490 2.645751 2.828427
## [9] 3.000000 3.162278
```

Таких векторизованных функций в R очень много. Многие из них написаны на более низкоуровневых языках программирования (C, C++, FORTRAN), за счет чего использование таких функций приводит не только к более элегантному, лаконичному, но и к более быстрому коду.

Векторизация в R — это очень важная фишка, которая отличает этот язык программирования от многих других. Если вы уже имеете опыт программирования на другом языке, то вам во многих задачах захочется использовать циклы типа `for` и `while` 4.2. Не спешите этого делать! В очень многих случаях циклы можно заменить векторизацией. Тем не менее, векторизация — это не единственный способ избавиться от циклов типа `for` и `while` 5.5.1.

2.7.3 Ресайклинг

Допустим мы хотим совершить какую-нибудь операцию с двумя векторами. Как мы убедились, с этим обычно нет никаких проблем, если они совпадают по длине. А что если вектора не совпадают по длине? Ничего страшного! Здесь будет работать правило **ресайклинга** (*правило переписывания, recycling rule*). Это означает, что если мы делаем операцию на двух векторах разной длины, то если короткий вектор кратен по длине длинному, короткий вектор будет повторяться необходимое количество раз:

```
n <- 1:4
m <- 1:2
n * m
```

```
## [1] 1 4 3 8
```

А что будет, если совершать операции с вектором и отдельным значением? Можно считать это частным случаем ресайклинга: короткий вектор длиной 1 будет повторяться столько раз, сколько нужно, чтобы он совпадал по длине с длинным:

```
n * 2
```

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

Если же меньший вектор не кратен большему (например, один из них длиной 3, а другой длиной 4), то R посчитает результат, но выдаст предупреждение.

```
n + c(3,4,5)
```

```
## Warning in n + c(3, 4, 5):
##
## [1] 4 6 8 7
```

Проблема в том, что эти предупреждения могут в неожиданный момент стать причиной ошибок. Поэтому не стоит полагаться на ресайклинг некратных по длине векторов. См. здесь²⁰. А вот ресайклинг кратных по длине векторов — это очень удобная штука, которая используется очень часто.

2.7.4 Индексирование векторов

Итак, мы подошли к одному из самых сложных моментов. И одному из основных. От того, как хорошо вы научитесь с этим работать, зависит весь Ваш дальнейший успех на R-поприще!

Речь пойдет об **индексировании** векторов. Задача, которую Вам придется решать каждые пять минут работы в R - как выбрать из вектора (или же списка, матрицы и датафрейма) какую-то его часть. Для этого используются квадратные скобочки `[]` (не круглые - они для функций!).

Самое простое - индексировать по номеру индекса, т.е. порядку значения в векторе.

```
n <- 1:10
n[1]
```

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

```
n[10]
```

```
## [1] 10
```

Если вы знакомы с другими языками программирования (не MATLAB, там все так же) и уже научились думать, что индексация с `o` — это очень удобно и очень правильно (ну или просто свыклись с этим), то в R Вам придется переучиться обратно. Здесь первый индекс — это 1, а последний равен длине вектора — ее можно узнать с помощью функции `length()`. С обеих сторон индексы берутся включительно.

С помощью индексирования можно не только вытаскивать имеющиеся значения в векторе, но и присваивать им новые:

²⁰<https://stackoverflow.com/questions/6555651/under-what-circumstances-does-r-recycle>

```
n[3] <- 20
n
```

```
## [1] 1 2 20 4 5 6 7 8 9 10
```

Конечно, можно использовать целые векторы для индексирования:

```
n[4:7]
```

```
## [1] 4 5 6 7
```

```
n[10:1]
```

```
## [1] 10 9 8 7 6 5 4 20 2 1
```

Индексирование с минусом выдаст вам все значения вектора кроме выбранных:

```
n[-1]
```

```
## [1] 2 20 4 5 6 7 8 9 10
```

```
n[c(-4, -5)]
```

```
## [1] 1 2 20 6 7 8 9 10
```

Минус здесь “выключает” выбранные значения из вектора, а не означает отсчет с конца как в Python.

Более того, можно использовать логический вектор для индексирования. В этом случае нужен логический вектор такой же длины:

```
n[c(TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, TRUE, FALSE)]
```

```
## [1] 1 20 5 7 9
```

Логический вектор работает здесь как фильтр: пропускает только те значения, где на соответствующей позиции в логическом векторе для индексирования содержится TRUE, и не пропускает те значения, где на соответствующей позиции в логическом векторе для индексирования содержится FALSE.

Ну а если эти два вектора (исходный вектор и логический вектор индексов) не равны по длине, то тут будет снова работать правило ресайклинга!

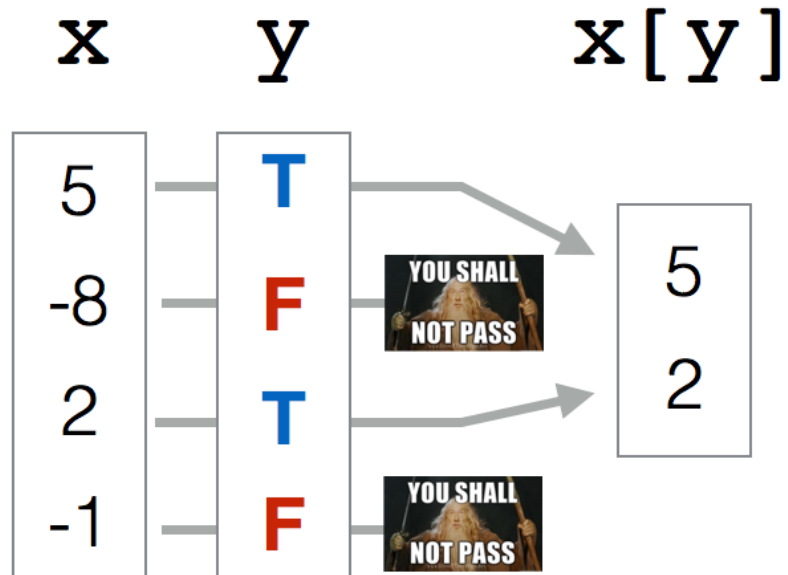


Рис. 2.7

```
n[c(TRUE, FALSE)] # - recycling rule!
```

```
## [1] 1 20 5 7 9
```

Есть еще один способ индексирования векторов, но он несколько более редкий: индексирование по имени. Дело в том, что для значений векторов можно (но не обязательно) присваивать имена:

```
my_named_vector <- c(first = 1,
                      second = 2,
                      third = 3)
my_named_vector['first']
```

```
## first
##      1
```

А еще можно “вытаскивать” имена из вектора с помощью функции `names()` и присваивать таким образом новые имена.


```
d <- 1:4
names(d) <- letters[1:4]
d["a"]
```

```
## a
## 1
```

letters - это “зашитая” в R константа - вектор букв от а до z. Иногда это очень удобно! Кроме того, есть константа LETTERS - то же самое, но заглавными буквами. А еще в R есть названия месяцев на английском и числовая константа pi.

Теперь посчитаем среднее вектора n:

```
mean(n)
```

```
## [1] 7.2
```

А как вытащить все значения, которые больше среднего?

Сначала получим логический вектор — какие значения больше среднего:

```
larger <- n > mean(n)
larger
```

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

А теперь используем его для индексирования вектора n:

```
n[larger]
```

```
## [1] 20 8 9 10
```

Можно все это сделать в одну строчку:

```
n[n>mean(n)]
```

```
## [1] 20 8 9 10
```

Предыдущая строчка отражает то, что мы будем постоянно делать в R: вычленять (subset) из данных отдельные куски на основании разных условий.

2.7.5 NA — пропущенные значения

В реальных данных у нас часто чего-то не хватает. Например, из-за технической ошибки или невнимательности не получилось записать какое-то измерение. Для обозначения пропущенных значений в R есть специальное значение NA. NA — это не строка "NA", не 0, не пустая строка и не FALSE. NA — это NA. Большинство операций с векторами, содержащими NA будут выдавать NA:

```
missed <- NA
missed == "NA"
```

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

```
missed == ""
```

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

```
missed == NA
```

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

Заметьте: даже сравнение NA с NA выдает NA!

Иногда NA в данных очень бесит:

```
n[5] <- NA
n
```

```
## [1] 1 2 20 4 NA 6 7 8 9 10
```

```
mean(n)
```

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

Что же делать?

Наверное, надо сравнить вектор с NA и исключить этих пакостников. Давайте попробуем:

```
n == NA
```

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

Ах да, мы ведь только что узнали, что даже сравнение NA с NA приводит к NA!

Чтобы выбраться из этой непростой ситуации, используйте функцию `is.na()`:

```
is.na(n)
```

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

Результат выполнения `is.na(n)` выдает `FALSE` в тех местах, где у нас числа и `TRUE` там, где у нас `NA`. Чтобы вычлениить из вектора `n` все значения кроме `NA` нам нужно, чтобы было наоборот: `TRUE`, если это не `NA`, `FALSE`, если это `NA`. Здесь нам понадобится логический оператор НЕ ! (мы его уже встречали), который инвертирует логические значения:

```
n[!is.na(n)]
```

```
## [1] 1 2 20 4 6 7 8 9 10
```

Ура, мы можем считать среднее!

```
mean(n[!is.na(n)])
```

```
## [1] 7.444444
```

Теперь Вы понимаете, зачем нужно отрицание (!)

Вообще, есть еще один из способов посчитать среднее, если есть `NA`. Для этого надо залезть в хэлп по функции `mean()`:

```
?mean()
```

В хэлпе мы найдем параметр `na.rm =`, который по умолчанию `FALSE`. Вы знаете, что нужно делать!

```
mean(n, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 7.444444
```

`NA` может появляться в векторах других типов тоже. На самом деле, `NA` - это специальное значение в логических векторах, тогда как в векторах других типов `NA` появляется как `NA_integer_`, `NA_real_`, `NA_complex_` или `NA_character_`, но R обычно сам все переводит в нужный формат и показывает как просто `NA`.

Кроме `NA` есть еще `NaN` — это разные вещи. `NaN` расшифровывается как Not a Number и получается в результате таких операций как `0/0`.

2.7.6 В любой непонятной ситуации — ищите в поисковике

Если вдруг вы не знаете, что искать в хэлпе, или хэлпа попросту недостаточно, то ищите в поисковике!



Рис. 2.8

Нет ничего постыдного в том, чтобы искать в Интернете решения проблем. Это абсолютно нормально. Используйте силу интернета во благо и да помогут вам *Stackoverflow* и бесчисленные R-туториалы!

Computer Programming To Be Officially Renamed “Googling Stack Overflow” Source: <http://t.co/xu7acfXvFF> pic.twitter.com/iJ9k7aAVhd

— Stack Exchange July 20, 2015

Главное, помните: загуглить работающий ответ всегда недостаточно. Надо понять, как и почему он работает. Иначе что-то обязательно пойдет не так.

Кроме того, правильно загуглить проблему — не так уж и просто.

Does anyone ever get good at R or do they just get good at googling how to do things in R

— [Lauren M. Seyler, Ph.D.](https://twitter.com/mousquemere/status/1125522375141883907?ref_src=twsrc%5Etfw) https://twitter.com/mousquemere/status/1125522375141883907?ref_src=twsrc%5Etfw May 6, 2019

Итак, с векторами мы более-менее разобрались. Помните, что вектора — это один из краеугольных камней Вашей работы в R. Если Вы хорошо с ними разобрались, то дальше все будет довольно несложно. Тем не менее, вектора — это не все. Есть еще два важных типа данных: списки (`list`) и матрицы (`matrix`). Их можно рассматривать как своеобразное “расширение” векторов, каждый в свою

**Doctors: Googling stuff online does not
make you a doctor.
Programmers:**



Рис. 2.9

сторону. Ну а списки и матрицы нужны чтобы понять основной тип данных в R — `data.frame`.

2.8 Матрицы (matrix)

Если вдруг Вас пугает это слово, то совершенно зря. Матрица — это всего лишь “двумерный” вектор: вектор, у которого есть не только длина, но и ширина. Создать матрицу можно с помощью функции `matrix()` из вектора, указав при этом количество строк и столбцов.

```
A <- matrix(1:20, nrow=5, ncol=4)
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    6   11   16
## [2,]    2    7   12   17
## [3,]    3    8   13   18
## [4,]    4    9   14   19
## [5,]    5   10   15   20
```

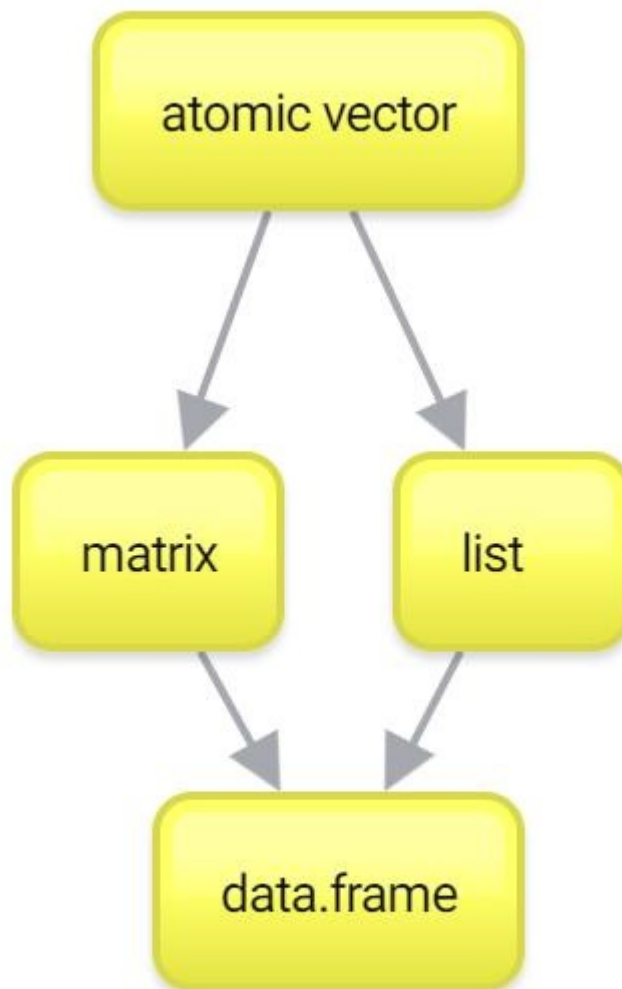


Рис. 2.10

Заметьте, значения вектора заполняются следующим образом: сначала заполняется первый столбик сверху вниз, потом второй сверху вниз и так до конца, т.е. заполнение значений матрицы идет в первую очередь по вертикали. Это довольно стандартный способ создания матриц, характерный не только для R.

Если мы знаем сколько значений в матрице и сколько мы хотим строк, то количество столбцов указывать необязательно:

```
A <- matrix(1:20, nrow=5)
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    6   11   16
## [2,]    2    7   12   17
## [3,]    3    8   13   18
## [4,]    4    9   14   19
## [5,]    5   10   15   20
```

Все остальное так же как и с векторами: внутри находится данные только одного типа. Поскольку матрица — это уже двумерный массив, то у него имеется два индекса. Эти два индекса разделяются запятыми.

```
A[2,3]
```

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

```
A[2:4, 1:3]
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    2    7   12
## [2,]    3    8   13
## [3,]    4    9   14
```

Первый индекс — выбор строк, второй индекс — выбор колонок. Если же мы оставляем пустое поле вместо числа, то мы выбираем все строки/колонки в зависимости от того, оставили мы поле пустым до или после запятой:

```
A[, 1:3]
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    6   11
## [2,]    2    7   12
## [3,]    3    8   13
## [4,]    4    9   14
```

```
## [5,]      5     10     15
```

```
A[2:4,]
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    2    7   12   17
## [2,]    3    8   13   18
## [3,]    4    9   14   19
```

```
A[,]
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    6   11   16
## [2,]    2    7   12   17
## [3,]    3    8   13   18
## [4,]    4    9   14   19
## [5,]    5   10   15   20
```

Если мы выберем только одну колонку/строку, то на выходе получим уже вектор, а не матрицу:

```
A[2,]
```

```
## [1]  2  7 12 17
```

Это называется “схлопыванием размерности”. Чтобы этого избежать, нужно поставить `drop = FALSE` после второй запятой внутри квадратных скобок.

```
A[2,, drop = FALSE]
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    2    7   12   17
```

Для соединения двух или более матриц можно воспользоваться функциями `rbind()` и `cbind()` для соединения матриц по вертикали и по горизонтали соответственно.

```
rbind(A, A)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    6   11   16
## [2,]    2    7   12   17
## [3,]    3    8   13   18
## [4,]    4    9   14   19
```



```
## [5,]    5    10    15    20
## [6,]    1     6    11    16
## [7,]    2     7    12    17
## [8,]    3     8    13    18
## [9,]    4     9    14    19
## [10,]   5    10    15    20
```

```
cbind(A, A)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8]
## [1,]    1     6    11    16     1     6    11    16
## [2,]    2     7    12    17     2     7    12    17
## [3,]    3     8    13    18     3     8    13    18
## [4,]    4     9    14    19     4     9    14    19
## [5,]    5    10    15    20     5    10    15    20
```

В принципе, это все, что нам нужно знать о матрицах. Матрицы используются в R довольно редко, особенно по сравнению, например, с MATLAB. Но вот индексировать матрицы хорошо бы уметь: это понадобится в работе с датафреймами.

То, что матрица - это просто двумерный вектор, не является метафорой: в R матрица - это по сути свой вектор с дополнительными *атрибутами* `dim` и `dimnames`. Атрибуты — это неотъемлемые свойства объектов, для всех объектов есть обязательные атрибуты типа и длины и могут быть любые необязательные атрибуты. Можно задавать свои атрибуты или удалять уже присвоенные: удаление атрибута `dim` у матрицы превратит ее в обычный вектор. Про атрибуты подробнее можно почитать здесь²¹ или на стр. 99–101 книги “R in a Nutshell” (Adler, 2010).

2.9 Списки (list)

Теперь представим себе вектор без ограничения на одинаковые данные внутри. И получим список!

```
simple_list <- list(42, "    ", TRUE)
simple_list
```

```
## [[1]]
## [1] 42
##
## [[2]]
```

²¹<https://perso.esiee.fr/~courivad/R/06-objects.html>

```
## [1] "    "
##
## [[3]]
## [1] TRUE
```

А это значит, что там могут содержаться самые разные данные, в том числе и другие списки и векторы!

```
complex_list <- list(c("Wow", "this", "list", "is", "so", "big"), "16", simple_list)
complex_list
```

```
## [[1]]
## [1] "Wow" "this" "list" "is"  "so"  "big"
##
## [[2]]
## [1] "16"
##
## [[3]]
## [[3]][[1]]
## [1] 42
##
## [[3]][[2]]
## [1] "    "
##
## [[3]][[3]]
## [1] TRUE
```

Если у нас сложный список, то есть очень классная функция, чтобы посмотреть, как он устроен, под названием `str()`:

```
str(complex_list)
```

```
## List of 3
## $ : chr [1:6] "Wow" "this" "list" "is" ...
## $ : chr "16"
## $ :List of 3
## ..$ : num 42
## ..$ : chr "    "
## ..$ : logi TRUE
```

Как и в случае с векторами мы можем давать имена элементам списка:

```
named_list <- list(age = 24, phd_student = T, language = "Russian")
named_list
```

```
## $age
## [1] 24
##
## $phd_student
## [1] FALSE
##
## $language
## [1] "Russian"
```

К списку можно обращаться как с помощью индексов, так и по именам. Начнем с последнего:

```
named_list$age
```

```
## [1] 24
```

А вот с индексами сложнее, и в этом очень легко запутаться. Давайте попробуем сделать так, как мы делали это раньше:

```
named_list[1]
```

```
## $age
## [1] 24
```

Мы, по сути, получили элемент списка - просто как часть списка, т.е. как список длиной один:

```
class(named_list)
```

```
## [1] "list"
```

```
class(named_list[1])
```

```
## [1] "list"
```

А вот чтобы добраться до самого элемента списка (и сделать с ним что-то хорошее) нам нужна не одна, а две квадратных скобочки:

```
named_list[[1]]
```

```
## [1] 24
```

```
class(named_list[[1]])
```

```
## [1] "numeric"
```

Indexing lists in #rstats. Inspired by the Residence Inn [pic.twitter.com/YQ6axb2w7t](https://twitter.com/YQ6axb2w7t)

— Hadley Wickham (@ [href="https://twitter.com/hadleywickham/status/643381054758363136?ref_src=twsrc%5Etfw"](https://twitter.com/hadleywickham/status/643381054758363136?ref_src=twsrc%5Etfw))>September 14, 2015

Как и в случае с вектором, к элементу списка можно обращаться по имени.

```
named_list[['age']]
```

```
## [1] 24
```

Хотя последнее — практически то же самое, что и использование знака \$.

Списки довольно часто используются в R, но реже, чем в Python. Со многими объектами в R, такими как результаты статистических тестов, объекты ggplot и т.д. удобно работать именно как со списками — к ним все вышеописанное применимо. Кроме того, некоторые данные мы изначально получаем в виде древообразной структуры — хочешь не хочешь, а придется работать с этим как со списком. Особенно это характерно для данных, выкачанных из веб-страниц (HTML страницы, XML данные) или полученных с помощью API различных веб-сайтов (например, в формате JSON). Но обычно после этого стоит как можно скорее превратить список в датафрейм.

2.10 Датафрейм

Итак, мы перешли к самому главному. Самому-самому. Датафреймы (**data.frames**). Более того, сейчас станет понятно, зачем нам нужно было разбираться со всеми предыдущими темами.

Без векторов мы не смогли бы разобраться с матрицами и списками. А без последних мы не сможем понять, что такое датафрейм.

```
name <- c("Ivan", "Eugeny", "Lena", "Misha", "Sasha")
age <- c(26, 34, 23, 27, 26)
student <- c(FALSE, FALSE, TRUE, TRUE, TRUE)
df = data.frame(name, age, student)
df
```

```
##      name age student
## 1   Ivan  26    FALSE
## 2 Eugeny  34    FALSE
## 3   Lena  23     TRUE
## 4  Misha  27     TRUE
```

```
## 5  Sasha  26      TRUE
```

```
str(df)
```

```
## 'data.frame':    5 obs. of  3 variables:
## $ name      : chr  "Ivan" "Eugeny" "Lena" "Misha" ...
## $ age       : num  26 34 23 27 26
## $ student: logi  FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE
```

Вообще, очень похоже на список, не правда ли? Так и есть, датафрейм — это что-то вроде проименованного списка, каждый элемент которого является atomic вектором фиксированной длины. Скорее всего, список Вы представляли “горизонтально”. Если это так, то теперь “переверните” его у себя в голове. Так, чтоб названия векторов оказались сверху, а колонки стали столбцами. Поскольку длина всех этих векторов равна (обязательное условие!), то данные представляют собой табличку, похожую на матрицу. Но в отличие от матрицы, разные столбцы могут иметь разные типы данных: первая колонка — character, вторая колонка — numeric, третья колонка — logical. Тем не менее, обращаться с датафреймом можно и как с проименованным списком, и как с матрицей:

```
df$age[2:3]
```

```
## [1] 34 23
```

Здесь мы сначала вытащили колонку age с помощью оператора \$. Результатом этой операции является числовой вектор, из которого мы вытащили кусок, выбрав индексы 2 и 3.

Используя оператор \$ и присваивание можно создавать новые колонки датафрейма:

```
df$lovesR <- TRUE #      recycling -      ?
df
```

```
##      name age student lovesR
## 1   Ivan  26   FALSE    TRUE
## 2 Eugeny  34   FALSE    TRUE
## 3   Lena  23    TRUE    TRUE
## 4  Misha  27    TRUE    TRUE
## 5  Sasha  26    TRUE    TRUE
```

Ну а можно просто обращаться с помощью двух индексов через запятую, как мы это делали с матрицей:

```
df[3:5, 2:3]
```

```
##   age student
## 3  23     TRUE
## 4  27     TRUE
## 5  26     TRUE
```

Как и с матрицами, первый индекс означает строчки, а второй — столбцы.

А еще можно использовать названия колонок внутри квадратных скобок:

```
df[1:2, "age"]
```

```
## [1] 26 34
```

И здесь перед нами открываются невообразимые возможности! Узнаем, любят ли R те, кто моложе среднего возраста в группе:

```
df[df$age < mean(df$age), 4]
```

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

Эту же задачу можно выполнить другими способами:

```
df$lovesR[df$age < mean(df$age)]
```

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

```
df[df$age < mean(df$age), 'lovesR']
```

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

В большинстве случаев подходят сразу несколько способов — тем не менее, стоит овладеть ими всеми.

Датафреймы удобно просматривать в RStudio. Для это нужно написать команду `View(df)` или же просто нажать на названии нужной переменной из списка вверху справа (там где Environment). Тогда увидите табличку, очень похожую на Excel и тому подобные программы для работы с таблицами. Там же есть и всякие возможности для фильтрации, сортировки и поиска... Но, конечно, интереснее все эти вещи делать руками, т.е. с помощью написания кода.

На этом пора заканчивать с введением и приступать к реальным данным.

Глава 3

Импорт данных

Итак, пришло время перейти к реальным данным. Мы начнем с использования датасета (так мы будем называть любой набор данных) по супергероям. Этот датасет представляет собой табличку, каждая строка которой - отдельный супергерой, а столбик — какая-либо информация о нем. Например, цвет глаз, цвет волос, вселенная супергероя¹, рост, вес, пол и так далее. Несложно заметить, что этот датасет идеально подходит под структуру датафрейма: прямоугольная табличка, внутри которой есть разные колонки, каждая из которой имеет свой тип (числовой или строковый).

3.1 Рабочая папка и проекты RStudio

Для начала скачайте файл по ссылке²

Он, скорее всего, появился у Вас в папке “Загрузки”. Если мы будем просто пытаться прочитать этот файл (например, с помощью `read.csv()` — мы к этой функцией очень скоро перейдем), указав его имя и разрешение, то наткнемся на такую ошибку:

```
read.csv("heroes_information.csv")
```

```
## Warning in file(file, "rt"):'heroes_information.csv': No
## such file or directory
```

¹супергерои в комиксах, фильмах и телесериалах часто взаимодействуют друг с другом, однако обычно это взаимодействие происходит между супергероями одного издателя. Два крупнейших издателя комиксов — DC и Marvel, поэтому принято говорить о вселенной DC и Marvel.

²https://raw.githubusercontent.com/agricolamz/2020-2021-ds4dh/master/data/heroes_information.csv

```
## Error in file(file, "rt"):
```

Это означает, что R не может найти нужный файл. Вообще-то мы даже не сказали, где искать. Нам нужно как-то совместить место, где R ищет загружаемые файлы и сами файлы. Для этого есть несколько способов.

- Магомет идет к горе: перемещение файлов в рабочую папку.

Для этого нужно узнать, какая папка является рабочей с помощью функции `getwd()` (без аргументов), найти эту папку в проводнике и переместить туда файл. После этого можно использовать просто название файла с разрешением:

```
heroes <- read.csv("heroes_information.csv")
```

Кроме того, путь к рабочей папке можно увидеть в RStudio во вкладке с консолью, в самой верхней части (прямо под надписью “Console”):

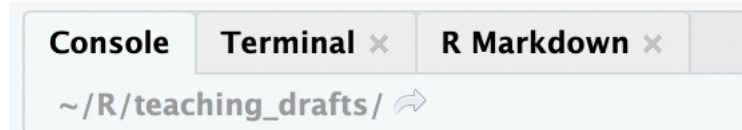


Рис. 3.1

- Гора идет к Магомету: изменение рабочей папки.

Можно просто сменить рабочую папку с помощью `setwd()` на ту, где сейчас лежит файл, прописав путь до этой папки. Теперь файл находится в рабочей папке:

```
heroes <- read.csv("heroes_information.csv")
```

Этот вариант использовать не рекомендуется! Как минимум, это сразу делает невозможным запуск скрипта на другом компьютере.

- Гора находит Магомета по месту прописки: указание полного пути файла.

```
heroes <- read.csv("/Users/Username/Some_Folder/heroes_information.csv")
```

Этот вариант страдает теми же проблемами, что и предыдущий, поэтому тоже не рекомендуется!

Для пользователей Windows есть дополнительная сложность: знак `/` является особым знаком для R, поэтому вместо него нужно использовать двойной `\\`.

- Магомет использует кнопочный интерфейс: Import Dataset.

Во вкладке Environment справа в окне RStudio есть кнопка “Import Dataset”. Возможно, у Вас возникло непреодолимое желание отдохнуть от написания кода и понажимать кнопочки — сопротивляйтесь этому всеми силами, но не вините себя, если не сдержитесь.

- Гора находит Магомета в интернете.

Многие функции в R, предназначенные для чтения файлов, могут прочитать файл не только на Вашем компьютере, но и сразу из интернета. Для этого просто используйте ссылку вместо пути:

```
heroes <- read.csv("https://raw.githubusercontent.com/agricolamz/2020-2021-ds4dh/master/data/heroes.csv")
```

- Каждый Магомет получает по своей горе: использование проектов в RStudio.

На первый взгляд это кажется чем-то очень сложным, но это не так. Это очень просто и **ОЧЕНЬ** удобно. При создании проекта создается отдельная папочка, где у Вас лежат данные, хранятся скрипты, вспомогательные файлы и отчеты. Если нужно вернуться к другому проекту — просто открываете другой проект, с другими файлами и скриптами. Это еще помогает не пересекаться переменным из разных проектов — а то, знаете, использование двух переменных `data` в разных скриптах чревато ошибками. Поэтому очень удобным решением будет выделение отдельного проекта под этот курс.

При закрытии проекта все переменные по умолчанию тоже будут сохраняться, а при открытии — восстанавливаться. Это очень удобно, хотя некоторые рекомендуют от этого отказаться³. Это можно сделать во вкладке Tool - Global Options...

3.1.1 Табличные данные: текстовые и бинарные данные

Как Вы уже поняли, импортирование данных - одна из самых муторных и неприятных вещей в R. Если у Вас получится с этим справиться, то все остальное - ерунда. Мы уже разобрались с первой частью этого процесса - нахождением файла с данными, осталось научиться их читать.

Здесь стоит сделать небольшую ремарку. Довольно часто данные представляют собой табличку. Или же их можно свести к табличке. Такая табличка, как мы уже выяснили, удобно репрезентируется в виде датафрейма. Но как эти данные хранятся на компьютере? Есть два варианта: в *бинарном* и в *текстовом* файле.

Текстовый файл означает, что такой файл можно открыть в программе “Блокнот” или аналоге (например, TextEdit на macOS) и увидеть напечатанный текст: скрипт, роман или упорядоченный набор цифр и букв. Нас сейчас интересует

³<https://r4ds.had.co.nz/workflow-projects.html>

именно последний случай. Таблица может быть представлена как текст: отдельные строчки в файле будут разделять разные строчки таблицы, а какой-нибудь знак-разделитель отделять колонки друг от друга.

Для чтения данных из текстового файла есть довольно удобная функция `read.table()`. Почитайте хэлп по ней и ужаснитесь: столько разных параметров на входе! Но там же вы увидите функции `read.csv()`, `read.csv2()` и некоторые другие — по сути, это тот же `read.table()`, но с другими параметрами по умолчанию, соответствующие формату файла, который мы загружаем. В данном случае используется формат `.csv`, что означает “Comma Separated Values” (Значения, Разделенные Запятыми). Формат `.csv` — это самый известный способ хранения табличных данных в файде на сегодняшний день. Файлы с расширением `.csv` можно легко открыть в любой программе, работающей с таблицами, в том числе Microsoft Excel и его аналогах.

Файл с расширением `.csv` — это просто текстовый файл, в котором “закодирована” таблица: разные строчки разделяют разные строчки таблицы, а столбцы отделяются запятыми (отсюда и название). Вы можете вручную создать такие файлы в Блокноте и сохранять их с форматом `.csv` - и такая табличка будет нормально открываться в Microsoft Excel и других программах для работы с таблицами. Можете попробовать это сделать самостоятельно!

Как говорилось ранее, в качестве разделителя ячеек по горизонтали — то есть разделителя между столбцами — используется запятая. С этим связана одна проблема: в некоторых странах (в т.ч. и России) принято использовать запятую для разделения дробной части числа, а не точку, как это делается в большинстве стран мира. Поэтому есть альтернативный вариант формата `.csv`, где значения разделены точкой с запятой (;), а дробные значения - запятой (,). В этом и различие функций `read.csv()` и `read.csv2()` — первая функция предназначена для “международного” формата, вторая - для (условно) “Российского”. Оба варианта формата имеют расширение `.csv`, поэтому заранее понять какой именно будет вариант довольно сложно, приходится либо пробовать оба, либо заранее открывать файл в текстовом редакторе.

В первой строчке обычно содержатся названия столбцов - и это чертовски удобно, функции `read.csv()` и `read.csv2()` по умолчанию считают первую строчку именно как название для колонок.

Кроме `.csv` формата есть и другие варианты хранения таблиц в виде текста. Например, `.tsv` — тоже самое, что и `.csv`, но разделитель - знак табуляции. Для чтения таких файлов есть функция `read.delim()` и `read.delim2()`. Впрочем, даже если бы ее и не было, можно было бы просто подобрать нужные параметры для функции `read.table()`. Есть даже функции, которые пытаются сами “угадать” нужные параметры для чтения — часто они справляются с этим довольно удачно. Но не всегда. Поэтому стоит научиться справляться с любого рода данными на входе.

Итак, прочитаем наш файл. Для этого используем только параметр `file =`, который идет первым, и для параметра `stringsAsFactors =` поставим значение

FALSE:

```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv", stringsAsFactors = FALSE)
```

Параметр `stringsAsFactors` = задает то, как будут прочитаны строковые значения - как уже знакомые нам строки или как факторы. По сути, факторы - это примерно то же самое, что и `character`, но закодированные числами. Когда-то это было придумано для экономии используемых времени и памяти, сейчас же обычно становится просто лишней морокой. Но некоторые функции требуют именно `character`, некоторые `factor`, в большинстве случаев это без разницы. Но иногда непонимание может привести к дурацким ошибкам. В данном случае мы просто пока обойдемся без факторов. Если у вас версия R выше 4.0, то `stringsAsFactors` = будет FALSE по умолчанию.

Можете проверить с помощью `View(heroes)`: все работает! Если же вылезает какая-то странная ерунда или же просто ошибка - попробуйте другие функции (`read.table()`, `read.delim()`) и покопаться с параметрами. Для этого читайте `Help`.

3.2 Проверка импортированных данных

При импорте данных обратите внимания на предупреждения (если таковые появляются), в большинстве случаев они указывают на то, что данные импортированы некорректно.

Проверим, что все прочиталось нормально с помощью уже известной нам функции `str()`:

```
str(heroes)
```

```
## 'data.frame':    734 obs. of  11 variables:
## $ X           : int  0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...
## $ name        : chr  "A-Bomb" "Abe Sapien" "Abin Sur" "Abomination" ...
## $ Gender      : chr  "Male" "Male" "Male" "Male" ...
## $ Eye.color   : chr  "yellow" "blue" "blue" "green" ...
## $ Race        : chr  "Human" "Ichthyo Sapien" "Ungaran" "Human / Radiation" ...
## $ Hair.color  : chr  "No Hair" "No Hair" "No Hair" "No Hair" ...
## $ Height      : num  203 191 185 203 -99 193 -99 185 173 178 ...
## $ Publisher   : chr  "Marvel Comics" "Dark Horse Comics" "DC Comics" "Marvel Comics" ...
## $ Skin.color  : chr  "-" "blue" "red" "-" ...
## $ Alignment   : chr  "good" "good" "good" "bad" ...
## $ Weight      : int  441 65 90 441 -99 122 -99 88 61 81 ...
```

Всегда проверяйте данные на входе и никогда не верьте на слово, если вам говорят, что данные вычищенные и не содержат никаких ошибок.

На что нужно обращать внимание?

1. Прочитаны ли пропущенные значения как NA. По умолчанию пропущенные значения обозначаются пропущенной строчкой или "NA", но встречаются самые разнообразные варианты. Возможные варианты кодирования пропущенных значений можно задать в параметре `na.strings` = функции `read.table()` и ее вариантов. В нашем датасете как раз такая ситуация, где нужно самостоятельно задавать, какие значения будут прочитаны как NA. Попробуйте самостоятельно догадаться, как именно.
2. Прочитаны ли те столбики, которые должны быть числовыми, как `int` или `num`. Если в колонке содержатся числа, а написано `chr` (= "character") или `Factor` (в случае если `stringsAsFactors` = `TRUE`), то, скорее всего, одна из строчек содержит в себе нечисловые знаки, которые не были прочитаны как NA.
3. Странные названия колонок. Это может случиться по самым разным причинам, но в таких случаях стоит открывать файл в другой программе и смотреть первые строчки. Например, может оказаться, что первые несколько строчек — пустые или что первая строчка не содержит название столбцов (тогда для параметра `header` = нужно поставить `FALSE`)
4. Вместо строковых данных у вас кракозябры. Это означает проблемы с кодировкой. В первую очередь попробуйте выставить значение "UTF-8" для параметра `encoding` = в функции для чтения файла:

```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv",
                  stringsAsFactors = FALSE,
                  encoding = "UTF-8")
```

В случае если это не помогает, попробуйте разобрать⁴, что это за кодировка.

5. Все прочиталось как одна колонка. В этом случае, скорее всего, неправильно подобран разделить колонок — параметр `sep` =. Откройте файл в текстовом редакторе, чтобы понять какой нужно использовать.
6. В отдельных строчках все прочиталось как одна колонка, а в остальных нормально. Скорее всего, в файле есть значения типа `\` или `"`, которые в функциях `read.csv()`, `read.delim()`, `read.csv2()`, `read.delim2()` читаются как символы для закавычивания значений. Это может понадобиться, если у вас в таблице есть строковые значения со знаками `,` или `;`, которые могут восприниматься как разделитель столбцов.

⁴<https://www.artlebedev.ru/decoder/>

7. Появились какие-то новые числовые колонки. Возможно неправильно поставлен разделитель дробной части. Обычно это либо `.` (`read.table()`, `read.csv()`, `read.delim()`), либо `,` (`read.csv2()`, `read.delim2()`).

Конкретно в нашем случае все прочиталось хорошо с помощью функции `read.csv()`, но в строковых переменных есть много прочерков, которые обозначают отсутствие информации по данному параметру супергероя, т.е. пропущенное значение. А вот с числовыми значениями все не так просто: для всех супергероев прописано какое-то число, но во многих случаях это `-99`. Очевидно, отрицательного роста и массы не бывает, это просто обозначение пропущенных значений (такое часто используется). Таким образом, чтобы адекватно прочитать файл, нам нужно поменять параметр `na.strings` = функции `read.csv()`:

```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv",
  stringsAsFactors = FALSE,
  na.strings = c("-", "-99"))
```

3.3 Экспорт данных

Представим, что вы хотите сохранить табличку с данными про супергероев из вселенной DC в виде отдельного файла `.csv`.

```
dc <- heroes[heroes$Publisher == "DC Comics",]
```

Функция `write.csv()` позволит записать датафрейм в файл формата `.csv`:

```
write.csv(dc, "data/dc_heroes_information.csv")
```

Обычно названия строк не используются, и их лучше не записывать, поставив для `row.names` = значение `FALSE`:

```
write.csv(dc, "data/dc_heroes_information.csv", row.names = FALSE)
```

По аналогии с `read.csv2()`, `write.csv2()` позволит записать файлы формата `.csv` с разделителем `,`.

```
write.csv2(dc, "data/dc_heroes_information.csv", row.names = FALSE)
```

3.4 Импорт таблиц в бинарном формате: таблицы Excel, SPSS

Тем не менее, далеко не всегда таблицы представлены в виде текстового файла. Самый распространенный пример таблицы в бинарном виде — родные форматы Microsoft Excel. Если Вы попытаетесь открыть .xlsx файл в Блокноте, то увидите кракозябры. Это делает работу с этими файлами гораздо менее удобной, поэтому стоит избегать экселевских форматов и стараться все сохранять в .csv.

Такие файлы не получится прочитать при помощи базового инструментария R. Тем не менее, для чтения таких файлов есть много дополнительных пакетов:

- файлы Microsoft Excel: лучше всего справляется пакет `readxl` (является частью расширенного `tidyverse`), у него есть много альтернатив (`xlsx`, `openxlsx`).
- файлы SPSS, SAS, Stata: существуют два основных пакета — `haven` (часть расширенного `tidyverse`) и `foreign`.

Что такое пакеты и как их устанавливать мы изучим очень скоро.

3.5 Быстрый импорт данных

Чтение табличных данных обычно происходит очень быстро. По крайней мере, до тех пор пока ваши данные не содержат очень много значений. Если вы попытаетесь прочитать с помощью `read.csv()` таблицу с миллионами строчками, то заметите, что это происходит довольно медленно. Впрочем, эта проблема эффективно решается дополнительными пакетами.

- Пакет `readr` (часть базового `tidyverse`) предлагает функции, очень похожие на стандартные `read.csv()`, `read.csv2()` и тому подобные, только в названиях используется нижнее подчеркивание: `read_csv()` и `read_csv2()`. Они быстрее и немного удобнее, особенно если вы работаете в `tidyverse`.

```
readr::read_csv("data/heroes_information.csv",  
               na = c("-", "-99"))
```

```
## Warning: Missing column names filled in: 'X1' [1]
```

```
## Parsed with column specification:
```

```
## cols(
```

```
##   X1 = col_double(),
```

```
##   name = col_character(),
```

```
##   Gender = col_character(),
```

```
##   `Eye color` = col_character(),
```

```
## Race = col_character(),
## `Hair color` = col_character(),
## Height = col_double(),
## Publisher = col_character(),
## `Skin color` = col_character(),
## Alignment = col_character(),
## Weight = col_double()
## )

## # A tibble: 734 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1     0 A-Bo~ Male yellow Human No Hair 203 Marvel C~
## 2     1 Abe ~ Male blue Icth~ No Hair 191 Dark Hor~
## 3     2 Abin~ Male blue Unga~ No Hair 185 DC Comics
## 4     3 Abom~ Male green Huma~ No Hair 203 Marvel C~
## 5     4 Abra~ Male blue Cosm~ Black NA Marvel C~
## 6     5 Abso~ Male blue Human No Hair 193 Marvel C~
## 7     6 Adam~ Male blue <NA> Blond NA NBC - He~
## 8     7 Adam~ Male blue Human Blond 185 DC Comics
## 9     8 Agen~ Female blue <NA> Blond 173 Marvel C~
## 10    9 Agen~ Male brown Human Brown 178 Marvel C~
## # ... with 724 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## # Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Пакет `vroom` - это часть расширенного `tidyverse`. Это такая альтернатива `readr` из того же `tidyverse`, но еще быстрее (отсюда и название).

```
vroom::vroom("data/heroes_information.csv")
```

```
## New names:
## * `` -> ...1

## Rows: 734
## Columns: 11
## Delimiter: ","
## chr [8]: name, Gender, Eye color, Race, Hair color, Publisher, Skin color, Alignment
## dbl [3]: ...1, Height, Weight
##
## Use `spec()` to retrieve the guessed column specification
## Pass a specification to the `col_types` argument to quiet this message

## # A tibble: 734 x 11
##       ...1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1     0 A-Bo~ Male yellow Human No Hair 203 Marvel C~
## 2     1 Abe ~ Male blue Icth~ No Hair 191 Dark Hor~
```

```
## 3      2 Abin~ Male   blue      Unga~ No Hair      185 DC Comics
## 4      3 Abom~ Male  green     Huma~ No Hair      203 Marvel C~
## 5      4 Abra~ Male  blue      Cosm~ Black        -99 Marvel C~
## 6      5 Abso~ Male  blue      Human No Hair      193 Marvel C~
## 7      6 Adam~ Male  blue      -      Blond        -99 NBC - He~
## 8      7 Agen~ Male  blue      Human Blond      185 DC Comics
## 9      8 Agen~ Female blue      -      Blond        173 Marvel C~
## 10     9 Agen~ Male  brown     Human Brown      178 Marvel C~
## # ... with 724 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## # Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Пакет `data.table` - это не просто пакет, а целый фреймворк для работы с R, основной конкурент `tidyverse`. Одна из основных фишек `data.table` - быстрота работы. Это касается не только процессинга данных, но и их загрузки и записи. Поэтому некоторые используют функции `data.table` для чтения и записи данных в отдельности от всего остального пакета - они даже и называются соответствующие: `fread()` и `fwrite()`, где `f` означает `fast`⁵.

```
data.table::fread("data/heroes_information.csv")
```

```
##      V1      name Gender Eye color      Race      Hair color
## 1:  0      A-Bomb  Male   yellow      Human      No Hair
## 2:  1      Abe Sapien Male   blue      Ichthy Sapien      No Hair
## 3:  2      Abin Sur  Male   blue      Ungaran      No Hair
## 4:  3      Abomination Male  green Human / Radiation      No Hair
## 5:  4      Abraxas  Male   blue      Cosmic Entity      Black
## ---
## 730: 729 Yellowjacket II Female   blue      Human Strawberry Blond
## 731: 730      Ymir  Male   white      Frost Giant      No Hair
## 732: 731      Yoda  Male  brown      Yoda's species      White
## 733: 732      Zatanna Female   blue      Human      Black
## 734: 733      Zoom  Male   red      -      Brown
##      Height      Publisher Skin color Alignment Weight
## 1: 203.0      Marvel Comics      -      good      441
## 2: 191.0 Dark Horse Comics      blue      good      65
## 3: 185.0      DC Comics      red      good      90
## 4: 203.0      Marvel Comics      -      bad      441
## 5: -99.0      Marvel Comics      -      bad      -99
## ---
## 730: 165.0      Marvel Comics      -      good      52
## 731: 304.8      Marvel Comics      white      good      -99
## 732:  66.0      George Lucas      green      good      17
## 733: 170.0      DC Comics      -      good      57
```

⁵А еще `friendly`: `fread()` обычно самостоятельно хорошо угадывает формат таблицы на входе. `vroom` тоже так умеет.


```
## 734: 185.0          DC Comics          -          bad      81
```

Чем же пользоваться среди всего этого многообразия? Бенчмарки⁶⁷ показывают, что быстрее всех `vroom` и `data.table`. Если же у вас нет задачи ускорить работу кода на несколько миллисекунд или прочитать датасет на много миллионов строк, то стандартного `read.csv()` (если вы работаете в базовом R) и `readr::read_csv()` (если вы работаете в `tidyverse`) должно быть достаточно.

Все перечисленные пакеты позволяют не только быстро импортировать данные, но и быстро (и удобно!) экспортировать их:

```
readr::write_csv(dc, "data/dc_heroes_information.csv")
readr::write_excel_csv(dc, "data/dc_heroes_information.csv") # Excel
vroom::vroom_write(dc, "data/dc_heroes_information.csv", delim = ",")
data.table::fwrite(dc, "data/dc_heroes_information.csv")
```

В плане скорости записи файлов соотношение сил примерно такое же, как и для чтения: `vroom` и `data.table` обгоняют всех, затем идет `readr`, и только после него - базовые функции R.

⁶<https://www.danielecook.com/speeding-up-reading-and-writing-in-r/>

⁷бенчмаркинг — это тест производительности, в данном случае — сравнение скорости работы конкурирующих пакетов.

Глава 4

Условные конструкции и циклы

4.1 Выражения `if`, `else`, `else if`

Стандартная часть практически любого языка программирования — условные конструкции. R не исключение. Однако и здесь есть свои особенности. Начнем с самого простого варианта с одним условием. Выглядеть условная конструкция будет вот так:

```
if ( )
```

Вот так это будет работать на практике:

```
number <- 1
if (number > 0) "положительное"
```

```
## [1] "положительное"
```

Если выражение (`expression`) содержит больше одной строки, то они объединяются фигурными скобками. Впрочем, использовать их можно, даже если строка всего в выражении всего одна.

```
number <- 1
if (number > 0) {
  "положительное"
}
```

```
## [1] "положительное"
```

В рассмотренной нами конструкции происходит проверка на условие. Если условие верно¹, то происходит то, что записано в последующем выражении. Если же условие неверно², то ничего не происходит.

Оператор `else` позволяет задавать действие на все остальные случаи:

```
if ( ) else
```

Работает это так:

```
number <- -3
if (number > 0) {
  "
} else {
  "
}
```

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

Иногда нам нужна последовательная проверка на несколько условий. Для этого есть оператор `else if`. Вот как выглядит ее применение:

```
number <- 0
if (number > 0) {
  "
} else if (number < 0){
  "
} else {
  " "
}
```

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

Как мы помним, R — язык, в котором векторизация играет большое значение. Но вот незадача — условные конструкции не векторизованы в R! Давайте попробуем применить эти конструкции для вектора значений и посмотрим, что получится.

```
number <- -2:2
if (number > 0) {
  "
} else if (number < 0){
  "
}
```

¹В принципе, необязательно внутри должна быть проверка условий, достаточно просто значения TRUE.

²Аналогично, достаточно просто значения FALSE.

```

} else {
    " "
}

```

```

## Warning in if (number > 0) {:          > 1,
##

```

```

## Warning in if (number < 0) {:          > 1,
##

```

```

## [1] " "

```

R выдает сообщение, что используется только первое значение логического вектора внутри условия. Остальные просто игнорируются. Как же посчитать для всего вектора сразу?

4.2 Циклы for

Во-первых, можно использовать `for`. Синтаксис `for` похож на синтаксис условных конструкций.

```
for(      in      )
```

Теперь мы можем объединить условные конструкции и `for`. Немножко монструозно, но это работает:

```

for (i in number) {
  if (i > 0) {
    print(" " )
  } else if (i < 0) {
    print(" " )
  } else {
    print(" ")
  }
}

```

```

## [1] " "
## [1] " "
## [1] " "
## [1] " "
## [1] " "

```

Чтобы выводить в консоль результат вычислений внутри `for`, нужно использовать `print()`.

Здесь стоит отметить, что `for` используется в R относительно редко. В подавляющем числе ситуаций использование `for` можно избежать. Обычно мы работаем в R с векторами или датафреймами, которые представляют собой множество относительно независимых наблюдений. Если мы хотим провести какие-нибудь операции с этими наблюдениями, то они обычно могут быть выполнены параллельно. Скажем, вы хотите для каждого испытуемого пересчитать его массу из фунтов в килограммы. Этот пересчет осуществляется по одинаковой формуле для каждого испытуемого. Эта формула не изменится из-за того, что какой-то испытуемый слишком большой или слишком маленький - для следующего испытуемого формула будет прежняя. Если Вы встречаете подобную задачу (где функцию можно применить независимо для всех значений), то без цикла `for` вполне можно обойтись.

Даже во многих случаях, где расчеты для одной строки зависят от расчетов предыдущих строк, можно обойтись без `for` векторизованными функциями, например, `cumsum()` для подсчета кумулятивной суммы.

```
cumsum(1:10)
```

```
## [1] 1 3 6 10 15 21 28 36 45 55
```

Если же нет подходящей векторизованной функции, то можно воспользоваться семейством функций `apply()` (см. [@ref\(apply_f\)](#)).

После этих объяснений кому-то может показаться странным, что я вообще упоминаю про эти циклы. Но для кого-то циклы `for` настолько привычны, что их полное отсутствие в курсе может показаться еще более странным. Поэтому лучше от меня, чем на улице.

Зачем вообще избегать конструкций `for`? Некоторые говорят, что они слишком медленные, и частично это верно, если мы сравниваем с векторизованными функциями, которые написаны на более низкоуровневых языках. Но в большинстве случаев низкая скорость `for` связана с неправильным использованием этой конструкции. Например, стоит избегать ситуации, когда на каждой итерации `for` какой-то объект (вектор, список, что угодно) изменяется в размере. Лучше будет создать заранее объект нужного размера, который затем будет наполняться значениями:

```
number_descriptions <- character(length(number)) #
for (i in 1:length(number)) {
  if (number[i] > 0) {
    number_descriptions[i] <- "          "
  } else if (number[i] < 0) {
    number_descriptions[i] <- "          "
  } else {
    number_descriptions[i] <- "  "
  }
}
```

```

    }
  }
  number_descriptions

```

```

## [1] "          " "          " "          "
## [4] "          " "          " "          "

```

В общем, при правильном обращении с `for` особых проблем со скоростью не будет. Но все равно это будет громоздкая конструкция, в которой легко ошибиться, и которую, скорее всего, можно заменить одной короткой строчкой. Кроме того, без конструкции `for` код обычно легко превратить в набор функций, последовательно применяющихся к данным, что мы будем по максимуму использовать, работая в `tidyverse` и применяя пайпы (см. [pipe]).

4.3 Векторизованные условные конструкции: функции `ifelse()` и `dplyr::case_when()`

Альтернатива сочетанию условных конструкций и циклов `for` является использование встроенной функции `ifelse()`. Функция `ifelse()` принимает три аргумента - 1) условие (т.е. просто логический вектор, состоящий из `TRUE` и `FALSE`), 2) что выдавать в случае `TRUE`, 3) что выдавать в случае `FALSE`. На выходе получается вектор такой же длины, как и изначальный логический вектор (условие).

```

ifelse(number > 0, "          ", "          ")

```

```

## [1] "          " "          " "          "
## [3] "          " "          " "          "
## [5] "          " "          " "          "

```

Периодически я встречаю у студентов строчку вроде такой: `ifelse(, TRUE, FALSE)`. Эта конструкция избыточна, т.к. получается, что логический вектор из `TRUE` и `FALSE` превращается в абсолютно такой же вектор из `TRUE` и `FALSE` на тех же самых местах. Выходит, что ничего не меняется!

У `ifelse()` тоже есть недостаток: он не может включать в себя дополнительных условий по типу `else if`. В простых ситуациях можно вставлять `ifelse()` внутри `ifelse()`:

```

ifelse(number > 0,
  "          ",
  ifelse(number < 0, "          ", "          "))

```

```
## [1] "      " "      " " " "
## [4] "      " "      " "
```

Достаточно симпатичное решение предлагает пакет `dplyr` (основа `tidyverse`) — функция `case_when()`, которая работает с использованием формулы:

```
dplyr::case_when(
  number > 0 ~ "      ",
  number < 0 ~ "      ",
  number == 0 ~ " ")
```

```
## [1] "      " "      " " " "
## [4] "      " "      " "
```


Глава 5

Функциональное программирование в R

5.1 Создание функций

Поздравляю, сейчас мы выйдем на качественно новый уровень владения R. Вместо того, чтобы пользоваться теми функциями, которые уже написали за нас, мы можем сами создавать свои функции! В этом нет ничего сложного.

Синтаксис создания функции внешне похож на создание циклов или условных конструкций. Мы пишем ключевое слово `function`, в круглых скобках обозначаем переменные, с которыми собираемся что-то делать. Внутри фигурных скобок пишем выражения, которые будут выполняться при запуске функции. У функции есть свое собственное окружение — место, где хранятся переменные. Именно те объекты, которые мы передаем в скобочках, и будут в окружении, так же как и “обычные” переменные для нас в глобальном окружении. Это означает, что функция будет искать переменные в первую очередь среди объектов, которые переданы в круглых скобочках. С ними функция и будет работать. На выходе функция выдаст то, что вычисляется внутри функции `return()`. Если `return()` появляется в теле функции несколько раз, то до результат будет возвращаться из той функции `return()`, до которой выполнение дошло первым.

```
pow <- function(x, p) {  
  power <- x ^ p  
  return(power)  
}  
pow(3, 2)
```

```
## [1] 9
```

Если функция проработала до конца, а функция `return()` так и не встретилась, то возвращается последнее посчитанное значение.

```
pow <- function(x, p) {
  x ^ p
}
pow(3, 2)
```

```
## [1] 9
```

Если в последней строчке будет присвоение, то функция ничего не вернет обратно. Это очень распространенная ошибка: функция вроде бы работает правильно, но ничего не возвращает. Нужно писать так, как будто бы в последней строчке результат выполнения выводится в консоль.

```
pow <- function(x, p) {
  power <- x ^ p #
}
pow(3, 2) #
```

Если функция небольшая, то ее можно записать в одну строчку без фигурных скобок.

```
pow <- function(x, p) x ^ p
pow(3, 2)
```

```
## [1] 9
```

Вообще, фигурные скобки используются для того, чтобы выполнить серию выражений, но вернуть только результат выполнения последнего выражения. Это можно использовать, чтобы не создавать лишних временных переменных в глобальном окружении.

Мы можем оставить в функции параметры по умолчанию.

```
pow <- function(x, p = 2) x ^ p
pow(3)
```

```
## [1] 9
```

```
pow(3, 3)
```

```
## [1] 27
```

В R работают **ленивые вычисления (lazy evaluations)**. Это означает, что параметры функций будут только когда они понадобятся, а не заранее. Например, эта функция не будет выдавать ошибку, если мы не зададим параметр `we_will_not_use_this_parameter =`, потому что он нигде не используется в расчетах.

```
pow <- function(x, p = 2, we_will_not_use_this_parameter) x ^ p
pow(x = 3)
```

```
## [1] 9
```

5.2 Проверка на адекватность

Лучший способ не бояться ошибок и предупреждений — научиться прописывать их самостоятельно в собственных функциях. Это позволит понять, что за текстом предупреждений и ошибок, которые у вас возникают, стоит забота разработчиков о пользователях, которые хотят максимально обезопасить нас от наших непродуманных действий.

Хорошо написанные функции не только выдают правильный результат на все возможные адекватные данные на входе, но и не дают получить правдоподобные результаты при неадекватных входных данных. Как вы уже знаете, если на входе у вас имеются пропущенные значения, то многие функции будут в ответ тоже выдавать пропущенные значения. И это вполне осознанное решение, которое позволяет избегать ситуаций вроде той, когда около одной пятой научных статей по генетике содержало ошибки в приложенных данных¹ и замечать пропущенные значения на ранней стадии. Кроме того, можно проводить проверки на адекватность входящих данных (sanity check).

Разберем это на примере самодельной функции `imt()`, которая выдает индекс массы тела, если на входе задать вес (аргумент `weight =`) в килограммах и рост (аргумент `height =`) в метрах.

```
imt <- function(weight, height) weight / height ^ 2
```

Проверим, что функция работает верно:

```
w <- c(60, 80, 120)
h <- c(1.6, 1.7, 1.8)
imt(weight = w, height = h)
```

```
## [1] 23.43750 27.68166 37.03704
```

¹<https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-016-1044-7>

Очень легко перепутать и написать рост в сантиметрах. Было бы здорово предупредить об этом пользователя, показав ему предупреждающее сообщение, если рост больше, чем, например, 3. Это можно сделать с помощью функции `warning()`

```
imt <- function(weight, height) {
  if (height > 3) warning("height 3: ",
    weight / height ^ 2)
}
```

```
## Warning in imt(78, 167): height 3: ,
```

```
## [1] 0.002796802
```

В некоторых случаях ответ будет совершенно точно некорректным, хотя функция все посчитает и выдаст ответ, как будто так и надо. Например, если какой-то из аргументов функции `imt()` будет меньше или равен 0. В этом случае нужно прописать проверку на это условие, и если это действительно так, то выдать пользователю ошибку.

```
imt <- function(weight, height) {
  if (any(weight <= 0 | height <= 0)) stop("
  if (height > 3) warning("height 3: ",
    weight / height ^ 2)
}
```

```
## Error in imt(-78, 167):
```

Когда вы попытаете самостоятельно прописывать предупреждения и ошибки в функциях, то быстро поймете, что ошибки - это вовсе не обязательно результат того, что где-то что-то сломалось и нужно паниковать. Совсем даже наоборот, прописанная ошибка - чья-то забота о пользователях, которых пытаются максимально проинформировать о том, что и почему пошло не так.

Это естественно в начале работы с R (и вообще с программированием) избегать ошибок, конечно, в самом начале обучения большая часть из них остается непонятной. Но постарайтесь понять текст ошибки, вспомнить в каких случаях у вас возникала похожая ошибка. Очень часто этого оказывается достаточно чтобы понять причину ошибки даже если вы только-только начали изучать R.

Ну а в дальнейшем я советую ознакомиться со средствами отладки кода в R² для того, чтобы научиться справляться с ошибками в своем коде на более продвинутом уровне.

²<https://adv-r.hadley.nz/debugging.html>

5.3 Когда и зачем создавать функции?

Когда стоит создавать функции? Существует “правило трех”³ — если у вас есть три куска очень похожего кода, то самое время превратить код в функцию. Это очень условное правило, но, действительно, стоит избегать копипастинга в коде. В этом случае очень легко ошибиться, а сам код становится нечитаемым.

Есть и другой подход к созданию функций: их стоит создавать не столько для того, чтобы использовать тот же код снова, сколько для абстрагирования от того, что происходит в отдельных строках кода. Если несколько строчек кода были написаны для того, чтобы решить одну задачу, которой можно дать понятное название (например, подсчет какой-то особенной метрики, для которой нет готовой функции в R), то этот код стоит обернуть в функцию. Если функция работает корректно, то теперь не нужно думать над тем, что происходит внутри нее. Вы ее можете мысленно представить как операцию, которая имеет определенный вход и выход — как и встроенные функции в R.

Отсюда следует важный вывод, что хорошее название для функции — это очень важно. Очень, очень, очень важно.

5.4 Функции как объекты первого порядка

Ранее мы убедились, что арифметические операторы — это тоже функции. На самом деле, практически все в R — это функции. Даже `function` — это функция `function()`. Даже скобочки `(, {` — это функции!

А сами функции — это объекты первого порядка в R. Это означает, что с функциями вы можете делать практически все то же самое, что и с другими объектами в R (векторами, датафреймами и т.д.). Небольшой пример, который может взорвать ваш мозг:

```
list(mean, min, `{`)
```

```
## [[1]]
## function (x, ...)
## UseMethod("mean")
## <bytecode: 0x7fb763855348>
## <environment: namespace:base>
##
## [[2]]
## function (... , na.rm = FALSE) .Primitive("min")
##
## [[3]]
```

³[https://en.wikipedia.org/wiki/Rule_of_three_\(computer_programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rule_of_three_(computer_programming))

```
## .Primitive("{")
```

Мы можем создать список из функций! Зачем — это другой вопрос, но ведь можем же!

Еще можно создавать функции внутри функций⁴, использовать функции в качестве аргументов функций, сохранять функции как переменные. Пожалуй, самое важное из этого всего - это то, что функция может быть аргументом в функции. Не просто название функции как строковая переменная, не результат выполнения функции, а именно сама функция. Это лежит в основе использования семейства функций `apply()` `@ref(apply_f)` и многих фишек tidyverse.

В Python дело обстоит похожим образом: функции там тоже являются объектами первого порядка, поэтому все эти фишки функционального программирования (с поправкой на синтаксис, конечно) будут работать и там.

5.5 Семейство функций `apply()`

5.5.1 Применение `apply()` для матриц

Семейство? Да, их целое множество: `apply()`, `lapply()`, `sapply()`, `vapply()`, `tapply()`, `mapply()`, `rapply()`... Ладно, не пугайтесь, всех их знать не придется. Обычно достаточно первых двух-трех. Проще всего пояснить как они работают на простой матрице с числами:

```
A <- matrix(1:12, 3, 4)
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    4    7   10
## [2,]    2    5    8   11
## [3,]    3    6    9   12
```

Функция `apply()` предназначена для работы с матрицами (или многомерными массивами). Если вы скормите функции `apply()` датафрейм, то этот датафрейм будет сначала превращен в матрицу. Главное отличие матрицы от датафрейма в том, что в матрице все значения одного типа, поэтому будьте готовы, что сработает имплицитное приведение к общему типу данных. Например, если среди колонок датафрейма есть хотя бы одна строковая колонка, то все колонки станут строковыми.

⁴Функция, которая создает другие функции, называется фабрикой функций.

Теперь представим, что нам нужно посчитать что-нибудь (например, сумму) по каждой из строк. С помощью функции `apply()` вы можете в буквальном смысле “применить” функцию к матрице или датафрейму. Синтаксис такой: `apply(X, MARGIN, FUN, ...)`, где `X` — данные, `MARGIN` это 1 (для строк), 2 (для колонок), `c(1,2)` для строк и колонок (т.е. для каждого элемента по отдельности), а `FUN` — это функция, которую вы хотите применить! `apply()` будет брать строки/колонок из `X` в качестве первого аргумента для функции.

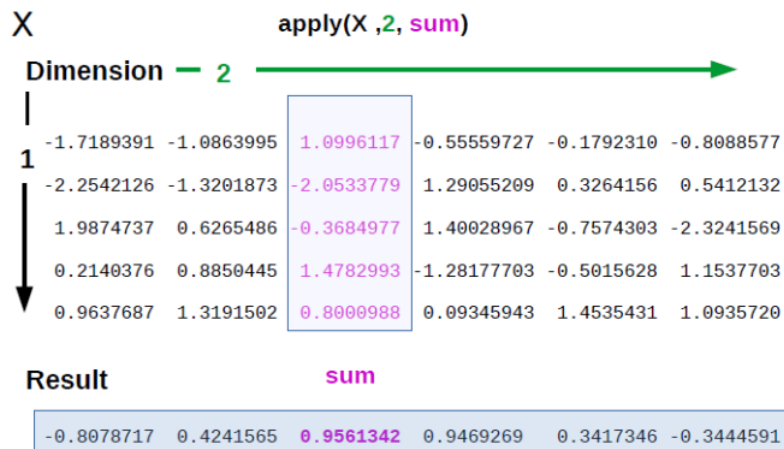


Рис. 5.1: apply

Заметьте, мы вставляем функцию без скобок и кавычек как аргумент в функцию. Это как раз тот случай, когда аргументом в функции выступает сама функция, а не ее название или результат ее выполнения.

Давайте разберем на примере:

```
apply(A, 1, sum) #
```

```
## [1] 22 26 30
```

```
apply(A, 2, sum) #
```

```
## [1] 6 15 24 33
```

```
apply(A, c(1,2), sum) # ...
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    4    7   10
```

```
## [2,]    2    5    8   11
## [3,]    3    6    9   12
```

Конкретно для подсчета сумм и средних по столбцам и строкам в R есть функции `colSums()`, `rowSums()`, `colMeans()` и `rowMeans()`, которые можно использовать как альтернативы `apply()` в данном случае.

Если же мы хотим прописать дополнительные аргументы для функции, то их можно перечислить через запятую после функции:

```
apply(A, 1, sum, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 22 26 30
```

```
apply(A, 1, weighted.mean, w = c(0.2, 0.4, 0.3, 0.1))
```

```
## [1] 4.9 5.9 6.9
```

5.5.2 Анонимные функции

Что делать, если мы хотим сделать что-то более сложное, чем просто применить одну функцию? А если функция принимает не первым, а вторым аргументом данные из матрицы? В этом случае нам помогут **анонимные функции**.

Анонимные функции - это функции, которые будут использоваться один раз и без названия.

Питонистам знакомо понятие **лямбда-функций**. Да, это то же самое.

Например, мы можем посчитать отклонения от среднего без называния этой функции:

```
apply(A, 1, function(x) x - mean(x)) #
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] -4.5 -4.5 -4.5
## [2,] -1.5 -1.5 -1.5
## [3,]  1.5  1.5  1.5
## [4,]  4.5  4.5  4.5
```

```
apply(A, 2, function(x) x - mean(x)) #
```

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



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

```
apply(A, c(1,2), function(x) x - mean(x)) # , . .
```

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

Как и в случае с обычной функцией, в качестве `x` выступает объект, с которым мы хотим что-то сделать, а дальше следует функция, которую мы собираемся применить к `.` Можно использовать не `.`, а что угодно, как и в обычных функциях:

```
apply(A, 1, function(whatevername) whatevername - mean(whatevername))
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] -4.5 -4.5 -4.5
## [2,] -1.5 -1.5 -1.5
## [3,]  1.5  1.5  1.5
## [4,]  4.5  4.5  4.5
```

5.5.3 Другие функции семейства `apply()`

Ок, с `apply()` разобрались. А что с остальными? Некоторые из них еще проще и не требуют индексов, например, `lapply` (для применения к каждому элементу списка) и `sapply` () -упрощенная версия `lapply()`, которая пытается по возможности “упростить” результат до вектора или матрицы.

```
some_list <- list(some = 1:10, list = letters)
lapply(some_list, length)
```

```
## $some
## [1] 10
##
## $list
## [1] 26
```

```
sapply(some_list, length)
```

```
## some list
##    10    26
```

Использование `sapply()` на векторе приводит к тем же результатам, что и просто применить векторизованную функцию обычным способом.

```
sapply(1:10, sqrt)
```

```
## [1] 1.000000 1.414214 1.732051 2.000000 2.236068 2.449490 2.645751 2.828427
## [9] 3.000000 3.162278
```

```
sqrt(1:10)
```

```
## [1] 1.000000 1.414214 1.732051 2.000000 2.236068 2.449490 2.645751 2.828427
## [9] 3.000000 3.162278
```

Зачем вообще тогда нужен `sapply()`, если мы можем просто применить векторизованную функцию? Ключевое слово здесь *векторизованная* функция. Если функция не векторизована, то `sapply()` становится удобным вариантом для того, чтобы избежать итерирования с помощью циклов `for`.

Еще одна альтернатива - это векторизация не векторизованной функции с помощью `Vectorize()`. Эта функция просто оборачивает функцию одним из вариантов `apply()`.

Можно применять функции `lapply()` и `sapply()` на датафреймах. Поскольку фактически датафрейм - это список из векторов одинаковой длины (см. 2.10), то итерироваться эти функции будут по колонкам:

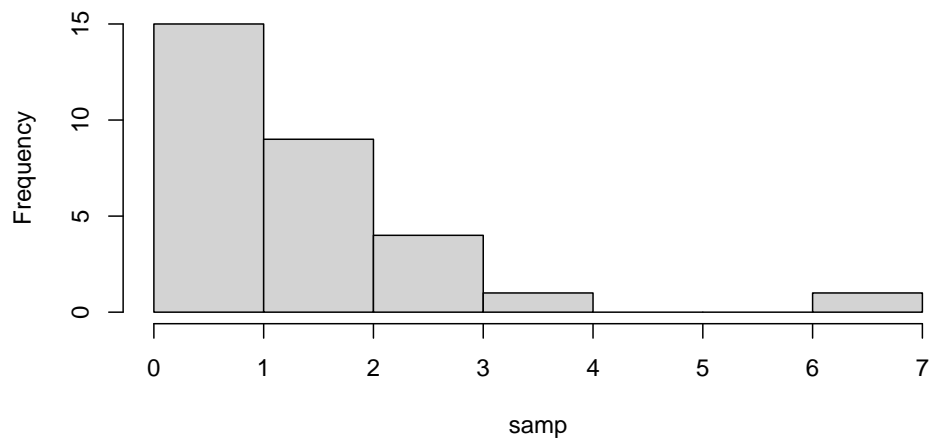
```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv",
                  na.strings = c("-", "-99"))
sapply(heroes, class)
```

```
##           X           name           Gender  Eye.color           Race  Hair.color
## "integer" "character" "character" "character" "character" "character"
##      Height    Publisher  Skin.color  Alignment           Weight
## "numeric" "character" "character" "character" "integer"
```

Еще одна функция из семейства `apply()` - функция `replicate()` - самый простой способ повторить одну и ту же операцию много раз. Обычно эта функция используется при симуляции данных и моделировании. Например, давайте сделаем выборку из логнормального распределения:

```
samp <- rlnorm(30)
hist(samp)
```

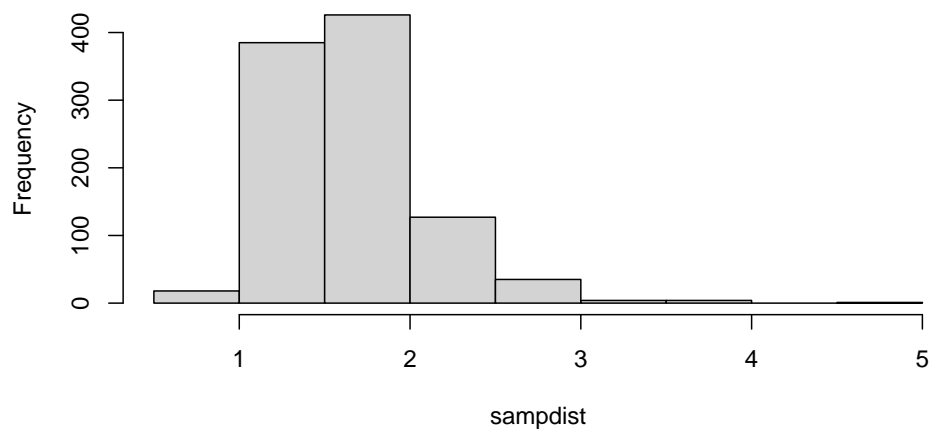
Histogram of samp



А теперь давайте сделаем 1000 таких выборок и из каждой возьмем среднее:

```
sampdist <- replicate(1000, mean(rlnorm(30)))  
hist(sampdist)
```

Histogram of sampdist



Про функции для генерации случайных чисел и про визуализацию мы поговорим в следующие дни.

Если хотите познакомиться с семейством `apply()` чуточку ближе, то рекомендую вот этот [туториал](https://www.datacamp.com/community/tutorials/r-tutorial-apply-family)⁵.

В заключение стоит сказать, что семейство функций `apply()` — это очень силь-

⁵<https://www.datacamp.com/community/tutorials/r-tutorial-apply-family>

ное колдунство, но в `tidyverse` оно практически полностью перекрывается функциями из пакета `purrr`. Впрочем, если вы поняли логику `apply()`, то при желании вы легко сможете переключиться на альтернативы из пакета `purrr`.

Глава 6

Введение в tidyverse

6.1 Вселенная tidyverse

tidyverse - это не один, а целое множество пакетов. Есть ключевые пакеты (ядро тайдиверса), а есть побочные - в основном для работы со специфическими видами данных.

*tidyverse*¹ — это набор пакетов:

- *ggplot2*, для визуализации
- *tibble*, для работы с тибблами, продвинутый вариант датафрейма
- *tidyr*, для формата tidy data
- *readr*, для чтения файлов в R
- *purrr*, для функционального программирования (замена семейства функций `*apply()`)
- *dplyr*, для преобразования данных
- *stringr*, для работы со строковыми переменными
- *forcats*, для работы с переменными-факторами

Полезно также знать о следующих пакетах, не включенных в ядро, но также считающихся частью тайдиверса:

- *vroom*, для быстрой загрузки табличных данных
- *readxl*, для чтения .xls и .xlsx
- *jsonlite*, для работы с JSON
- *xml*, для работы с XML
- *DBI*, для работы с базами данных
- *rvest*, для веб-скреппинга
- *lubridate*, для работы с временем
- *tidytext*, для работы с текстами и корпусами

¹<https://www.tidyverse.org>

- *glue*, для продвинутого объединения строк
- *magrittr*, с несколькими вариантами pipe оператора
- *tidymodels*, для моделирования и машинного обучения²
- *dtplyr*, для ускорения dplyr за счет перевод синтаксиса на `data.table`

И это еще не все пакеты tidyverse! Есть еще много других небольших пакетов, которые тоже считаются частью tidyverse. Кроме официальных пакетов tidyverse есть множество пакетов, которые пытаются соответствовать принципам tidyverse и дополняют его.

Все пакеты tidyverse объединены tidy философией и взаимосовместимым синтаксисом. Это означает, что, во многих случаях даже не нужно думать о том, из какого именно пакета тайдиверса пришла функция. Можно просто установить и загрузить пакет tidyverse.

```
install.packages("tidyverse")
```

Пакет tidyverse — это такой пакет с пакетами³.

```
library("tidyverse")
```

Подключение пакета tidyverse автоматически приводит к подключению ядра tidyverse, остальные же пакеты нужно подключать дополнительно при необходимости.

6.2 Загрузка данных с помощью readr

Стандартной функцией для чтения .csv файлов в R является функция `read.csv()`, но мы будем использовать функцию `read_csv()` из пакета `readr`. Синтаксис функции `read_csv()` очень похож на `read.csv()`: первым аргументом является путь к файлу (в том числе можно использовать URL), остальные параметры

```
heroes <- read_csv("data/heroes_information.csv",
  na = c("-", "-99"))
```

```
## Warning: Missing column names filled in: 'X1' [1]
## Parsed with column specification:
## cols(
##   X1 = col_double(),
```

²Как и пакет tidyverse, tidymodels — это пакет с несколькими пакетами.

³https://cs11.pikabu.ru/post_img/big/2019/03/12/11/1552415351186680692.jpg

```
## name = col_character(),
## Gender = col_character(),
## `Eye color` = col_character(),
## Race = col_character(),
## `Hair color` = col_character(),
## Height = col_double(),
## Publisher = col_character(),
## `Skin color` = col_character(),
## Alignment = col_character(),
## Weight = col_double()
## )
```

6.3 tibble

Когда мы загрузили данные с помощью `read_csv()`, то мы получили `tibble`, а не `data.frame`:

```
class(heroes)
```

```
## [1] "spec_tbl_df" "tbl_df"      "tbl"        "data.frame"
```

Тиббл (`tibble`) - это такой “усовершенствованный” `data.frame`. Почти⁴ все, что работает с `data.frame`, работает и с тибблами. Однако у тибблов есть свои дополнительные фишки. Самая очевидная из них - более аккуратный вывод в консоль:

```
heroes
```

```
## # A tibble: 734 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr>   <chr>   <chr> <chr>       <dbl> <chr>
## 1     0 A-Bo~ Male   yellow Human No Hair      203 Marvel C~
## 2     1 Abe ~ Male   blue   Icth~ No Hair      191 Dark Hor~
## 3     2 Abin~ Male   blue   Unga~ No Hair      185 DC Comics
## 4     3 Abom~ Male   green  Huma~ No Hair      203 Marvel C~
## 5     4 Abra~ Male   blue   Cosm~ Black       NA Marvel C~
## 6     5 Abso~ Male   blue   Human No Hair      193 Marvel C~
## 7     6 Adam~ Male   blue   <NA>  Blond       NA NBC - He~
## 8     7 Adam~ Male   blue   Human Blond      185 DC Comics
## 9     8 Agen~ Female blue   <NA>  Blond      173 Marvel C~
## 10    9 Agen~ Male   brown Human Brown     178 Marvel C~
## # ... with 724 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## # Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

⁴<https://www.jumpingrivers.com/blog/the-trouble-with-tibbles/>

Выводятся только первые 10 строк, если какие-то колонки не влезают на экран, то они просто перечислены внизу. Ну а тип данных написан прямо под названием колонки.

Функции различных пакетов tidyverse сами конвертируют в тиббл при необходимости. Если же нужно это сделать самостоятельно, то можно это сделать так:

```
heroes_df <- as.data.frame(heroes) #
class(heroes_df)
```

```
## [1] "data.frame"
```

```
as_tibble(heroes_df) #
```

```
## # A tibble: 734 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1     0 A-Bo~ Male   yellow   Human No Hair      203 Marvel C~
## 2     1 Abe ~ Male   blue     Icth~ No Hair      191 Dark Hor~
## 3     2 Abin~ Male   blue     Unga~ No Hair      185 DC Comics
## 4     3 Abom~ Male   green    Huma~ No Hair      203 Marvel C~
## 5     4 Abra~ Male   blue     Cosm~ Black        NA Marvel C~
## 6     5 Abso~ Male   blue     Human No Hair      193 Marvel C~
## 7     6 Adam~ Male   blue     <NA> Blond        NA NBC - He~
## 8     7 Adam~ Male   blue     Human Blond      185 DC Comics
## 9     8 Agen~ Female blue     <NA> Blond      173 Marvel C~
## 10    9 Agen~ Male   brown    Human Brown      178 Marvel C~
## # ... with 724 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## # Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

В дальнейшем мы будем работать только с tidyverse, а это значит, что только с тибблами, а не обычными датафреймами. Тем не менее, тибблы и датафреймы будут в дальнейшем использоваться как синонимы.

Можно создавать тибблы вручную с помощью функции `tibble()`, которая работает аналогично функции `data.frame()`:

```
tibble(
  a = 1:3,
  b = letters[1:3]
)
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##       a b
```



```
##    <int> <chr>
## 1      1 a
## 2      2 b
## 3      3 c
```

6.4 magrittr::%>%

Оператор `%>%` называется “пайпом” (pipe), т.е. “трубой”. Он означает, что следующая функция (справа от пайпа) принимает на вход в качестве первого аргумента результат выполнения предыдущей функции (той, что слева). Фактически, это примерно то же самое, что и вставлять результат выполнения функции в качестве первого аргумента в другую функцию. Просто выглядит это красивее и читабельнее. Как будто данные пропускаются через трубы функций или конвеерную ленту на заводе, если хотите. А то, что первый параметр функции - это почти всегда данные, работает нам здесь на руку. Этот оператор взят из пакета `magrittr`⁵. Возможно, даже если вы не захотите пользоваться `tidyverse`, использование пайпов Вам понравится.

Важно понимать, что пайп не дает какой-то дополнительной функциональности или дополнительной скорости работы⁶. Он создан исключительно для читабельности и комфорта.

С помощью пайпов вот эту команду...

```
sum(sqrt(abs(sin(1:22))))
```

```
## [1] 16.72656
```

...можно переписать вот так:

```
1:22 %>%
  sin() %>%
  abs() %>%
  sqrt() %>%
  sum()
```

```
## [1] 16.72656
```

В очень редких случаях результат выполнения функции нужно вставить не на первую позицию (или же мы хотим использовать его несколько раз). В этих слу-

⁵Если быть точным, то оператор `%>%` был импортирован во все основные пакеты `tidyverse`, а сам пакет `magrittr` не входит в базовый набор `tidyverse`. Тем не менее, в самом `magrittr` есть еще несколько интересных операторов.

⁶Даже наоборот, использование пайпов незначительно снижает скорость выполнения команды.

чаях можно использовать `.`, чтобы обозначить, куда мы хотим вставить результат выполнения выражения слева от `%>%`.

```
"      !" %>%
  c("--", ., "--")

## [1] "--"      "      !" "--"
```

6.5 Главные пакеты tidyverse: dplyr и tidyr

`dplyr`⁷ — это самая основа всего tidyverse. Этот пакет предоставляет основные функции для манипуляции с тибблами. Пакет `dplyr` является наследником и более усовершенствованной версией `plyr`, так что если увидите использование пакета `plyr`, то, скорее всего, скрипт был написан очень давно.

Пакет `tidyr` дополняет `dplyr`, предоставляя полезные функции для трансформации тибблов. В общем, функционал этих двух пакетов давно смешался, поэтому мы будем рассматривать их вместе. Пакет `tidyr` — это более усовершенствованная версия пакета `reshape2`, который в свою очередь является усовершенствованной версией `reshape`. По аналогии с `plyr`, если вы видите использование этих пакетов, то это указывает на то, что перед вами морально устаревший код.

6.6 Выбор строк: `dplyr::slice()` и `dplyr::filter()`

Начнем с выбора строк. Функция `dplyr::slice()` выбирает строчки по их числовому индексу.

```
heroes %>%
  slice(1:3)

## # A tibble: 3 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race  `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr>   <chr>   <chr> <chr>       <dbl> <chr>
## 1     0 A-Bo~ Male   yellow Human No Hair       203 Marvel C~
## 2     1 Abe ~ Male   blue   Icth~ No Hair       191 Dark Hor~
## 3     2 Abin~ Male   blue   Unga~ No Hair       185 DC Comics
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

⁷Есть споры о том, как это правильно читать⁸. Используемые варианты: *диплаер*, *диплюр*, *диплир*.

Функции tidyverse не изменяют сами изначальные тибблы/датафреймы. Это означает, что если вы хотите полученный результат сохранить, то нужно добавить присвоение:

```
first_three_heroes <- heroes %>%
  slice(1:3)
```

Функция `dplyr::filter()` делает то же самое, что и `slice()`, но уже по условию. Причем для условий нужно использовать не векторы из тиббла, а название колонок (без кавычек) как будто бы они были переменными в окружении.

```
heroes %>%
  filter(Publisher == "DC Comics")
```

```
## # A tibble: 215 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1     2 Abin~ Male   blue   Unga~ No Hair    185 DC Comics
## 2     7 Adam~ Male   blue   Human Blond    185 DC Comics
## 3    13 Alan~ Male   blue   <NA> Blond    180 DC Comics
## 4    16 Alfr~ Male   blue   Human Black    178 DC Comics
## 5    19 Amazo Male   red    Andr~ <NA>    257 DC Comics
## 6    27 Anim~ Male   blue   Human Blond    183 DC Comics
## 7    31 Anti~ Male   yellow God ~ No Hair    61 DC Comics
## 8    35 Aqua~ Male   blue   <NA> Blond     NA DC Comics
## 9    36 Aqua~ Male   blue   Atla~ Black    178 DC Comics
## 10   37 Aqua~ Male   blue   Atla~ Blond    185 DC Comics
## # ... with 205 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## # Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

Если нужно выбрать только строчки без пропущенных значений, то можно воспользоваться удобной функцией `tidyr::drop_na()`

```
heroes %>%
  drop_na()
```

```
## # A tibble: 50 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1     1 Abe ~ Male   blue   Icth~ No Hair    191 Dark Hor~
## 2     2 Abin~ Male   blue   Unga~ No Hair    185 DC Comics
## 3    34 Apoc~ Male   red    Muta~ Black    213 Marvel C~
## 4    39 Arch~ Male   blue   Muta~ Blond    183 Marvel C~
## 5    41 Ardi~ Female white  Alien Orange    193 Marvel C~
```

```
## 6      56 Azaz~ Male    yellow      Neya~ Black          183 Marvel C~
## 7      74 Beast Male    blue        Muta~ Blue           180 Marvel C~
## 8      75 Beas~ Male    green       Human Green         173 DC Comics
## 9      92 Biza~ Male    black       Biza~ Black           191 DC Comics
## 10     108 Blac~ Male    red          Demon White         191 Marvel C~
## # ... with 40 more rows, and 3 more variables: `Skin color` <chr>,
## #   Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

6.7 dplyr::select()

Функция `dplyr::select()` позволяет выбирать колонки по номеру или имени (кавычки не нужны).

```
heroes %>%
  select(1,5)
```

```
## # A tibble: 734 x 2
##       X1 Race
##   <dbl> <chr>
## 1     0 Human
## 2     1 Ichtho Sapien
## 3     2 Ungaran
## 4     3 Human / Radiation
## 5     4 Cosmic Entity
## 6     5 Human
## 7     6 <NA>
## 8     7 Human
## 9     8 <NA>
## 10    9 Human
## # ... with 724 more rows
```

```
heroes %>%
  select(name, Race, Publisher, `Hair color`)
```

```
## # A tibble: 734 x 4
##   name      Race      Publisher    `Hair color`
##   <chr>    <chr>    <chr>      <chr>
## 1 A-Bomb    Human    Marvel Comics No Hair
## 2 Abe Sapien Ichtho Sapien Dark Horse Comics No Hair
## 3 Abin Sur   Ungaran   DC Comics    No Hair
## 4 Abomination Human / Radiation Marvel Comics No Hair
## 5 Abraxas    Cosmic Entity Marvel Comics Black
## 6 Absorbing Man Human      Marvel Comics No Hair
```

```
## 7 Adam Monroe <NA> NBC - Heroes Blond
## 8 Adam Strange Human DC Comics Blond
## 9 Agent 13 <NA> Marvel Comics Blond
## 10 Agent Bob Human Marvel Comics Brown
## # ... with 724 more rows
```

Возможности выбора колонок с использованием `dplyr::select()` очень широкие. Можно использовать оператор `:` для выбора нескольких соседних колонок (по аналогии с созданием числового вектора с шагом 1).

```
heroes %>%
  select(name:Publisher)
```

```
## # A tibble: 734 x 7
##   name      Gender `Eye color` Race      `Hair color` Height Publisher
##   <chr>      <chr>   <chr>    <chr>      <chr>      <dbl> <chr>
## 1 A-Bomb      Male    yellow   Human      No Hair      203 Marvel Comics
## 2 Abe Sapien  Male    blue     Ichthy Sapien No Hair      191 Dark Horse C~
## 3 Abin Sur    Male    blue     Ungaran     No Hair      185 DC Comics
## 4 Abominati~ Male    green    Human / Radi~ No Hair      203 Marvel Comics
## 5 Abraxas     Male    blue     Cosmic Entity Black        NA Marvel Comics
## 6 Absorbing~ Male    blue     Human      No Hair      193 Marvel Comics
## 7 Adam Monr~ Male    blue     <NA>        Blond        NA NBC - Heroes
## 8 Adam Stra~ Male    blue     Human      Blond        185 DC Comics
## 9 Agent 13    Female  blue     <NA>        Blond        173 Marvel Comics
## 10 Agent Bob  Male    brown    Human      Brown        178 Marvel Comics
## # ... with 724 more rows
```

```
heroes %>%
  select(name:`Eye color`, Publisher:Weight)
```

```
## # A tibble: 734 x 7
##   name      Gender `Eye color` Publisher      `Skin color` Alignment Weight
##   <chr>      <chr>   <chr>    <chr>      <chr>      <chr>      <dbl>
## 1 A-Bomb      Male    yellow   Marvel Comics <NA>        good        441
## 2 Abe Sapien  Male    blue     Dark Horse Com~ blue        good        65
## 3 Abin Sur    Male    blue     DC Comics     red         good        90
## 4 Abomination Male    green    Marvel Comics <NA>        bad         441
## 5 Abraxas     Male    blue     Marvel Comics <NA>        bad         NA
## 6 Absorbing M~ Male    blue     Marvel Comics <NA>        bad         122
## 7 Adam Monroe Male    blue     NBC - Heroes <NA>        good        NA
## 8 Adam Strange Male    blue     DC Comics     <NA>        good        88
## 9 Agent 13    Female  blue     Marvel Comics <NA>        good        61
## 10 Agent Bob  Male    brown    Marvel Comics <NA>        good        81
## # ... with 724 more rows
```

Используя `!` можно вырезать ненужные колонки.

```
heroes %>%
  select(!X1)
```

```
## # A tibble: 734 x 10
##   name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher `Skin color`
##   <chr> <chr> <chr>      <chr> <chr>      <dbl> <chr>      <chr>
## 1 A-Bo~ Male yellow Human No Hair 203 Marvel C~ <NA>
## 2 Abe ~ Male blue Icth~ No Hair 191 Dark Hor~ blue
## 3 Abin~ Male blue Unga~ No Hair 185 DC Comics red
## 4 Abom~ Male green Huma~ No Hair 203 Marvel C~ <NA>
## 5 Abra~ Male blue Cosm~ Black NA Marvel C~ <NA>
## 6 Abso~ Male blue Human No Hair 193 Marvel C~ <NA>
## 7 Adam~ Male blue <NA> Blond NA NBC - He~ <NA>
## 8 Adam~ Male blue Human Blond 185 DC Comics <NA>
## 9 Agen~ Female blue <NA> Blond 173 Marvel C~ <NA>
## 10 Agen~ Male brown Human Brown 178 Marvel C~ <NA>
## # ... with 724 more rows, and 2 more variables: Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

```
heroes %>%
  select(!(Gender:Height))
```

```
## # A tibble: 734 x 6
##   X1 name Publisher `Skin color` Alignment Weight
##   <dbl> <chr>      <chr>      <chr>      <chr>      <dbl>
## 1 0 A-Bomb Marvel Comics <NA> good 441
## 2 1 Abe Sapien Dark Horse Comics blue good 65
## 3 2 Abin Sur DC Comics red good 90
## 4 3 Abomination Marvel Comics <NA> bad 441
## 5 4 Abraxas Marvel Comics <NA> bad NA
## 6 5 Absorbing Man Marvel Comics <NA> bad 122
## 7 6 Adam Monroe NBC - Heroes <NA> good NA
## 8 7 Adam Strange DC Comics <NA> good 88
## 9 8 Agent 13 Marvel Comics <NA> good 61
## 10 9 Agent Bob Marvel Comics <NA> good 81
## # ... with 724 more rows
```

Можно даже выбирать колонки по их названию. Например, с помощью `ends_with()` можно выбрать все колонки, заканчивающиеся одинаковым суффиксом⁹.

⁹Функция `ends_with()` является одним из селекторов - функций специального мини-языка для выбора переменных, которые содержатся в пакете `tidyselect`. Как и в случае с `magrittr`, эти функции не содержатся в базовом `tidyverse`, но импортируются основными пакетами `tidyverse`.

```
heroes %>%
  select(ends_with("color"))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   `Eye color` `Hair color` `Skin color`
##   <chr>      <chr>      <chr>
## 1 yellow    No Hair    <NA>
## 2 blue      No Hair    blue
## 3 blue      No Hair    red
## 4 green     No Hair    <NA>
## 5 blue      Black      <NA>
## 6 blue      No Hair    <NA>
## 7 blue      Blond      <NA>
## 8 blue      Blond      <NA>
## 9 blue      Blond      <NA>
## 10 brown    Brown      <NA>
## # ... with 724 more rows
```

```
heroes %>%
  select(where(is.numeric))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##       X1 Height Weight
##   <dbl> <dbl> <dbl>
## 1     0    203   441
## 2     1    191    65
## 3     2    185    90
## 4     3    203   441
## 5     4     NA    NA
## 6     5    193   122
## 7     6     NA    NA
## 8     7    185    88
## 9     8    173    61
## 10    9    178    81
## # ... with 724 more rows
```

```
heroes %>%
  select(where(function(x) !any(is.na(x))))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##       X1 name      Publisher
##   <dbl> <chr>      <chr>
## 1     0 A-Bomb    Marvel Comics
```

```
## 2      1 Abe Sapien      Dark Horse Comics
## 3      2 Abin Sur       DC Comics
## 4      3 Abomination    Marvel Comics
## 5      4 Abraxas         Marvel Comics
## 6      5 Absorbing Man  Marvel Comics
## 7      6 Adam Monroe    NBC - Heroes
## 8      7 Adam Strange   DC Comics
## 9      8 Agent 13       Marvel Comics
## 10     9 Agent Bob      Marvel Comics
## # ... with 724 more rows
```

6.8 Сортировка строк: `dplyr::arrange()`

Функция `dplyr::arrange()` сортирует строчки от меньшего к большему (или по алфавиту - для текстовых значений) по выбранной колонке.

```
heroes %>%
  select(name, Weight) %>%
  arrange(Weight)
```

```
## # A tibble: 734 x 2
##   name      Weight
##   <chr>      <dbl>
## 1 Iron Monger      2
## 2 Groot            4
## 3 Jack-Jack       14
## 4 Galactus        16
## 5 Yoda            17
## 6 Fin Fang Foom   18
## 7 Howard the Duck  18
## 8 Krypto          18
## 9 Rocket Raccoon   25
## 10 Dash           27
## # ... with 724 more rows
```

Чтобы отсортировать в обратном порядке, воспользуйтесь функцией `desc()`.

```
heroes %>%
  select(name, Weight) %>%
  arrange(desc(Weight))
```

```
## # A tibble: 734 x 2
##   name      Weight
```



```
##      <chr>      <dbl>
##  1 Sasquatch    900
##  2 Juggernaut   855
##  3 Darkseid     817
##  4 Giganta      630
##  5 Hulk         630
##  6 Red Hulk     630
##  7 Bloodaxe     495
##  8 Wolfsbane    473
##  9 Thanos       443
## 10 A-Bomb       441
## # ... with 724 more rows
```

Можно сортировать по нескольким колонкам сразу:

```
heroes %>%
  select(name, Gender, Weight) %>%
  arrange(Gender, desc(Weight))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name      Gender Weight
##   <chr>    <chr>   <dbl>
##  1 Giganta  Female    630
##  2 Bloodaxe Female    495
##  3 Wolfsbane Female    473
##  4 She-Hulk Female    315
##  5 Hela     Female    225
##  6 Valkyrie Female    214
##  7 Sif      Female    191
##  8 Frigga   Female    167
##  9 Thundra  Female    158
## 10 She-Thing Female    153
## # ... with 724 more rows
```

6.9 Уникальные значения: `dplyr::distinct()`

`dplyr::distinct()` - это более быстрый аналог `unique()`, позволяет извлекать уникальные значения для одной или нескольких колонок.

```
heroes %>%
  distinct(Gender)
```

```
## # A tibble: 3 x 1
```

```
## Gender
## <chr>
## 1 Male
## 2 Female
## 3 <NA>
```

```
heroes %>%
  distinct(Gender, Race)
```

```
## # A tibble: 81 x 2
##   Gender Race
##   <chr> <chr>
## 1 Male Human
## 2 Male Ichthy Sapien
## 3 Male Ungaran
## 4 Male Human / Radiation
## 5 Male Cosmic Entity
## 6 Male <NA>
## 7 Female <NA>
## 8 Male Cyborg
## 9 Male Xenomorph XX121
## 10 Male Android
## # ... with 71 more rows
```

6.10 Создание колонок: `dplyr::mutate()` и `dplyr::transmute()`

Функция `dplyr::mutate()` позволяет создавать новые колонки в тиббле.

```
heroes %>%
  mutate(imt = Weight/(Height/100)^2) %>%
  select(name, imt) %>%
  arrange(desc(imt))
```

```
## # A tibble: 734 x 2
##   name      imt
##   <chr>   <dbl>
## 1 Utgard-Loki 2510.
## 2 Giganta    1613.
## 3 Red Hulk   139.
## 4 Darkseid   115.
## 5 Machine Man 114.
## 6 Thanos     110.
## 7 Destroyer  108.
```

```
## 8 A-Bomb          107.
## 9 Abomination    107.
## 10 Hulk           106.
## # ... with 724 more rows
```

`dplyr::transmute()` - это аналог `dplyr::mutate()`, который не только создает новые колонки, но и сразу же выкидывает все старые:

```
heroes %>%
  transmute(imt = Weight/(Height/100)^2)
```

```
## # A tibble: 734 x 1
##       imt
##   <dbl>
## 1 107.
## 2 17.8
## 3 26.3
## 4 107.
## 5 NA
## 6 32.8
## 7 NA
## 8 25.7
## 9 20.4
## 10 25.6
## # ... with 724 more rows
```

6.11 Агрегация: `dplyr::group_by()` %>% `dplyr::summarise()`

Функция `dplyr::summarise()`¹⁰ позволяет агрегировать данные в тиббле. Работает она очень похоже на `dplyr::mutate()`, но если внутри `mutate()` используются векторизованные функции, возвращающие вектор такой же длины, что и колонки, использовавшиеся для расчетов, то в `summarise()` используются функции, которые возвращают вектор длиной 1. Например, `min()`, `mean()`, `max()` и т.д. Можно создавать несколько колонок через запятую (это работает и для `mutate()`).

```
heroes %>%
  mutate(imt = Weight/(Height/100)^2) %>%
  summarise(min(imt, na.rm = TRUE),
            max(imt, na.rm = TRUE))
```

¹⁰У функции `dplyr::summarise()` есть синоним `dplyr::summarize()`, которая делает абсолютно то же самое. Просто потому что в американском английском и британском английском это слово пишется по-разному.

```
## # A tibble: 1 x 2
##   `min(imt, na.rm = TRUE)` `max(imt, na.rm = TRUE)`
##           <dbl>           <dbl>
## 1           0.0814           2510.
```

`group_by()` - это функция для группировки данных в тиббле по дискретной переменной для дальнейшей агрегации с помощью `summarise()`. После применения `group_by()` тиббл будет выглядеть так же, но у него появятся атрибут `groups`. Если после этого применить на тиббле функцию `summarise()`, то мы получим не тиббл длиной один, а тиббл со значением для каждой из групп.

Агрегация по группам - это очень часто возникающая задача, например, это может использоваться для усреднения данных по испытуемым или условиям.

```
heroes %>%
  mutate(imt = Weight/(Height/100)^2) %>%
  group_by(Gender) %>%
  summarise(min(imt, na.rm = TRUE),
            max(imt, na.rm = TRUE))
```

```
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   Gender `min(imt, na.rm = TRUE)` `max(imt, na.rm = TRUE)`
##   <chr>           <dbl>           <dbl>
## 1 Female           15.5           1613.
## 2 Male             0.0814           2510.
## 3 <NA>            16.3            114.
```

6.12 Подсчет строк: `dplyr::n()`, `dplyr::count()`

Для подсчет количества значений можно воспользоваться функцией `n()`.

```
heroes %>%
  group_by(Gender) %>%
  summarise(n = n())
```

```
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender      n
##   <chr> <int>
## 1 Female   200
## 2 Male    505
## 3 <NA>     29
```

Функция `n()` вместе с `group_by()` внутри `filter()` позволяет удобным образом “отрезать” от тиббла редкие группы...

```
heroes %>%
  group_by(Race) %>%
  filter(n() > 10) %>%
  select(name, Race)
```

```
## # A tibble: 611 x 2
## # Groups:   Race [6]
##   name      Race
##   <chr>     <chr>
## 1 A-Bomb     Human
## 2 Abomination Human / Radiation
## 3 Absorbing Man Human
## 4 Adam Monroe <NA>
## 5 Adam Strange Human
## 6 Agent 13    <NA>
## 7 Agent Bob   Human
## 8 Agent Zero  <NA>
## 9 Air-Walker  <NA>
## 10 Ajax       Cyborg
## # ... with 601 more rows
```

или же наоборот, выделить только маленькие группы:

```
heroes %>%
  group_by(Race) %>%
  filter(n() == 1) %>%
  select(name, Race)
```

```
## # A tibble: 34 x 2
## # Groups:   Race [34]
##   name      Race
##   <chr>     <chr>
## 1 Abe Sapien  Ichthy Sapien
## 2 Abin Sur    Ungaran
## 3 Alien       Xenomorph XX121
## 4 Azazel      Neyaphem
## 5 Bizarro      Bizarro
## 6 Boba Fett    Human / Clone
## 7 Darth Maul   Dathomirian Zabrak
## 8 Fin Fang Foom Kakarantharaian
## 9 Gamora       Zen-Whoberian
## 10 Gladiator   Strontian
```

```
## # ... with 24 more rows
```

Таблицу частот можно создать без `group_by()` и `summarise(n = n())`. Функция `count()` заменяет эту конструкцию:

```
heroes %>%
  count(Gender)
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender      n
##   <chr>   <int>
## 1 Female    200
## 2 Male     505
## 3 <NA>      29
```

```
heroes %>%
  count(Gender, sort = TRUE)
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender      n
##   <chr>   <int>
## 1 Male     505
## 2 Female    200
## 3 <NA>      29
```

Если вы хотите создать не какое-то саммари, а целый дополнительный столбец с этим саммари вместо функции `summarise()` нужно использовать функцию `mutate()`:

```
heroes %>%
  group_by(Race) %>%
  mutate(Gender_n = n()) %>%
  select(name, Gender, Gender_n)
```

```
## Adding missing grouping variables: `Race`
```

```
## # A tibble: 734 x 4
## # Groups:   Race [62]
##   Race      name      Gender Gender_n
##   <chr>   <chr>   <chr>   <int>
## 1 Human   A-Bomb    Male     208
## 2 Ichthyo Abe Sapien Male      1
## 3 Ungaran Abin Sur  Male      1
## 4 Human / Abomination Male     11
## 5 Cosmic Abraxas   Male      4
```

```
## 6 Human      Absorbing Man Male      208
## 7 <NA>        Adam Monroe   Male      304
## 8 Human      Adam Strange  Male      208
## 9 <NA>        Agent 13      Female    304
## 10 Human     Agent Bob     Male      208
## # ... with 724 more rows
```

6.13 Соединение датафреймов: `bind_rows()`, `bind_cols()`

Для начала создадим следующие тибблы и сохраним их как `dc` и `marvel`:

```
dc <- heroes %>%
  filter(Publisher == "DC Comics") %>%
  group_by(Gender) %>%
  summarise(weight_mean = mean(Weight, na.rm = TRUE))
```

```
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
```

```
dc
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender weight_mean
##   <chr>      <dbl>
## 1 Female      76.8
## 2 Male       113.
## 3 <NA>       NaN
```

```
marvel <- heroes %>%
  filter(Publisher == "Marvel Comics") %>%
  group_by(Gender) %>%
  summarise(weight_mean = mean(Weight, na.rm = TRUE))
```

```
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
```

```
marvel
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender weight_mean
##   <chr>      <dbl>
## 1 Female      80.1
## 2 Male       134.
## 3 <NA>       129.
```

Несколько тибблов можно объединить вертикально с помощью функции `bind_rows()`. Для корректного объединения тибблы должны иметь одинаковые названия колонок.

```
bind_rows(dc, marvel)
```

```
## # A tibble: 6 x 2
##   Gender weight_mean
##   <chr>         <dbl>
## 1 Female         76.8
## 2 Male           113.
## 3 <NA>           NaN
## 4 Female         80.1
## 5 Male           134.
## 6 <NA>           129.
```

Чтобы соединить тибблы горизонтально, воспользуйтесь функцией `bind_cols()`.

```
bind_cols(dc, marvel)
```

```
## New names:
## * Gender -> Gender...1
## * weight_mean -> weight_mean...2
## * Gender -> Gender...3
## * weight_mean -> weight_mean...4

## # A tibble: 3 x 4
##   Gender...1 weight_mean...2 Gender...3 weight_mean...4
##   <chr>         <dbl> <chr>         <dbl>
## 1 Female         76.8 Female         80.1
## 2 Male           113. Male           134.
## 3 <NA>           NaN   <NA>           129.
```

6.14 Соединение датафреймов: `*_join`

В реальности иногда возникает ситуация, когда нужно соединить две таблички, у которых есть общий столбец (или несколько столбцов), но все остальные столбцы различаются. Эти две таблички нужно объединить (*join*). Эта задача обычно возникает не очень часто, обычно это происходит один-два раза в одном проекте, когда нужно дополнить имеющиеся данные дополнительной информацией извне или объединить два набора данных, обрабатывавшихся в разных программах. Всякий раз, когда такая задача возникает, это доставляет много боли. `dplyr` предлагает интуитивно понятный инструмент для объединения тибблов - семейство функций `*_join()`.

Возьмем для примера два тиббла `band_members` и `band_instruments`, встроенных в `dplyr` специально для демонстрации работы функций `*_join()`.

```
band_members
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   name band
##   <chr> <chr>
## 1 Mick  Stones
## 2 John  Beatles
## 3 Paul  Beatles
```

```
band_instruments
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   name plays
##   <chr> <chr>
## 1 John  guitar
## 2 Paul  bass
## 3 Keith guitar
```

```
· left_join():
```

```
band_members %>%
  left_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   name band plays
##   <chr> <chr> <chr>
## 1 Mick  Stones <NA>
## 2 John  Beatles guitar
## 3 Paul  Beatles bass
```

```
band_members %>%
  left_join(band_instruments, by = "name")
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   name band plays
##   <chr> <chr> <chr>
## 1 Mick  Stones <NA>
## 2 John  Beatles guitar
## 3 Paul  Beatles bass
```

```
band_members %>%
  left_join(band_instruments2, by = c("name" = "artist"))
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   name band    plays
##   <chr> <chr>  <chr>
## 1 Mick  Stones  <NA>
## 2 John  Beatles guitar
## 3 Paul  Beatles bass

  · right_join():
```

```
band_members %>%
  right_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"

## # A tibble: 3 x 3
##   name band    plays
##   <chr> <chr>  <chr>
## 1 John  Beatles guitar
## 2 Paul  Beatles bass
## 3 Keith <NA>    guitar

  · full_join():
```

```
band_members %>%
  full_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"

## # A tibble: 4 x 3
##   name band    plays
##   <chr> <chr>  <chr>
## 1 Mick  Stones  <NA>
## 2 John  Beatles guitar
## 3 Paul  Beatles bass
## 4 Keith <NA>    guitar

  · inner_join():
```

```
band_members %>%
  inner_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"
```

```
## # A tibble: 2 x 3
##   name band plays
##   <chr> <chr> <chr>
## 1 John Beatles guitar
## 2 Paul Beatles bass
```

```
· semi_join():
```

```
band_members %>%
  semi_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"
```

```
## # A tibble: 2 x 2
##   name band
##   <chr> <chr>
## 1 John Beatles
## 2 Paul Beatles
```

```
· anti_join():
```

```
band_members %>%
  anti_join(band_instruments)
```

```
## Joining, by = "name"
```

```
## # A tibble: 1 x 2
##   name band
##   <chr> <chr>
## 1 Mick Stones
```

6.15 Tidy data:tidyr::pivot_longer(),tidyr::pivot_wider()

Принцип tidy data предполагает, что каждая строчка содержит в себе одно измерение, а каждая колонка - одну характеристику. Тем не менее, это не говорит однозначно о том, как именно хранить повторные измерения. Их можно хранить как одну колонку для каждого измерения (широкий формат) и как две колонки: одна колонка - для идентификатора измерения, другая колонка - для записи самого измерения.

Это лучше понять на примере. Например, вес до и после прохождения курса. Как это лучше записать - как два числовых столбца (один испытуемый - одна строка) или же создать отдельную "группирующую" колонку, в которой будет написано время измерения, а в другой - измеренные значения (одно измерение - одна строка)?

· Широкий формат:

Студент	До курса по R	После курса по R
Маша	70	63
Рома	80	74
Антонина	86	71

· Длинный формат:

Студент	Время измерения	Масса (кг)
Маша	До курса по R	70
Рома	До курса по R	80
Антонина	До курса по R	86
Маша	После курса по R	63
Рома	После курса по R	74
Антонина	После курса по R	71

На самом деле, оба варианта приемлимы, оба варианта возможны в реальных данных, а разные функции и статистические пакеты могут требовать от вас как длинный, так и широкий форматы.

Таким образом, нам нужно научиться переводить из широкого формата в длинный и наоборот.

- `tidyr::pivot_longer()`: из широкого в длинный формат
- `tidyr::pivot_wider()`: из длинного в широкий формат

```
new_diet <- tibble(
  student = c(" ", " ", " "),
  before_r_course = c(70, 80, 86),
  after_r_course = c(63, 74, 71)
)
new_diet

## # A tibble: 3 x 3
##   student before_r_course after_r_course
##   <chr>          <dbl>          <dbl>
## 1              70              63
## 2              80              74
## 3              86              71
```

Тиббл `new_diet` - это пример широкого формата данных.

Превратим тиббл `new_diet` длинный:

```
new_diet %>%
  pivot_longer(cols = before_r_course:after_r_course,
               names_to = "measurement_time",
               values_to = "weight_kg")
```

```
## # A tibble: 6 x 3
##   student measurement_time weight_kg
##   <chr>      <chr>          <dbl>
## 1      before_r_course      70
## 2      after_r_course      63
## 3      before_r_course      80
## 4      after_r_course      74
## 5      before_r_course      86
## 6      after_r_course      71
```

А теперь обратно в короткий:

```
new_diet %>%
  pivot_longer(cols = before_r_course:after_r_course,
               names_to = "measurement_time",
               values_to = "weight_kg") %>%
  pivot_wider(names_from = "measurement_time",
              values_from = "weight_kg")
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   student before_r_course after_r_course
##   <chr>      <dbl>          <dbl>
## 1      70      63
## 2      80      74
## 3      86      71
```


Глава 7

Задания

7.1 Начало работы в R

- Разделите 9801 на 9.

```
## [1] 1089
```

- Посчитайте логарифм от 8912162342 по основанию 6.

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

- Теперь натуральный логарифм 10 и умножьте его на 5.

```
## [1] 11.51293
```

- С помощью функции `sin()` посчитайте $\sin(\pi)$, $\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$, $\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)$.

Значение π - зашита в R константа (`pi`).

```
## [1] 1.224647e-16
```

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

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

7.2 Создание векторов

- Создайте вектор из значений 2, 30 и 4000.

```
## [1] 2 30 4000
```

- Создайте вектор от 1 до 20.

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```

- Создайте вектор от 20 до 1.

```
## [1] 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

Функция `sum()` возвращает сумму элементов вектора на входе. Посчитайте сумму первых 100 натуральных чисел (т.е. всех целых чисел от 1 до 100).

```
## [1] 5050
```

- Создайте вектор от 1 до 20 и снова до 1. Число 20 должно присутствовать только один раз!

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 19 18 17 16 15
## [26] 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

- Создайте вектор значений 5, 4, 3, 2, 2, 3, 4, 5:

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

- Создайте вектор 2, 4, 6, ..., 18, 20.

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

- Создайте вектор 0.1, 0.2, 0.3, ..., 0.9, 1.

```
## [1] 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0
```

- 2020 год — високосный. Следующий високосный год через 4 года — это будет 2024 год. Составьте календарь всех високосных годов XXI века, начиная с 2020 года.

2100 год относится к XXI веку, а не к XXII.

```
## [1] 2020 2024 2028 2032 2036 2040 2044 2048 2052 2056 2060 2064 2068 2072 2076
## [16] 2080 2084 2088 2092 2096 2100
```

- Создайте вектор, состоящий из 20 повторений “Хэй!”.

```
## [1] " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! "
## [11] " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! " " ! "
```

- Как я и говорил, многие функции, работающие с одним значением на входе, так же прекрасно работают и с целыми векторами. Попробуйте посчитать квадратный корень чисел от 1 до 10 с помощью функции `sqrt()` и сохраните результат в векторе `roots`.

```
## [1] 1.000000 1.414214 1.732051 2.000000 2.236068 2.449490 2.645751 2.828427
## [9] 3.000000 3.162278
```

- Давайте убедимся, что это действительно квадратные корни. Для этого возведите все значения вектора `roots` в квадрат!

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

- Если все верно, то того же самого можно добиться поэлементным умножением вектора `roots` на себя.


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

- *Создайте вектор из одной единицы, двух двоек, трех троек,, девяти девяток.

```
## [1] 1 2 2 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9
## [39] 9 9 9 9 9 9 9
```

7.3 Приведение типов

- Сделайте вектор `vec1`, в котором соедините 3, а также значения " " и " ".

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

- Попробуйте вычесть TRUE из 10.

```
## [1] 9
```

- Соедините значение 10 и TRUE в вектор `vec2`.

```
## [1] 10 1
```

- Соедините вектор `vec2` и значение "r":

```
## [1] "10" "1" "r"
```

- Соедините значения 10, TRUE, "r" в вектор.

```
## [1] "10" "TRUE" "r"
```

7.4 Векторизация

- Создайте вектор `p`, состоящий из значений 4, 5, 6, 7, и вектор `q`, состоящий из 0, 1, 2, 3.

```
## [1] 4 5 6 7
```

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

- Посчитайте поэлементную сумму векторов `p` и `q`:

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

- Посчитайте поэлементную разницу `p` и `q`:

```
## [1] 4 4 4 4
```

- Поделите каждый элемент вектора `p` на соответствующий ему элемент вектора `q`:

О, да, Вам нужно делить на 0!

```
## [1]      Inf 5.000000 3.000000 2.333333
```

- Возведите каждый элемент вектора p в степень соответствующего ему элемента вектора q :

```
## [1] 1 5 36 343
```

- Умножьте каждое значение вектора p на 10.

```
## [1] 40 50 60 70
```

- Создайте вектор квадратов чисел от 1 до 10:

```
## [1] 1 4 9 16 25 36 49 64 81 100
```

- Создайте вектор $0, 2, 0, 4, \dots, 18, 0, 20$.

```
## [1] 0 2 0 4 0 6 0 8 0 10 0 12 0 14 0 16 0 18 0 20
```

- Создайте вектор $1, 0, 3, 0, 5, \dots, 17, 0, 19, 0$.

```
## [1] 1 0 3 0 5 0 7 0 9 0 11 0 13 0 15 0 17 0 19 0
```

- *Создайте вектор, в котором будут содержаться первые 20 степеней двойки.

```
## [1] 2 4 8 16 32 64 128 256 512
## [10] 1024 2048 4096 8192 16384 32768 65536 131072 262144
## [19] 524288 1048576
```

- *Создайте вектор из чисел 1, 10, 100, 1000, 10000:

```
## [1] 1 10 100 1000 10000
```

- *Посчитать сумму последовательности $\frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 4} + \dots + \frac{1}{50 \cdot 51}$.

```
## [1] 0.9803922
```

- *Посчитать сумму последовательности $\frac{1}{2^0} + \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots + \frac{1}{2^{20}}$.

```
## [1] 1.999999
```

- *Посчитать сумму последовательности $1 + \frac{4}{3} + \frac{7}{9} + \frac{10}{27} + \frac{13}{81} + \dots + \frac{28}{19683}$.

```
## [1] 3.749174
```

- *Сколько чисел из последовательности $1 + \frac{4}{3} + \frac{7}{9} + \frac{10}{27} + \frac{13}{81} + \dots + \frac{28}{19683}$ больше чем 0.5?

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

7.5 Индексирование векторов

- Создайте вектор `troiki` со значениями 3, 6, 9, ..., 24, 27.

```
## [1] 3 6 9 12 15 18 21 24 27
```

- Извлеките 2, 5 и 7 значения вектора `troiki`.

```
## [1] 6 15 21
```

- Извлеките предпоследнее значение вектора `troiki`.

```
## [1] 24
```

- Извлеките все значения вектора `troiki` *кроме* предпоследнего:

```
## [1] 3 6 9 12 15 18 21 27
```

Создайте вектор `vec3`:

```
vec3 <- c(3, 5, 2, 1, 8, 4, 9, 10, 3, 15, 1, 11)
```

- Найдите второй элемент вектора `vec3`.

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

- Верните второй и пятый элемент вектора `vec3`.

```
## [1] 5 8
```

- Попробуйте извлечь сотое значение вектора `vec3`:

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

- Верните все элементы вектора `vec3` *кроме* второго элемента.

```
## [1] 3 2 1 8 4 9 10 3 15 1 11
```

- Верните все элементы вектора `vec3` *кроме* второго и пятого элемента.

```
## [1] 3 2 1 4 9 10 3 15 1 11
```

- Найдите последний элемент вектора `vec3`.

```
## [1] 11
```

- Верните все значения вектора `vec3` *кроме* первого и последнего.

```
## [1] 5 2 1 8 4 9 10 3 15 1
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые больше 4.

```
## [1] 5 8 9 10 15 11
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые больше 4, но меньше 10.

Если хотите сделать это в одну строчку, то вам помогут логические операторы!

```
## [1] 5 8 9
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые меньше 4 или больше 10.

```
## [1] 3 2 1 3 15 1 11
```

- Возведите в квадрат каждое значение вектора `vec3`.

```
## [1] 9 25 4 1 64 16 81 100 9 225 1 121
```

- *Возведите в квадрат каждое значение вектора на нечетной позиции и извлеките корень из каждого значения на четной позиции вектора `vec3`.

Извлечение корня - это то же самое, что и возведение в степень 0.5.

```
## [1] 9.000000 2.236068 4.000000 1.000000 64.000000 2.000000 81.000000
## [8] 3.162278 9.000000 3.872983 1.000000 3.316625
```

- Создайте вектор 2, 4, 6, ..., 18, 20 как минимум 2 новыми способами.

Знаю, это задание может показаться бессмысленным, но это очень базовая операция, с помощью которой можно, например, разделить данные на две части. Чем больше способов Вы знаете, тем лучше!

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

7.6 Работа с пропущенными значениями

- Создайте вектор `vec4` со значениями 300, 15, 8, 2, 0, 1, 110:

```
vec4 <- c(300, 15, 8, 20, 0, 1, 110)
vec4
```

```
## [1] 300 15 8 20 0 1 110
```

- Замените все значения `vec4`, которые больше 20 на NA.
- Проверьте полученный вектор `vec4`:

```
## [1] NA 15 8 20 0 1 NA
```

- Посчитайте сумму `vec4` с помощью функции `sum()`. Ответ NA не считается!

```
## [1] 44
```

7.7 Матрицы

- Создайте матрицу 4x4, состоящую из единиц. Назовите ее M1.

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

```
## [4,] 1 1 1 1
```

- Поменяйте все некрайние значения матрицы M1 (то есть значения на позициях [2,2], [2,3], [3,2] и [3,3]) на число 2.

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

- Выделите второй и третий столбик из матрицы M1.

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

- Сравните (==) вторую колонку и вторую строчку матрицы M1.

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

- *Создайте таблицу умножения (9x9) в виде матрицы. Сохраните ее в переменную mult_tab.

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,] 1 2 3 4 5 6 7 8 9
## [2,] 2 4 6 8 10 12 14 16 18
## [3,] 3 6 9 12 15 18 21 24 27
## [4,] 4 8 12 16 20 24 28 32 36
## [5,] 5 10 15 20 25 30 35 40 45
## [6,] 6 12 18 24 30 36 42 48 54
## [7,] 7 14 21 28 35 42 49 56 63
## [8,] 8 16 24 32 40 48 56 64 72
## [9,] 9 18 27 36 45 54 63 72 81
```

- *Из матрицы mult_tab выделите подматрицу, включающую в себя только строчки с 6 по 8 и столбцы с 3 по 7.

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,] 18 24 30 36 42
## [2,] 21 28 35 42 49
## [3,] 24 32 40 48 56
```

- *Создайте матрицу с логическими значениями, где TRUE, если в этом месте в таблице умножения (mult_tab) двузначное число и FALSE, если однозначное.

Матрица - это почти вектор. К нему можно обращаться с единственным индексом.

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## [2,] FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [3,] FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [4,] FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [5,] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [6,] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [7,] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [8,] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
## [9,] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
```

- *Создайте матрицу `mult_tab2`, в которой все значения `tab` меньше 10 заменены на 0.

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,]  0  0  0  0  0  0  0  0  0
## [2,]  0  0  0  0 10 12 14 16 18
## [3,]  0  0  0 12 15 18 21 24 27
## [4,]  0  0 12 16 20 24 28 32 36
## [5,]  0 10 15 20 25 30 35 40 45
## [6,]  0 12 18 24 30 36 42 48 54
## [7,]  0 14 21 28 35 42 49 56 63
## [8,]  0 16 24 32 40 48 56 64 72
## [9,]  0 18 27 36 45 54 63 72 81
```

7.8 Списки

Дан список `list1`:

```
list1 = list(numbers = 1:5, letters = letters, logic = TRUE)
list1
```

```
## $numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $letters
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
## [20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
##
## $logic
## [1] TRUE
```

- Найдите первый элемент списка `list1`. Ответ должен быть списком длиной один.

```
## $numbers
## [1] 1 2 3 4 5
```

- Теперь найдите содержание первого элемента списка `list1` двумя разными способами. Ответ должен быть вектором.

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

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

- Теперь возьмите первый элемент содержания первого элемента списка `list1`. Ответ должен быть вектором.

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

- Создайте список `list2`, содержащий в себе два списка `list1`. Один из них будет иметь имя `pupa`, а другой — `lupa`.

```
## $pupa
## $pupa$numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $pupa$letters
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
## [20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
##
## $pupa$logic
## [1] TRUE
##
##
## $lupa
## $lupa$numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $lupa$letters
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
## [20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
##
## $lupa$logic
## [1] TRUE
```

- *Извлеките первый элемент списка `list2`, из него — второй полэлемент, а из него — третье значение.

```
## [1] "c"
```

7.9 Датафрейм

- Запустите команду `data(mtcars)` чтобы загрузить встроенный датафрейм с информацией про автомобили. Каждая строчка датафрейма - модель автомобиля, каждая колонка - отдельная характеристика. Подробнее см. `?mtcars`.

```
data(mtcars)
mtcars
```

##	mpg	cyl	disp	hp	drat	wt	qsec	vs	am	gear	carb
## Mazda RX4	21.0	6	160.0	110	3.90	2.620	16.46	0	1	4	4
## Mazda RX4 Wag	21.0	6	160.0	110	3.90	2.875	17.02	0	1	4	4
## Datsun 710	22.8	4	108.0	93	3.85	2.320	18.61	1	1	4	1
## Hornet 4 Drive	21.4	6	258.0	110	3.08	3.215	19.44	1	0	3	1
## Hornet Sportabout	18.7	8	360.0	175	3.15	3.440	17.02	0	0	3	2
## Valiant	18.1	6	225.0	105	2.76	3.460	20.22	1	0	3	1
## Duster 360	14.3	8	360.0	245	3.21	3.570	15.84	0	0	3	4
## Merc 240D	24.4	4	146.7	62	3.69	3.190	20.00	1	0	4	2
## Merc 230	22.8	4	140.8	95	3.92	3.150	22.90	1	0	4	2
## Merc 280	19.2	6	167.6	123	3.92	3.440	18.30	1	0	4	4
## Merc 280C	17.8	6	167.6	123	3.92	3.440	18.90	1	0	4	4
## Merc 450SE	16.4	8	275.8	180	3.07	4.070	17.40	0	0	3	3
## Merc 450SL	17.3	8	275.8	180	3.07	3.730	17.60	0	0	3	3
## Merc 450SLC	15.2	8	275.8	180	3.07	3.780	18.00	0	0	3	3
## Cadillac Fleetwood	10.4	8	472.0	205	2.93	5.250	17.98	0	0	3	4
## Lincoln Continental	10.4	8	460.0	215	3.00	5.424	17.82	0	0	3	4
## Chrysler Imperial	14.7	8	440.0	230	3.23	5.345	17.42	0	0	3	4
## Fiat 128	32.4	4	78.7	66	4.08	2.200	19.47	1	1	4	1
## Honda Civic	30.4	4	75.7	52	4.93	1.615	18.52	1	1	4	2
## Toyota Corolla	33.9	4	71.1	65	4.22	1.835	19.90	1	1	4	1
## Toyota Corona	21.5	4	120.1	97	3.70	2.465	20.01	1	0	3	1
## Dodge Challenger	15.5	8	318.0	150	2.76	3.520	16.87	0	0	3	2
## AMC Javelin	15.2	8	304.0	150	3.15	3.435	17.30	0	0	3	2
## Camaro Z28	13.3	8	350.0	245	3.73	3.840	15.41	0	0	3	4
## Pontiac Firebird	19.2	8	400.0	175	3.08	3.845	17.05	0	0	3	2
## Fiat X1-9	27.3	4	79.0	66	4.08	1.935	18.90	1	1	4	1
## Porsche 914-2	26.0	4	120.3	91	4.43	2.140	16.70	0	1	5	2
## Lotus Europa	30.4	4	95.1	113	3.77	1.513	16.90	1	1	5	2
## Ford Pantera L	15.8	8	351.0	264	4.22	3.170	14.50	0	1	5	4
## Ferrari Dino	19.7	6	145.0	175	3.62	2.770	15.50	0	1	5	6
## Maserati Bora	15.0	8	301.0	335	3.54	3.570	14.60	0	1	5	8
## Volvo 142E	21.4	4	121.0	109	4.11	2.780	18.60	1	1	4	2

- Изучите структуру датафрейма `mtcars` с помощью функции `str()`.


```
## 'data.frame':    32 obs. of  11 variables:
## $ mpg : num  21 21 22.8 21.4 18.7 18.1 14.3 24.4 22.8 19.2 ...
## $ cyl : num  6 6 4 6 8 6 8 4 4 6 ...
## $ disp: num  160 160 108 258 360 ...
## $ hp  : num  110 110 93 110 175 105 245 62 95 123 ...
## $ drat: num  3.9 3.9 3.85 3.08 3.15 2.76 3.21 3.69 3.92 3.92 ...
## $ wt  : num  2.62 2.88 2.32 3.21 3.44 ...
## $ qsec: num  16.5 17 18.6 19.4 17 ...
## $ vs  : num  0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 ...
## $ am  : num  1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 ...
## $ gear: num  4 4 4 3 3 3 3 4 4 4 ...
## $ carb: num  4 4 1 1 2 1 4 2 2 4 ...
```

- Найдите значение третьей строчки четвертого столбца датафрейма `mtcars`.

```
## [1] 93
```

- Извлеките первые шесть строчек и первые шесть столбцов датафрейма `mtcars`.

```
##           mpg cyl disp  hp drat   wt
## Mazda RX4      21.0   6  160 110  3.90 2.620
## Mazda RX4 Wag  21.0   6  160 110  3.90 2.875
## Datsun 710      22.8   4  108  93  3.85 2.320
## Hornet 4 Drive  21.4   6  258 110  3.08 3.215
## Hornet Sportabout 18.7   8  360 175  3.15 3.440
## Valiant        18.1   6  225 105  2.76 3.460
```

- Извлеките колонку `wt` датафрейма `mtcars` - массу автомобиля в тысячах фунтов.

```
## [1] 2.620 2.875 2.320 3.215 3.440 3.460 3.570 3.190 3.150 3.440 3.440 4.070
## [13] 3.730 3.780 5.250 5.424 5.345 2.200 1.615 1.835 2.465 3.520 3.435 3.840
## [25] 3.845 1.935 2.140 1.513 3.170 2.770 3.570 2.780
```

- Извлеките колонки из `mtcars` в следующем порядке: `hp`, `mpg`, `cyl`.

```
##           hp mpg cyl
## Mazda RX4      110 21.0   6
## Mazda RX4 Wag  110 21.0   6
## Datsun 710       93 22.8   4
## Hornet 4 Drive  110 21.4   6
## Hornet Sportabout 175 18.7   8
## Valiant        105 18.1   6
## Duster 360      245 14.3   8
## Merc 240D        62 24.4   4
## Merc 230         95 22.8   4
## Merc 280        123 19.2   6
## Merc 280C       123 17.8   6
```

```
## Merc 450SE      180 16.4  8
## Merc 450SL      180 17.3  8
## Merc 450SLC     180 15.2  8
## Cadillac Fleetwood 205 10.4  8
## Lincoln Continental 215 10.4  8
## Chrysler Imperial 230 14.7  8
## Fiat 128        66 32.4  4
## Honda Civic     52 30.4  4
## Toyota Corolla  65 33.9  4
## Toyota Corona   97 21.5  4
## Dodge Challenger 150 15.5  8
## AMC Javelin     150 15.2  8
## Camaro Z28      245 13.3  8
## Pontiac Firebird 175 19.2  8
## Fiat X1-9       66 27.3  4
## Porsche 914-2   91 26.0  4
## Lotus Europa    113 30.4  4
## Ford Pantera L  264 15.8  8
## Ferrari Dino    175 19.7  6
## Maserati Bora   335 15.0  8
## Volvo 142E     109 21.4  4
```

· Посчитайте количество автомобилей с 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме mtcars.

```
## [1] 11
```

· Посчитайте долю автомобилей с 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме mtcars.

```
## [1] 0.34375
```

· Найдите все автомобили мощностью не менее 100 лошадиных сил (hp) в датафрейме mtcars.

```
##           mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb
## Mazda RX4      21.0   6 160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1    4    4
## Mazda RX4 Wag  21.0   6 160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1    4    4
## Hornet 4 Drive  21.4   6 258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0    3    1
## Hornet Sportabout 18.7   8 360.0 175 3.15 3.440 17.02 0  0    3    2
## Valiant        18.1   6 225.0 105 2.76 3.460 20.22 1  0    3    1
## Duster 360     14.3   8 360.0 245 3.21 3.570 15.84 0  0    3    4
## Merc 280       19.2   6 167.6 123 3.92 3.440 18.30 1  0    4    4
## Merc 280C      17.8   6 167.6 123 3.92 3.440 18.90 1  0    4    4
## Merc 450SE     16.4   8 275.8 180 3.07 4.070 17.40 0  0    3    3
## Merc 450SL     17.3   8 275.8 180 3.07 3.730 17.60 0  0    3    3
## Merc 450SLC    15.2   8 275.8 180 3.07 3.780 18.00 0  0    3    3
## Cadillac Fleetwood 10.4   8 472.0 205 2.93 5.250 17.98 0  0    3    4
## Lincoln Continental 10.4   8 460.0 215 3.00 5.424 17.82 0  0    3    4
## Chrysler Imperial 14.7   8 440.0 230 3.23 5.345 17.42 0  0    3    4
```

```
## Dodge Challenger      15.5    8 318.0 150 2.76 3.520 16.87 0 0    3    2
## AMC Javelin           15.2    8 304.0 150 3.15 3.435 17.30 0 0    3    2
## Camaro Z28            13.3    8 350.0 245 3.73 3.840 15.41 0 0    3    4
## Pontiac Firebird      19.2    8 400.0 175 3.08 3.845 17.05 0 0    3    2
## Lotus Europa          30.4    4  95.1 113 3.77 1.513 16.90 1 1    5    2
## Ford Pantera L        15.8    8 351.0 264 4.22 3.170 14.50 0 1    5    4
## Ferrari Dino          19.7    6 145.0 175 3.62 2.770 15.50 0 1    5    6
## Maserati Bora         15.0    8 301.0 335 3.54 3.570 14.60 0 1    5    8
## Volvo 142E            21.4    4 121.0 109 4.11 2.780 18.60 1 1    4    2
```

- Найдите все автомобили мощностью не менее 100 лошадиных сил (hp) и 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме `mtcars`.

```
##                mpg cyl  disp  hp drat    wt  qsec vs am gear carb
## Lotus Europa  30.4    4  95.1 113 3.77 1.513 16.9  1  1    5    2
## Volvo 142E    21.4    4 121.0 109 4.11 2.780 18.6  1  1    4    2
```

- Посчитайте максимальную массу (wt) автомобиля в выборке, воспользовавшись функцией `max()`:

```
## [1] 5.424
```

- Посчитайте максимальную массу (wt) автомобиля в выборке, воспользовавшись функцией `min()`:

```
## [1] 1.513
```

- Найдите строчку датафрейма `mtcars` с самым легким автомобилем.

```
##                mpg cyl  disp  hp drat    wt  qsec vs am gear carb
## Lotus Europa  30.4    4  95.1 113 3.77 1.513 16.9  1  1    5    2
```

- Извлеките строчки датафрейма `mtcars` с автомобилями, масса которых ниже средней массы.

```
##                mpg cyl  disp  hp drat    wt  qsec vs am gear carb
## Mazda RX4      21.0    6 160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1    4    4
## Mazda RX4 Wag  21.0    6 160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1    4    4
## Datsun 710      22.8    4 108.0  93 3.85 2.320 18.61 1  1    4    1
## Hornet 4 Drive  21.4    6 258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0    3    1
## Merc 240D       24.4    4 146.7  62 3.69 3.190 20.00 1  0    4    2
## Merc 230        22.8    4 140.8  95 3.92 3.150 22.90 1  0    4    2
## Fiat 128        32.4    4  78.7  66 4.08 2.200 19.47 1  1    4    1
## Honda Civic     30.4    4  75.7  52 4.93 1.615 18.52 1  1    4    2
## Toyota Corolla  33.9    4  71.1  65 4.22 1.835 19.90 1  1    4    1
## Toyota Corona   21.5    4 120.1  97 3.70 2.465 20.01 1  0    3    1
## Fiat X1-9       27.3    4  79.0  66 4.08 1.935 18.90 1  1    4    1
## Porsche 914-2   26.0    4 120.3  91 4.43 2.140 16.70 0  1    5    2
## Lotus Europa    30.4    4  95.1 113 3.77 1.513 16.90 1  1    5    2
## Ford Pantera L  15.8    8 351.0 264 4.22 3.170 14.50 0  1    5    4
## Ferrari Dino    19.7    6 145.0 175 3.62 2.770 15.50 0  1    5    6
```

```
## Volvo 142E      21.4    4 121.0 109 4.11 2.780 18.60    1    1    4    2
```

- Масса автомобиля указана в тысячах фунтов. Создайте колонку `wt_kg` с массой автомобиля в килограммах. Результат округлите до целых значений с помощью функции `round()`.

1 фунт = 0.45359237 кг.

```
##          mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb wt_kg
## Mazda RX4      21.0   6 160.0 110 3.90 2.620 16.46  0  1   4    4  1188
## Mazda RX4 Wag  21.0   6 160.0 110 3.90 2.875 17.02  0  1   4    4  1304
## Datsun 710      22.8   4 108.0  93 3.85 2.320 18.61  1  1   4    1  1052
## Hornet 4 Drive  21.4   6 258.0 110 3.08 3.215 19.44  1  0   3    1  1458
## Hornet Sportabout 18.7   8 360.0 175 3.15 3.440 17.02  0  0   3    2  1560
## Valiant         18.1   6 225.0 105 2.76 3.460 20.22  1  0   3    1  1569
## Duster 360      14.3   8 360.0 245 3.21 3.570 15.84  0  0   3    4  1619
## Merc 240D       24.4   4 146.7  62 3.69 3.190 20.00  1  0   4    2  1447
## Merc 230        22.8   4 140.8  95 3.92 3.150 22.90  1  0   4    2  1429
## Merc 280        19.2   6 167.6 123 3.92 3.440 18.30  1  0   4    4  1560
## Merc 280C       17.8   6 167.6 123 3.92 3.440 18.90  1  0   4    4  1560
## Merc 450SE      16.4   8 275.8 180 3.07 4.070 17.40  0  0   3    3  1846
## Merc 450SL      17.3   8 275.8 180 3.07 3.730 17.60  0  0   3    3  1692
## Merc 450SLC     15.2   8 275.8 180 3.07 3.780 18.00  0  0   3    3  1715
## Cadillac Fleetwood 10.4   8 472.0 205 2.93 5.250 17.98  0  0   3    4  2381
## Lincoln Continental 10.4   8 460.0 215 3.00 5.424 17.82  0  0   3    4  2460
## Chrysler Imperial 14.7   8 440.0 230 3.23 5.345 17.42  0  0   3    4  2424
## Fiat 128        32.4   4  78.7  66 4.08 2.200 19.47  1  1   4    1   998
## Honda Civic     30.4   4  75.7  52 4.93 1.615 18.52  1  1   4    2   733
## Toyota Corolla  33.9   4  71.1  65 4.22 1.835 19.90  1  1   4    1   832
## Toyota Corona   21.5   4 120.1  97 3.70 2.465 20.01  1  0   3    1  1118
## Dodge Challenger 15.5   8 318.0 150 2.76 3.520 16.87  0  0   3    2  1597
## AMC Javelin     15.2   8 304.0 150 3.15 3.435 17.30  0  0   3    2  1558
## Camaro Z28      13.3   8 350.0 245 3.73 3.840 15.41  0  0   3    4  1742
## Pontiac Firebird 19.2   8 400.0 175 3.08 3.845 17.05  0  0   3    2  1744
## Fiat X1-9       27.3   4  79.0  66 4.08 1.935 18.90  1  1   4    1   878
## Porsche 914-2   26.0   4 120.3  91 4.43 2.140 16.70  0  1   5    2   971
## Lotus Europa    30.4   4  95.1 113 3.77 1.513 16.90  1  1   5    2   686
## Ford Pantera L  15.8   8 351.0 264 4.22 3.170 14.50  0  1   5    4  1438
## Ferrari Dino    19.7   6 145.0 175 3.62 2.770 15.50  0  1   5    6  1256
## Maserati Bora    15.0   8 301.0 335 3.54 3.570 14.60  0  1   5    8  1619
## Volvo 142E      21.4   4 121.0 109 4.11 2.780 18.60  1  1   4    2  1261
```

7.10 Условные конструкции

- Создайте вектор `вес5`:

```
vec5 <- c(5, 20, 30, 0, 2, 9)
```

- Создайте новый строковый вектор, где на месте чисел больше 10 в `vec5` будет стоять “большое число”, а на месте остальных чисел — “маленькое число”.

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

- Загрузите файл `heroes_information.csv` в переменную `heroes`.

```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv",
  stringsAsFactors = FALSE,
  na.strings = c("-", "-99"))
```

- Создайте новую колонку `hair` в `heroes`, в которой будет значение "Bold" для тех супергероев, у которых в колонке `Hair.color` стоит "No Hair", и значение "Hairy" во всех остальных случаях.

```
## X name Gender Eye.color Race Hair.color Height
## 1 0 A-Bomb Male yellow Human No Hair 203
## 2 1 Abe Sapien Male blue Ichthy Sapien No Hair 191
## 3 2 Abin Sur Male blue Ungaran No Hair 185
## 4 3 Abomination Male green Human / Radiation No Hair 203
## 5 4 Abraxas Male blue Cosmic Entity Black NA
## 6 5 Absorbing Man Male blue Human No Hair 193
## Publisher Skin.color Alignment Weight hair
## 1 Marvel Comics <NA> good 441 Bold
## 2 Dark Horse Comics blue good 65 Bold
## 3 DC Comics red good 90 Bold
## 4 Marvel Comics <NA> bad 441 Bold
## 5 Marvel Comics <NA> bad NA Hairy
## 6 Marvel Comics <NA> bad 122 Bold
```

- Создайте новую колонку `tall` в `heroes`, в которой будет значение "tall" для тех супергероев, у которых в колонке `Height` стоит число больше 190, значение "short" для тех супергероев, у которых в колонке `Height` стоит число меньше 170, и значение "middle" во всех остальных случаях.

7.11 Создание функций

- Создайте функцию `plus_one()`, которая принимает число и возвращает это же число + 1.
- Проверьте функцию `plus_one()` на числе 41.

```
plus_one(41)
```

```
## [1] 42
```

- Создайте функцию `circle_area`, которая вычисляет площадь круга по радиусу согласно формуле πr^2 .
- Посчитайте площадь круга с радиусом 5.

```
## [1] 78.53982
```

- Создайте функцию `cels2fahr()`, которая будет превращать градусы по Цельсию в градусы по Фаренгейту.
- Проверьте на значениях -100, -40 и 0, что функция `cels2fahr()` работает корректно.

```
cels2fahr(c(-100, -40, 0))
```

```
## [1] -148 -40 32
```

- Напишите функцию `highlight()`, которая принимает на входе строковый вектор, а возвращает тот же вектор, но дополненный значением "***" в начале и конце вектора. Лучше всего это рассмотреть на примере:

```
highlight(c(" ", " !"))
```

```
## [1] "***" " " " !" "***"
```

- Теперь сделайте функцию `highlight` более гибкой. Добавьте в нее параметр `wrapper`, который по умолчанию равен "***". Значение параметра `wrapper` и будет вставлено в начало и конец вектора.
- Проверьте написанную функцию на векторе `c(" " !")`.

```
highlight(c(" ", " !"))
```

```
## [1] "***" " " " !" "***"
```

```
highlight(c(" ", " !"), wrapper = "__")
```

```
## [1] "__" " " " !" "__"
```

- Создайте функцию `trim()`, которая будет возвращать вектор без первого и последнего значения (вне зависимости от типа данных).
- Проверьте, что функция `trim()` работает корректно:

```
trim(1:7)
```

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

```
trim(letters)
```

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

- Теперь добавьте в функцию `trim()` параметр `n` = со значением по умолчанию 1. Этот параметр будет обозначать сколько значений нужно отрезать слева и справа от вектора.
- Проверьте полученную функцию:

```
trim(letters)
```

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

```
trim(letters, n = 2)
```

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

- Сделайте так, чтобы функция `trim()` работала корректно с `n = 0`, т.е. функция возвращала бы исходный вектор без изменений.

```
trim(letters, n = 0)
```

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

- *Теперь добавьте проверку на адекватность входных данных: функция `trim()` должна выдавать ошибку, если `n` = меньше нуля или если `n` = слишком большой и отрезает все значения вектора:
- *Проверьте полученную функцию `trim()`:

```
trim(1:6, 3)
```

```
## Error in trim(1:6, 3): n          !
```

```
trim(1:6, -1)
```

```
## Error in trim(1:6, -1): n                !
```

- Создайте функцию `na_n()`, которая будет возвращать количество NA в векторе.
- Проверьте функцию `na_n()` на векторе:

```
na_n(c(NA, 3:5, NA, 2, NA))
```

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

- Напишите функцию `factors()`, которая будет возвращать все делители числа в виде числового вектора.

Здесь может понадобиться оператор для получения остатка от деления: `%%`.

- Проверьте функцию `factors()` на простых и сложных числах:

```
factors(3)
```

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

```
factors(161)
```

```
## [1] 1 7 23 161
```

```
factors(1984)
```

```
## [1] 1 2 4 8 16 31 32 62 64 124 248 496 992 1984
```

- *Напишите функцию `is_prime()`, которая проверяет, является ли число простым.

Здесь может пригодиться функция `any()` - она возвращает TRUE, если в векторе есть хотя бы один TRUE.

- Проверьте какие года были для нас простыми, а какие нет:

```
is_prime(2017)
```

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



```
is_prime(2019)
```

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

```
2019/3 #2019      3
```

```
## [1] 673
```

```
is_prime(2020)
```

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

```
is_prime(2021)
```

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

- *Создайте функцию `monotonic()`, которая возвращает TRUE, если значения в векторе не убывают (то есть каждое следующее - больше или равно предыдущему) или не возрастают.

Полезная функция для этого — `diff()` — возвращает разницу соседних значений.

```
monotonic(1:7)
```

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

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

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

```
monotonic(6:-1)
```

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

```
monotonic(c(1:5, rep(5, 10), 5:10))
```

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

Бинарные операторы типа `+` или `%in%` тоже представляют собой функции. Более того, мы можем создавать свои бинарные операторы! В этом нет особой сложности — нужно все так же создавать функцию (для двух переменных), главное

окружать их % и название обрамлять обратными штрихами '. Например, можно сделать свой бинарный оператор %notin%, который будет выдавать TRUE, если значения слева *нет* в векторе справа:

```
`%notin%` <- function(x, y) ! (x %in% y)
1:10 %notin% c(1, 4, 5)
```

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

- *Создайте бинарный оператор %without%, который будет возвращать все значения вектора слева без значений вектора справа.

```
c(" ", " ", " ", " ", " ", " ", " ", " ") %without% c(" ", " ")
```

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

- *Создайте бинарный оператор %between%, который будет возвращать TRUE, если значение в векторе слева находится в *диапазоне* значений вектора справа:

```
1:10 %between% c(1, 4, 5)
```

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

7.12 Семейство функций apply()

- Создайте матрицу M2:

```
M2 <- matrix(c(20:11, 11:20), nrow = 5)
M2
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]  20  15  11  16
## [2,]  19  14  12  17
## [3,]  18  13  13  18
## [4,]  17  12  14  19
## [5,]  16  11  15  20
```

- Посчитайте максимальное значение матрицы M2 по каждой строке.

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

- Посчитайте максимальное значение матрицы M2 по каждому столбцу.

```
## [1] 20 15 15 20
```

- Посчитайте среднее значение матрицы M2 по каждой строке.

```
## [1] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5
```

- Посчитайте среднее значение матрицы M2 по каждому столбцу.

```
## [1] 18 13 13 18
```

- Создайте список list3:

```
list3 <- list(  
  a = 1:5,  
  b = 0:20,  
  c = 4:24,  
  d = 6:3,  
  e = 6:25  
)
```

- Найдите максимальное значение каждого вектора списка list3.

```
## a b c d e  
## 5 20 24 6 25
```

- Посчитайте сумму каждого вектора списка list3.

```
## a b c d e  
## 15 210 294 18 310
```

- Посчитайте длину каждого вектора списка list3.

```
## a b c d e  
## 5 21 21 4 20
```

- Напишите функцию `max_item()`, которая будет принимать на входе список, а возвращать - (первый) самый длинный его элемент.

Для этого вам может понадобиться функция `which.max()`, которая возвращает индекс максимального значения (первого, если их несколько).

- Проверьте функцию `max_item()` на списке list3.

```
max_item(list3)
```

```
## [1] 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```

- Теперь мы сделаем сложный список list4:

```
list4 <- list(1:3, 3:40, list3)
```

- Посчитайте длину каждого вектора в списке, в т.ч. для списка внутри. Результат должен быть списком с такой же структурой, как и изначальный список `list4`.

Для этого может понадобиться функция `rapply()`: **recursive lapply**

```
## [[1]]
## [1] 3
##
## [[2]]
## [1] 38
##
## [[3]]
## [[3]]$a
## [1] 5
##
## [[3]]$b
## [1] 21
##
## [[3]]$c
## [1] 21
##
## [[3]]$d
## [1] 4
##
## [[3]]$e
## [1] 20
```

- *Загрузите набор данных `heroes` и посчитайте, сколько NA в каждом из столбцов.

Для этого удобно использовать ранее написанную функцию `na_n()`.

```
##           X           name      Gender  Eye.color      Race  Hair.color      Height
##           0             0          29        172        304         172         217
## Publisher Skin.color Alignment    Weight      hair      tall
##           0         662           7      239      172      217
```

- *Используя ранее написанную функцию `is_prime()`, напишите функцию `prime_numbers()`, которая будет возвращать все простые числа до выбранного числа.

```
prime_numbers(200)
```

```
## [1]  3  5  7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59 61 67 71
## [20] 73 79 83 89 97 101 103 107 109 113 127 131 137 139 149 151 157 163 167
## [39] 173 179 181 191 193 197 199
```

7.13 magrittr::%>%

- Перепишите следующие выражения, используя %>%:

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

```
## [1] 7.416198
```

```
## [1] 7.416198
```

```
abs(min(-5:5))
```

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

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

```
c(" ", 2, " ", sqrt(2))
```

```
## [1] " " "2" " " "1.4142135623731"
```

```
## [1] " " "2" " " "1.4142135623731"
```

7.14 Выбор строк: dplyr::slice() и dplyr::filter()

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о супергероях тяжелее 500 кг.

```
## # A tibble: 6 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1   203 Dark~ Male   red     New ~ No Hair   267   DC Comics
## 2   283 Giga~ Female green   <NA> Red       62.5 DC Comics
## 3   331 Hulk~ Male   green   Huma~ Green    244   Marvel C~
## 4   373 Jugg~ Male   blue    Human Red     287   Marvel C~
## 5   549 Red ~ Male   yellow  Huma~ Black    213   Marvel C~
## 6   575 Sasq~ Male   red     <NA> Orange   305   Marvel C~
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о *женщинах*-супергероях тяжелее 500 кг.

```
## # A tibble: 1 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1   283 Giga~ Female green   <NA> Red       62.5 DC Comics
```

```
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о супергероях человеческой расы ("Human") женского пола. Из этих супергероев возьмите первые 5.

```
## # A tibble: 5 x 11
##   X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr> <chr> <chr> <dbl> <chr>
## 1 38 Arac~ Female blue Human Blond 175 Marvel C~
## 2 63 Batg~ Female green Human Red 170 DC Comics
## 3 65 Batg~ Female green Human Black 165 DC Comics
## 4 72 Batw~ Female green Human Red 178 DC Comics
## 5 96 Blac~ Female blue Human Blond 165 DC Comics
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

7.15 Выбор столбцов: `dplyr::select()`

- Выберите первые 4 столбца в powers.

```
## # A tibble: 667 x 4
##   hero_names Agility `Accelerated Healing` `Lantern Power Ring`
##   <chr> <lgl> <lgl> <lgl>
## 1 3-D Man TRUE FALSE FALSE
## 2 A-Bomb FALSE TRUE FALSE
## 3 Abe Sapien TRUE TRUE FALSE
## 4 Abin Sur FALSE FALSE TRUE
## 5 Abomination FALSE TRUE FALSE
## 6 Abraxas FALSE FALSE FALSE
## 7 Absorbing Man FALSE FALSE FALSE
## 8 Adam Monroe FALSE TRUE FALSE
## 9 Adam Strange FALSE FALSE FALSE
## 10 Agent Bob FALSE FALSE FALSE
## # ... with 657 more rows
```

- Выберите все столбцы от Reflexes до Empathy в тиббле powers:

```
## # A tibble: 667 x 7
##   Reflexes Invulnerability `Energy Construc~` `Force Fields` `Self-Sustenan~`
##   <lgl> <lgl> <lgl> <lgl> <lgl>
## 1 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 2 FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE
## 3 TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 4 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 5 FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE
## 6 FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE
```

```
## 7 FALSE      TRUE          FALSE          FALSE          FALSE
## 8 FALSE      FALSE        FALSE          FALSE          FALSE
## 9 FALSE      FALSE        FALSE          FALSE          FALSE
## 10 FALSE     FALSE        FALSE          FALSE          FALSE
## # ... with 657 more rows, and 2 more variables: `Anti-Gravity` <lgl>,
## #   Empathy <lgl>
```

• Выберите все столбцы тиббла powers кроме первого (hero_names):

```
## # A tibble: 667 x 167
##   Agility `Accelerated He~` `Lantern Power ~` `Dimensional Aw~` `Cold Resistanc~`
##   <lgl>    <lgl>              <lgl>              <lgl>              <lgl>
## 1 TRUE    FALSE              FALSE          FALSE          FALSE
## 2 FALSE   TRUE              FALSE          FALSE          FALSE
## 3 TRUE    TRUE              FALSE          FALSE          TRUE
## 4 FALSE   FALSE            TRUE            FALSE          FALSE
## 5 FALSE   TRUE              FALSE          FALSE          FALSE
## 6 FALSE   FALSE            FALSE          TRUE           FALSE
## 7 FALSE   FALSE            FALSE          FALSE          TRUE
## 8 FALSE   TRUE              FALSE          FALSE          FALSE
## 9 FALSE   FALSE            FALSE          FALSE          FALSE
## 10 FALSE  FALSE            FALSE          FALSE          FALSE
## # ... with 657 more rows, and 162 more variables: Durability <lgl>,
## #   Stealth <lgl>, `Energy Absorption` <lgl>, Flight <lgl>, `Danger
## #   Sense` <lgl>, `Underwater breathing` <lgl>, Marksmanship <lgl>, `Weapons
## #   Master` <lgl>, `Power Augmentation` <lgl>, `Animal Attributes` <lgl>,
## #   Longevity <lgl>, Intelligence <lgl>, `Super Strength` <lgl>,
## #   Cryokinesis <lgl>, Telepathy <lgl>, `Energy Armor` <lgl>, `Energy
## #   Blasts` <lgl>, Duplication <lgl>, `Size Changing` <lgl>, `Density
## #   Control` <lgl>, Stamina <lgl>, `Astral Travel` <lgl>, `Audio
## #   Control` <lgl>, Dexterity <lgl>, Omnitrix <lgl>, `Super Speed` <lgl>,
## #   Possession <lgl>, `Animal Oriented Powers` <lgl>, `Weapon-based
## #   Powers` <lgl>, Electrokinesis <lgl>, `Darkforce Manipulation` <lgl>, `Death
## #   Touch` <lgl>, Teleportation <lgl>, `Enhanced Senses` <lgl>,
## #   Telekinesis <lgl>, `Energy Beams` <lgl>, Magic <lgl>, Hyperkinesis <lgl>,
## #   Jump <lgl>, Clairvoyance <lgl>, `Dimensional Travel` <lgl>, `Power
## #   Sense` <lgl>, Shapeshifting <lgl>, `Peak Human Condition` <lgl>,
## #   Immortality <lgl>, Camouflage <lgl>, `Element Control` <lgl>,
## #   Phasing <lgl>, `Astral Projection` <lgl>, `Electrical Transport` <lgl>,
## #   `Fire Control` <lgl>, Projection <lgl>, Summoning <lgl>, `Enhanced
## #   Memory` <lgl>, Reflexes <lgl>, Invulnerability <lgl>, `Energy
## #   Constructs` <lgl>, `Force Fields` <lgl>, `Self-Sustenance` <lgl>,
## #   `Anti-Gravity` <lgl>, Empathy <lgl>, `Power Nullifier` <lgl>, `Radiation
## #   Control` <lgl>, `Psionic Powers` <lgl>, Elasticity <lgl>, `Substance
## #   Secretion` <lgl>, `Elemental Transmogrification` <lgl>,
## #   `Technopath/Cyberpath` <lgl>, `Photographic Reflexes` <lgl>, `Seismic
## #   Power` <lgl>, Animation <lgl>, Precognition <lgl>, `Mind Control` <lgl>,
```

```
## # `Fire Resistance` <lgl>, `Power Absorption` <lgl>, `Enhanced
## # Hearing` <lgl>, `Nova Force` <lgl>, Insanity <lgl>, Hypnokinesis <lgl>,
## # `Animal Control` <lgl>, `Natural Armor` <lgl>, Intangibility <lgl>,
## # `Enhanced Sight` <lgl>, `Molecular Manipulation` <lgl>, `Heat
## # Generation` <lgl>, Adaptation <lgl>, Gliding <lgl>, `Power Suit` <lgl>,
## # `Mind Blast` <lgl>, `Probability Manipulation` <lgl>, `Gravity
## # Control` <lgl>, Regeneration <lgl>, `Light Control` <lgl>,
## # Echolocation <lgl>, Levitation <lgl>, `Toxin and Disease Control` <lgl>,
## # Banish <lgl>, `Energy Manipulation` <lgl>, `Heat Resistance` <lgl>,
## # `Natural Weapons` <lgl>, ...
```

7.16 Сортировка строк: `dplyr::arrange()`

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строчки *по возрастанию* `Height`.

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name          Gender Height
##   <chr>         <chr>   <dbl>
## 1 Utgard-Loki   Male     15.2
## 2 Bloodwraith  Male     30.5
## 3 King Kong     Male     30.5
## 4 Anti-Monitor  Male      61
## 5 Giganta       Female   62.5
## 6 Krypto        Male     64
## 7 Yoda          Male     66
## 8 Jack-Jack     Male     71
## 9 Howard the Duck Male     79
## 10 Godzilla     <NA>    108
## # ... with 724 more rows
```

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строчки *по убыванию* `Height`.

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name          Gender Height
##   <chr>         <chr>   <dbl>
## 1 Fin Fang Foom Male    975
## 2 Galactus      Male    876
## 3 Groot          Male    701
## 4 MODOK          Male    366
## 5 Wolfsbane     Female   366
## 6 Onslaught     Male    305
## 7 Sasquatch     Male    305
## 8 Ymir           Male    305.
```



```
## 9 Rey           Female  297
## 10 Juggernaut    Male    287
## # ... with 724 more rows
```

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строки сначала по `Gender`, затем *по убыванию* `Height`.

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name      Gender Height
##   <chr>     <chr>   <dbl>
## 1 Wolfsbane Female    366
## 2 Rey       Female    297
## 3 Bloodaxe  Female    218
## 4 Thundra   Female    218
## 5 Hela      Female    213
## 6 Frenzy    Female    211
## 7 She-Hulk  Female    201
## 8 Ardina    Female    193
## 9 Starfire  Female    193
## 10 Valkyrie Female    191
## # ... with 724 more rows
```

7.17 Уникальные значения: `dplyr::distinct()`

- Извлеките уникальные значения столбца `Eye color` из тиббла `heroes`.

```
## # A tibble: 23 x 1
##   `Eye color`
##   <chr>
## 1 yellow
## 2 blue
## 3 green
## 4 brown
## 5 <NA>
## 6 red
## 7 violet
## 8 white
## 9 purple
## 10 black
## # ... with 13 more rows
```

- Извлеките уникальные значения столбца `Hair color` из тиббла `heroes`.

```
## # A tibble: 30 x 1
##   `Hair color`
##   <chr>
```

```
## 1 No Hair
## 2 Black
## 3 Blond
## 4 Brown
## 5 <NA>
## 6 White
## 7 Purple
## 8 Orange
## 9 Pink
## 10 Red
## # ... with 20 more rows
```

7.18 Создание колонок: `dplyr::mutate()` и `dplyr::transmute()`

- Создайте колонку `height_m` с ростом супергероев в метрах, затем выберите только колонки `name` и `height_m`.

```
## # A tibble: 734 x 2
##   name          height_m
##   <chr>          <dbl>
## 1 A-Bomb          2.03
## 2 Abe Sapien      1.91
## 3 Abin Sur        1.85
## 4 Abomination     2.03
## 5 Abraxas         NA
## 6 Absorbing Man    1.93
## 7 Adam Monroe     NA
## 8 Adam Strange     1.85
## 9 Agent 13         1.73
## 10 Agent Bob       1.78
## # ... with 724 more rows
```

- Создайте новую колонку `hair` в `heroes`, в которой будет значение “Bold” для тех супергероев, у которых в колонке `Hair.color` стоит “No Hair”, и значение “Hairy” во всех остальных случаях. Затем выберите только колонки `name`, `Hair.color`, `hair`.

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name      `Hair color` hair
##   <chr>      <chr>      <chr>
## 1 A-Bomb     No Hair     Bold
## 2 Abe Sapien No Hair     Bold
## 3 Abin Sur   No Hair     Bold
## 4 Abomination No Hair     Bold
## 5 Abraxas    Black      Hairy
```

```
## 6 Absorbing Man No Hair      Bold
## 7 Adam Monroe    Blond      Hairy
## 8 Adam Strange   Blond      Hairy
## 9 Agent 13       Blond      Hairy
## 10 Agent Bob     Brown      Hairy
## # ... with 724 more rows
```

7.19 Агрегация: `dplyr::group_by()` `%>% summarise()`

- Посчитайте количество супергероев по расам и отсортируйте по убыванию. Извлеките первые 5 строк.

```
## # A tibble: 5 x 2
##   Race      n
##   <chr>    <int>
## 1 <NA>      304
## 2 Human     208
## 3 Mutant     63
## 4 God / Eternal 14
## 5 Cyborg     11
```

- Посчитайте средний пост по полу.

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender height_mean
##   <chr>      <dbl>
## 1 Female     175.
## 2 Male       192.
## 3 <NA>       177.
```

7.20 Соединение датафреймов: `*_join {#task_join}`

Создайте тиббл `web_creators`, в котором будут супергерои, которые могут плести паутину, т.е. у них стоит TRUE в колонке `Web Creation` в тиббле `powers`.

```
## # A tibble: 16 x 12
##       X1 name Gender `Eye color` Race  `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr>    <chr> <chr>      <dbl> <chr>
## 1    33 Anti~ Male   blue    Symb~ Blond        229 Marvel C~
## 2    38 Arac~ Female blue    Human Blond        175 Marvel C~
## 3   161 Carn~ Male   green   Symb~ Red          185 Marvel C~
## 4   335 Hybr~ Male   brown   Symb~ Black        175 Marvel C~
## 5   479 Myst~ Male   brown   Human No Hair      180 Marvel C~
## 6   580 Scar~ Male   brown   Clone Brown      193 Marvel C~
```

```
## 7 597 Silk Female brown Human Black NA Marvel C~
## 8 620 Spid~ Female blue Human Brown 170 Marvel C~
## 9 621 Spid~ Female blue Human Blond 165 Marvel C~
## 10 622 Spid~ Male hazel Human Brown 178 Marvel C~
## 11 623 Spid~ <NA> red Human Brown 178 Marvel C~
## 12 624 Spid~ Male brown Human Black 157 Marvel C~
## 13 673 Toxin Male blue Symb~ Brown 188 Marvel C~
## 14 674 Toxin Male black Symb~ Blond 191 Marvel C~
## 15 689 Venom Male blue Symb~ Strawberry ~ 191 Marvel C~
## 16 692 Veno~ Male <NA> Symb~ <NA> 226 Marvel C~
## # ... with 4 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>,
## # `Web Creation` <lgl>
```

7.21 Tidy data

- Для начала создайте тиббл `heroes_weight`, скопировав код:

```
heroes_weight <- heroes %>%
  filter(Publisher %in% c("DC Comics", "Marvel Comics")) %>%
  group_by(Gender, Publisher) %>%
  summarise(weight_mean = mean(Weight, na.rm = TRUE)) %>%
  drop_na()
heroes_weight
```

```
## # A tibble: 4 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender Publisher weight_mean
##   <chr>   <chr>         <dbl>
## 1 Female DC Comics      76.8
## 2 Female Marvel Comics  80.1
## 3 Male   DC Comics     113.
## 4 Male   Marvel Comics  134.
```

Функция `drop_na()` позволяет выбросить все строчки, в которых встречается NA.

- Превратите тиббл `heroes_weight` в широкий тиббл:

```
## # A tibble: 2 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender `DC Comics` `Marvel Comics`
##   <chr>         <dbl>         <dbl>
## 1 Female      76.8          80.1
## 2 Male      113.          134.
```

- Затем превратите его обратно в длинный тиббл:

```
## # A tibble: 4 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender Publisher    weight_mean
##   <chr>   <chr>         <dbl>
## 1 Female DC Comics      76.8
## 2 Female Marvel Comics  80.1
## 3 Male   DC Comics     113.
## 4 Male   Marvel Comics  134.
```


Глава 8

Решения заданий

8.1 Начало работы в R

- Разделите 9801 на 9.

```
9801/9
```

```
## [1] 1089
```

- Посчитайте логарифм от 8912162342 по основанию 6.

```
log(2176782336, 6)
```

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

- Теперь натуральный логарифм 10 и умножьте его на 5.

```
log(10)*5
```

```
## [1] 11.51293
```

- С помощью функции `sin()` посчитайте $\sin(\pi)$, $\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$, $\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)$.

Значение π - зашита в R константа (`pi`).

```
sin(pi)
```

```
## [1] 1.224647e-16
```

```
sin(pi/2)
```

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

```
sin(pi/6)
```

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

8.2 Создание векторов

- Создайте вектор из значений 2, 30 и 4000.

```
c(2, 30, 4000)
```

```
## [1] 2 30 4000
```

- Создайте вектор от 1 до 20.

```
1:20
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```

- Создайте вектор от 20 до 1.

```
20:1
```

```
## [1] 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

Функция `sum()` возвращает сумму элементов вектора на входе. Посчитайте сумму первых 100 натуральных чисел (т.е. всех целых чисел от 1 до 100).

```
sum(1:100)
```

```
## [1] 5050
```

- Создайте вектор от 1 до 20 и снова до 1. Число 20 должно присутствовать только один раз!

```
c(1:20, 19:1)
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 19 18 17 16 15
## [26] 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```


- Создайте вектор значений 5, 4, 3, 2, 2, 3, 4, 5:

```
c(5:2, 2:5)
```

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

- Создайте вектор 2, 4, 6, ..., 18, 20.

```
seq(2, 20, 2)
```

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

- Создайте вектор 0.1, 0.2, 0.3, ..., 0.9, 1.

```
seq(0, 1, 0.1)
```

```
## [1] 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0
```

- 2020 год — високосный. Следующий високосный год через 4 года — это будет 2024 год. Составьте календарь всех високосных годов XXI века, начиная с 2020 года.

2100 год относится к XXI веку, а не к XXII.

```
seq(2020, 2100, 4)
```

```
## [1] 2020 2024 2028 2032 2036 2040 2044 2048 2052 2056 2060 2064 2068 2072 2076
## [16] 2080 2084 2088 2092 2096 2100
```

- Создайте вектор, состоящий из 20 повторений “Хэй!”.

```
rep(" !", 20)
```

```
## [1] " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !"
## [11] " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !" " !"
```

- Как я и говорил, многие функции, работающие с одним значением на входе, так же прекрасно работают и с целыми векторами. Попробуйте посчитать квадратный корень чисел от 1 до 10 с помощью функции `sqrt()` и сохраните результат в векторе `roots`.

```
roots <- sqrt(1:10)
roots
```

```
## [1] 1.000000 1.414214 1.732051 2.000000 2.236068 2.449490 2.645751 2.828427
## [9] 3.000000 3.162278
```

- Давайте убедимся, что это действительно квадратные корни. Для этого возведите все значения вектора `roots` в квадрат!

```
roots ^ 2
```

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

- Если все верно, то того же самого можно добиться поэлементным умножением вектора `roots` на себя.

```
roots * roots
```

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

- *Создайте вектор из одной единицы, двух двоек, трех троек, ..., девяти девяток.

```
rep(1:9, 1:9)
```

```
## [1] 1 2 2 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9
## [39] 9 9 9 9 9 9 9
```

8.3 Приведение типов

- Сделайте вектор `vec1`, в котором соедините 3, а также значения " " и " ".

```
vec1 <- c(3, " ", " ")
vec1
```

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

- Попробуйте вычесть TRUE из 10.

```
10 - TRUE
```

```
## [1] 9
```

- Соедините значение 10 и TRUE в вектор `vec2`.

```
vec2 <- c(10, TRUE)
vec2
```

```
## [1] 10 1
```

- Соедините вектор `vec2` и значение `"r"`:

```
c(vec2, "r")
```

```
## [1] "10" "1" "r"
```

- Соедините значения 10, TRUE, "r" в вектор.

```
c(10, TRUE, "r")
```

```
## [1] "10" "TRUE" "r"
```

8.4 Векторизация

- Создайте вектор `p`, состоящий из значений 4, 5, 6, 7, и вектор `q`, состоящий из 0, 1, 2, 3.

```
p <- 4:7
p
```

```
## [1] 4 5 6 7
```

```
q <- 0:3
q
```

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

- Посчитайте поэлементную сумму векторов `p` и `q`:

```
p + q
```

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

- Посчитайте поэлементную разницу `p` и `q`:

```
p - q
```

```
## [1] 4 4 4 4
```

- Поделите каждый элемент вектора p на соответствующий ему элемент вектора q :

О, да, Вам нужно делить на 0!

```
p / q
```

```
## [1]      Inf 5.000000 3.000000 2.333333
```

- Возведите каждый элемент вектора p в степень соответствующего ему элемента вектора q :

```
p ^ q
```

```
## [1] 1 5 36 343
```

- Умножьте каждое значение вектора p на 10.

```
p * 10
```

```
## [1] 40 50 60 70
```

- Создайте вектор квадратов чисел от 1 до 10:

```
(1:10)^2
```

```
## [1] 1 4 9 16 25 36 49 64 81 100
```

- Создайте вектор 0, 2, 0, 4, ..., 18, 0, 20.

```
1:20 * 0:1
```

```
## [1] 0 2 0 4 0 6 0 8 0 10 0 12 0 14 0 16 0 18 0 20
```

- Создайте вектор 1, 0, 3, 0, 5, ..., 17, 0, 19, 0.

```
1:20 * 1:0
```

```
## [1] 1 0 3 0 5 0 7 0 9 0 11 0 13 0 15 0 17 0 19 0
```

- *Создайте вектор, в котором будут содержаться первые 20 степеней двойки.

```
2 ^ (1:20)
```

```
## [1]      2      4      8     16     32     64    128    256    512
## [10]   1024   2048   4096   8192  16384  32768  65536 131072 262144
## [19] 524288 1048576
```

- *Создайте вектор из чисел 1, 10, 100, 1000, 10000:

```
10 ^ (0:4)
```

```
## [1]      1     10    100   1000  10000
```

- *Посчитать сумму последовательности $\frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 4} + \dots + \frac{1}{50 \cdot 51}$.

```
sum(1 / (1:50 * 2:51))
```

```
## [1] 0.9803922
```

- *Посчитать сумму последовательности $\frac{1}{2^0} + \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots + \frac{1}{2^{20}}$.

```
sum(1 / 2 ^ (0:20))
```

```
## [1] 1.999999
```

- *Посчитать сумму последовательности $1 + \frac{4}{3} + \frac{7}{9} + \frac{10}{27} + \frac{13}{81} + \dots + \frac{28}{19683}$.

```
sum((3 * (1:10) - 2) / 3 ^ (0:9))
```

```
## [1] 3.749174
```

- *Сколько чисел из последовательности $1 + \frac{4}{3} + \frac{7}{9} + \frac{10}{27} + \frac{13}{81} + \dots + \frac{28}{19683}$ больше чем 0.5?

```
sum((3 * (1:10) - 2) / 3 ^ (0:9) > 0.5)
```

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

8.5 Индексирование векторов

- Создайте вектор `troiki` со значениями 3, 6, 9, ..., 24, 27.

```
troiki <- seq(3, 27, 3)
troiki
```

```
## [1] 3 6 9 12 15 18 21 24 27
```

- Извлеките 2, 5 и 7 значения вектора troiki.

```
troiki[c(2, 5, 7)]
```

```
## [1] 6 15 21
```

- Извлеките предпоследнее значение вектора troiki.

```
troiki[length(troiki) - 1]
```

```
## [1] 24
```

- Извлеките все значения вектора troiki *кроме* предпоследнего:

```
troiki[-(length(troiki) - 1)]
```

```
## [1] 3 6 9 12 15 18 21 27
```

Создайте вектор vec3:

```
vec3 <- c(3, 5, 2, 1, 8, 4, 9, 10, 3, 15, 1, 11)
```

- Найдите второй элемент вектора vec3.

```
vec3[2]
```

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

- Верните второй и пятый элемент вектора vec3.

```
vec3[c(2, 5)]
```

```
## [1] 5 8
```

- Попробуйте извлечь сотое значение вектора vec3:

```
vec3[100]
```

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

- Верните все элементы вектора `vec3` *кроме* второго элемента.

```
vec3[-2]
```

```
## [1] 3 2 1 8 4 9 10 3 15 1 11
```

- Верните все элементы вектора `vec3` *кроме* второго и пятого элемента.

```
vec3[c(-2, -5)]
```

```
## [1] 3 2 1 4 9 10 3 15 1 11
```

- Найдите последний элемент вектора `vec3`.

```
vec3[length(vec3)]
```

```
## [1] 11
```

- Верните все значения вектора `vec3` *кроме* первого и последнего.

```
vec3[c(-1, -length(vec3))]
```

```
## [1] 5 2 1 8 4 9 10 3 15 1
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые больше 4.

```
vec3[vec3 > 4]
```

```
## [1] 5 8 9 10 15 11
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые больше 4, но меньше 10.

Если хотите сделать это в одну строчку, то вам помогут логические операторы!

```
vec3[vec3 > 4 & vec3 < 10]
```

```
## [1] 5 8 9
```

- Найдите все значения вектора `vec3`, которые меньше 4 или больше 10.

```
vec3[vec3 < 4 | vec3 > 10]
```

```
## [1] 3 2 1 3 15 1 11
```

- Возведите в квадрат каждое значение вектора `vec3`.

```
vec3 ^ 2
```

```
## [1] 9 25 4 1 64 16 81 100 9 225 1 121
```

- *Возведите в квадрат каждое значение вектора на нечетной позиции и извлеките корень из каждого значения на четной позиции вектора vec3.

Извлечение корня - это то же самое, что и возведение в степень 0.5.

```
vec3 ^ c(2, 0.5)
```

```
## [1] 9.000000 2.236068 4.000000 1.000000 64.000000 2.000000 81.000000
## [8] 3.162278 9.000000 3.872983 1.000000 3.316625
```

- Создайте вектор 2, 4, 6, ..., 18, 20 как минимум 2 новыми способами.

Знаю, это задание может показаться бессмысленным, но это очень базовая операция, с помощью которой можно, например, разделить данные на две части. Чем больше способов Вы знаете, тем лучше!

```
(1:20)[c(FALSE, TRUE)]
```

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

```
 #(1:10)*2
```

8.6 Работа с пропущенными значениями

- Создайте вектор vec4 со значениями 300, 15, 8, 2, 0, 1, 110:

```
vec4 <- c(300, 15, 8, 20, 0, 1, 110)
vec4
```

```
## [1] 300 15 8 20 0 1 110
```

- Замените все значения vec4, которые больше 20 на NA.

```
vec4[vec4 > 20] <- NA
```

- Проверьте полученный вектор vec4:


```
vec4
```

```
## [1] NA 15  8 20  0  1 NA
```

- Посчитайте сумму `vec4` с помощью функции `sum()`. Ответ `NA` не считается!

```
sum(vec4, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 44
```

8.7 Матрицы

- Создайте матрицу 4x4, состоящую из единиц. Назовите ее `M1`.

```
M1 <- matrix(rep(1, 16), ncol = 4)
M1
```

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

- Поменяйте все некрайние значения матрицы `M1` (то есть значения на позициях `[2,2]`, `[2,3]`, `[3,2]` и `[3,3]`) на число 2.

```
M1[2:3, 2:3] <- 2
M1
```

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

- Выделите второй и третий столбик из матрицы `M1`.

```
M1[, 2:3]
```

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

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

- Сравните (==) вторую колонку и вторую строчку матрицы M1.

```
M1[,2] == M1[2,]
```

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

- *Создайте таблицу умножения (9x9) в виде матрицы. Сохраните ее в переменную mult_tab.

```
mult_tab <- matrix(rep(1:9, rep(9,9))*(1:9), nrow = 9)
mult_tab
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,]    1    2    3    4    5    6    7    8    9
## [2,]    2    4    6    8   10   12   14   16   18
## [3,]    3    6    9   12   15   18   21   24   27
## [4,]    4    8   12   16   20   24   28   32   36
## [5,]    5   10   15   20   25   30   35   40   45
## [6,]    6   12   18   24   30   36   42   48   54
## [7,]    7   14   21   28   35   42   49   56   63
## [8,]    8   16   24   32   40   48   56   64   72
## [9,]    9   18   27   36   45   54   63   72   81
```

```
#
#outer(1:9, 1:9, "*")
#1:9 %o% 1:9
```

- *Из матрицы mult_tab выделите подматрицу, включающую в себя только строчки с 6 по 8 и столбцы с 3 по 7.

```
mult_tab[6:8, 3:7]
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]   18   24   30   36   42
## [2,]   21   28   35   42   49
## [3,]   24   32   40   48   56
```

- *Создайте матрицу с логическими значениями, где TRUE, если в этом месте в таблице умножения (mult_tab) двузначное число и FALSE, если однозначное.

Матрица - это почти вектор. К нему можно обращаться с единственным индексом.

```
mult_tab >= 10
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## [2,] FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [3,] FALSE FALSE FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [4,] FALSE FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [5,] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [6,] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [7,] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [8,] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
## [9,] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
```

- *Создайте матрицу mult_tab2, в которой все значения tab меньше 10 заменены на 0.

```
mult_tab2 <- mult_tab
mult_tab2[mult_tab < 10] <- 0
mult_tab2
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
## [1,]    0    0    0    0    0    0    0    0    0
## [2,]    0    0    0    0   10   12   14   16   18
## [3,]    0    0    0   12   15   18   21   24   27
## [4,]    0    0   12   16   20   24   28   32   36
## [5,]    0   10   15   20   25   30   35   40   45
## [6,]    0   12   18   24   30   36   42   48   54
## [7,]    0   14   21   28   35   42   49   56   63
## [8,]    0   16   24   32   40   48   56   64   72
## [9,]    0   18   27   36   45   54   63   72   81
```

8.8 Списки

Дан список list1:

```
list1 = list(numbers = 1:5, letters = letters, logic = TRUE)
list1
```

```
## $numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $letters
```

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

- Найдите первый элемент списка `list1`. Ответ должен быть списком длиной один.

```
list1[1]
```

```
## $numbers
## [1] 1 2 3 4 5
```

- Теперь найдите содержание первого элемента списка `list1` двумя разными способами. Ответ должен быть вектором.

```
list1[[1]]
```

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

```
list1$numbers
```

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

- Теперь возьмите первый элемент содержания первого элемента списка `list1`. Ответ должен быть вектором.

```
list1[[1]][1]
```

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

- Создайте список `list2`, содержащий в себе два списка `list1`. Один из них будет иметь имя `pupa`, а другой — `lupa`.

```
list2 = list(pupa = list1, lupa = list1)
list2
```

```
## $pupa
## $pupa$numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $pupa$letters
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
## [20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
##
## $pupa$logic
## [1] TRUE
##
##
## $lupa
## $lupa$numbers
## [1] 1 2 3 4 5
##
## $lupa$letters
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
## [20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
##
## $lupa$logic
## [1] TRUE
```

- *Извлеките первый элемент списка list2, из него — второй полэлемент, а из него — третье значение.

```
list2[[1]][[2]][3]
```

```
## [1] "c"
```

8.9 Датафрейм

- Запустите команду `data(mtcars)` чтобы загрузить встроенный датафрейм с информацией про автомобили. Каждая строчка датафрейма - модель автомобиля, каждая колонка - отдельная характеристика. Подробнее см. `?mtcars`.

```
data(mtcars)
mtcars
```

```
##           mpg  cyl  disp  hp drat    wt  qsec vs  am gear carb
## Mazda RX4      21.0   6 160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1    4    4
## Mazda RX4 Wag  21.0   6 160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1    4    4
## Datsun 710     22.8   4 108.0  93 3.85 2.320 18.61 1  1    4    1
## Hornet 4 Drive  21.4   6 258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0    3    1
## Hornet Sportabout 18.7   8 360.0 175 3.15 3.440 17.02 0  0    3    2
## Valiant        18.1   6 225.0 105 2.76 3.460 20.22 1  0    3    1
## Duster 360     14.3   8 360.0 245 3.21 3.570 15.84 0  0    3    4
## Merc 240D      24.4   4 146.7  62 3.69 3.190 20.00 1  0    4    2
## Merc 230       22.8   4 140.8  95 3.92 3.150 22.90 1  0    4    2
## Merc 280       19.2   6 167.6 123 3.92 3.440 18.30 1  0    4    4
```

## Merc 280C	17.8	6	167.6	123	3.92	3.440	18.90	1	0	4	4
## Merc 450SE	16.4	8	275.8	180	3.07	4.070	17.40	0	0	3	3
## Merc 450SL	17.3	8	275.8	180	3.07	3.730	17.60	0	0	3	3
## Merc 450SLC	15.2	8	275.8	180	3.07	3.780	18.00	0	0	3	3
## Cadillac Fleetwood	10.4	8	472.0	205	2.93	5.250	17.98	0	0	3	4
## Lincoln Continental	10.4	8	460.0	215	3.00	5.424	17.82	0	0	3	4
## Chrysler Imperial	14.7	8	440.0	230	3.23	5.345	17.42	0	0	3	4
## Fiat 128	32.4	4	78.7	66	4.08	2.200	19.47	1	1	4	1
## Honda Civic	30.4	4	75.7	52	4.93	1.615	18.52	1	1	4	2
## Toyota Corolla	33.9	4	71.1	65	4.22	1.835	19.90	1	1	4	1
## Toyota Corona	21.5	4	120.1	97	3.70	2.465	20.01	1	0	3	1
## Dodge Challenger	15.5	8	318.0	150	2.76	3.520	16.87	0	0	3	2
## AMC Javelin	15.2	8	304.0	150	3.15	3.435	17.30	0	0	3	2
## Camaro Z28	13.3	8	350.0	245	3.73	3.840	15.41	0	0	3	4
## Pontiac Firebird	19.2	8	400.0	175	3.08	3.845	17.05	0	0	3	2
## Fiat X1-9	27.3	4	79.0	66	4.08	1.935	18.90	1	1	4	1
## Porsche 914-2	26.0	4	120.3	91	4.43	2.140	16.70	0	1	5	2
## Lotus Europa	30.4	4	95.1	113	3.77	1.513	16.90	1	1	5	2
## Ford Pantera L	15.8	8	351.0	264	4.22	3.170	14.50	0	1	5	4
## Ferrari Dino	19.7	6	145.0	175	3.62	2.770	15.50	0	1	5	6
## Maserati Bora	15.0	8	301.0	335	3.54	3.570	14.60	0	1	5	8
## Volvo 142E	21.4	4	121.0	109	4.11	2.780	18.60	1	1	4	2

· Изучите структуру датафрейма `mtcars` с помощью функции `str()`.

```
str(mtcars)
```

```
## 'data.frame':    32 obs. of  11 variables:
## $ mpg : num  21 21 22.8 21.4 18.7 18.1 14.3 24.4 22.8 19.2 ...
## $ cyl : num  6 6 4 6 8 6 8 4 4 6 ...
## $ disp: num  160 160 108 258 360 ...
## $ hp : num  110 110 93 110 175 105 245 62 95 123 ...
## $ drat: num  3.9 3.9 3.85 3.08 3.15 2.76 3.21 3.69 3.92 3.92 ...
## $ wt : num  2.62 2.88 2.32 3.21 3.44 ...
## $ qsec: num  16.5 17 18.6 19.4 17 ...
## $ vs : num  0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 ...
## $ am : num  1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 ...
## $ gear: num  4 4 4 3 3 3 3 4 4 4 ...
## $ carb: num  4 4 1 1 2 1 4 2 2 4 ...
```

· Найдите значение третьей строки четвертого столбца датафрейма `mtcars`.

```
mtcars[3, 4]
```

```
## [1] 93
```

- Извлеките первые шесть строчек и первые шесть столбцов датафрейма `mtcars`.

```
mtcars[1:6, 1:6]
```

```
##           mpg cyl disp  hp drat   wt
## Mazda RX4      21.0   6  160 110 3.90 2.620
## Mazda RX4 Wag  21.0   6  160 110 3.90 2.875
## Datsun 710      22.8   4  108  93 3.85 2.320
## Hornet 4 Drive  21.4   6  258 110 3.08 3.215
## Hornet Sportabout 18.7   8  360 175 3.15 3.440
## Valiant        18.1   6  225 105 2.76 3.460
```

- Извлеките колонку `wt` датафрейма `mtcars` - массу автомобиля в тысячах фунтов.

```
mtcars$wt
```

```
## [1] 2.620 2.875 2.320 3.215 3.440 3.460 3.570 3.190 3.150 3.440 3.440 4.070
## [13] 3.730 3.780 5.250 5.424 5.345 2.200 1.615 1.835 2.465 3.520 3.435 3.840
## [25] 3.845 1.935 2.140 1.513 3.170 2.770 3.570 2.780
```

- Извлеките колонки из `mtcars` в следующем порядке: `hp`, `mpg`, `cyl`.

```
mtcars[, c("hp", "mpg", "cyl")]
```

```
##           hp  mpg cyl
## Mazda RX4      110 21.0   6
## Mazda RX4 Wag  110 21.0   6
## Datsun 710       93 22.8   4
## Hornet 4 Drive  110 21.4   6
## Hornet Sportabout 175 18.7   8
## Valiant        105 18.1   6
## Duster 360      245 14.3   8
## Merc 240D        62 24.4   4
## Merc 230         95 22.8   4
## Merc 280        123 19.2   6
## Merc 280C        123 17.8   6
## Merc 450SE       180 16.4   8
## Merc 450SL       180 17.3   8
## Merc 450SLC      180 15.2   8
## Cadillac Fleetwood 205 10.4   8
## Lincoln Continental 215 10.4   8
## Chrysler Imperial 230 14.7   8
## Fiat 128         66 32.4   4
```

```
## Honda Civic          52 30.4  4
## Toyota Corolla      65 33.9  4
## Toyota Corona       97 21.5  4
## Dodge Challenger    150 15.5  8
## AMC Javelin         150 15.2  8
## Camaro Z28          245 13.3  8
## Pontiac Firebird    175 19.2  8
## Fiat X1-9            66 27.3  4
## Porsche 914-2       91 26.0  4
## Lotus Europa        113 30.4  4
## Ford Pantera L      264 15.8  8
## Ferrari Dino        175 19.7  6
## Maserati Bora       335 15.0  8
## Volvo 142E          109 21.4  4
```

- Посчитайте количество автомобилей с 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме mtcars.

```
sum(mtcars$cyl == 4)
```

```
## [1] 11
```

- Посчитайте долю автомобилей с 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме mtcars.

```
mean(mtcars$cyl == 4)
```

```
## [1] 0.34375
```

- Найдите все автомобили мощностью не менее 100 лошадиных сил (hp) в датафрейме mtcars.

```
mtcars[mtcars$hp >= 100, ]
```

```
##           mpg  cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb
## Mazda RX4      21.0   6 160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1   4    4
## Mazda RX4 Wag  21.0   6 160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1   4    4
## Hornet 4 Drive  21.4   6 258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0   3    1
## Hornet Sportabout 18.7   8 360.0 175 3.15 3.440 17.02 0  0   3    2
## Valiant        18.1   6 225.0 105 2.76 3.460 20.22 1  0   3    1
## Duster 360     14.3   8 360.0 245 3.21 3.570 15.84 0  0   3    4
## Merc 280       19.2   6 167.6 123 3.92 3.440 18.30 1  0   4    4
## Merc 280C      17.8   6 167.6 123 3.92 3.440 18.90 1  0   4    4
## Merc 450SE     16.4   8 275.8 180 3.07 4.070 17.40 0  0   3    3
## Merc 450SL     17.3   8 275.8 180 3.07 3.730 17.60 0  0   3    3
## Merc 450SLC    15.2   8 275.8 180 3.07 3.780 18.00 0  0   3    3
```



```
## Cadillac Fleetwood 10.4 8 472.0 205 2.93 5.250 17.98 0 0 3 4
## Lincoln Continental 10.4 8 460.0 215 3.00 5.424 17.82 0 0 3 4
## Chrysler Imperial 14.7 8 440.0 230 3.23 5.345 17.42 0 0 3 4
## Dodge Challenger 15.5 8 318.0 150 2.76 3.520 16.87 0 0 3 2
## AMC Javelin 15.2 8 304.0 150 3.15 3.435 17.30 0 0 3 2
## Camaro Z28 13.3 8 350.0 245 3.73 3.840 15.41 0 0 3 4
## Pontiac Firebird 19.2 8 400.0 175 3.08 3.845 17.05 0 0 3 2
## Lotus Europa 30.4 4 95.1 113 3.77 1.513 16.90 1 1 5 2
## Ford Pantera L 15.8 8 351.0 264 4.22 3.170 14.50 0 1 5 4
## Ferrari Dino 19.7 6 145.0 175 3.62 2.770 15.50 0 1 5 6
## Maserati Bora 15.0 8 301.0 335 3.54 3.570 14.60 0 1 5 8
## Volvo 142E 21.4 4 121.0 109 4.11 2.780 18.60 1 1 4 2
```

- Найдите все автомобили мощностью не менее 100 лошадиных сил (hp) и 4 цилиндрами (cyl) в датафрейме mtcars.

```
mtcars[mtcars$hp >= 100 & mtcars$cyl == 4, ]
```

```
##           mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb
## Lotus Europa 30.4  4  95.1 113 3.77 1.513 16.9  1  1    5    2
## Volvo 142E  21.4  4 121.0 109 4.11 2.780 18.6  1  1    4    2
```

- Посчитайте максимальную массу (wt) автомобиля в выборке, воспользовавшись функцией max():

```
max(mtcars$wt)
```

```
## [1] 5.424
```

- Посчитайте максимальную массу (wt) автомобиля в выборке, воспользовавшись функцией min():

```
min(mtcars$wt)
```

```
## [1] 1.513
```

- Найдите строку датафрейма mtcars с самым легким автомобилем.

```
mtcars[mtcars$wt == min(mtcars$wt), ]
```

```
##           mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb
## Lotus Europa 30.4  4  95.1 113 3.77 1.513 16.9  1  1    5    2
```

- Извлеките строки датафрейма mtcars с автомобилями, масса которых ниже средней массы.

```
mtcars[mtcars$wt < mean(mtcars$wt), ]
```

```
##          mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb
## Mazda RX4      21.0   6  160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1    4    4
## Mazda RX4 Wag  21.0   6  160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1    4    4
## Datsun 710      22.8   4  108.0  93 3.85 2.320 18.61 1  1    4    1
## Hornet 4 Drive  21.4   6  258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0    3    1
## Merc 240D       24.4   4  146.7  62 3.69 3.190 20.00 1  0    4    2
## Merc 230        22.8   4  140.8  95 3.92 3.150 22.90 1  0    4    2
## Fiat 128        32.4   4   78.7  66 4.08 2.200 19.47 1  1    4    1
## Honda Civic     30.4   4   75.7  52 4.93 1.615 18.52 1  1    4    2
## Toyota Corolla  33.9   4   71.1  65 4.22 1.835 19.90 1  1    4    1
## Toyota Corona   21.5   4  120.1  97 3.70 2.465 20.01 1  0    3    1
## Fiat X1-9       27.3   4   79.0  66 4.08 1.935 18.90 1  1    4    1
## Porsche 914-2   26.0   4  120.3  91 4.43 2.140 16.70 0  1    5    2
## Lotus Europa    30.4   4   95.1 113 3.77 1.513 16.90 1  1    5    2
## Ford Pantera L  15.8   8  351.0 264 4.22 3.170 14.50 0  1    5    4
## Ferrari Dino    19.7   6  145.0 175 3.62 2.770 15.50 0  1    5    6
## Volvo 142E      21.4   4  121.0 109 4.11 2.780 18.60 1  1    4    2
```

- Масса автомобиля указана в тысячах фунтов. Создайте колонку `wt_kg` с массой автомобиля в килограммах. Результат округлите до целых значений с помощью функции `round()`.

1 фунт = 0.45359237 кг.

```
mtcars$wt_kg <- round(mtcars$wt * 1000 * 0.45359237)
mtcars
```

```
##          mpg cyl  disp  hp drat   wt  qsec vs am gear carb wt_kg
## Mazda RX4      21.0   6  160.0 110 3.90 2.620 16.46 0  1    4    4  1188
## Mazda RX4 Wag  21.0   6  160.0 110 3.90 2.875 17.02 0  1    4    4  1304
## Datsun 710      22.8   4  108.0  93 3.85 2.320 18.61 1  1    4    1  1052
## Hornet 4 Drive  21.4   6  258.0 110 3.08 3.215 19.44 1  0    3    1  1458
## Hornet Sportabout 18.7   8  360.0 175 3.15 3.440 17.02 0  0    3    2  1560
## Valiant         18.1   6  225.0 105 2.76 3.460 20.22 1  0    3    1  1569
## Duster 360      14.3   8  360.0 245 3.21 3.570 15.84 0  0    3    4  1619
## Merc 240D       24.4   4  146.7  62 3.69 3.190 20.00 1  0    4    2  1447
## Merc 230        22.8   4  140.8  95 3.92 3.150 22.90 1  0    4    2  1429
## Merc 280        19.2   6  167.6 123 3.92 3.440 18.30 1  0    4    4  1560
## Merc 280C       17.8   6  167.6 123 3.92 3.440 18.90 1  0    4    4  1560
## Merc 450SE      16.4   8  275.8 180 3.07 4.070 17.40 0  0    3    3  1846
## Merc 450SL      17.3   8  275.8 180 3.07 3.730 17.60 0  0    3    3  1692
## Merc 450SLC     15.2   8  275.8 180 3.07 3.780 18.00 0  0    3    3  1715
## Cadillac Fleetwood 10.4   8  472.0 205 2.93 5.250 17.98 0  0    3    4  2381
```

## Lincoln Continental	10.4	8	460.0	215	3.00	5.424	17.82	0	0	3	4	2460
## Chrysler Imperial	14.7	8	440.0	230	3.23	5.345	17.42	0	0	3	4	2424
## Fiat 128	32.4	4	78.7	66	4.08	2.200	19.47	1	1	4	1	998
## Honda Civic	30.4	4	75.7	52	4.93	1.615	18.52	1	1	4	2	733
## Toyota Corolla	33.9	4	71.1	65	4.22	1.835	19.90	1	1	4	1	832
## Toyota Corona	21.5	4	120.1	97	3.70	2.465	20.01	1	0	3	1	1118
## Dodge Challenger	15.5	8	318.0	150	2.76	3.520	16.87	0	0	3	2	1597
## AMC Javelin	15.2	8	304.0	150	3.15	3.435	17.30	0	0	3	2	1558
## Camaro Z28	13.3	8	350.0	245	3.73	3.840	15.41	0	0	3	4	1742
## Pontiac Firebird	19.2	8	400.0	175	3.08	3.845	17.05	0	0	3	2	1744
## Fiat X1-9	27.3	4	79.0	66	4.08	1.935	18.90	1	1	4	1	878
## Porsche 914-2	26.0	4	120.3	91	4.43	2.140	16.70	0	1	5	2	971
## Lotus Europa	30.4	4	95.1	113	3.77	1.513	16.90	1	1	5	2	686
## Ford Pantera L	15.8	8	351.0	264	4.22	3.170	14.50	0	1	5	4	1438
## Ferrari Dino	19.7	6	145.0	175	3.62	2.770	15.50	0	1	5	6	1256
## Maserati Bora	15.0	8	301.0	335	3.54	3.570	14.60	0	1	5	8	1619
## Volvo 142E	21.4	4	121.0	109	4.11	2.780	18.60	1	1	4	2	1261

8.10 Условные конструкции

- Создайте вектор `vec5`:

```
vec5 <- c(5, 20, 30, 0, 2, 9)
```

- Создайте новый строковый вектор, где на месте чисел больше 10 в `vec5` будет стоять “большое число”, а на месте остальных чисел — “маленькое число”.

```
ifelse(vec5 > 10, "        ", "        ")
```

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

- Загрузите файл `heroes_information.csv` в переменную `heroes`.

```
heroes <- read.csv("data/heroes_information.csv",
                  stringsAsFactors = FALSE,
                  na.strings = c("-", "-99"))
```

- Создайте новую колонку `hair` в `heroes`, в которой будет значение "Bold" для тех супергероев, у которых в колонке `Hair.color` стоит "No Hair", и значение "Hairy" во всех остальных случаях.

```
heroes$hair <- ifelse(heroes$Hair.color == "No Hair", "Bold", "Hairy")
head(heroes)
```

```
##   X      name Gender Eye.color      Race Hair.color Height
## 1 0      A-Bomb  Male   yellow      Human   No Hair   203
## 2 1    Abe Sapien Male    blue    Ichthy Sapien   No Hair   191
## 3 2      Abin Sur  Male    blue      Ungaran   No Hair   185
## 4 3  Abomination Male   green Human / Radiation No Hair   203
## 5 4      Abraxas  Male    blue    Cosmic Entity   Black    NA
## 6 5 Absorbing Man Male    blue      Human   No Hair   193
##   Publisher Skin.color Alignment Weight  hair
## 1   Marvel Comics    <NA>      good   441  Bold
## 2 Dark Horse Comics    blue      good    65  Bold
## 3      DC Comics      red      good    90  Bold
## 4   Marvel Comics    <NA>      bad   441  Bold
## 5   Marvel Comics    <NA>      bad    NA Hairy
## 6   Marvel Comics    <NA>      bad   122  Bold
```

- Создайте новую колонку tall в heroes, в которой будет значение "tall" для тех супергероев, у которых в колонке Height стоит число больше 190, значение "short" для тех супергероев, у которых в колонке Height стоит число меньше 170, и значение "middle" во всех остальных случаях.

```
# heroes$tall <- dplyr::case_when(
#   heroes$Height > 190 ~ "tall",
#   heroes$Height < 170 ~ "short",
#   TRUE ~ "middle"
# )
heroes$tall <- ifelse(heroes$Height > 190,
                     "tall",
                     ifelse(heroes$Height < 170,
                             "short",
                             "middle"))
```

8.11 Создание функций

- Создайте функцию plus_one(), которая принимает число и возвращает это же число + 1.

```
plus_one <- function(x) x + 1
```

- Проверьте функцию plus_one() на числе 41.

```
plus_one(41)
```

```
## [1] 42
```

- Создайте функцию `circle_area`, которая вычисляет площадь круга по радиусу согласно формуле πr^2 .

```
circle_area <- function(r) pi * r ^ 2
```

- Посчитайте площадь круга с радиусом 5.

```
circle_area(5)
```

```
## [1] 78.53982
```

- Создайте функцию `cels2fahr()`, которая будет превращать градусы по Цельсию в градусы по Фаренгейту.

```
cels2fahr <- function(x) x * 9 / 5 + 32
```

- Проверьте на значениях -100, -40 и 0, что функция `cels2fahr()` работает корректно.

```
cels2fahr(c(-100, -40, 0))
```

```
## [1] -148 -40 32
```

- Напишите функцию `highlight()`, которая принимает на входе строковый вектор, а возвращает тот же вектор, но дополненный значением "***" в начале и конце вектора. Лучше всего это рассмотреть на примере:

```
highlight <- function(x) c("***", x, "***")
```

```
highlight(c(" ", " !"))
```

```
## [1] "***" " " " !" "***"
```

- Теперь сделайте функцию `highlight` более гибкой. Добавьте в нее параметр `wrapper`, который по умолчанию равен "***". Значение параметра `wrapper` и будет вставлено в начало и конец вектора.

```
highlight <- function(x, wrapper = "***") c(wrapper, x, wrapper)
```

- Проверьте написанную функцию на векторе `c(" " !")`.

```
highlight(c(" ", " !"))
```

```
## [1] "***"      " "      " !" "***"
```

```
highlight(c(" ", " !"), wrapper = "__")
```

```
## [1] "__"      " "      " !" "__"
```

- Создайте функцию `trim()`, которая будет возвращать вектор без первого и последнего значения (вне зависимости от типа данных).

```
trim <- function(x) x[c(-1, -length(x))]
```

- Проверьте, что функция `trim()` работает корректно:

```
trim(1:7)
```

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

```
trim(letters)
```

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

- Теперь добавьте в функцию `trim()` параметр `n` = со значением по умолчанию 1. Этот параметр будет обозначать сколько значений нужно отрезать слева и справа от вектора.

```
trim <- function(x, n = 1) x[c(-1:-n, (-length(x)+n-1):-length(x))]
```

- Проверьте полученную функцию:

```
trim(letters)
```

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

```
trim(letters, n = 2)
```

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

- Сделайте так, чтобы функция trim() работала корректно с n = 0, т.е. функция возвращала бы исходный вектор без изменений.

```
trim <- function(x, n = 1) {
  if (n == 0) return(x)
  x[c(-1:-n, (-length(x)+n-1):-length(x))]
}
```

```
trim(letters, n = 0)
```

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

- *Теперь добавьте проверку на адекватность входных данных: функция trim() должна выдавать ошибку, если n = меньше нуля или если n = слишком большой и отрезает все значения вектора:

```
trim <- function(x, n = 1) {
  if (n < 0) stop("n                !")
  l <- length(x)
  if (n > ceiling(l/2) - 1) stop("n                !")
  if (n == 0) return(x)
  x[c(-1:-n, (-l+n-1):-l)]
}
```

- *Проверьте полученную функцию trim():

```
trim(1:6, 3)
```

```
## Error in trim(1:6, 3): n                !
```

```
trim(1:6, -1)
```

```
## Error in trim(1:6, -1): n                !
```

- Создайте функцию na_n(), которая будет возвращать количество NA в векторе.

```
na_n <- function(x) sum(is.na(x))
```

- Проверьте функцию `na_n()` на векторе:

```
na_n(c(NA, 3:5, NA, 2, NA))
```

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

- Напишите функцию `factors()`, которая будет возвращать все делители числа в виде числового вектора.

Здесь может понадобиться оператор для получения остатка от деления: `%%`.

```
factors <- function(x) (1:x)[x %% (1:x) == 0]
```

- Проверьте функцию `factors()` на простых и сложных числах:

```
factors(3)
```

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

```
factors(161)
```

```
## [1] 1 7 23 161
```

```
factors(1984)
```

```
## [1] 1 2 4 8 16 31 32 62 64 124 248 496 992 1984
```

- *Напишите функцию `is_prime()`, которая проверяет, является ли число простым.

Здесь может пригодиться функция `any()` - она возвращает TRUE, если в векторе есть хотя бы один TRUE.

```
is_prime <- function(x) !any(x%%(2:(x-1)) == 0)
#is_prime <- function(x) length(factors(x)) == 2 #
```

factors()

- Проверьте какие года были для нас простыми, а какие нет:

```
is_prime(2017)
```



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

```
is_prime(2019)
```

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

```
2019/3 #2019      3
```

```
## [1] 673
```

```
is_prime(2020)
```

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

```
is_prime(2021)
```

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

- *Создайте функцию `monotonic()`, которая возвращает TRUE, если значения в векторе не убывают (то есть каждое следующее - больше или равно предыдущему) или не возрастают.

Полезная функция для этого — `diff()` — возвращает разницу соседних значений.

```
monotonic <- function(x) all(diff(x)>=0) | all(diff(x)<=0)
```

```
monotonic(1:7)
```

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

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

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

```
monotonic(6:-1)
```

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

```
monotonic(c(1:5, rep(5, 10), 5:10))
```

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

Бинарные операторы типа + или %in% тоже представляют собой функции. Более того, мы можем создавать свои бинарные операторы! В этом нет особой сложности — нужно все так же создавать функцию (для двух переменных), главное окружать их % и название обрамлять обратными штрихами '. Например, можно сделать свой бинарный оператор %notin%, который будет выдавать TRUE, если значения слева *нет* в векторе справа:

```
`%notin%` <- function(x, y) ! (x %in% y)
1:10 %notin% c(1, 4, 5)
```

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

- *Создайте бинарный оператор %without%, который будет возвращать все значения вектора слева без значений вектора справа.

```
`%without%` <- function(x, y) x[!x %in% y]
```

```
c(" ", " ", " ", " ", " ", " ", " ", " ") %without% c(" ", " ")
```

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

- *Создайте бинарный оператор %between%, который будет возвращать TRUE, если значение в векторе слева находится в *диапазоне* значений вектора справа:

```
`%between%` <- function(x, y) x >= min(y) & x <= max(y)
```

```
1:10 %between% c(1, 4, 5)
```

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

8.12 Семейство функций apply()

- Создайте матрицу M2:

```
M2 <- matrix(c(20:11, 11:20), nrow = 5)
M2
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]   20   15   11   16
## [2,]   19   14   12   17
## [3,]   18   13   13   18
## [4,]   17   12   14   19
## [5,]   16   11   15   20
```

- Посчитайте максимальное значение матрицы M2 по каждой строке.

```
apply(M2, 1, max)
```

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

- Посчитайте максимальное значение матрицы M2 по каждому столбцу.

```
apply(M2, 2, max)
```

```
## [1] 20 15 15 20
```

- Посчитайте среднее значение матрицы M2 по каждой строке.

```
apply(M2, 1, mean)
```

```
## [1] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5
```

- Посчитайте среднее значение матрицы M2 по каждому столбцу.

```
apply(M2, 2, mean)
```

```
## [1] 18 13 13 18
```

- Создайте список list3:

```
list3 <- list(
  a = 1:5,
  b = 0:20,
  c = 4:24,
  d = 6:3,
  e = 6:25
)
```

- Найдите максимальное значение каждого вектора списка list3.

```
sapply(list3, max)
```

```
## a b c d e
## 5 20 24 6 25
```

- Посчитайте сумму каждого вектора списка `list3`.

```
sapply(list3, sum)
```

```
## a b c d e
## 15 210 294 18 310
```

- Посчитайте длину каждого вектора списка `list3`.

```
sapply(list3, length)
```

```
## a b c d e
## 5 21 21 4 20
```

- Напишите функцию `max_item()`, которая будет принимать на входе список, а возвращать - (первый) самый длинный его элемент.

Для этого вам может понадобиться функция `which.max()`, которая возвращает индекс максимального значения (первого, если их несколько).

```
max_item <- function (x) x[[which.max(sapply(x, length))]]
```

- Проверьте функцию `max_item()` на списке `list3`.

```
max_item(list3)
```

```
## [1] 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```

- Теперь мы сделаем сложный список `list4`:

```
list4 <- list(1:3, 3:40, list3)
```

- Посчитайте длину каждого вектора в списке, в т.ч. для списка внутри. Результат должен быть списком с такой же структурой, как и изначальный список `list4`.

Для этого может понадобиться функция `rapply()`: recursive lapply

```
rapply(list4, length, how = "list")
```

```
## [[1]]
## [1] 3
##
## [[2]]
## [1] 38
##
## [[3]]
## [[3]]$a
## [1] 5
##
## [[3]]$b
## [1] 21
##
## [[3]]$c
## [1] 21
##
## [[3]]$d
## [1] 4
##
## [[3]]$e
## [1] 20
```

- *Загрузите набор данных `heroes` и посчитайте, сколько NA в каждом из столбцов.

Для этого удобно использовать ранее написанную функцию `na_n()`.

```
sapply(heroes, na_n)
```

```
##      X      name      Gender  Eye.color      Race Hair.color      Height
##      0       0       29       172       304      172       217
## Publisher Skin.color Alignment      Weight      hair      tall
##      0       662       7       239       172      217
```

- *Используя ранее написанную функцию `is_prime()`, напишите функцию `prime_numbers()`, которая будет возвращать все простые числа до выбранного числа.

```
is_prime <- function(x) !any(x %% (2:(x - 1)) == 0)
prime_numbers <- function(x) (2:x)[sapply(2:x, is_prime)]
```

```
prime_numbers(200)
```

```
## [1]  3  5  7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59 61 67 71
## [20] 73 79 83 89 97 101 103 107 109 113 127 131 137 139 149 151 157 163 167
```

```
## [39] 173 179 181 191 193 197 199
```

```
library(tidyverse)
heroes <- read_csv("data/heroes_information.csv",
                  na = c("-", "-99"))
powers <- read_csv("data/super_hero_powers.csv")
```

8.13 magrittr::%>%

- Перепишите следующие выражения, используя %>%:

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

```
## [1] 7.416198
```

```
1:10 %>%
  sum() %>%
  sqrt()
```

```
## [1] 7.416198
```

```
abs(min(-5:5))
```

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

```
-5:5 %>%
  min() %>%
  abs()
```

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

```
c(" ", 2, " ", sqrt(2))
```

```
## [1] " " "2" " " "1.4142135623731"
```

```
2 %>% c(" ", ., " ", sqrt(.))
```

```
## [1] " " "2" " " "1.4142135623731"
```

8.14 Выбор строк: `dplyr::slice()` и `dplyr::filter()`

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о супергероях тяжелее 500 кг.

```
heroes %>%
  filter(Weight > 500)
```

```
## # A tibble: 6 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr>      <chr> <chr>      <dbl> <chr>
## 1    203 Dark~ Male    red      New ~ No Hair    267    DC Comics
## 2    283 Giga~ Female green    <NA> Red        62.5    DC Comics
## 3    331 Hulk  Male    green    Huma~ Green     244    Marvel C~
## 4    373 Jugg~ Male    blue     Human Red       287    Marvel C~
## 5    549 Red ~ Male    yellow   Huma~ Black     213    Marvel C~
## 6    575 Sasq~ Male    red      <NA> Orange    305    Marvel C~
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о *женщинах-супергероях* тяжелее 500 кг.

```
heroes %>%
  filter(Weight > 500 & Gender == "Female")
```

```
## # A tibble: 1 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr>      <chr> <chr>      <dbl> <chr>
## 1    283 Giga~ Female green    <NA> Red        62.5    DC Comics
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

- Выберите только те строки, в которых содержится информация о супергероях человеческой расы ("Human") женского пола. Из этих супергероев возьмите первые 5.

```
heroes %>%
  filter(Race == "Human" & Gender == "Female") %>%
  slice(1:5)
```

```
## # A tibble: 5 x 11
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr> <chr>      <chr> <chr>      <dbl> <chr>
## 1    38 Arac~ Female blue     Human Blond     175    Marvel C~
## 2    63 Batg~ Female green    Human Red       170    DC Comics
```

```
## 3    65 Batg~ Female green      Human Black      165 DC Comics
## 4    72 Batw~ Female green      Human Red        178 DC Comics
## 5    96 Blac~ Female blue       Human Blond      165 DC Comics
## # ... with 3 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>
```

8.15 Выбор столбцов: `dplyr::select()`

- Выберите первые 4 столбца в `powers`.

```
powers %>%
  select(1:4)
```

```
## # A tibble: 667 x 4
##   hero_names    Agility `Accelerated Healing` `Lantern Power Ring`
##   <chr>         <lgl>    <lgl>                <lgl>
## 1 3-D Man      TRUE     FALSE                FALSE
## 2 A-Bomb       FALSE    TRUE                 FALSE
## 3 Abe Sapien   TRUE     TRUE                 FALSE
## 4 Abin Sur     FALSE    FALSE                TRUE
## 5 Abomination FALSE    TRUE                 FALSE
## 6 Abraxas      FALSE    FALSE                FALSE
## 7 Absorbing Man FALSE    FALSE                FALSE
## 8 Adam Monroe  FALSE    TRUE                 FALSE
## 9 Adam Strange FALSE    FALSE                FALSE
## 10 Agent Bob   FALSE    FALSE                FALSE
## # ... with 657 more rows
```

- Выберите все столбцы от `Reflexes` до `Empathy` в тиббле `powers`:

```
powers %>%
  select(Reflexes:Empathy)
```

```
## # A tibble: 667 x 7
##   Reflexes Invulnerability `Energy Construc~` `Force Fields` `Self-Sustenan~`
##   <lgl>    <lgl>                <lgl>          <lgl>          <lgl>
## 1 FALSE   FALSE                FALSE          FALSE          FALSE
## 2 FALSE   FALSE                FALSE          FALSE          TRUE
## 3 TRUE     FALSE                FALSE          FALSE          FALSE
## 4 FALSE   FALSE                FALSE          FALSE          FALSE
## 5 FALSE   TRUE                 FALSE          FALSE          FALSE
## 6 FALSE   TRUE                 FALSE          FALSE          FALSE
## 7 FALSE   TRUE                 FALSE          FALSE          FALSE
## 8 FALSE   FALSE                FALSE          FALSE          FALSE
```



```
## 9 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 10 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## # ... with 657 more rows, and 2 more variables: `Anti-Gravity` <lgl>,
## # Empathy <lgl>
```

- Выберите все столбцы тиббла powers кроме первого (hero_names):

```
powers %>%
select(!hero_names)
```

```
## # A tibble: 667 x 167
##   Agility `Accelerated He~ `Lantern Power ~ `Dimensional Aw~ `Cold Resistanc~
##   <lgl> <lgl> <lgl> <lgl> <lgl>
## 1 TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 2 FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE
## 3 TRUE TRUE FALSE FALSE TRUE
## 4 FALSE FALSE TRUE FALSE FALSE
## 5 FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE
## 6 FALSE FALSE FALSE TRUE FALSE
## 7 FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE
## 8 FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE
## 9 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## 10 FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
## # ... with 657 more rows, and 162 more variables: Durability <lgl>,
## # Stealth <lgl>, `Energy Absorption` <lgl>, Flight <lgl>, `Danger
## # Sense` <lgl>, `Underwater breathing` <lgl>, Marksmanship <lgl>, `Weapons
## # Master` <lgl>, `Power Augmentation` <lgl>, `Animal Attributes` <lgl>,
## # Longevity <lgl>, Intelligence <lgl>, `Super Strength` <lgl>,
## # Cryokinesis <lgl>, Telepathy <lgl>, `Energy Armor` <lgl>, `Energy
## # Blasts` <lgl>, Duplication <lgl>, `Size Changing` <lgl>, `Density
## # Control` <lgl>, Stamina <lgl>, `Astral Travel` <lgl>, `Audio
## # Control` <lgl>, Dexterity <lgl>, Omnitrix <lgl>, `Super Speed` <lgl>,
## # Possession <lgl>, `Animal Oriented Powers` <lgl>, `Weapon-based
## # Powers` <lgl>, Electrokinesis <lgl>, `Darkforce Manipulation` <lgl>, `Death
## # Touch` <lgl>, Teleportation <lgl>, `Enhanced Senses` <lgl>,
## # Telekinesis <lgl>, `Energy Beams` <lgl>, Magic <lgl>, Hyperkinesis <lgl>,
## # Jump <lgl>, Clairvoyance <lgl>, `Dimensional Travel` <lgl>, `Power
## # Sense` <lgl>, Shapeshifting <lgl>, `Peak Human Condition` <lgl>,
## # Immortality <lgl>, Camouflage <lgl>, `Element Control` <lgl>,
## # Phasing <lgl>, `Astral Projection` <lgl>, `Electrical Transport` <lgl>,
## # `Fire Control` <lgl>, Projection <lgl>, Summoning <lgl>, `Enhanced
## # Memory` <lgl>, Reflexes <lgl>, Invulnerability <lgl>, `Energy
## # Constructs` <lgl>, `Force Fields` <lgl>, `Self-Sustenance` <lgl>,
## # `Anti-Gravity` <lgl>, Empathy <lgl>, `Power Nullifier` <lgl>, `Radiation
## # Control` <lgl>, `Psionic Powers` <lgl>, Elasticity <lgl>, `Substance
## # Secretion` <lgl>, `Elemental Transmogrification` <lgl>,
```

```
## # `Technopath/Cyberpath` <lgl>, `Photographic Reflexes` <lgl>, `Seismic
## # Power` <lgl>, Animation <lgl>, Precognition <lgl>, `Mind Control` <lgl>,
## # `Fire Resistance` <lgl>, `Power Absorption` <lgl>, `Enhanced
## # Hearing` <lgl>, `Nova Force` <lgl>, Insanity <lgl>, Hypnokinesis <lgl>,
## # `Animal Control` <lgl>, `Natural Armor` <lgl>, Intangibility <lgl>,
## # `Enhanced Sight` <lgl>, `Molecular Manipulation` <lgl>, `Heat
## # Generation` <lgl>, Adaptation <lgl>, Gliding <lgl>, `Power Suit` <lgl>,
## # `Mind Blast` <lgl>, `Probability Manipulation` <lgl>, `Gravity
## # Control` <lgl>, Regeneration <lgl>, `Light Control` <lgl>,
## # Echolocation <lgl>, Levitation <lgl>, `Toxin and Disease Control` <lgl>,
## # Banish <lgl>, `Energy Manipulation` <lgl>, `Heat Resistance` <lgl>,
## # `Natural Weapons` <lgl>, ...
```

8.16 Сортировка строк: `dplyr::arrange()`

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строчки по возрастанию `Height`.

```
heroes %>%
  select(name, Gender, Height) %>%
  arrange(Height)
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name          Gender Height
##   <chr>         <chr>   <dbl>
## 1 Utgard-Loki   Male     15.2
## 2 Bloodwraith  Male     30.5
## 3 King Kong    Male     30.5
## 4 Anti-Monitor  Male      61
## 5 Giganta      Female   62.5
## 6 Krypto       Male     64
## 7 Yoda         Male     66
## 8 Jack-Jack    Male     71
## 9 Howard the Duck Male     79
## 10 Godzilla    <NA>    108
## # ... with 724 more rows
```

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строчки по убыванию `Height`.

```
heroes %>%
  select(name, Gender, Height) %>%
  arrange(desc(Height))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name      Gender Height
##   <chr>      <chr>   <dbl>
## 1 Fin Fang Foom Male     975
## 2 Galactus   Male     876
## 3 Groot       Male     701
## 4 MODOK       Male     366
## 5 Wolfsbane  Female    366
## 6 Onslaught  Male     305
## 7 Sasquatch   Male     305
## 8 Ymir        Male     305.
## 9 Rey        Female    297
## 10 Juggernaut Male     287
## # ... with 724 more rows
```

- Выберите из тиббла `heroes` колонки `name`, `Gender`, `Height` и отсортируйте строчки сначала по `Gender`, затем *по убыванию* `Height`.

```
heroes %>%
  select(name, Gender, Height) %>%
  arrange(Gender, desc(Height))
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name      Gender Height
##   <chr>      <chr>   <dbl>
## 1 Wolfsbane Female    366
## 2 Rey        Female    297
## 3 Bloodaxe   Female    218
## 4 Thundra    Female    218
## 5 Hela        Female    213
## 6 Frenzy      Female    211
## 7 She-Hulk    Female    201
## 8 Ardina      Female    193
## 9 Starfire    Female    193
## 10 Valkyrie   Female    191
## # ... with 724 more rows
```

8.17 Уникальные значения: `dplyr::distinct()`

- Извлеките уникальные значения столбца `Eye color` из тиббла `heroes`.

```
heroes %>%
  distinct(`Eye color`)
```

```
## # A tibble: 23 x 1
##   `Eye color`
##   <chr>
## 1 yellow
## 2 blue
## 3 green
## 4 brown
## 5 <NA>
## 6 red
## 7 violet
## 8 white
## 9 purple
## 10 black
## # ... with 13 more rows
```

- Извлеките уникальные значения столбца `Hair color` из тиббла `heroes`.

```
heroes %>%
  distinct(`Hair color`)
```

```
## # A tibble: 30 x 1
##   `Hair color`
##   <chr>
## 1 No Hair
## 2 Black
## 3 Blond
## 4 Brown
## 5 <NA>
## 6 White
## 7 Purple
## 8 Orange
## 9 Pink
## 10 Red
## # ... with 20 more rows
```

8.18 Создание колонок: `dplyr::mutate()` и `dplyr::transmute()`

- Создайте колонку `height_m` с ростом супергероев в метрах, затем выберите только колонки `name` и `height_m`.

```
heroes %>%
  mutate(height_m = Height/100) %>%
  select(name, height_m)
```

```
## # A tibble: 734 x 2
##   name          height_m
##   <chr>          <dbl>
## 1 A-Bomb          2.03
## 2 Abe Sapien      1.91
## 3 Abin Sur        1.85
## 4 Abomination     2.03
## 5 Abraxas         NA
## 6 Absorbing Man   1.93
## 7 Adam Monroe     NA
## 8 Adam Strange    1.85
## 9 Agent 13         1.73
## 10 Agent Bob       1.78
## # ... with 724 more rows
```

- Создайте новую колонку `hair` в `heroes`, в которой будет значение “Bold” для тех супергероев, у которых в колонке `Hair.color` стоит “No Hair”, и значение “Hairy” во всех остальных случаях. Затем выберите только колонки `name`, `Hair color`, `hair`.

```
heroes %>%
  mutate(hair = ifelse(`Hair color` == "No Hair", "Bold", "Hairy")) %>%
  select(name, `Hair color`, hair)
```

```
## # A tibble: 734 x 3
##   name          `Hair color` hair
##   <chr>          <chr>      <chr>
## 1 A-Bomb          No Hair    Bold
## 2 Abe Sapien      No Hair    Bold
## 3 Abin Sur        No Hair    Bold
## 4 Abomination     No Hair    Bold
## 5 Abraxas         Black     Hairy
## 6 Absorbing Man   No Hair    Bold
## 7 Adam Monroe     Blond     Hairy
## 8 Adam Strange    Blond     Hairy
## 9 Agent 13        Blond     Hairy
## 10 Agent Bob       Brown     Hairy
## # ... with 724 more rows
```

8.19 Агрегация: `dplyr::group_by()` `%>% summarise()`

- Посчитайте количество супергероев по расам и отсортируйте по убыванию. Извлеките первые 5 строк.

```
heroes %>%
  count(Race, sort = TRUE) %>%
  slice(1:5)
```

```
## # A tibble: 5 x 2
##   Race      n
##   <chr>    <int>
## 1 <NA>      304
## 2 Human     208
## 3 Mutant     63
## 4 God / Eternal  14
## 5 Cyborg     11
```

- Посчитайте средний пост по полу.

```
heroes %>%
  group_by(Gender) %>%
  summarise(height_mean = mean(Height, na.rm = TRUE))
```

```
## # A tibble: 3 x 2
##   Gender height_mean
##   <chr>      <dbl>
## 1 Female     175.
## 2 Male      192.
## 3 <NA>      177.
```

8.20 Соединение датафреймов: *_join {#solution_join}

Создайте тиббл `web_creators`, в котором будут супергерои, которые могут плести паутину, т.е. у них стоит TRUE в колонке `Web Creation` в тиббле `powers`.

```
powers_web <- powers %>%
  select(hero_names, `Web Creation`)
web_creators <- left_join(heroes, powers_web, by = c("name" = "hero_names")) %>%
  filter(`Web Creation`)
web_creators
```

```
## # A tibble: 16 x 12
##       X1 name Gender `Eye color` Race `Hair color` Height Publisher
##   <dbl> <chr> <chr>   <chr>    <chr> <chr>      <dbl> <chr>
## 1    33 Anti~ Male    blue     Symb~ Blond      229 Marvel C~
## 2    38 Arac~ Female blue     Human Blond      175 Marvel C~
```

```
## 3 161 Carn~ Male green Symb~ Red 185 Marvel C~
## 4 335 Hybr~ Male brown Symb~ Black 175 Marvel C~
## 5 479 Myst~ Male brown Human No Hair 180 Marvel C~
## 6 580 Scar~ Male brown Clone Brown 193 Marvel C~
## 7 597 Silk Female brown Human Black NA Marvel C~
## 8 620 Spid~ Female blue Human Brown 170 Marvel C~
## 9 621 Spid~ Female blue Human Blond 165 Marvel C~
## 10 622 Spid~ Male hazel Human Brown 178 Marvel C~
## 11 623 Spid~ <NA> red Human Brown 178 Marvel C~
## 12 624 Spid~ Male brown Human Black 157 Marvel C~
## 13 673 Toxin Male blue Symb~ Brown 188 Marvel C~
## 14 674 Toxin Male black Symb~ Blond 191 Marvel C~
## 15 689 Venom Male blue Symb~ Strawberry ~ 191 Marvel C~
## 16 692 Veno~ Male <NA> Symb~ <NA> 226 Marvel C~
## # ... with 4 more variables: `Skin color` <chr>, Alignment <chr>, Weight <dbl>,
## # `Web Creation` <lgl>
```

8.21 Tidy data

- Для начала создайте тиббл `heroes_weight`, скопировав код:

```
heroes_weight <- heroes %>%
  filter(Publisher %in% c("DC Comics", "Marvel Comics")) %>%
  group_by(Gender, Publisher) %>%
  summarise(weight_mean = mean(Weight, na.rm = TRUE)) %>%
  drop_na()
heroes_weight
```

```
## # A tibble: 4 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender Publisher weight_mean
##   <chr>   <chr>         <dbl>
## 1 Female DC Comics      76.8
## 2 Female Marvel Comics  80.1
## 3 Male   DC Comics     113.
## 4 Male   Marvel Comics  134.
```

Функция `drop_na()` позволяет выбросить все строки, в которых встречается NA.

- Превратите тиббл `heroes_weight` в широкий тиббл:

```
heroes_weight %>%
  pivot_wider(names_from = "Publisher", values_from = "weight_mean")
```

```
## # A tibble: 2 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender `DC Comics` `Marvel Comics`
##   <chr>      <dbl>      <dbl>
## 1 Female      76.8        80.1
## 2 Male       113.        134.
```

· Затем превратите его обратно в длинный тиббл:

```
heroes_weight %>%
  pivot_wider(names_from = "Publisher", values_from = "weight_mean") %>%
  pivot_longer(cols = !Gender,
               names_to = "Publisher",
               values_to = "weight_mean")
```

```
## # A tibble: 4 x 3
## # Groups:   Gender [2]
##   Gender Publisher      weight_mean
##   <chr>   <chr>      <dbl>
## 1 Female DC Comics      76.8
## 2 Female Marvel Comics  80.1
## 3 Male   DC Comics     113.
## 4 Male   Marvel Comics  134.
```


Литература

- Adler, J. (2010). *R in a nutshell: A desktop quick reference*. "O'Reilly Media, Inc."
- Baesens, B., Van Vlasselaer, V., and Verbeke, W. (2015). *Fraud analytics using descriptive, predictive, and social network techniques: a guide to data science for fraud detection*. John Wiley & Sons.
- Brooks, H. and Cooper, C. L. (2013). *Science for public policy*. Elsevier.
- Hansjörg, N. (2019). *Data Science for Psychologists*. self published.
- Provost, F. and Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media, Inc.
- R Core Team (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Thomas, N. and Pallett, L. (2019). *Data Science for Immunologists*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Wickham, H. and Grolemund, G. (2016). *R for data science: import, tidy, transform, visualize, and model data*. O'Reilly Media, Inc.