

**Виноградов О. Г.,**

кандидат психологічних наук,  
доцент кафедри соціальної психології,  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка  
E-mail: [a.g.vinogradov@knu.ua](mailto:a.g.vinogradov@knu.ua)  
ORCID: 0000-0003-1250-3863

## **ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ТА СЕРЕДОВИЩА R У ПСИХОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ТЮТОРІАЛ З БАЗОВИХ МЕТОДІВ**

Стаття відноситься до особливого сучасного жанру наукових публікацій, так званих тьюторіалів – статей, присвячених питанням застосування новітніх методів дизайну, моделювання або аналізу в доступному викладі з метою розповсюдження кращих практик. Стаття знайомить вітчизняних психологів з основами використання мови програмування R для аналізу даних емпіричного дослідження. В ній міститься обговорення стану справ у світовій психології у зв'язку з кризою довіри, яка виникла внаслідок низької відтворюваності результатів психологічних досліджень. Ця проблема виникла через невисоку якість психологічних вимірювальних інструментів, недостатню увагу до питань адекватного планування об'єму вибірки, типову практику перевірки статистичних гіпотез і так звані «сумнівні дослідницькі практики» з метою отримання статистично значущих результатів. На даних дослідження суб'єктивного стресу 462 студентів НаУКМА демонструються методи визначення об'єму вибірки в залежності від очікуваної величини ефекту і потужності, виконання перетворень змінних і статистичного аналізу даних психологічного дослідження за допомогою мови і середовища R. Наводиться мінімально необхідна система функцій R, за допомогою яких можна здійснити: сучасний аналіз надійності вимірювальних шкал, визначення об'єму вибірки, точкову і інтервальну оцінку величини ефекту для чотирьох найбільш розповсюджених в психології задач аналізу взаємозалежності двох змінних. Розглядаються такі типові задачі, як пошук відмінностей середніх і дисперсій в двох чи більшій кількості сукупностей, кореляційних зв'язків між неперервними і категоріальними змінними. Наводяться практичні

відомості про підготовку та імпорт даних, виконання базових перетворень та застосування основних статистичних методів в хмарній версії програми RStudio.

**Ключові слова:** т'юторіал, R, величина ефекту, довірчі інтервали, статистична потужність, принципи Відкритої Науки.

## Вступ

**Постановка проблеми.** Перед українськими психологами в наш час стоїть дуже амбітна мета: якомога швидше інтегруватися в світову науку і публікувати результати своїх досліджень в міжнародних журналах, які індексуються наукометричними базами Scopus і Web of Science. Це дуже непросте завдання, зважаючи на суттєве відставання вітчизняної психології у використанні сучасних статистичних і психометричних методів через обмеженість доступу до відповідної літератури і програмного забезпечення. Ситуацію суттєво ускладнює те, що внаслідок так званої *Кризи Довіри* (Credibility Crisis) до результатів емпіричних психологічних досліджень, яка виникла перш за все внаслідок проблем з їхньою низькою відтворюваністю, наші західні колеги стоять перед необхідністю здійснити докорінну ревізію методологічних засад психологічної науки. Формально початок кризи відтворюваності датується 2011 роком, коли команда з 270 науковців в галузі психології здійснила спробу повторити результати 100 експериментальних і кореляційних досліджень, опублікованих у трьох провідних американських психологічних журналах. Результати виявилися дуже невтішними: 64% (а в соціальній психології 80%) знахідок оригінальних досліджень не вдалося відтворити, незважаючи на великий об'єм вибірок і декілька спроб. Більше того, величина ефектів виявилася вдвічі меншою від тих, які повідомлялися в оригінальних публікаціях (Open Science Collaboration, 2015).

Осмилення цих шокуючих знахідок привело вчених до висновків, що низька відтворюваність зумовлюється цілою низкою чинників: невисокою якістю психологічних вимірювальних інструментів, недостатньою увагою до питань адекватного планування досліджень, типовою практикою перевірки статистичних гіпотез і так званими «сумнівними дослідницькими практиками» (questionable research practices), до яких вдаються дослідники, щоб за будь-яку ціну отримати «статистично значущі результати». Типовим прикладом такого хибного підходу є розповсюджена в українській психології схема проведення емпіричного дослідження: на невеликій вибірці (30–60 досліджуваних) збираються дані за допомогою декількох десятків запитальників

(часто дуже подібних за характером питань), обчислюються всі можливі кореляції між їхніми шкалами, а потім вибірково публікуються тільки статистично значущі зв'язки чи відмінності. При цьому автор може робити вигляд, що його концепція начебто ці зв'язки і відмінності передбачала до збирання даних. Такий дизайн дозволяє гарантовано отримувати статистично значущі кореляції в достатній кількості, навіть якщо змінні містять просто випадкові числа. Розповсюдженість подібних сумнівних дослідницьких практик дала можливість стверджувати, що «більшість опублікованих результатів досліджень є хибними» (Ioannidis, 2005).

Таким чином, для того, щоб дослідження українських психологів були конкурентоспроможними на світовому академічному ринку в сучасних умовах, необхідно бути в курсі запропонованих заходів подолання кризи відтворюваності (Kline, 2013, 2019; Munafò et al., 2017):

1. Приділяти належну увагу якості психологічного вимірювання. Для цього слід активніше користуватися останніми досягненнями в галузі сучасної психометричної теорії – моделюванням структурними рівняннями, багаторівневим моделюванням, теорією тестових завдань (Baker & Kim, 2017; Vorsboom, 2006).

2. Здійснити реформу практики застосування перевірки статистичних гіпотез в емпіричних дослідженнях і її викладання студентам: планувати об'єм вибірки з урахуванням потужності статистичних критеріїв і очікуваної величини ефекту, ширше використовувати довірчі інтервали (перш за все для величини ефекту) і графічні засоби для подання результатів (Cumming, 2011; Ellis, 2010).

3. Враховувати сучасні вимоги до прозорого, повного і адекватного представлення процесу і результатів емпіричного дослідження в статтях і монографіях (Cooper, 2020; Publication Manual of the American Psychological Association, 2019).

4. Спіратися на принципи Відкритої Науки (Open Science): забезпечувати вільний доступ до наукових статей і рецензій на них, вимірювальних інструментів, а також отриманих емпіричних даних і скриптів здійсненого дослідниками статистичного аналізу (Kline, 2019).

На заваді засвоєнню українськими науковцями сучасних вимог до проведення і публікації результатів кількісних емпіричних досліджень стає викладання статистичних методів і психометрики з використанням застарілого комерційного програмного забезпечення (наприклад, IBM SPSS Statistics). Відомий фахівець Ренд Уїлкоккс у своїй монографії з сучасних статистичних методів для соціальних і поведінкових наук пише: «SPSS є дуже негнучкий, коли справа доходить до застосування нових і покращених методів, які з'явилися протягом останніх

50 років. Оскільки SPSS не оновлює своє програмне забезпечення належним чином, цей пакет був виключений з розгляду, коли обиралися програми аналізу для цієї книги» (Wilcox, 2017, с. 3). І дійсно, практично до 27 версії в цьому пакеті були відсутня можливість обчислити величину ефектів при порівнянні середніх чи побудувати довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції. Окрім цього, мають місце і суто практичні проблеми: IBM SPSS Statistics вимагає для роботи значних ресурсів, через що студенти не можуть його запускати на своїх мало-потужних комп'ютерах чи видаляють відразу після прослуховування курсу з аналізу даних для вивільнення місця на жорсткому диску, а коли надходить час скористатися пакетом при проведенні власних досліджень, мають проблеми з пошуком і інсталяцією піратських копій пакету (особливо під інші операційні системи, ніж Microsoft Windows).

Вирішенням вказаних вище проблем може стати впровадження у навчання і наукову роботу українських студентів, аспірантів і науковців мови програмування і середовища R. Мова R – це відкрите програмне забезпечення, яке дуже швидко розвивається завдяки зусиллям фахівців із статистики і численній армії аналітиків, містить найсучасніші статистичні методи і повністю відповідає потребам статистичної реформи в психології та принципам Відкритої Науки.

## Теоретичний аналіз

**Аналіз останніх публікацій.** У зв'язку зі значною вартістю комерційного програмного забезпечення статистичного аналізу даних і перевагами відкритого програмного забезпечення, викладання методологічних дисциплін в західних університетах поступово переорієнтовується на застосування мов програмування R, Python і Julia. Швидкими темпами збільшується кількість наукових публікацій в наукових психологічних журналах, які базуються на використанні R для проведення аналізу даних. Наприклад, в журналі *Journal of Research in Personality* (імпаکت-фактор 2.767), в 2014 була опублікована лише одна така стаття, а у 2018-му і 2019-му – вже 10 і 8 відповідно. У 2015 році цілий спеціальний випуск цього журналу був присвячений використанню R в психології. Саме завдяки R став дуже популярним особливий жанр журнальних публікацій – статті-т'юторіали, які на конкретних прикладах пояснюють використання як базових, так і просунутих сучасних статистичних методів. Ось лише декілька нещодавно опублікованих т'юторіалів: в статті (Costantini et al., 2015) читачам запропоновано ознайомитися на практичних прикладах з новітньою методологією використання мережевого аналізу в царині психології особистості. Стаття (Bürkner &

Vuorre, 2019) присвячена застосуванню моделей порядкового регресійного аналізу в психології. Тьюторіал (Assink & Wibbelink, 2016) покроково знайомить психологів з тим, як за допомогою методів, реалізованих в R, здійснювати багаторівневий мета-аналіз. Сьогодні подібних публікацій у західних психологічних журналах нараховується вже десятками.

Особливої уваги вітчизняних фахівців заслуговує журнал відкритого доступу Collabra: Psychology (<https://www.collabra.org>) – офіційне видання наукового товариства Society for the Improvement of Psychological Science («Товариство з покращення психологічної науки»). У цьому журналі відповідно до принципів відкритої Науки статті мають містити як емпіричні дані проведеного авторами дослідження, так і скрипти їх статистичного аналізу (частіше за все на мові програмування R). Все частіше західні психологічні журнали вимагають наявності в статті розділу Data Availability Statement (заява про доступність даних) і посилання на сховище, в якому інші дослідники можуть знайти використані в дослідженні стимульний матеріал, таблиці даних, а також синтаксис трансформацій і аналітичних процедур (Greiff et al., 2020). На мою думку, подібні вимоги варто запровадити й у вітчизняних психологічних виданнях. Для зберігання такої інформації створюються численні сховища, де науковці можуть безоплатно розмістити свої матеріали для публічного доступу. Одним з таких важливих ресурсів є Open Science Framework, який належить Центру Відкритої Науки (<https://osf.io/>).

Публікації в журналі Collabra: Psychology можуть вважатися взірцями сучасного підходу до проведення психологічного дослідження, на яких можна вчитися тому, як слід використовувати R для збирання і обробки даних на всіх його етапах.

Поступово мова і середовище програмування R стає також основою університетських підручників з аналізу даних для студентів у галузі соціальних і поведінкових наук. Наприклад, Енді Філд, автор одного з найбільш популярних підручників із статистичного аналізу даних за допомогою відомого пакету IBM SPSS Statistics, ще у 2012 році видав аналогічний підручник значного об'єму (992 сторінки!) для мови програмування R (Field et al., 2012). Ще раніше вийшов підручник з аналізу даних для психологів, в якому одночасно висвітлюються одночасно і R, і SPSS Statistics (Rasch et al., 2011). Більше того, навіть у дуже популярній серії посібників For Dummies («Для Чайників») з'явилося вже друге видання підручника з статистичного аналізу в R (Schmuller, 2017).

Зростає також кількість публікацій, доступних широкому колу вітчизняних дослідників. Російською мовою видано декілька перекладів популярних англомовних підручників з R (Кабаков, 2014; Мэтлофф, 2019; Уикем & Гроулмунд, 2016), а також оригінальні монографії авторів з РФ (Мастичкий & Шитиков, 2015; Шипунов et al., 2012). Українською мовою, наскільки мені відомо, поки існує тільки один підручник з R, розрахований на студентів механіко-математичного факультету спеціальностей «Статистика» і «Математика» (Майборода, 2019).

**Виокремлення невирішених частин загальної проблеми.** Мова R дуже динамічно розвивається, тому переклади західних підручників швидко застарівають. Також для більшості вказаних вище джерел російською і українською мовами характерними є, з одного боку, надмірна кількість непотрібної для новачка інформації, а з іншого боку – брак важливих для психолога відомостей про статистичні методи, за допомогою яких пропонується подолання кризи відтворюваності. Початківцю ж часто потрібен швидкий шлях для вирішення того конкретного завдання аналізу емпіричних даних, яке перед ним постало у зв'язку з досягненням певної освітньої чи наукової мети. Отже, існує нагальна потреба відбору мінімальної кількості сучасних аналітичних інструментів, які можуть використовуватися студентами і аспірантами в галузі психології для обробки емпіричних даних відповідно до сучасних вимог. Частково цю задачу вирішують статистичні програми, які надбудовуються над мовою R: **jamovi** (<http://jamovi.org>) та **JASP** (<https://jasp-stats.org/>). Ці програми будуються на ретельно підібраному наборі статистичних методів і мають простий для взаємодії з користувачем графічний інтерфейс. Проте, вони поки що суттєво обмежені у функціональності і скоріше перешкоджають повноцінному оволодінню сучасним статистичним програмним забезпеченням.

**Мета статті** – перш за все методична: познайомити українських дослідників з можливостями мови програмування і середовища R, навести базову інформацію, яка дозволить студентам і науковцям розпочати використання R в психологічних дослідженнях відповідно до запропонованих шляхів виходу з кризи відтворюваності. Підпорядкована мета – сприяти розповсюдженню знання принципів Відкритої Науки у вітчизняній науці.

**Заява про доступність даних.** Відповідно до принципів Відкритої Науки таблиця даних (див. <https://osf.io/egs3d/>) і скрипт статистичного аналізу (див. <https://osf.io/x3wfe/>) розміщено на сайті Open Science Framework, що дає можливість повністю відтворити наведені в цій статті результати.

## Методологія, результати дослідження і обговорення

**Виклад основного матеріалу.** Необхідність власне у програмуванні на початкових етапах використання R не виникає, користувачу достатньо розуміти, як підготувати й імпортувати дані, викликати невелику кількість функцій для виконання перетворень змінних, статистичного аналізу і побудови діаграм, виводити табличні і графічні результати аналізу для їх наступного включення у текст статті або звіту. Пізніше на цій основі можна розвивати важливу для сучасних дослідників компетенцію програмування: створення власних функцій або розробки нових методів статистичного аналізу.

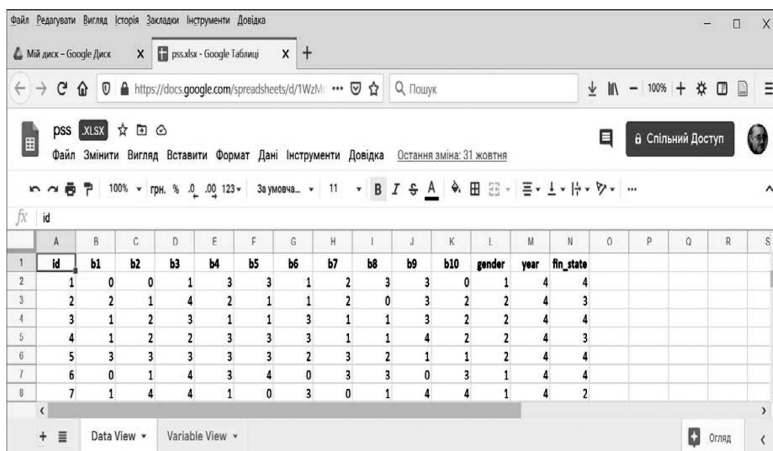
Зазвичай емпіричне психологічне дослідження розгортається у такій послідовності: 1) планування дослідження: визначення його дизайну, величини очікуваних ефектів і потрібного об'єму вибірки, підбір або створення якісних інструментів вимірювання психологічних конструктів; 2) збирання і введення даних у комп'ютер; 3) імпорт таблиці даних в середовище R; 4) попередня обробка даних: використання статистичних процедур для перевірки якості даних (наприклад, пошук незвичних спостережень, які можуть негативно позначитися на результатах — так званих «викидів»), обчислення показників надійності для психологічних шкал; 5) обчислення індексів (інтегральних показників, факторів), перекодування змінних, створення факторів (категоріальних змінних), категоризація неперервних ознак, агрегація даних, зміна структури таблиці даних (перевертання, витягнення по горизонталі чи вертикалі); 6) відбір спостережень для аналізу (наприклад, виключення пропущених значень чи зосередження на цільовій сукупності досліджуваних); 7) виклик статистичних процедур для опису даних, перевірки гіпотез і побудови статистичних моделей; 8) створення фінального звіту за результатами. R за допомогою мови розмітки Markdown дозволяє генерувати такі звіти з таблицями, графіками і довільним текстом у форматі PDF, HTML і Word.

**Інсталяція R.** Перед початком роботи потрібно встановити R на комп'ютері з дистрибутивів залежно від типу операційної системи (див. веб-сайт проекту <https://cran.r-project.org/> або компанії Майкрософт <https://mran.microsoft.com/>). Набагато зручніше працювати з R у спеціальному середовищі розробника — RStudio (див. <https://rstudio.com/>). Проте для початківців найкращий варіант — скористатися хмарною версією R і RStudio, яку можна знайти за посиланням <http://rstudio.cloud>. Вхід до хмарної версії здійснюється після простої процедури реєстрації. Суттєвими перевагами цього способу є відсутність необхідності інстальювати і оновлювати програми на влас-

ному комп'ютері, постійний доступ до даних і скриптів аналізу через мережу Інтернет, а також можливість спільної роботи з викладачем чи іншими дослідниками.

**Підготовка даних.** Найбільш оптимальним форматом збереження даних для початківця є формат Microsoft Excel. Якщо цей табличний процесор не встановлений на вашому комп'ютері, можна скористатися безоплатним сервісом **Google Таблиці**. Це особливо зручно, коли збирання даних здійснюється за допомогою сервісу опитувань **Google Форми**, оскільки відповіді досліджуваних відразу зберігаються у потрібному вигляді. Зібрані дані можна звантажити у форматі Microsoft Excel, або скористатися можливістю отримати доступ до них безпосередньо з R.

**Опис даних.** Дані, на яких будуть демонструватися можливості R в цій статті, представляють собою результати опитування студентів НаУКМА, проведеного у 2019 році в рамках бакалаврської кваліфікаційної роботи Марією Жаб'юк за адаптованою версією шкали Perceived Stress Scale (Cohen et al., 1983). Шкала PSS складається з 10 питань, мета яких – отримати інформацію про те, якою мірою досліджувані сприймають різноманітні обставини свого життя як стресові. Наприклад, перше питання має такий вигляд: «Наскільки часто ви за останній місяць ... Були засмучені через те, що сталось несподівано?». Досліджувані обирали один з п'яти варіантів відповіді: ніколи (0 балів), майже ніколи (1 бал), іноді (2 бали), доволі часто (3 бали), дуже часто (4 бали). Половина пунктів шкали має зворотний ключ (питання 4, 5, 7, 8) для контролю установки давати однакові відповіді.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	id	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	gender	year	fin_state					
2	1	0	0	1	3	3	1	2	3	3	0	1	4	4					
3	2	2	1	4	2	1	1	2	0	3	2	2	4	3					
4	3	1	2	3	1	1	3	1	1	3	2	2	4	4					
5	4	1	2	2	3	3	3	1	1	4	2	2	4	3					
6	5	3	3	3	3	3	2	3	2	1	1	2	4	4					
7	6	0	1	4	3	4	0	3	3	0	3	1	4	4					
8	7	1	4	4	1	0	3	0	1	4	4	1	4	2					

Рис. 1. Приклад даних дослідження у додатку Google Таблиці

Таблиця даних містить відповіді 462 досліджуваних (див. Рис. 1). На додаток до ідентифікаційного номеру досліджуваного і десяти питань шкали PSS в ній представлені стать (gender), курс (year) і фінансовий стан сім'ї студента (fin\_state). Переглянути і завантажити ці дані в форматі Excel можна за посиланням <https://osf.io/egs3d/> з сайту Open Science Framework (OSF).

На прикладі цієї таблиці легко пояснити основні моменти підготовки даних дослідження для наступного статистичного аналізу в R:

1. Перший рядок таблиці має містити імена змінних (їхні скорочені позначення). Правила вибору імен для змінних наступні: вони мають починатися з літери (краще латинського алфавіту) чи крапка, після яких можуть йти інші літери, цифри 0–9, крапка чи символ нижнього підкреслювання. Пробіл в іменах змінних є неприпустимим. Імена варто обирати так, щоб можна було легко зрозуміти, яка змінна аналізується. Зверніть увагу, що R розрізняє великі і маленькі літери в іменах об'єктів, тому змінні gender, Gender і GENDER будуть сприйматися як різні.

2. За бажанням розгорнути інформацію про змінну можна розмістити у додатковому аркуші книги (на Рис. 1 це аркуш **Variable View**). Загалом функції R, на відміну від пакету IBM SPSS Statistics, не працюють з довгими текстовими мітками змінних (variable label), проте це обмеження при необхідності можна легко обійти.

3. Перший стовпчик таблиці має містити унікальний код досліджуваного, за яким його можна ідентифікувати при здійсненні злиття, вибору, чистки даних чи внесенні додаткової інформації про учасників, що може з'явитися пізніше. Важливо зберігати анонімність досліджуваних, якщо дані будуть розповсюджуватися, тому ідентифікувати їх краще за все числами або спеціальними кодами.

4. Якщо значення певної змінної у досліджуваного з тих чи інших причин відсутнє, клітинку потрібно лишити пустою. При імпорті даних в R пусті клітинки отримають спеціальне значення NA («Not Available»), яке буде враховуватися при обчисленнях. Також відсутні значення можна закодувати рядком NA або будь-яким числом, яке буде вказуватися при імпорті даних як ознака пропуску.

Познайомимось тепер з інтерфейсом програми RStudio (див. Рис.2). Після входу у хмарну версію користувач потрапляє на сторінку з переліком своїх проєктів. Для створення нового проєкту треба клацнути кнопку **New Project**, після чого на екран завантажується застосунок RStudio. Він має рядок меню, панель інструментів і три віконця з вкладками. За замовчанням з лівого боку розташовано **вікно консолі**, в якому користувач вводить команди і отримує текстові результати виконання команд і повідомлення системи. Цей режим робо-

ти не дуже зручний для початківця, тому варто в якості першого кроку відкрити додаткове вікно для введення тексту майбутнього скрипту (сценарію, програми) аналізу даних. Для цього оберіть в меню застосунку RStudio послідовність команд File – New File – R Script. На Рис. 2 це вікно позначено кружечком з цифрою 1. Поки вміст цього вікна не збережений, його назва Untitled 1.

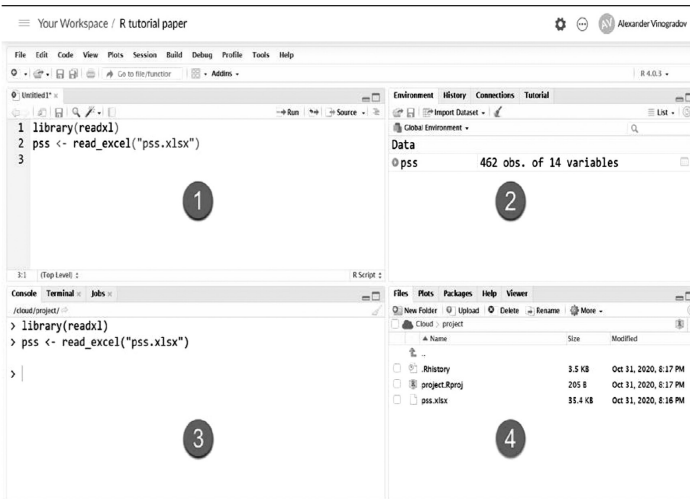


Рис. 2. Інтерфейс програми RStudio (хмарна версія)

У вікні 1 користувач вводить текст сценарію обробки своїх даних, запускає на виконання окремий рядок, блок рядків чи увесь сценарій, а результати виконання команд будуть з'являтися в інших віконцях. Так, у вікні №3 відображається луна виконаних команд і їхні текстові результати, у вікні №2 (вкладка Global Environment, Глобальне Середовище) з'являтимуться створені під час аналізу об'єкти (наприклад, таблиці з імпортованими чи проміжними даними).

Вікні №4 містить найбільшу кількість корисних для початківця вкладок. Тут відображаються файли у поточній папці (вкладка **Files**), побудовані графіки (вкладка **Plots**), встановлені пакети (вкладка **Packages**), довідкова інформація (вкладка **Help**), згенеровані функціями веб-сторінки (вкладка **Viewer**).

Для проведення аналізу у хмарній версії RStudio підготовлений файл даних у форматі Excel слід спершу завантажити у хмарне сховище. Для цього у вікні №4 на вкладці **Files** клацніть кнопку **Upload** («заванта-

жити»), оберіть файл з даними (наприклад, файл `pss.xlsx`), який знаходиться на вашому комп'ютері і дайте підтвердження. Після успішного завантаження ім'я файлу з'явиться у переліку файлів вкладки `Files`.

Наступний крок – імпорт даних з файлу. Цей крок зазвичай здійснюється за допомогою виклику відповідної функції з потрібними аргументами, але для початківця простіше обрати в меню застосунку команду `File – Import Dataset – From Excel`. Якщо RStudio введе діалогове вікно з питанням про оновлення необхідних для імпорту пакетів, дайте ствердну відповідь і зачекайте, поки RStudio виконує компіляцію і встановлення пакетів.

Діалогове вікно імпорту файлів Excel має декілька елементів керування. Перш за все знайдіть потрібний файл (в нашому випадку це `pss.xlsx`), клацнувши кнопку **Browse**. Попередній перегляд вмісту файлу буде виведене у таблиці **Data Preview**.

У групі опцій імпорту елементи мають таке призначення: поле **Name** має містити ім'я об'єкту – таблиці даних, в яку після імпорту потрапить вміст файлу. У випадяючому списку **Sheets** можна обрати ім'я аркушу книги для читання (за замовчанням читатиметься перший аркуш). Оберіть аркуш з назвою «Data View».

Поле **NA** має містити код, яким ви позначили пропущені дані у файлі. Якщо ви скористалися моєю порадою і пропущені значення кодували за допомогою пустих клітинок в таблиці Excel, це поле можна лишити незаповненим. Нарешті, встановлений прапорець **First Row as Names** повідомляє процедурі імпорту, що імена майбутніх змінних таблиці даних слід брати з першого рядку файлу Excel. Зверніть увагу на те, що у віконці **Code Preview** знаходиться декілька рядків команд на мові R, які власне і здійснюють імпортування даних. На їхньому прикладі ви почнете знайомитися з мовою R. Скопіюйте їх у текст вашої першої програми аналізу даних. Я трохи змінив зовнішній вигляд команд для кращої читабельності і додав коментарі (пояснювальний текст, що йде після символу `#`) – див. Фрагмент коду 1:

```
# Завантаження потрібного пакету
library(readxl)

# Читання файлу з даними Excel
pss <- read_excel(
  path = "pss.xlsx", sheet = "Data View"
)
```

Рис. 3. Фрагмент коду 1. Імпорт даних

Розберемо цей фрагмент програми, з якого практично завжди починається аналіз даних. По-перше, слід запам'ятати, що дві представлені в ньому команди **library()** та **read\_excel()** називаються *функціями*. Функції відіграють надзвичайно важливу роль в R, кожна з них має своє особливе призначення: імпорт чи перетворення даних, побудова діаграм, виконання статистичного аналізу і виведення результатів у потрібному вигляді здійснюється відповідними функціями. Для цього функціям при виклику передається інформація у вигляді *аргументів* – таблиць даних і змінних у них, а також вказівок на бажаний характер переробки вхідної інформації і виведення результатів (опцій).

Аргументи функції йдуть у послідовному порядку і можуть мати свої власні імена. Наприклад, функція `read_excel()` має аж дванадцять аргументів, які визначають безліч корисних аспектів її поведінки в різних обставинах (наприклад, назви і типи стовпчиків таблиці даних, кодування пропущених значень тощо). Ми використали два найважливіших аргументи з іменами **path** (шлях і ім'я файлу Excel, з якого відбувається імпорт даних) і **sheet** (ім'я аркуша книги). Оскільки ці два аргументи йдуть першими, можна було б і не вказувати їхні імена при виклику функції, але обов'язкове іменування аргументів – корисна практика для початківців, оскільки дозволяє краще розуміти створений скрипт. Зауважте, що в цьому прикладі обом аргументам функції передаються рядкові значення, взяті у подвійні лапки. Знак `=` («дорівнює») відділяє ім'я аргументу і значення, яке йому передається, а один аргумент від іншого відділяється комою.

Деякі аргументи функції мають значення «за замовчанням», тобто, якщо користувач при виклику функції не вказує цей аргумент, його значення встановлюється автоматично. Наприклад, аргумент **col\_names** має *логічне* значення за замовчанням **TRUE** (істина, тобто – «так, в файлі перший рядок містить імена стовпчиків»). Аргументи за замовчанням має сенс вказувати тільки тоді, коли ви хочете передати їм якийсь інше значення.

Виклик функції може давати безпосередній і побічний результат. Функція, як кажуть програмісти, *повертає* безпосередній результат. В R це може бути вектор, що складається тільки з елементів одного й того ж типу – чисел, рядків тексту або логічних значень (так звані «атомарні вектори»). Функція також може повертати вектор, елементами якого є об'єкти різного типу – вектори, матриці, списки. Такі особливі вектори називаються *списками* (list). Ви звернули увагу, що елементами списку можуть бути інші списки? Списки дуже корисні для зберігання комплексної інформації і бу-

дуть зустрічатися нам весь час при аналізі даних в R – як структура для зберігання даних, аргумент функцій і результат, який функція повертає. Наприклад, функція **read\_excel()** повертає особливий тип списку під назвою **tibble**, в якому R зберігає таблицю даних емпіричного дослідження.

До речі, не лякайтеся терміну «вектор», для вас зараз це має означати лише послідовність певних значень. Вектори в R відіграють різні ролі – це і змінні, які піддаються аналізу, і опції для функцій, і результати, які повертають функції. Найпростіший спосіб створити вектор чисел (чи рядків, логічних значень тощо) – скористатися особливою функцією **c()**. Її в дужках передаються через кому аргументи, які функція зчіплює в один об'єкт-вектор. Наприклад, виклик **c(1, 2, 3, 4, 5)** створить вектор з п'яти цілих чисел від 1 до 5. Існує зручний скорочений спосіб створення таких послідовностей цілих чисел, який ви будете часто використовувати для того, щоб звернутися до послідовних стовпчиків таблиці даних. Запис **1:5**, наприклад, згенерує таку саму послідовність з п'яти цілих чисел.

Результат, який повернула функція, має бути збережений, щоб його можна було використовувати надалі в скрипті. Якщо цього не зробити, він просто друкується на екрані. Для зв'язування об'єкту-результату і обраного аналітиком імені в R є спеціальний оператор присвоєння, який складається з двох символів – знаку «менше» та дефісу – і виглядає, як стрілка. У короткому фрагменті скрипту, який ми розбираємо, за допомогою оператора присвоєння імпортовані з Excel дані записуються в об'єкт на ім'я **pss**. Цей об'єкт після імпорту і зв'язування з іменем починає існувати у Глобальному Середовищі (на Рис. 2 ви можете побачити його у віконці №2). Тепер до об'єкта **pss** можна звертатися, передаючи іншим корисним функціям.

Окрім безпосереднього результату, який функція повертає, вона може бути корисною своїми *побічними ефектами*. Наприклад, функція **hist()** в якості побічного результату будує спеціальний графік – гістограму – для переданого їй вектору даних.

Залишилося пояснити перший рядок фрагменту нашої програми. Що означає команда **library(readxl)**? Справа в тому, що функцій в R величезна кількість. Тому їх групують за призначенням у так звані «пакети» (*packages*). Частина пакетів є базовими і встановлюються при інсталяції R і RStudio. Необов'язкові пакети (а їх зараз нараховується десяток тисяч) потрібно спочатку встановити із спеціальних сховищ в Інтернеті («репозиторіїв») і підключити до сеансу роботи, щоб функції, які в них включені, стали доступними для виклику. Функція **library()** якраз і призначена для підключення пакету **readxl**

до сеансу роботи. Як зрозуміло з назви пакету, він містить функції для читання файлів у форматі Microsoft Excel.

Для відтворення процедур аналізу даних, які розглядаються в цій статті, вам необхідно інсталиювати з репозиторію такі пакети: `readxl`, `psych`, `pwg`, `dplyr`, `car`, `jmv`, `MBESS`, `MOTE`. Кожен з них, в свою чергу, може залежати від інших пакетів, які будуть встановлюватися автоматично. Найпростіший для початківця спосіб інсталяції пакета передбачає використання меню застосунку RStudio. Оберіть у ньому команду Tools – Install Packages і вкажіть назви пакетів у діалоговому вікні, що з'явиться на екрані. Після інсталяції назви нових пакетів будуть додані до списку у бібліотеці користувача (див. вкладку Packages віконця №4).

**Потужність, величина ефекту і планування дослідження.** Розібравшись із тим, як в R використовуються функції, можна повернутися до етапу планування дослідження. Одним з важливих чинників кризи відтворюваності часто називають некоректну практику перевірки статистичних гіпотез, у зв'язку з чим західні дослідники неодноразово пропонували вжити ті чи інші заходи – включаючи навіть її повну заборону. Наведу приклад, який висвітлює лише невелику частку проблем, пов'язаних з перевіркою статистичних гіпотез. Припустимо, сто дослідників незалежно один від одного вирішили вивчити, як відрізняються за рівнем академічного інтелекту типові представники двох популяцій – успішних і неуспішних студентів. Нехай середнє значення для першої популяції насправді дорівнює 108 IQ-балів, для другої – 100 IQ-балів, а стандартне відхилення в обох складає 15 IQ-балів. Тобто, різниця середніх двох популяцій дорівнює приблизно половині стандартного відхилення шкали IQ. Зрозуміло, що провести суцільне обстеження популяцій нереально через брак часу і ресурсів, тому зазвичай дослідники вимушені мати справу з вибірками. Якщо випадковим чином обирати вибірки по 25 досліджуваних з кожної популяції (об'єм, який часто рекомендують наукові керівники своїм студентам), то приблизно у половині з ста досліджень різниця середніх на основі *t*-критерію Ст'юдента не буде визнана статистично значущою на рівні  $\alpha = 0.05$ . Причиною такого результату є низька статистична потужність (power) критерію для такого плану дослідження. Потужністю називають ймовірність відкидання нульової гіпотези, коли вона є насправді (тобто, в популяції) невірною. Відомий американський методолог Джейкоб Коен ще у 1962 році провів вивчення статистичної потужності досліджень, опублікованих в журналі *Journal of Abnormal and Social Psychology* за рік, і показав, що вона дорівнювала 0.48 для тих результатів, що були отримані (Cohen, 1992). Аналогічні

показники потужності спостерігалися й у більш сучасних виданнях. Таким чином, якщо об'єм вибірки не сприяв високій ймовірності знайти статистично значущі ефекти, а вони тим не менше були виявлені у дослідженні, тоді, скоріше за все, мали місце сумнівні дослідницькі практики (наприклад, р-hacking – полювання за статистично значущими результатами).

З іншого боку, якщо використовувати надзвичайно великі вибірки, з'являється інша проблема: статистично значущими стають фактично будь-які відмінності чи кореляції, незважаючи на відсутність *практично значущих* результатів. Це пояснюється тим, що нульова гіпотеза часто формулюється як нереалістичне твердження про те, що в популяції параметр (наприклад, коефіцієнт кореляції, різниця відсотків чи середніх) *в точності* дорівнює нулю. Оскільки в дійсності це завжди не так, то велика вибірка дозволяє прийняти альтернативну гіпотезу про те, що параметр відрізняється від нуля, хоча ця відмінність може бути цілком тривіальною. Отже, р-значення має поступитися місцем більш релевантним показникам, які дозволяють зробити висновок про величину знайденого в дослідженні ефекту.

Важливість праць Дж. Коена для поведінкових наук полягає в тому, що він: 1) створив систему показників величини ефекту для найбільш розповсюджених статистичних критеріїв; 2) запропонував для кожного показника орієнтовні значення, які відповідають слабкому, посередньому і сильному ефекту; 3) звернув увагу дослідників на необхідність враховувати потужність і величину ефекту при плануванні дослідження.

Найбільш детально підхід Дж. Коена викладено у другому виданні його відомої монографії, яка присвячена аналізу статистичної потужності (Cohen, 1988). В цьому т'юторіалі я спираюся на його коротку статтю, в якій наводяться основні результати цієї монографії (Cohen, 1992), щоб продемонструвати роботу з найбільш поширеними в психології базовими статистичними методами для пошуку взаємозалежності двох змінних: 1) порівняння середніх у двох незалежних сукупностях за допомогою t-критерію Ст'юдента, величина ефекту  $d$  Коена; 2) порівняння середніх у декількох незалежних сукупностях за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу, величина ефекту  $\omega^2$  (омега в квадраті) і  $f^2$ ; 3) характеристика сили і напрямку лінійного зв'язку двох неперервних нормально розподілених змінних за допомогою коефіцієнту кореляції Пірсона  $r$ ; 4) вивчення сили і характеру зв'язку двох категоріальних змінних за допомогою таблиці сполучення, величина ефекту  $w$  Коена.

В таблиці 1 для кожного із згаданих показників наведено значення для слабкого, посереднього і сильного ефекту. Варто зазначити, що та-

кий підхід часто критикують у сучасній літературі (Kline, 2019, с. 180), оскільки кожна з галузей психології може мати свої власні стандарти величини ефекту, й вона не обов'язково свідчить про практичну значущість. Проте, така класифікація, на мою думку, є дуже важливою як дидактичний засіб для початківців. Наприклад, часто початківці вважають, що кореляції, менші за 0.5, не заслуговують на увагу, тому обирають такі інструменти і дизайн дослідження, які гарантують отримання сильних, але насправді малоінформативних кореляцій змінних.

Таблиця 1

**Показники величини ефекту і їхні рівні**

Показник	Слабкий	Посередній	Сильний
$D$	0.20	0.50	0.80
$\omega^2$	0.01	0.06	0.14
$f^2$	0.02	0.15	0.35
$R$	0.10	0.30	0.50
$W$	0.10	0.30	0.50

Загалом емпіричні дослідження можна розділити на пошукові (експлораторні) і підтверджувальні (конфірматорні). Перші спрямовані на пошук потенційно важливих закономірностей, які можуть лягти в основу нової психологічної теорії. Другі передбачають перевірку і розвиток існуючої теорії. Дуже важливо не плутати ці різні жанри і не видавати пошукові дослідження за підтверджувальні.

Саме при проведенні підтверджувального дослідження важливим кроком є визначення необхідного об'єму вибірки, який забезпечить достатню статистичну потужність для виявлення очікуваної на основі теорії чи попередніх публікацій величини ефекту. В R пакеті `rwig` містяться функції, які дають можливість виконати обчислення об'єму вибірки за формулами, які запропонував Дж. Коен.

Розглянемо приклади визначення об'єму вибірки. У дослідженні сприймання стресу за шкалою PSS (Cohen et al., 1983) на репрезентативній вибірці були отримані наступні дані: Чоловіки – 926 досліджуваних, середнє 12.1, стандартне відхилення 5.9; Жінки – 1406 досліджуваних, середнє 13.7, стандартне відхилення 6.6. На основі цих статистик показник величини ефекту  $d$  Коена (стандартизована різниця середніх) склав 0.256. Тобто, жінки переживають більший стрес

порівняно з чоловіками, проте ця закономірність має слабку вираженість. Припустимо, що подібна різниця середніх буде спостерігатися також для популяції студентів НаУКМА. Яким має бути об'єм вибірок, щоб на рівні значущості  $\alpha = 0.05$  з статистичною потужністю 0.80 для  $t$ -критерію Ст'юдента для незалежних сукупностей перевірити альтернативну гіпотезу про вищий рівень стресу у жінок? Отримати відповідь на це питання допоможе наступний код на R, який дасть рішення – 189 спостережень у кожній групі:

```
library(pwr)
```

```
pwr.t.test(
```

```
  d = 0.256, power = 0.80,
```

```
  sig.level = 0.05, type = "two.sample", alternative = "greater"
```

```
)
```

*Рис. 4. Фрагмент коду 2. Визначення потужності для  $t$ -критерію Ст'юдента*

Аналогічним чином визначається потрібний об'єм вибірки для виявлення слабких ефектів перед проведенням досліджень за допомогою інших трьох критеріїв: однофакторного дисперсійного аналізу з трьома групами (482 спостереження), коефіцієнту кореляції Пірсона (782 спостереження) та критерію  $w$  Коена для зв'язку в таблиці сполучення з п'ятьма рядками і двома стовпчиками (1194 спостереження). Аргумент «кількість ступенів свободи» для останнього випадку визначається як  $df = (\text{кількість рядків} - 1) (\text{кількість стовпчиків} - 1)$ :

```
pwr.f2.test(u = 3 - 1, f2 = 0.02, sig.level = 0.05, power = 0.80)
```

```
pwr.r.test(r = 0.1, sig.level = 0.05, power = 0.8)
```

```
pwr.chisq.test(w = 0.1, df = 4, sig.level = 0.05, power = 0.8)
```

*Рис. 5. Фрагмент коду 3. Визначення потужності для  $f^2$ ,  $r$  і  $w$*

Згідно сучасних вимог до публікацій, розроблених Американською Психологічною Асоціацією (далі АПА), статті мають містити опис проведеного перед дослідженням аналізу статистичної потужності, а також всіх відхилень від запланованого об'єму вибірок (*Publication Manual of the American Psychological Association*, 2019).

На наступному, четвертому етапі аналізу, здійснюється перевірка якості зібраної інформації – визначення надійності даних, на основі яких обчислюються інтегральні показники (шкали), вивчення розподілу змінних, пошук незвичних спостережень. Легковажне ставлення дослідників до якості психологічного вимірювання є однією з суттєвих причин кризи відтворюваності. У літературі для позначення цієї проблеми використовується термін «сумнівні вимірювальні практики» (Flake & Fried, 2019). Стандарти АПА вимагають надання інформації про надійність і свідчення про валідність вимірювальних інструментів (тестів, спостерігачів, апаратури) на вибірці дослідження. Розповсюджену сьогодні практику наводити показник надійності-узгодженості  $\alpha$  (альфа) Кронбаха західні методологи вважають застарілою і не завжди адекватною, оскільки він виходить з припущень про так звану «тау-еквівалентність» пунктів шкали (однакове навантаження на одну латентну змінну) і може мати високе значення, незважаючи на неодномірність даних (тобто, за відповідями можуть стояти декілька навіть не пов'язаних між собою латентних змінних). Більш коректний підхід полягає у перевірці явно заданої вимірювальної моделі засобами конфірматорного факторного аналізу і обчисленні міри надійності на її основі. Ця техніка знаходиться за рамками предмету даного тьюторіалу, тому тут я наведу найпростіший варіант: обчислення такого показника надійності, як  $\omega$  (омега) МакДональда, на основі припущення про одномірність сукупності індикаторів на прикладі даних 10 питань шкали PSS:

```
## Альфа Кронбаха і Омега МакДональда
```

```
library(jmv)
```

```
reliability(
```

```
  data = pss, vars = c(b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8, b9, b10),
```

```
  revItems = c(b4, b5, b7, b8),
```

```
  omegaScale = TRUE, omegaItems = TRUE
```

```
)
```

Рис. 6. Фрагмент коду 4. Обчислення  $\alpha$  Кронбаха і  $\omega$  МакДональда

У цьому блоці функції **reliability()** з пакету **jmv** передаються такі аргументи: **data** – таблиця даних **pss**, в якій містяться відповіді досліджуваних, **vars** – вектор імен десяти змінних b1-b10, які є індикаторами суб'єктивного стресу, **revItems** – вектор імен чотирьох змінних зі зворот-

ним ключем, **omegaScale** – опція, яка замовляє виведення показника  $\omega$ , **omegaItems** – опція, яка замовляє виведення інформації про надійність шкали за показником  $\omega$ , коли з неї видалено відповідний індикатор.

На даних нашого дослідження  $\omega$  дорівнює 0.859, що свідчить про їхню задовільну надійність (має бути вищою за 0.75). Іншими словами, досліджувані цієї вибірки відповідали на питання шкали узгоджено. Часто серед індикаторів шкали можуть траплятися не зовсім якісні пункти (поганий переклад питань, переплутаний напрям ключа, проблеми з розумінням питання саме в цій групі досліджуваних). Отримати інформацію про індикатори, на які варто звернути увагу для покращення якості вимірювання конструкту, можна з наступної таблиці «Статистики надійності пунктів шкали»:

Таблиця 2

### Статистики надійності пунктів шкали

Item Reliability Statistics			
McDonald's $\omega$			
b1	0.857	b6	0.852
b2	0.839	b7 <sup>a</sup>	0.845
b3	0.844	b8 <sup>a</sup>	0.844
b4 <sup>a</sup>	0.842	b9	0.850
b5 <sup>a</sup>	0.850	b10	0.838

<sup>a</sup> reverse scaled item

Як можемо бачити, при викиданні жодного питання надійність шкали не збільшується. Без першого питання вона стає рівною 0.856, тобто, загальна надійність при його виключенні практично не зміниться, тому можна було б скоротити шкалу при необхідності. Проте насправді причини такого стану справ можуть бути значно складнішими, так що не варто поспішати.

Переконавшись у тому, що шкали мають прийнятну надійність, можна переходити до створення потрібних нових змінних і пере-

творення існуючих. Перший тип перетворень – створення категоріальних змінних чи факторів з кількісних. У нашій таблиці даних **pss** є змінна **gender**, яка в закодованому вигляді містить інформацію про стать досліджуваного: одиницею позначені чоловіки, двійкою – жінки. Ця змінна має мати номінальну шкалу, оскільки її значення вказують на приналежність досліджуваного до певної категорії. Виконання потрібного перетворення здійснюється за допомогою функції **factor()**:

```
## Категоріальні змінні - фактори
pss$sex <- factor(
  x = pss$gender, levels = c(1, 2),
  labels = c("Чоловіки", "Жінки")
)
```

*Рис. 7. Фрагмент коду 5. Створення категоріальної змінної – номінального фактору*

Аргументами цієї функції є: **x** – змінна (стовпчик в таблиці даних), яку треба перетворити на фактор. Після знаку **=** у вищенаведеному фрагменті змінна вказується рядком **pss\$gender**. Тобто, спочатку йде ім'я таблиці даних, потім спеціальний символ-розділювач **\$** (знак долара), а потім назва стовпчика в таблиці. Мова R має декілька альтернативних способів вказати ім'я однієї змінної: **pss[[«gender»]]** або **pss[[12]]** – змінна **gender** розташована в дванадцятому стовпчику таблиці даних і до неї можна звернутися за номером 12. Подвійні квадратні дужки і знак долара використовуються для доступу до елементів списку, а таблиці даних є одним з варіантів списку.

Аргумент **levels** (рівні фактора) має отримати вектор значень, які може приймати вхідна змінна (в даному випадку це числа 1 і 2). Аргументу **labels** передається вектор рядків, що відповідають текстовим позначенням рівнів фактору.

Створений функцією вектор-фактор присвоюється новому стовпчику таблиці **pss** з назвою **sex**. Як бачимо, тут використовується спосіб звертання до змінних в таблиці даних з використанням знаку долара.

Інші важливі перетворення змінних, які часто застосовуються в психологічних дослідженнях, включають в себе: 1) обчислення інтегральних показників (шкал); 2) категоризацію неперервних змінних; 3) перекодування одних значень змінної на інші; 4) трансформації типу логарифм, квадратний корінь, піднесення у степінь тощо.

Приклади таких перетворень наведені у фрагменті коду нижче. Для виконання багатьох перетворень зручніше за все використовувати

ти функцію **mutate()** з пакету **dplyr**. Її першим аргументом є таблиця даних, яка містить необхідні змінні:

```
## Перевертання шкали, Сумарний бал, Категоризація неперервної змінної
library(dplyr)

pss <- mutate(
  pss,
  b4 = 4 - b4, b5 = 4 - b5,
  b7 = 4 - b7, b8 = 4 - b8,
  score1 = b1 + b2 + b3 + b6 + b9 + b10,
  score2 = b4 + b5 + b7 + b8,
  score = score1 + score2,
  group = cut(score, breaks = 4, include.lowest = TRUE)
)

# Створення змінної через перекодування існуючої
library(car)

pss$fin <- recode(
  pss$fin_state, as.factor = TRUE,
  recodes = "1:2 = 'A'; 3 = 'B'; 4:5 = 'C'"
)
```

Рис. 8. Фрагмент коду 6. Основні трансформації змінних

Всі інші аргументи, вказані через кому, визначають ті трансформації, які необхідно здійснити з існуючими змінними, наприклад: 1) для змінних **b4**, **b5**, **b7**, **b8** перевертається шкала (це питання із зворотним ключем); 2) обчислюються три інтегральні показники **score1** і **score2** як сума балів за прямі і зворотні питання шкали **PSS**, а потім утворюється змінна **score** як їхня сума; 3) Змінна **score** розбивається на чотири рівних діапазони (категоризується) функцією **cut()**.

У другій частині наведеного фрагменту відбувається перекодування категоріальної змінної **fin\_state** (фінансовий стан сім'ї досліджуваного) за допомогою функції **recode()** з пакету **car**. Її п'ять значень перекодовуються у три категорії **A**, **B** і **C**, оскільки наповненість першої і п'ятої категорій («Не вистачає грошей на їжу» та «Можемо купувати все, що захочемо») є недостатньою. Аргументу **recodes** передається рядок, в якому вказується схема перекодування існуючих значень у нові. Створений фактор **fin** з трьома рівнями буде використаний пізніше при проведенні дисперсійного аналізу.

Таблиці і графіки розподілу (гістограми, боксплоти), а також описові статистики дають можливість зрозуміти поведінку змінних, діа-

гнотувати незвичайні спостереження і прийняти рішення про необхідні перетворення. Функція **descriptives()** з пакету **jmv** корисна тим, що виводить основні описові статистики і графіки:

```
library(jmv)
descriptives(
  data = pss, vars = c(score1, score2, score, b1, b2),
  skew = TRUE, sd = TRUE, kurt = TRUE,
  hist = TRUE, freq = TRUE, box = TRUE
)
```

*Рис. 9. Фрагмент коду 7. Описові статистики*

**Порівняння середніх двох незалежних сукупностей.** Після підготовки даних можна перейти до застосування статистичних критеріїв, призначених для перевірки гіпотез про існування відмінностей і зв'язків у популяції, що вивчається. Почнемо з порівняння двох незалежних груп – чоловіків і жінок – за середнім значенням і дисперсією. Наступний блок містить виклик функції **ttestIS()**, яка виводить велику кількість корисної табличної і графічної інформації для такого порівняння:

```
library(jmv)
ttestIS(
  formula = score ~ sex, data = pss,
  welchs = TRUE, mann = TRUE, hypothesis = "twoGreater",
  norm = TRUE, eqv = TRUE,
  effectSize = TRUE, ciES = TRUE,
  desc = TRUE, plots = TRUE
)
```

*Рис. 10. Фрагмент коду 8. Заовлення t-критерію Ст'юдента для незалежних груп*

Аргументу **formula** передається вираз, який містить символ ~ (тильда). Зліва від тильди вказано залежну, неперервну змінну – сумарний

бал **score** за шкалою стресу PSS. Після тильди йде незалежна дихотомічна змінна **sex**, за значеннями якої досліджувані потрапляють в одну з двох категорій за статтю. Додатково до t-критерію Ст'юдента для незалежних сукупностей функції замовляється обчислення критерію Уелча (аргумент `welchs = TRUE`), непараметричного критерію Манна-Уїтні (аргумент `mann = TRUE`), величини ефекту *d* Коена і його довірчих інтервалів (аргументи `effectSize = TRUE` і `ciES = TRUE`), критерію Лівена для перевірки гіпотези про рівність дисперсій в двох сукупностях (аргумент `eqv = TRUE`), а також побудова таблиці з описовими статистиками і діаграми (аргументи `desc = TRUE`, `plots = TRUE`). Нарешті, аргумент `hypothesis = «twoGreater»` визначає тип альтернативної гіпотези: «у другій групі (тобто, у жінок) середнє значення є більшим у популяції».

Як можемо бачити у наступній таблиці, всі три критерія дають можливість відкинути нульову гіпотезу про відсутність відмінностей середніх значень суб'єктивного переживання стресу чоловіків і жінок у популяції студентів НаУКМА в 2019 році на рівні  $\alpha = 0.001$  і прийняти альтернативну гіпотезу: середнє значення для чоловіків є меншим, ніж у жінок.

Величина ефекту *d* дорівнює -0.427 (від'ємне значення з'явилось внаслідок того, що від меншого середнього віднімалося більше). За Дж. Коеном, це ефект майже середньої сили. Що важливіше, ми отримали не тільки точкову оцінку величини ефекту, але й 95-відсотковий довірчий інтервал, який несе інформацію про точність цієї оцінки: в популяції величина ефекту може знаходитися в проміжку від слабкого до посереднього:

Таблиця 3

### Критерії для порівняння двох незалежних груп

Independent Samples T-Test						
	Statistic	df	p	Cohen's d	Lower	Upper
Student's t	-4.17	460	< .001	-0.427	-0.633	-0.219
Welch's t	-4.21	255	< .001	-0.427	-0.633	-0.219
Mann-Whitney U	16683		< .001	-0.427	-0.633	-0.219

Note. H<sub>a</sub> Males < Females

Критерій Лівена для цих даних дорівнює 0.276 з ступенями свободи 1 і 460 (таблиця не наводиться за браком місця). Таке або ще більше значення критерію, коли нульова гіпотеза про рівність дисперсій в популяції є вірною, можна отримати з ймовірністю 0.600 (р-значення). Отже, на рівні статистичної значущості  $\alpha = 0.05$  ми не можемо відкинути нульову гіпотезу про рівність дисперсій на користь альтернативної.

Нарешті, таблиця з описовими статистиками для чоловіків і жінок дозволяє зрозуміти, яким є значення стресу для типового представника (середнє і медіана), з якою точністю вдалося оцінити середнє значення у популяції на основі вибіркових даних (стандартна похибка середнього SE), наскільки варіативними є дані в кожній групі (стандартне відхилення SD).

Таблиця 4

**Описові статистики по групах**

Group Descriptives						
	Group	N	Mean	Median	SD	SE
score	Чоловіки	135	19.5	19.0	7.26	0.625
	Жінки	327	22.6	23.0	7.41	0.410

На основі цих описових статистик будуватиметься графік з довірчими інтервалами навколо середніх значень, який більш наочно передає знайдені відмінності у рівні суб'єктивного стресу (не наводиться за браком місця).

**Порівняння середніх більше ніж двох незалежних сукупностей.**

Якщо кількість груп, які порівнюються за середнім значенням, дві чи більше, дослідник може використати однофакторний дисперсійний аналіз для перевірки альтернативної гіпотези про те, що відмінності існують на рівні популяцій. На сьогоднішній день в методологічній літературі існує думка, що найкращим показником величини ефекту в цьому випадку є  $\omega^2$ , а не  $\eta^2$  – звичний показник частки поясненої дисперсії залежної змінної у вибірці, яка є зміщеною оцінкою поясненої дисперсії у популяції.

Продемонструю використання однофакторного дисперсійного аналізу на прикладі даних про стрес. Нехай залежною змінною виступить **score**, сумарний бал по шкалі суб'єктивного стресу PSS, а незалежною – категоріальна змінна (фактор) **fin**, фінансовий стан

сім'ї студента після перекодування. Фактор **fin** має три рівні після перекодування змінної **fin\_state**: А – не вистачає грошей на їжу або вистачає на їжу, але одяг купувати вже складно, В – доводиться економити, щоб купити коштовні речі, С – можуть купувати деякі коштовні речі або можуть купувати все, що хочуть. Оскільки нестача фінансових ресурсів може виступати однією з прямих чи опосередкованих причин стресу, варто перевірити гіпотезу про існування відмінностей у сприйманні стресу студентами залежно від потрапляння в категорію А, В чи С. Для проведення аналізу скористаємося функцією **ANOVA()** з пакету **jmv**:

```
library(jmv)

ANOVA(

  formula = score ~ fin, data = pss,

  effectSize = "omega", homo = TRUE, norm = TRUE,

  postHoc = ~ fin, postHocCorr = "scheffe",

  emMeans = ~ fin, emmTables = TRUE

)
```

*Рис. 11. Виклик однофакторного дисперсійного аналізу*

Аргументи **formula** і **data** відіграють ту саму роль, що й у прикладі з t-критерієм Ст'юдента, аргументу **effectSize** передається назва показника величини ефекту, аргументи **postHoc** і **postHocCorr** визначають, за якою змінною проводиться попарний аналіз різниці середніх та метод корекції статистичної значущості при множинних порівняннях. Аргументи **homo** і **norm** замовляють перевірку припущень про однорідність дисперсій і нормальність розподілу залежної змінної, важливі умови для застосування дисперсійного аналізу. Нарешті, аргументи **emMeans** і **emmTables** замовляють виведення таблиці і графіку з описовими статистиками по групах. Наведу лише дві таблиці з великої кількості результатів, які генерує ця функція:

Таблиця 5

Таблиця дисперсійного аналізу і величина ефекту

ANOVA - score						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\omega^2$
fin	808	2	403.8	7.38	< .001	0.027
Residuals	25103	459	54.7			

Отже, F критерій виявився статистично значущим на рівні 0.001, а величина ефекту вказує на слабку залежність. Оскільки критерії Лівена і Шапіро-Уїлка виявилися статистично незначущими (тобто, дані не суперечать припущенням про те, що залежна змінна має нормальний розподіл і її дисперсія однакова в трьох групах), ми можемо використовувати F критерій для висновку про рівність середніх.

Зверніть увагу, що ми отримали лише точкову оцінку величини ефекту, отже, потрібні додаткові дії для побудови довірчого інтервалу. Скористаємося функцією **omega.F()** з пакету **MOTE**. Значення для її аргументів візьмемо з таблиці дисперсійного аналізу, яка була наведена вище:

```
library(MOTE)
result <- omega.F(dfm = 2, dfe = 459, Fvalue = 7.383, n = 462, a = 0.05)
unlist(result[1:3])
```

Рис. 12. Фрагмент коду 9.

Визначення довірчих інтервалів для величини ефекту  $\omega^2$

Отримані результати подаються в публікації у наступному вигляді:  $\omega^2 = .027$ , 95% CI [0.004, 0.061]. Отже, ми отримали слабкий ефект, який у популяції всіх студентів НаУКМА 2019 року може насправді знаходитися у діапазоні від тривіально малого до посереднього. Для точнішої оцінки знадобиться більша вибірка.

Зазвичай після того, як дослідник приймає загальну альтернативну гіпотезу про існування відмінностей середніх між якимись групами, цілком логічним є поставити питання: які саме групи відрізняються (Post Hoc латиною означає «після того, як»)? Наступна таблиця містить результати всіх попарних порівнянь груп:

Таблиця 6

**Попарні порівняння середніх значень**

Post Hoc Comparisons - fin						
fin	fin	Mean Difference	SE	df	t	p-tukey
A	- B	3.99	1.462	459	2.73	0.018
	- C	5.28	1.427	459	3.70	< .001
B	- C	1.28	0.725	459	1.77	0.181

Отже, лише найбільш досліджувані статистично значущо відрізняються від представників двох інших категорій, різниця середніх за показником суб'єктивного стресу оцінюється в 3.99 і 5.38 балів за шкалою PSS відповідно.

**Кореляційний аналіз.** У вітчизняній психології кореляційні дослідження зустрічаються значно частіше за експериментальні, тому у більшості публікацій наводяться результати парного кореляційного аналізу. Оскільки коефіцієнт кореляції вже є показником величини ефекту, для врахування сучасних методологічних вимог нам потрібно частіше: 1) планувати об'єм вибірки відповідно до очікуваної сили зв'язку; 2) наводити в публікаціях довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції; 3) використовувати корекцію на множинні порівняння при проведенні пошукових досліджень.

Ось приклад того, як кореляційний аналіз можна провести в R за допомогою функції **corr.test()** з пакету **psych**:

```
library(psych)
cm <- corr.test(x = pss[2:5], method = "pearson", adjust = "hochberg")
print(cm, digits = 3, short = FALSE)
```

Рис. 13. Фрагмент коду 10. Кореляційний аналіз

Першим аргументом функції є таблиця даних. В квадратних дужках після імені таблиці можна вказати вектор номерів або імен змінних, які беруть участь в кореляційному аналізі – в даному прикладі

це змінні у стовпчиках з другого по п'ятий. Аргумент **method** вказує функції, який саме з трьох коефіцієнтів кореляції має бути обчислений: Пірсона, Спірмена чи Кендала. Аргументу **adjust** передають назву метода корекції статистичної значущості з урахуванням кількості змінних (в даному прикладі це сучасний метод Хохберга). Для виведення довірчих інтервалів результати кореляційного аналізу, записані в об'єкті **cm**, мають друкуватися з опцією **short = FALSE**). Поглянемо на те, як між собою пов'язані перші чотири питання з шкали PSS:

Таблиця 7

### Кореляційна матриця

Correlation matrix				
	b1	b2	b3	b4
b1	1.000	0.434	0.415	0.248
b2	0.434	1.000	0.471	0.406
b3	0.415	0.471	1.000	0.368
b4	0.248	0.406	0.368	1.000

Як можна бачити, сила лінійного зв'язку між індикаторами шкали PSS коливається від середньої (b1 і b4) до сильної (b2 і b3). При змістовній інтерпретації кореляцій слід враховувати те, що сильний зв'язок може бути наслідком схожості питань.

В наступній таблиці міститься матриця р-значень, на основі яких дослідник приймає рішення про те, яку з двох гіпотез слід обрати: нульову – в популяції коефіцієнт кореляції в точності дорівнює нулю, чи альтернативну – в популяції кореляція відрізняється від нульової. При цьому значення вище діагоналі скориговані на кількість здійснених перевірок. Оскільки всі елементи в цій частині матриці наближаються до нуля, кореляційні коефіцієнти залишилися статистично значущими, навіть не зважаючи на корекцію:

Таблиця 8

**Статистична значущість коефіцієнтів кореляції**

Probability values				
(Entries above the diagonal are adjusted for multiple tests.)				
	b1	b2	b3	b4
b1	0	0	0	0
b2	0	0	0	0
b3	0	0	0	0
b4	0	0	0	0

Нарешті, в останній таблиці містяться 95-відсоткові довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції змінних у популяції. Так, оцінка сили зв'язку питань b1 і b2 в популяції перебуває у діапазоні від 0.357 (посередній ефект) до 0.505 (сильний ефект). Отже, довірчий інтервал є достатньо широким, незважаючи на велику вибірку. Таке подання дозволяє іншим дослідникам розуміти, з якою точністю вдалося оцінити величину ефекту у конкретному дослідженні.

Таблиця 9

**Довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції Пірсона**

	raw.lower	raw.r	raw.upper
b1-b2	0.357	0.434	0.505
b1-b3	0.336	0.415	0.488
b1-b4	0.160	0.248	0.332

**Зв'язок категоріальних змінних.** Застосування коефіцієнтів кореляції Пірсона до змінних, вимірних у п'ятибальній шкалі, суперечить припущенням, які лежать в основі цієї статистики: метрична шкала вимірювання змінних, лінійність зв'язку і двовимірний нормальний розподіл. Більш коректним і інформативним підходом в цьому випадку є побудова таблиці сполучення (contingency table) і вивчення нелінійного зв'язку в ній. Побудувати таку таблицю в R можна, наприклад, за допомогою функції **contTables()** з пакету **jmrv**:

```
library(jmv)

contTables(
  rows = b3, cols = sex, data = pss,
  phiCra = TRUE, taub = TRUE, pcCol = TRUE
)
```

Рис. 14. Фрагмент коду 11. Побудова таблиці сполучення

Аргументи функції вказують, які змінні відповідають рядкам (**rows**) і стовпчикам таблиці (**cols**), чи слід обчислювати показник сили зв'язку  $\phi$  та  $V$  Крамера (**phiCra**) і виводити відсотки, обчислені по стовпчиках таблиці (**pcCol**).

Як показав такий аналіз, найтісніший зв'язок між статтю досліджуваного і індикаторами шкали суб'єктивного стресу існує для третього питання: «Як часто протягом останнього місяця ви відчували себе знервованим чи в стані стресу?». Наприклад, відповідь з кодом 4 – «Дуже часто» – дають 32.6% чоловіків (близько третини) і 46.8% жінок (близько половини). Статистика  $\chi^2$  (хі-квадрат) має значення 24.7 при чотирьох ступенях свободи, що є статистично значущим показником на рівні  $\alpha = 0.001$  і дозволяє відкинути нульову гіпотезу про те, що категоріальні змінні не пов'язані в популяції студентів НаУКМА в 2019 році.

Таблиця 10

Таблиця сполучення і критерій  $\chi^2$

Contingency Tables				
b3		Чоловіки	Жінки	Total
0	% within column	5.2	0.6	1.9
1	% within column	16.3	6.4	9.3
2	% within column	22.2	16.8	18.4
3	% within column	23.7	29.4	27.7
4	% within column	32.6	46.8	42.6
Total	% within column	100.0	100.0	100.0

*Продовження таблиці 10*

$\chi^2$ Tests			
	Value	df	p
$\chi^2$	27.4	4	< .001
N	462		

Висновку про наявність статистично значущого зв'язку замало для сучасного дослідження, тому за допомогою функції **v.chi.sq()** з пакету **MOTE** ми можемо побудувати довірчий інтервал для  $V$  Крамера – міри сили зв'язку номінальних категоріальних змінних. Для її аргументів візьмемо інформацію з вищенаведених таблиць:

```
library(MOTE)
v <- v.chi.sq(x2 = 27.404, n = 462, r = 5, c = 2)
unlist(v[1:3])

# w Коена
unlist(v[1:3]) * sqrt(2 - 1)
```

*Рис. 15. Фрагмент коду 12.  
Побудова довірчих інтервалів для  $V$  Крамера і  $w$  Коена*

У результаті отримуємо такі статистики:  $V = .24$ , 95% CI [.14, .26] та  $\chi^2(8) = 27.40$ ,  $P < .001$  (подання у стилі АПА). Завдяки простому перетворенню з  $V$  також можна отримати значення показника  $w$  Коена:  $w = 0.24$ , 95% CI [.16, .34]. Отже, тут йдеться про зв'язок середньої сили, який в популяції може виявитися і слабким.

### **Висновки**

Мова програмування і середовище статистичного аналізу R створюють ідеальні умови для застосування сучасних статистичних методів вітчизняними фахівцями і студентами, оскільки дозволяють

планувати дослідження з врахуванням статистичної потужності, використовувати показники величини ефектів, будувати для них довірчі інтервали, подавати результати в графічному вигляді. Доступність сучасних психометричних методів у складі R забезпечить покращення стану справ з якістю вимірювання і створенням нових психологічних тестів. Все це має позитивно вплинути на можливість публікації результатів наших досліджень в кращих західних журналах в умовах сучасної методологічної кризи.

**Перспективи подальших досліджень.** Публікацію подібних тьюторіалів варто продовжити, зосереджуючись на найбільш просунутих сучасних багатовимірних методах типу моделювання структурними рівняннями. Також поглиблене знання R може стати підґрунтям для розробки власних математико-статистичних методів.

**Декларація про конфлікт інтересів.** Автор заявляє про відсутність потенційного конфлікту інтересів стосовно дослідження, авторства та/або публікації цієї статті.

#### Список використаних джерел

- Assink, M., & Wibbelink, C. J. M. (2016). Fitting three-level meta-analytic models in R: A step-by-step tutorial. *The Quantitative Methods for Psychology, 12*(3), 154–174. <https://doi.org/10.20982/tqmp.12.3.p154>
- Baker, F. B., & Kim, S.-H. (2017). *The Basics of Item Response Theory Using R*. New York : Springer.
- Borsboom, D. (2006). The attack of the psychometricians. *Psychometrika, 71*(3), 425–440. <https://doi.org/10.1007/s11336-006-1447-6>
- Bürkner, P.-C., & Vuorre, M. (2019). Ordinal Regression Models in Psychology: A Tutorial. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 2*(1), 77–101. <https://doi.org/10.1177/2515245918823199>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd edition). Hillsdale, N.J : Routledge.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112*(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cohen, S., Kamareck, T., & Mermelstein, R. (1983). A Global Measure of Perceived Stress. *Journal of Health and Social Behavior, 24*(4), 385–396. <https://doi.org/10.2307/2136404>
- Cooper, H. M. (2020). *Reporting Quantitative Research in Psychology: How to Meet APA Style Journal Article Reporting Standards* (Second Edition, Revised). American Psychological Association.
- Costantini, G., Epskamp, S., Borsboom, D., Perugini, M., Möttus, R., Waldorp, L. J., & Cramer, A. O. J. (2015). State of the aRt personality research: A tutorial on network analysis of personality data in R. *Journal of Research in Personality, 54*, 13–29. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2014.07.003>
- Cumming, G. (2011). *Understanding The New Statistics: Effect Sizes, Confidence Intervals, and Meta-Analysis*. New York : Routledge.

Ellis, P. D. (2010). *The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results*. Cambridge; New York : Cambridge University Press.

Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering Statistics Using R*. London ; Thousand Oaks, Calif : SAGE Publications Ltd.

Flake, J. K., & Fried, E. I. (2019). *Measurement Schmeasurement: Questionable Measurement Practices and How to Avoid Them* [Preprint]. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/hs7wm>

Greiff, S., van der Westhuizen, L., Mund, M., Rauthmann, J. F., & Wetzell, E. (2020). Introducing New Open Science Practices at EJPA. *European Journal of Psychological Assessment*, 36(5), 717–720. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000628>

Ioannidis, J. P. A. (2005). Why Most Published Research Findings Are False. *PLOS Medicine*, 2(8), 124. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020124>

Kline, R. B. (2013). *Beyond Significance Testing: Statistics Reform in the Behavioral Sciences* (Second edition). Washington, DC : American Psychological Association.

Kline, R. B. (2019). *Becoming a Behavioral Science Researcher: A Guide to Producing Research That Matters* (Second edition). New York : The Guilford Press.

Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., Button, K. S., Chambers, C. D., Percie du Sert, N., Simonsohn, U., Wagenmakers, E.-J., Ware, J. J., & Ioannidis, J. P. A. (2017). A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>

Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>

*Publication Manual of the American Psychological Association: 7th Edition*. (2019). Washington : American Psychological Association.

Rasch, D., Kubinger, K., & Yanagida, T. (2011). *Statistics in Psychology Using R and SPSS*. Wiley.

Schmuller, J. (2017). *Statistical Analysis with R For Dummies*. Hoboken, New Jersey : For Dummies.

Wilcox, R. (2017). *Modern Statistics for the Social and Behavioral Sciences: A Practical Introduction* (2nd Edition). Chapman and Hall/CRC.

Кабаков, Р. (2014). *Р в действии. Анализ и визуализация данных в программе R*. Москва : ДМК Пресс.

Майборода, Р. Є. (2019). *Комп'ютерна статистика: Підручник*. Київ : ВПЦ «Київський університет».

Мастицкий, С. Э., & Шитиков, В. К. (2015). *Статистический анализ и визуализация данных с помощью R*. Москва : ДМК Пресс.

Мэглофф, Н. (2019). *Искусство программирования на R. Погружение в большие данные*. Санкт-Петербург : Питер.

О'Нил, К., & Шатт, Р. (2019). *Data Science. Инсайдерская информация для новичков. Включая язык R*. Санкт-Петербург : Питер.

Уикем, Х., & Гроулмунд, Г. (2016). *Язык R в задачах науки о данных: Импорт, подготовка, обработка, визуализация и моделирование данных*. Москва : Вильямс.

Шипунов, А. Б., Балдин, Е. М., Волкова, П. А., Коробейников, А. И., Назарова, С. А., Петров, С. В., & Суфиянов, В. Г. (2012). *Наглядная статистика. Использует R!* Москва : ДМК Пресс.

## References

- Assink, M., & Wibbelink, C. J. M. (2016). Fitting three-level meta-analytic models in R: A step-by-step tutorial. *The Quantitative Methods for Psychology, 12*(3), 154–174. <https://doi.org/10.20982/tqmp.12.3.p154>
- Baker, F. B., & Kim, S.-H. (2017). *The Basics of Item Response Theory Using R*. Springer.
- Borsboom, D. (2006). The attack of the psychometricians. *Psychometrika, 71*(3), 425–440. <https://doi.org/10.1007/s11336-006-1447-6>
- Bürkner, P.-C., & Vuorhe, M. (2019). Ordinal Regression Models in Psychology: A Tutorial. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 2*(1), 77–101. <https://doi.org/10.1177/2515245918823199>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd edition). Routledge.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112*(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A Global Measure of Perceived Stress. *Journal of Health and Social Behavior, 24*(4), 385–396. <https://doi.org/10.2307/2136404>
- Cooper, H. M. (2020). *Reporting Quantitative Research in Psychology: How to Meet APA Style Journal Article Reporting Standards* (Second Edition, Revised). American Psychological Association.
- Costantini, G., Epskamp, S., Borsboom, D., Perugini, M., Möttus, R., Waldorp, L. J., & Cramer, A. O. J. (2015). State of the aRt personality research: A tutorial on network analysis of personality data in R. *Journal of Research in Personality, 54*, 13–29. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2014.07.003>
- Cumming, G. (2011). *Understanding The New Statistics: Effect Sizes, Confidence Intervals, and Meta-Analysis*. Routledge.
- Ellis, P. D. (2010). *The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results*. Cambridge University Press.
- Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering Statistics Using R*. SAGE Publications Ltd.
- Flake, J. K., & Fried, E. I. (2019). *Measurement Schmeasurement: Questionable Measurement Practices and How to Avoid Them* [Preprint]. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/hs7wm>
- Greiff, S., van der Westhuizen, L., Mund, M., Rauthmann, J. F., & Wetzel, E. (2020). Introducing New Open Science Practices at EJPA. *European Journal of Psychological Assessment, 36*(5), 717–720. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000628>
- Ioannidis, J. P. A. (2005). Why Most Published Research Findings Are False. *PLoS Medicine, 2*(8), e124. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020124>
- Kline, R. B. (2013). *Beyond Significance Testing: Statistics Reform in the Behavioral Sciences* (Second edition). American Psychological Association.
- Kline, R. B. (2019). *Becoming a Behavioral Science Researcher: A Guide to Producing Research That Matters* (Second edition). The Guilford Press.
- Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., Button, K. S., Chambers, C. D., Percie du Sert, N., Simonsohn, U., Wagenmakers, E.-J., Ware, J. J., & Ioannidis, J. P. A. (2017). A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour, 1*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>

Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>

*Publication Manual of the American Psychological Association: 7th Edition.* (2019). American Psychological Association.

Rasch, D., Kubinger, K., & Yanagida, T. (2011). *Statistics in Psychology Using R and SPSS*. Wiley.

Schmuller, J. (2017). *Statistical Analysis with R For Dummies*. For Dummies.

Wilcox, R. (2017). *Modern Statistics for the Social and Behavioral Sciences: A Practical Introduction* (2nd Edition). Chapman and Hall/CRC.

Kabakov, R. (2014). *R v dejstvii. Analiz i vizualizacija dannyh v programme R. [R in Action: data analysis and visualization in R]* Moscow : DMK Press. [in Russian].

Majboroda, R. Je. (2019). *Komp'juterna statystyka: Pidruchnyk [Computer statistics: a textbook]*. Kyiv : VPC «Kyjivsjkyj universytet». [in Ukrainian].

Mastickij, S. Je., & Shitikov, V. K. (2015). *Statisticheskij analiz i vizualizacija dannyh s pomoshh'ju R [Statistical analysis and data visualization using R]*. Moscow : DMK Press. [in Russian].

Mjetloff, N. (2019). *Iskusstvo programirovaniya na R. Pogruzenie v bol'shie dannye [Art of R programming. Dive into Big Data]*. Saint-Petersburg : Piter. [in Russian].

O'Nil, K., & Shatt, R. (2019). *Data Science. Insajderskaja informacija dlja novichkov. Vkljuchaja jazyk R [Data Science. Insider information for beginners including R language]*. Saint-Petersburg : Piter. [in Russian].

Uikem, H., & Groulmund, G. (2016). *Jazyk R v zadachah nauki o dannyh: Import, podgotovka, obrabotka, vizualizacija i modelirovanie dannyh [R for Data Science: Visualize, Model, Transform, Tidy, and Import Data]*. Moscow : Vil'jams. [in Russian].

Shipunov, A. B., Baldin, E. M., Volkova, P. A., Korobejnikov, A. I., Nazarova, S. A., Petrov, S. V., & Sufijanov, V. G. (2012). *Nagljadnaja statistika. Ispol'zuem R! [Visual Statistics: Use R!]* Moscow : DMK Press. [in Russian].

## Abstract

**Vinogradov A. G.,**

PhD (Candidate of Psychological Sciences),  
Associate Professor (docent),  
Taras Shevchenko National University of Kyiv  
E-mail: a.g.vinogradov@knu.ua

## USING R FOR PSYCHOLOGICAL RESEARCH: A TUTORIAL OF BASIC METHODS

The article belongs to a special modern genre of scholar publications, so-called tutorials – articles devoted to the application of the latest methods of design, modeling or analysis in an accessible format in order to

disseminate best practices. The article acquaints Ukrainian psychologists with the basics of using the R programming language to the analysis of empirical research data. The article discusses the current state of world psychology in connection with the Crisis of Confidence, which arose due to the low reproducibility of empirical research. This problem is caused by poor quality of psychological measurement tools, insufficient attention to adequate sample planning, typical statistical hypothesis testing practices, and so-called “questionable research practices.” The tutorial demonstrates methods for determining the sample size depending on the expected magnitude of the effect size and desired statistical power, performing basic variable transformations and statistical analysis of psychological research data using language and environment R. The tutorial presents minimal system of R functions required to carry out: modern analysis of reliability of measurement scales, sample size calculation, point and interval estimation of effect size for four the most widespread in psychology designs for the analysis of two variables’ interdependence. These typical problems include finding the differences between the means and variances in two or more samples, correlations between continuous and categorical variables. Practical information on data preparation, import, basic transformations, and application of basic statistical methods in the cloud version of RStudio is provided.

***Key words:*** *tutorial, R, effect size, confidence intervals, statistical power, principles of Open Science.*

---

Отримано – 24 вересня 2020,  
Received – September 24, 2020

Рецензовано – 26 вересня 2020  
Revision – September 26, 2020

Прийнято – 1 жовтня 2020  
Accepted – October 1, 2020