

# שיטות מחקר בקוגניציה (6132)

## תרגיל 2

17 במאי 2022

### נהלי עבודה והגשה

#### הגשה

יש להגיש את התרגיל בתיבת ההגשה הייעודית במודל, עד לתאריך 31.5 בשעה 23:59. יש להעלות לתיבת ההגשה קובץ פורמט PDF ובו תשובות מילוליות לכל השאלות בתרגיל, בצירוף הגרפים הנדרשים. בנוסף, יש להעלות לתיבת ההגשה קובץ R שמכיל את כל הקוד הנדרש בתרגיל. על קובץ הקוד לרוץ ללא שגיאות ולהפיק את כל התוצרים (לרבות הגרפים) שמוצגים במסמך ה-PDF. הקוד ייבדק ידנית, אנא הקפידו על תיעוד ועל קריאות. שימו לב שהציון המקסימלי בתרגיל הוא 100, גם אם בעזרת בונוסים הצלחתן לצבור יותר מ-100 נקודות. שאלות על התרגיל ניתן לפרסם, גם באנונימיות, בפורום יחידה 2. להוראות נוספות, ראו מסמך נהלי הקורס. בהצלחה!

#### טעינה, ארגון וסינון של נתונים

בטעינת נתונים והכנתם לניתוח סטטיסטי, הקפידו על:

- טעינת הנתונים במלואם. כלומר, ודאו שלא הושמטו בשוגג שורות או עמודות.
- השמטת משתנים שאינם רלוונטיים לשאלת המחקר.
- השמטת שורות המכילות ערכים חסרים או אינסופיים בעמודות הרלוונטיות לשאלת המחקר. לבדיקת קיומם של ערכים חסרים או אינסופיים השתמשו בפונקציות `is.na` ו-`is.finite` בהתאמה.

#### ויזואליזציה של נתונים

בהצגת גרפים, הקפידו על:

- שימוש בסוג גרף (geom) התואם את הנתונים המוצגים.
- שימוש בשמות צירים המעידים בבירור על המשתנים המיוצגים באמצעותם.
- שימוש בטווחי צירים התואמים את הנתונים המוצגים בגרף.
- הצגת מקרא (legend) המעיד על משתנים שאינם מיוצגים באמצעות צירי הגרף (למשל, כאלה המיוצגים על ידי צבע).
- עקרונות ויזואליזציה נכונה, כפי שנלמדו בתרגול 7.

#### דיווח תוצאות מבחנים סטטיסטיים

בדיווח תוצאות מבחן סטטיסטי יש לכלול את ערך סטטיסטי המבחן, מספר דרגות החופש, p-value, האם נדחתה השערת האפס, גודל אפקט, ורווח סמך ברמת בטחון 95% עבור תוחלת האוכלוסייה (במבחני  $t$  בלבד). נא לא להסתפק בצילום של הפלט מ-R ולהקפיד על דיווח כל הני"ל בצורה מילולית ומסודרת.

## שימוש בקוד חיצוני

לתרגיל מצורף קובץ עזר, `ex2_utils.R`. על-מנת להשתמש בפונקציות שמופיעות בו, ודאו שהקובץ נמצא ב-`working directory` של הקוד והריצו את הפקודה הבאה:

```
source("ex2_utils.R")
```

לאחר מכן תוכלו לקרוא לפונקציות מקובץ העזר כאילו הוגדרו בתוך קובץ הקוד שלכן. נא לא להעתיק את הפונקציות מקובץ העזר אל קובץ הקוד שלכן, אלא להשתמש ב-`source`. לפני השימוש בהן, הקפידו לקרוא את תיעוד הפונקציות המופיע לצדן ב-`ex2_utils.R`. על-מנת לשמור על סדר ועל קריאות הקוד, מומלץ להעביר לתחילת קובץ הקוד שלכן את כל הקריאות לפונקציות `source`, `install.packages` ו-`library`.

## שאלה 1

בשאלה זו תתבקשו לתכנן ולבצע מבחני  $t$  ו-ANOVA בהתאם לשאלות מחקר שתנסחו בעצמכן. קובצי התרגיל כוללים שלושה מאגרי נתונים (datasets): `pokedex.csv`, `starwars.csv`, `nlschools.csv`. לצד כל מאגר נתונים מופיע קובץ הסבר עליו. קראו בעיון את תיאורי הנתונים ונסחו **שלוש שאלות מחקר**: אחת המתאימה לבדיקה באמצעות **מבחן  $t$** , אחת המתאימה לבדיקה באמצעות **מבחן ANOVA חד-גורמי**, ואחת המתאימה לבדיקה באמצעות **מבחן ANOVA דו-גורמי**. על כל אחת משאלות המחקר להתייחס ל-dataset אחד בלבד, וניתן להשתמש באותו dataset עבור מספר שאלות מחקר.

עבור כל אחת משלוש שאלות המחקר, ענו על הסעיפים הבאים:

- ציינו את ה-dataset ואת שאלת המחקר שבחרתן.
- נסחו בצורה מילולית ו/או מתמטית את השערת האפס ואת ההשערה האלטרנטיבית של המבחן הסטטיסטי הבוחן את שאלת המחקר.
- טענו את מאגר הנתונים ל-R והכינו אותו לניתוח סטטיסטי בהתאם להנחיות בתחילת התרגיל.
- הציגו גרף המתאר את המשתנים הרלוונטיים לשאלת המחקר שבחרתן.
- בצעו את המבחן הסטטיסטי ודווחו את תוצאותיו בהתאם להנחיות בתחילת התרגיל.

## שאלה 2

בשאלה זו ננתח נתונים מלאכותיים הכוללים שישה משתנים בלתי-תלויים בין-נבדקיים ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ ) ומשתנה תלוי אחד ( $y$ ).

א. השתמשו בפונקציה `generate_data` מהקובץ `ex2_utils.R` כדי ליצור סט נתונים.

ב. צרו שישה מודלי ANOVA בין-נבדקיים:

(א) מודל חד-גורמי עם משתנה בלתי-תלוי  $x_1$ .

(ב) מודל דו-גורמי עם משתנים ב"ת  $x_1, x_2$ .

(ג) מודל תלת-גורמי עם משתנים ב"ת  $x_1, x_2, x_3$ .

(ד) מודל ארבעה-גורמי עם משתנים ב"ת  $x_1, x_2, x_3, x_4$ .

(ה) מודל חמישה-גורמי עם משתנים ב"ת  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ .

(ו) מודל שישה-גורמי עם משתנים ב"ת  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ .

ג. עבור כל אחד מששת המודלים, השתמשו בפונקציה `get_ssw` מהקובץ `ex2_utils.R` ע"מ לקבל את ערך ה-SSW של המודל.

ד. הציגו גרף של SSW כתלות במספר הגורמים הבין-נבדקיים במודל.

ה. הריצו את סעיפים א'-ד' מספר פעמים (אין צורך להציג את התוצאות). שימו לב שבכל פעם תקבלו מהפונקציה

`generate_data` סט נתונים מעט שונה. סכמו: כיצד הוספת גורמים בין-נבדקיים משפיעה על ה-SSW במערך נתון?

ו. מה מייצג ערך ה-SSW? כיצד גורם זה בא לידי ביטוי בתהליך בדיקת ההשערות במערך בין-נבדקי?

ז. כיצד המגמה ב-SSW שתיארתם בסעיף ה' משפיעה על ערך  $F$  של האפקט העיקרי של כל גורם בין-נבדקי? כיצד

השפעה זו על ערך  $F$  מתבטאת ב- $p$ -value? (מספיק לכתוב תשובה שנכונה לגבי מעבר ממערך חד-גורמי לדו-גורמי).

ח. **בונוס:** ידוע שסך השונות במערך חד-גורמי בין-נבדקי מקיימת:

$$SST = SSB + SSW_{\text{one-way}}$$

כמו כן ידוע שסך השונות במערך דו-גורמי בין-נבדקי מקיימת:

$$SST = SSA + SSB + SSInt + SSW_{\text{two-way}}$$

הסבירו בעזרת המשוואות את המגמה שתוארה בסעיף ה', לכל הפחות במעבר ממערך חד-גורמי לדו-גורמי עם אותם נתונים.

ט. **בונוס:** ככל שמוסיפים למערך נתון גורמים בין-נבדקיים, האם המגמה שתיארו ב-SSW תתקיים בהכרח גם ב-MSW? אם לא, באילו תנאים?

## שאלה 3

בשאלה זו נבחן כיצד ההבדל בגורם הטעות של מערכים תוך-נבדקיים ובין-נבדקיים משפיע על עוצמת המבחנים (ההסתברות שהמבחן יגלה אפקט שאכן קיים במציאות). העיקרון שנדגים במבחני  $t$  וב-ANOVA חד-גורמית ניתן להכללה גם למערכים רב-גורמיים.

א. הקובץ `t_data.csv` מכיל נתונים שנאספו בניסוי. כל עמודה מייצגת רמה אחרת של משתנה בלתי-תלוי קטגוריאלי.

1. רתם, עוזר מחקר מבולבל, חשב שהמשתנה הב"ת הוא בין-נבדקי וניתח את הנתונים בעזרת מבחן  $t$  למדגמים

בלתי-מזווגים. טענו את הנתונים ל-R, בצעו את הניתוח ודווחו את תוצאותיו.

2. לאחר שהתייעץ עם הסטודנטית שהריצה את הניסוי הבין רתם שהמשתנה הב"ת הוא תוך-נבדקי, וניגש לבצע

מבחן  $t$  למדגמים מזווגים. בצעו את הניתוח ודווחו את תוצאותיו.

3. באיזה ניתוח התקבל  $p$ -value נמוך יותר, הבין-נבדקי או התוך-נבדקי?

ב. הקובץ `anova_data.csv` מכיל נתונים שנאספו בניסוי. כל עמודה מייצגת רמה אחרת של משתנה בלתי-תלוי קטגוריאלי.

טענו את הנתונים ל-R.

1. רועי, עוזר מחקר מבולבל אף הוא, חשב שהמשתנה הב"ת הוא בין נבדקי וניתח את הנתונים בעזרת מבחן

ANOVA חד-גורמי בין-נבדקי. בצעו את הניתוח ודווחו את תוצאותיו. שימו לב שלא למדנו לבצע ב-R מבחני

ANOVA בפורמט בו הנתונים מוצגים (wide). השתמשו בפונקציה `pivot_longer` ע"מ להעביר את הנתונים

לפורמט long המתאים לניתוח בין-נבדקי.

2. קובי, עוזר מחקר שאינו מבולבל, התייעץ מראש עם הסטודנטית שהריצה את הניסוי וידע שהמשתנה הב"ת

הוא תוך-נבדקי. על כן ניתח את הנתונים בעזרת מבחן ANOVA חד-גורמי תוך-נבדקי. בצעו את הניתוח

ודווחו את תוצאותיו. השתמשו גם כאן בפונקציה `pivot_longer` ע"מ להעביר את הנתונים לפורמט `long`. שימו לב שבמקרה הזה יש צורך בעמודת מזהי נבדקים, לשם כך ניתן להשתמש בעמודה " $X$ " שנוצרת עם טעינת הדאטא ל-R.

3. באיזה ניתוח התקבל  $p$ -value נמוך יותר, הבין-נבדקי או התוך-נבדקי?

4. בעזרת הפונקציה `get_mse` מהקובץ `ex2_utils.R`, מצאו את גורמי הטעות במערכי ה-ANOVA מסעיפים 1-2. הגורמים המתקבלים הם ה-MS המתאים לגורם הטעות בכל מערך. ציינו מהו גורם הטעות בכל מערך ומה הן דרגות החופש שלו.

5. הכפילו כל אחד מגורמי ה-MS מהסעיף הקודם בדרגות החופש שלו כדי לקבל את גורם ה-SS המתאים.

6. השוו בין גורמי הטעות (SS) בניתוח הבין-נבדקי ובניתוח התוך-נבדקי. באיזה סוג מערך התקבל גורם טעות קטן יותר? האם הדבר מתאים להבדלים במובהקות המערכים?

ג. בסעיפים הקודמים ראינו שגם במבחן  $t$  וגם ב-ANOVA, למעבר ממערך בין-נבדקי למערך תוך-נבדקי יש השפעה דומה על  $p$ -value. בסעיף הקודם ראינו שסיבה אפשרית לכך נעוצה בהבדל בין גורמי הטעות. שימו לב במעבר ממערך בין-נבדקי לתוך-נבדקי, בעוד שהמגמה שנמצאה בין גורמי ה-SS נשמרת תמיד, במצבים מסוימים היחס בין גורמי ה-MS וה- $p$ -values של שני המערכים יכול להיות שונה ממה שנמצא בדאטא שקיבלתם, בעקבות הבדלים ברעש ובדרגות החופש.

**בנוסף:** בעת בניית מערך ניסוי, אם ניתן לממש משתנה ב"ת מסוים גם כתוך-נבדקי וגם כבין-נבדקי, באיזו אפשרות הייתן ממליצות לבחור? מדוע? מה הם היתרונות והחסרונות של בחירה בכל אחד מהמערכים? התייחסו בין היתר לאלו שהתבטאו בשאלה זו.

## שאלה 4

מטלת Random Dot Motion Coherence (RDMC) היא דרך לבחון את יכולת ההבחנה בין תנועות במערכת הוויזואלית האנושית. במטלה זו נבדקים צופים במסך ועליו נקודות שנעות למעלה ולמטה. בכל חזרה (trial), חלק מן הנקודות נעות כל הזמן באותו כיוון, והאחרות נעות בכיוון אקראי שמשתנה בכל נקודת זמן. אחוז הנקודות שנעות בכיוון קבוע הוא משתנה שנקרא "קוהרנטיות". ההנחיה לנבדקים במטלה זו היא ללחוץ על כפתור למעלה/למטה בהתאם לכיוון התנועה הקוהרנטית. ידוע שקיים אפקט של קוהרנטיות על זמן התגובה: ככל שהקוהרנטיות גבוהה יותר כך זמן התגובה מתקצר. כמו כן, ידוע שבשעות הלילה יכולת ההבחנה בפרטים בגירויים ויזואליים מצטמצמת, ללא קשר למידת העייפות או לתאורה בחדר. נניח שאנחנו משערים שתופעה זו תגרום לביטול האפקט של קוהרנטיות על זמן תגובה במטלת RDMC, כלומר שבניסוי שיבוצע בלילה לא יימצא אפקט של קוהרנטיות על זמן תגובה. נתכנן ניסוי שמשתתפיו יבצעו מטלת RDMC, חלקם בתנאי קוהרנטיות נמוכה (30%) וחלקם בתנאי קוהרנטיות גבוהה (70%). חלק מהנבדקים יבצעו את הניסוי בשעות היום וחלק יבצעו אותו בשעות הלילה. לכל נבדק יימדד בכל טרייל זמן התגובה, וינותחו נתונים רק מטריילים שבהם כיוון התנועה הקוהרנטית זוהה נכון.

א. מה הם המשתנים הבלתי תלויים במערך המחקר? מהו המשתנה התלוי?

ב. איזה סוג מבחן ANOVA מתאים לניתוח הנתונים? התייחסו הן למספר הגורמים והן לסוג המערך (בין-נבדקי, תוך-נבדקי או מעורב).

ג. מציאתו של איזה אפקט במבחן ה-ANOVA תתמוך בהשערת המחקר?

ד. נזכיר: אפקט פשוט הוא האפקט של גורם כלשהו **בתוך** אחת הרמות של גורם אחר. אם השערת המחקר נכונה, איזה/אילו מהאפקטים הפשוטים במערך נצפה שיהיו מובהקים ואיזה/אילו נצפה שיהיו לא מובהקים?

## בנוס: שאלה 5

בהתייחס לביטוי הבא:

$$\text{statistic} \overset{H_0}{\sim} \text{distribution}$$

- א. הסבירו את משמעות הביטוי. מה מייצג כל אחד מחלקיו?
- ב. מדוע הצבת נוסחה במקום "statistic" והצבת שם של התפלגות כלשהי במקום "distribution" מספיקים כדי להגדיר בצורה מלאה מבחן סטטיסטי? בהינתן הצבה של נוסחה במקום "statistic" והתפלגות במקום "distribution", כיצד נחשב  $p$ -value?
- ג. הדגימו מימוש של הביטוי בהגדרה של מבחן סטטיסטי כלשהו שלמדנו בקורס. כלומר נקבו בשם המבחן וציינו במדויק את הנוסחה שהוצבה במקום "statistic" ואת ההתפלגות שהוצבה במקום "distribution".

## שאלה 6

השאלות מתייחסות למאמר המצורף:

Takizawa, H., Ishioka, T., Koizumi, K., Tayama, J., Suzuki, M., Nakaya, N., & Hamaguchi, T. (2021). A Cross-sectional Study of Attention Bias for Facial Expression Stimulation in Patients with Stroke at the Convalescence Stage. *International Journal of Behavioral Medicine*, 28(4), 511-522.

הכוונת קשב לגירויים טעונים רגשית מהווה גורם בעל חשיבות גבוהה להישרדות. היכולת לעבד מידע שלילי מאפשרת זיהוי איתותי סכנה והתרחקות מגירויים מאיימים. יכולת זו חשובה גם לתפקוד חברתי ולאינטראקציות בין-אישיות. יחד עם זאת, בקרב אוכלוסיות קליניות שונות המנגנון אשר מפרש רגשות שליליים ומכווין אליהם את הקשב עובד בצורה אי-רגולרית. למשל, אצל מתמודדים עם דיכאון הכוונת הקשב לגירויים שליליים בדרך כלל גבוהה יותר. המאמר הנוכחי בודק את הכוונת הקשב למידע שלילי בקרב מטופלים עם Hemiparesis (שיתוק צד).

קראו את המאמר המצורף וענו על השאלות הבאות:

א. ANCOVA (Analysis of Covariate) הינו סוג של מערך ANOVA בו מוסיפים למודל משתנים למודל שנעשית עליהם בקרה, כלומר שבהם מעוניינים החוקרים לשלוט. ניתן, אך לא חובה, לצפות בהסבר בסרטון קצר כאן. כותבי המאמר בחרו במודל זה ולא במודל ANOVA רגיל משום שהיה צורך לבצע שליטה ובקרה על משתנים שיכולים להתערב בקשר בין המשתנים הבלתי תלויים לבין המשתנה התלוי. באילו משתנים היו מעוניינים החוקרים לשלוט ומדוע?

ב. החוקרים עשו שימוש בנקודות חיתוך (cut-offs) עבור המשתנה MCI. מה הייתה מטרת השימוש בנקודות חיתוך אלו? האם לדעתכם נקודות החיתוך שנבחרו נכונות? האם הניתוח הראה הבדלים בין נקודות חיתוך אלו?

ג. עבור הגרף המוצג ב-Fig 4, פרטו את כל המשתנים הבלתי-תלויים המופיעים בגרף ואת הרמות של כל אחד. איזה סוג של מודל ANOVA מתאים לבחינת ההבדלים המתוארים בגרף?

ד. כותבי המאמר מתארים שימוש בתיקון להשוואות מרובות. מהו סוג התיקון המתואר? האם הייתה הצדקה לתיקון השוואות מרובות במקרה המתואר?

ה. בגרף המוצג ב-Fig 4 ניתן לראות שאפקט פשוט אחד מובהק והשני אינו מובהק. חוקר טען שניתן להסיק מכך על אינטראקציה, שכן יש הבדל בין דפוס האפקטים הפשוטים. האם החוקר צודק או טועה? הסבירו תוך התייחסות לממצאי המאמר.