



מרכז ארצי לבחינות ולהערכה (ע"ר)  
NATIONAL INSTITUTE FOR TESTING & EVALUATION  
المركز القطري للامتحانات والتقييم  
מיסודן של האוניברסיטאות בישראל

תיקון לקיצוץ תחום עבור בררה חד-משתנית  
(במקרה התלת-משתני)  
ועבור בררה רב-משתנית:  
השוואה בנתונים הדמייתיים ובנתונים אמפיריים

דח  
RR  
16-07

אוגוסט 2016

תמר קנת-כהן | דביר קלפר | אליוט טורוול

דוח מאליו RR-16-07

ISBN:978-965-502-199-8

תיקון לקיצוץ תחום עבור בררה חד-משתנית  
(במקרה התלת-משתני)  
ועבור בררה רב-משתנית:  
השוואה בנתונים הדמייתיים ובנתונים אמפיריים

תמר קנת-כהן

דביר קלפר

אליוט טורוול

אוגוסט 2016

## תוכן העניינים

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 3  | תקציר                    |
| 4  | מבוא                     |
| 6  | חלק א' – הדמיה           |
| 6  | שיטה                     |
| 9  | תוצאות                   |
| 13 | חלק ב' – ממצאים אמפיריים |
| 13 | שיטה                     |
| 16 | תוצאות                   |
| 18 | סיכום                    |
| 20 | מקורות                   |

## לוחות

|    |         |                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | – לוח 1 | תיקון המתאם בין $x_1$ לשלושה מצבי בררה                                                                                                                                                                             |
|    | – לוח 2 | הטיה (אחוז הסטייה) באומדן המתאם בין חזאי לקריטריון ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקוף עקיף (IN) ותיקון רב-משותף (MU) ב-72 תנאים                                                               |
| 10 | – לוח 3 | MAPE (ממוצע הערך המוחלט של ההטיה) באומדן המתאם בין חזאי לקריטריון ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקון עקיף (IN) ותיקון רב-משותף (MU), לפי מתאמי שני החזאים עם הקריטריון, שיטת הבררה ויחס הבררה |
| 11 | – לוח 4 | ממוצעים וסטיות תקן של משתני המחקר לפי פקולטה ולפי מחזור                                                                                                                                                            |
| 16 | – לוח 5 | מתאמים בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לבין ציון שנה א' מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקון עקיף (IN) ותיקון רב-משותף (MU) לפי פקולטה ולפי מחזור                                                                    |
| 17 | – לוח 6 | מתאמים נצפים בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לבין ציון שנה א' לפי פקולטה ולפי מחזור                                                                                                                                   |
| 25 |         |                                                                                                                                                                                                                    |

## תרשימים

|    |           |                                                         |
|----|-----------|---------------------------------------------------------|
| 12 | – תרשים 1 | MAPE באומדן המתאם ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום |
|----|-----------|---------------------------------------------------------|

## נספחים

|    |          |                                                                                              |
|----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 | – נספח 1 | תיקון לקיצוץ תחום בעקבות בררה רב-משתנית במקרה הפרטי של שני חזאים ששימשו בבררה וקריטריון יחיד |
| 23 | – נספח 2 | תיקון לקיצוץ תחום בעקבות בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני                                     |
| 25 | – נספח 3 | מתאמים נצפים                                                                                 |

במחקרי תוקף הניבוי במאל"ו משתמשים כיום בתיקון לקיצוץ תחום עבור בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני, תחת ההנחה שהבררה מתבססת על ציון סכום, שהוא צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים. לאחרונה נאספו עדויות לכך שהנחה זו על תהליך הבררה אינה מתקיימת במלואה תמיד. לאור זאת נבדקת האפשרות לעבור לשימוש בנוסחה הכללית לתיקון – נוסחת התיקון עבור בררה רב-משתנית – שהיא אדישה לשיטת הבררה הספציפית (למשל, מהם משקלות המשתנים בציון הקבלה), ובלבד שמזהים את כל המשתנים המעורבים בבררה.

מחקר זה התמקד במקרה הפרטי של שני חזאים ששימשו בבררה ( $x_1$  ו- $x_2$ ) וקריטריון יחיד ( $y$ ), והיו לו שני חלקים. **החלק הראשון** היה הדמייתי, ומטרתו הייתה להשוות בין שתי שיטות התיקון: התיקון שבו משתמשים כיום (שיכונה להלן "תיקון עקיף") והתיקון המוצע (שיכונה להלן "תיקון רב-משתני"). ההשוואה נעשתה תחת תנאים שונים, ובפרט תחת שיטות שונות לבררה. נמצא שהתיקון הרב-משתני מספק אומדן מצוין של המתאמים תחת מגוון של שיטות בררה. לעומתו, התיקון העקיף תפקד טוב בעיקר כאשר ההנחה שעמדה בבסיסו בדבר שיטת הבררה הייתה נכונה.

**החלק השני** היה אמפירי, ומטרתו הייתה להציג את ההשלכות של המעבר משיטת תיקון אחת לאחרת על ממצאי תוקף הניבוי של כלי המיון. לצורך זה חושבו מקדמי התוקף של כלי המיון, מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי השיטות, בקרב 98,926 תלמידי שנה א' באוניברסיטאות ממחוזות תשס"ח (2007/08) עד תשע"ב (2011/12). השוואה בין שתי שיטות התיקון הראתה שההבדלים ביניהן קטנים מאוד. כדאי לציין שבהקשר האמפירי, להבדיל מההקשר ההדמייתי, הנתונים שיש בידינו מאפשרים לקבל רק קירוב לפרמטרים האמיתיים באוכלוסיית המועמדים. למגבלה זו עשויות להיות השלכות שונות על מידת הדיוק של שתי השיטות, ולפיכך הדמיון בממצאים האמפיריים עשוי לנבוע מגורמים שונים, ולא רק מכך שההנחה שעומדת בבסיס התיקון העקיף, קרי, שהבררה התבססה על צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים, היא נכונה.

מסקנת המחקר היא שכאשר הפרמטרים של אוכלוסיית המועמדים, שנחוצים לתיקון, ידועים, התיקון הרב-משתני עדיף. ההשלכות של שימוש באומדנים לא מדויקים של הפרמטרים הללו בהקשרים אמפיריים ייבחנו במחקר המשך.

נושא נוסף שיטופל במחקר המשך הוא יישום של התיקון הרב-משתני במקרה הכללי שבו יש יותר משני משתנים שעברו בררה ישירה ויותר ממשתנה אחד שעבר בררה עקיפה.

בעיה רווחת בהקשר של תיקוף כלים למיון מועמדים (ללימודים, למשל), היא שאנו מתעניינים בתוקף הניבוי של כלי המיון ( $x$ ) בקרב המועמדים, מאחר שהם אלה שבקרבם מתבצע תהליך המיון, אך מסוגלים לחשבו רק בקרב אותם מועמדים שהתקבלו והתחילו ללמוד, כיוון שרק לגביהם יש מידע על ההישגים בלימודים ( $y$ ). פירסון (Pearson, 1903) זיהה את ההשלכות של בררה מוקדמת על תיקוף של כלי מיון: בשל תהליך הבררה, טווח הציונים – הן בכלי המיון והן בהישגים בלימודים – בקרב קבוצת הלומדים הוא מצומצם יותר, או "מקוצץ", מה שמקטין את מקדם התוקף הנצפה. כדי לאמוד את מקדם התוקף האמתי, המשקף את התוקף בקרב כל המועמדים, יש צורך בתיקונים סטטיסטיים המכונים "תיקונים לקיצוץ תחום". פירסון הציע נוסחאות תיקון עבור שלושה סוגי מצבים, שמוכרים מעבודתו של תורנדייק (Thorndike, 1949) כמקרים 1, 2 ו-3.

מקרים 1 ו-2 מתייחסים למצב שבו הבררה נעשתה על פי  $x_1$  (כלי המיון או החזאי שבתוקף שלו אנו מתעניינים). במצב כזה נאמר ש- $x_1$  עבר בררה ישירה וש- $y$  (ההישגים בלימודים או הקריטריון) עבר בררה עקיפה כיוון שהוא מתואם עם  $x_1$ . התיקון שמתאים למצב כזה נקרא **"תיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה הדו-משתני"** (Gulliksen, 1987, Chap. 11). הבררה נקראת "חד-משתנית" כיוון שהיא התבססה על משתנה יחיד ( $x_1$ ), והמקרה הוא "דו-משתני" כיוון שמעורבים בתיקון המתאם  $r_{yx_1}$  רק שני משתנים ( $y$  ו- $x_1$ ). ההבדל בין מקרים 1 ו-2 הוא במידע שיש לנו מאוכלוסיית המועמדים ושממש אותנו בנוסחת התיקון: במקרה 1 זוהי סטיית התקן של  $y$ , ובמקרה 2 זוהי סטיית התקן של  $x_1$ <sup>1</sup>.

מקרה 3 מתייחס למצב שבו הבררה נעשתה על פי משתנה שלישי,  $z$ . במצב זה  $x_1$  ו- $y$  עברו בררה עקיפה כיוון שהם מתואמים עם  $z$ . התיקון שמתאים למצב כזה נקרא **"תיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני"** (Gulliksen, 1987, Chap. 12). הבררה נקראת "חד-משתנית" כיוון שהיא התבססה על משתנה יחיד ( $z$ ), והמקרה הוא "תלת-משתני" כיוון שמעורבים בתיקון המתאם  $r_{yx_1}$  שלושה משתנים ( $y$ ,  $x_1$  ו- $z$ ).

לולי (Lawley, 1943) ניסח הכללה של נוסחאות התיקון שהוצגו על ידי תורנדייק למצב של בררה רב-משתנית. במצב זה הבררה מתבססת על משתנים אחדים ויש קבוצה נוספת של משתנים שמתואמים אתם ולכן חשופים לבררה עקיפה. תיקון זה נקרא **"תיקון עבור בררה**

<sup>1</sup> מקרה 2 הוא המקרה הטיפוסי במצב של בררה חד-משתנית במקרה הדו-משתני, בעוד שמקרה 1 הוא פחות סביר. נציין שמקרה 1 פורש לעתים קרובות באופן שגוי כמייצג מצב שבו הבררה נעשתה לפי  $y$  (Sackett & Yang, 2000).

**רב-משתנית**" (Gulliksen, 1987, Chap. 13). הבררה נקראת "רב-משתנית" כיוון שהיא מתבססת על משתנים אחדים<sup>2</sup>.

לוח 1 מסכם את מה שנאמר לעיל ומציג את המשתנים המעורבים ואת התיקון המתאים בכל אחד משלושת מצבי הבררה.

**לוח 1 – תיקון המתאם בין  $y$  ל- $x_1$  בשלושה מצבי בררה**

| התיקון המתאים                              | משתנים שעברו<br>בררה עקיפה | משתנים שעברו<br>בררה ישירה* |
|--------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| תיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה הדו-משתני  | $y$                        | $x_1$                       |
| תיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני | $y, x_1$ (וייתכנו נוספים)  | $z$                         |
| תיקון עבור בררה רב-משתנית                  | $y$ (וייתכנו נוספים)       | $x_1, x_2$ (וייתכנו נוספים) |

\* כלומר, שהבררה נעשתה על-פיהם

נוסחאות התיקון לקיצוץ תחום (במקרה הכללי של בררה רב-משתנית וכמובן שגם במקרים הפרטיים של בררה חד-משתנית) מבוססות על שתי הנחות: שהגרסיה של כל משתנה שעבר בררה עקיפה על כל קבוצה של משתנים שעברו בררה ישירה היא לינארית (לינאריות) ושמתרצת השונות המשותפת של משתני הבררה העקיפה, בהינתן ערכים קבועים של משתני הבררה הישירה, אינה תלויה בערכים המסוימים של משתני הבררה הישירה (הומוסקדסטיות). לולי הראה שההנחות האלה נחוצות ומספיקות לפיתוח נוסחאות התיקון.

במחקרי תוקף הניבוי במאל"ו משתמשים כיום בתיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני, תחת ההנחה שהבררה מתבססת על ציון סכם, שהוא צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים. מדי פעם נאספות עדויות לכך שהנחה זו על תהליך הבררה אינה מדויקת. כך, למשל, במקרים רבים משתמשים בציון קבלה שבו המשקלות של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל אינם שווים. דוגמה אחרת היא מקרים שבהם השימוש בשני החזאים אינו מבוסס על צירופם במשקלות ידועים וקבועים כלשהם (למשל, כאשר משתמשים בציון הגבוה מבין השניים). לבסוף, בשנים האחרונות התרחבה האפשרות להתקבל לתחומי לימוד שונים גם על סמך ממוצע הבגרות בלבד או ציון מכפ"ל בלבד. לאור זאת נבדקת האפשרות לעבור לשימוש בנוסחה הכללית לתיקון – תיקון עבור בררה רב-משתנית. תיקון זה אמור להיות אדיש לשיטת הבררה הספציפית (למשל, מהם בדיוק משקלות המשתנים בציון הקבלה ו/או אם יש גם אפשרות להתקבל על סמך משתנה יחיד),

<sup>2</sup> הבררה החד-משתנית היא מקרה פרטי של הבררה הרב-משתנית.

ובלבד שמזהים את כל המשתנים המעורבים בבררה (Lord & Novick, 1968), והוא מקובל במערכות מיון דומות בארצות בעולם המערבי (ראו, למשל, Shaw et al., 2016 בהתייחס ל-SAT).

נוסחאות התיקון לקיצוץ תחום בשל בררה רב-משתנית הן מורכבות, ומחייבות, במקרה הכללי, שימוש בכתיב של מטריצות. בנספח 1 מוצגות הנוסחאות בצורה מפורשת (בניגוד לכתיב מטריצות) עבור המקרה הפרטי של שני חזאים ששימשו בבררה ( $x_1$  ו- $x_2$ ) וקריטריון יחיד ( $y$ ). זהו המקרה שבו נתמקד במחקר זה. הוא מייצג מצב עולם שבו הבררה התבססה, למשל, על הציון הכללי במכפ"ל ועל ממוצע הבגרות, ואנו מתעניינים בתוקפם בניבוי ציון שנה א' לתואר בוגר. במחקר המשך נרחיב למצב שבו יש יותר משני משתנים שעברו בררה ישירה (למשל, ממוצע הבגרות והציונים בשלושת תחומי מכפ"ל) ויותר ממשתנה אחד שעבר בררה עקיפה (למשל, ציון שנה א' ו"ציון משוקלל" – משתנה שמבוסס על צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל בשקלול כלשהו). במצב כזה, המשתנים שבמתאם שביניהם אנו מתעניינים יכולים להיות משתי הקבוצות: אחד עשוי להיות משתנה שעבר בררה ישירה (למשל, הציון בחשיבה כמותית במכפ"ל) והשני משתנה שעבר בררה עקיפה (למשל, ציון שנה א'), או ששניהם עשויים להיות משתנים שעברו בררה עקיפה (למשל, הציון המשוקלל וציון שנה א').

למחקר הנוכחי שני חלקים. **החלק הראשון** הוא הדמייתי, ומטרתו היא להשוות בין שתי שיטות התיקון: התיקון שבו משתמשים כיום (תיקון עבור בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני, שיכונה להלן "תיקון עקיף") והתיקון המוצע (תיקון עבור בררה רב-משתנית, שיכונה להלן "תיקון רב-משתני"). ההשוואה נעשתה תחת תנאים שונים, ובפרט תחת שיטות שונות לבררה. **החלק השני** הוא אמפירי, ומטרתו היא להציג את ההשלכות של המעבר משיטת תיקון אחת לאחרת על ממצאי תוקף הניבוי של כלי המיון. לצורך זה חושבו מקדמי התוקף של כלי המיון, מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי השיטות, בקרב תלמידי שנה א' באוניברסיטאות ממחזורים תשס"ח (2007/08) עד תשע"ב (2011/12).

## חלק א' – הדמיה

### שיטה

### מערך

### מדגם מועמדים

נדגמו 1,000 שלישיות של משתנים – שני "חזאים" ( $x_1$  ו- $x_2$ ) ו"קריטריון" ( $y$ ) – מהתפלגות רב-נורמלית שיהוו את מדגם ה"מועמדים". לשלושת המשתנים נקבעו תוחלת 0 ושונות בהתאם למטריצת השונות המשותפת הבאה:



$$\begin{pmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} & \rho_{yx_1} \\ \rho_{x_1x_2} & 1 & \rho_{yx_2} \\ \rho_{yx_1} & \rho_{yx_2} & 1 \end{pmatrix}$$

ערכו של המתאם בין ה"חזאים" ( $\rho_{x_1x_2}$ ) נקבע כ-0.4.

## 72 מדגמי "מועמדים" ומדגמי "מתקבלים"

בנו 72 מדגמי מועמדים באופן שתואר לעיל. בכל אחד מהמדגמים נעשתה בררה והתקבלו 72 מדגמי "מתקבלים". 72 מדגמי ה"מתקבלים" נבדלו זה מזה בשלושה גורמים – מתאמי שני החזאים עם הקריטריון בקרב ה"מועמדים", שיטת הבררה ויחס הבררה – שערכיהם מפורטים להלן.

מתאמי שני החזאים עם הקריטריון בקרב ה"מועמדים":

1. דומים ( $\rho_{yx_1}=0.4, \rho_{yx_2}=0.4$ )
2. שונים ( $\rho_{yx_1}=0.3, \rho_{yx_2}=0.5$ )
3. שונים מאוד ( $\rho_{yx_1}=0.2, \rho_{yx_2}=0.6$ )

שיטת הבררה<sup>3</sup>:

1. על פי  $x_1$
2. על פי  $x_2$
3. על פי צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים
4. על פי צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות של 0.7 ל- $x_1$  ו-0.3 ל- $x_2$
5. על פי צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות של 0.3 ל- $x_1$  ו-0.7 ל- $x_2$
6. על פי הגבוה מבין  $x_1$  ו- $x_2$
7. 30% על פי  $x_1$  והיתר על פי צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים
8. 30% על פי  $x_2$  והיתר על פי צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים

יחס הבררה:

1. נמוך (0.2)
2. בינוני (0.5)
3. גבוה (0.8)

מכפלת ערכי שלושת הגורמים ( $3 \times 8 \times 3$ ) הניבה את 72 התנאים שאפיינו את מדגמי ה"מתקבלים" השונים.

<sup>3</sup> בכל האפשרויות נבחרים הגבוהים ביותר במשתנים שעליהם מתבססת הבררה.

## 100 חזרות על כל אחד מ-72 התנאים

עבור כל אחד מ-72 התנאים נעשו 100 חזרות, וזאת כדי לקבל תוצאות יציבות.

נציין שהערכים הקבועים שנבחרו להדמיה – המתאם בין שני החזאים בקרב המועמדים "לחוג" ( $0.4^4$ ), גודל מדגם המועמדים "לחוג" (1,000) ומספר ה"חוגים" שמעבר להם מחושבים ממוצעי הסטטיסטיים השונים (100) – נבחרו כך שישקפו את התנאים הטיפוסיים במחקרי התוקף שנעשים במאל"ו. על פי שיקולים דומים נבחרו ערכי הגורמים שנבדקו – מתאמי החזאים עם הקריטריון, יחס הבררה ושיטת הבררה.

### עיבוד הנתונים

העיבודים שלהלן נעשו עבור כל אחד משני החזאים. להלן מפורטים החישובים ביחס ל- $x_1$ .

1. בכל אחת מ-100 החזרות של כל תנאי:

1.1. נבנה מדגם "מועמדים" שמתאים לתנאי ונעשתה בררה בהתאם לשיטת הבררה וליחס הבררה שמתאימים לתנאי.

1.2. חושב מתאם בקרב ה"מתקבלים" בין החזאי לבין הקריטריון.

1.3. המתאם תוקן לקיצוץ תחום בכל אחת משתי שיטות התיקון, כאשר התיקון העקיף התבסס על ההנחה שהבררה התבססה על צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים והתיקון הרב-משתני התבסס על ההנחה הכללית יותר, שהבררה התבססה על שילוב כלשהו של  $x_1$  ו- $x_2$ .

התקבלו שני מתאמים מתוקנים:

$R_{yx_1-IN}$  מתאם מתוקן בתיקון עקיף

$R_{yx_1-MU}$  מתאם מתוקן בתיקון רב-משתני

1.4. חושבה הסטייה האחוזית בין כל אחד משני המתאמים המתוקנים לבין המתאם ב"מועמדים".

$$(R_{yx_1-IN} - \rho_{yx_1}) / \rho_{yx_1} \times 100\%$$

$$(R_{yx_1-MU} - \rho_{yx_1}) / \rho_{yx_1} \times 100\%$$

2. עבור כל שיטת תיקון חושב ממוצע של הסטיות האחוזיות מעבר ל-100 החזרות של התנאי. זוהי ההטיה באומדן המתאמים ב"מועמדים" בתנאי הנדון. אומדן של פרמטר נחשב למצוין אם ההטיה היא בטווח של  $\pm 5\%$  ולסביר אם ההטיה היא בטווח של  $\pm 10\%$  (Hoogland & Boomsma, 1998).

<sup>4</sup> זהו המתאם הממוצע בין ממוצע הבגרות לציון מכפ"ל בקרב המועמדים ליחידת עיבוד (חוג במוסד לימודים כלשהו ובמחזור כלשהו), משוקלל לפי מספר הסטודנטים ביחידת העיבוד, בקרב המועמדים למחזורים תשנ"ב ותשנ"ג באוניברסיטאות.

3. כדי להעריך את ממדי ההטיה מעבר לתנאים (למשל, כשרוצים לחשב את ממדי ההטיה מעבר לכל התנאים או להשוות את ממדי ההטיה בערכים שונים של הגורמים שתופעלו) חושב ממוצע של הערך המוחלט של ההטיה –  $MAPE = \text{Mean}$  (Absolute Percentage Error) – בתנאים הרלוונטיים (Flores, 1986). הקריטריונים שהוצגו לעיל להערכת איכות האמידה הופעלו גם ביחס ל-MAPE.

## תוצאות

בלוח 2 מוצגת ההטיה באומדן המתאם ב"מועמדים" ב-72 התנאים. תנאים שבהם ההטיה היא בין 5% (בכיוון חיובי או שלילי) ל-10% מופיעים באפור בהיר ותנאים שבהם ההטיה גדולה מ-10% (בכיוון חיובי או שלילי) מופיעים באפור כהה.

לוח 2 – הטיה (אחוז הסטייה) באומדן המתאם בין חזאי לקריטריון ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקוף עקיף (IN) ותיקון רב-משתני (MU) ב-72 תנאים

| יחס בררה גבוה (0.8)                |      |            |      |                                    |      |            |      |                                    |       |            |       | שיטת<br>הבררה |
|------------------------------------|------|------------|------|------------------------------------|------|------------|------|------------------------------------|-------|------------|-------|---------------|
| $\rho_{yx_1}=0.4, \rho_{yx_2}=0.4$ |      |            |      | $\rho_{yx_1}=0.3, \rho_{yx_2}=0.5$ |      |            |      | $\rho_{yx_1}=0.2, \rho_{yx_2}=0.6$ |       |            |       |               |
| $R_{yx_2}$                         |      | $R_{yx_1}$ |      | $R_{yx_2}$                         |      | $R_{yx_1}$ |      | $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       |               |
| MU                                 | IN   | MU         | IN   | MU                                 | IN   | MU         | IN   | MU                                 | IN    | MU         | IN    |               |
| -0.2                               | 6.5  | 0.1        | -3.0 | -0.5                               | 6.4  | -1.4       | 7.6  | 0.0                                | 6.5   | -1.6       | 31.0  | 1             |
| -0.5                               | -3.5 | 0.2        | 6.8  | -0.1                               | -9.0 | -0.2       | 5.5  | 0.0                                | -11.5 | 0.2        | -0.1  | 2             |
| 0.4                                | 0.4  | 0.4        | 0.5  | -0.3                               | -0.4 | -0.2       | -0.3 | 0.1                                | -0.1  | 0.5        | 0.1   | 3             |
| 0.1                                | 3.6  | -0.4       | -3.3 | -0.1                               | 4.3  | -0.7       | 0.9  | 0.5                                | 5.1   | 2.1        | 13.9  | 4             |
| -0.3                               | -3.4 | -0.8       | 2.7  | -0.5                               | -5.5 | -0.7       | 0.4  | -0.3                               | -6.1  | 0.2        | -5.4  | 5             |
| 0.3                                | -1.9 | 0.1        | -1.7 | -0.2                               | 0.0  | -0.3       | -7.1 | -0.1                               | 1.5   | -0.4       | -17.2 | 6             |
| 0.2                                | 0.2  | -0.4       | -0.6 | 0.1                                | 0.2  | 0.2        | -0.2 | -0.8                               | -0.6  | -2.8       | -2.8  | 7             |
| -0.3                               | -0.4 | -0.3       | -0.3 | -0.5                               | -0.5 | -1.2       | -1.7 | 0.4                                | 0.4   | 2.1        | 1.2   | 8             |

| יחס בררה בינוני (0.5)              |      |            |      |                                    |       |            |       |                                    |       |            |       | שיטת<br>הבררה |
|------------------------------------|------|------------|------|------------------------------------|-------|------------|-------|------------------------------------|-------|------------|-------|---------------|
| $\rho_{yx_1}=0.4, \rho_{yx_2}=0.4$ |      |            |      | $\rho_{yx_1}=0.3, \rho_{yx_2}=0.5$ |       |            |       | $\rho_{yx_1}=0.2, \rho_{yx_2}=0.6$ |       |            |       |               |
| $R_{yx_2}$                         |      | $R_{yx_1}$ |      | $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       | $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       |               |
| MU                                 | IN   | MU         | IN   | MU                                 | IN    | MU         | IN    | MU                                 | IN    | MU         | IN    |               |
| -0.5                               | 10.6 | -0.8       | -7.2 | 0.1                                | 13.0  | -0.2       | 12.9  | 0.0                                | 12.5  | 1.5        | 56.4  | 1             |
| 1.5                                | -6.2 | 0.2        | 11.1 | 0.3                                | -18.1 | -0.1       | 5.2   | 0.5                                | -24.0 | 1.9        | -10.0 | 2             |
| -1.3                               | -1.5 | -1.9       | -1.6 | -0.3                               | 0.1   | 0.4        | 0.4   | -0.2                               | -0.2  | -2.7       | -3.7  | 3             |
| 0.0                                | 7.1  | -0.4       | -8.1 | 0.3                                | 10.1  | 0.3        | 1.0   | -0.7                               | 9.6   | -2.9       | 17.0  | 4             |
| 0.6                                | -7.8 | 0.7        | 7.7  | -0.7                               | -13.0 | -0.1       | -0.7  | 0.1                                | -14.3 | 1.5        | -20.2 | 5             |
| -0.5                               | -5.6 | -0.9       | -6.4 | -0.4                               | 0.7   | -1.2       | -18.8 | -0.2                               | 3.7   | -1.3       | -44.1 | 6             |
| 1.1                                | 1.2  | 1.2        | -0.2 | 0.1                                | 1.4   | -0.6       | -2.1  | -0.3                               | 1.3   | 0.2        | -2.7  | 7             |
| 0.1                                | -1.0 | -0.7       | -0.6 | 0.7                                | -0.6  | 0.4        | -1.7  | -0.5                               | -1.3  | -1.1       | -7.5  | 8             |

| יחס בררה נמוך (0.2)                |       |            |       |                                    |       |            |       |                                    |       |            |       | שיטת<br>הבררה |
|------------------------------------|-------|------------|-------|------------------------------------|-------|------------|-------|------------------------------------|-------|------------|-------|---------------|
| $\rho_{yx_1}=0.4, \rho_{yx_2}=0.4$ |       |            |       | $\rho_{yx_1}=0.3, \rho_{yx_2}=0.5$ |       |            |       | $\rho_{yx_1}=0.2, \rho_{yx_2}=0.6$ |       |            |       |               |
| $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       | $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       | $R_{yx_2}$                         |       | $R_{yx_1}$ |       |               |
| MU                                 | IN    | MU         | IN    | MU                                 | IN    | MU         | IN    | MU                                 | IN    | MU         | IN    |               |
| -2.2                               | 12.1  | -1.3       | -13.6 | -0.1                               | 18.3  | 6.5        | 16.2  | 0.6                                | 19.3  | 2.5        | 77.8  | 1             |
| -8.0                               | -16.8 | -2.7       | 13.1  | -0.3                               | -29.2 | -1.7       | -0.7  | -1.5                               | -40.8 | -4.0       | -42.9 | 2             |
| -1.0                               | -0.7  | -3.9       | -4.6  | -3.2                               | -3.6  | -2.9       | -3.3  | 0.0                                | -0.2  | 1.1        | -0.9  | 3             |
| -5.2                               | 5.6   | -6.5       | -26.0 | -3.1                               | 14.8  | -8.4       | -16.6 | -0.8                               | 17.9  | -1.1       | 6.9   | 4             |
| -2.6                               | -21.7 | -0.4       | 10.7  | 0.3                                | -24.8 | 1.0        | -6.7  | -2.0                               | -29.3 | -3.8       | -61.3 | 5             |
| -1.5                               | -12.6 | -1.0       | -11.0 | -0.2                               | 2.7   | 0.4        | -37.0 | -0.8                               | 7.5   | -3.4       | -88.2 | 6             |
| 0.7                                | 3.4   | -1.1       | -9.9  | 1.0                                | 8.1   | 2.5        | -7.6  | 1.0                                | 9.6   | 8.7        | -5.0  | 7             |
| -1.2                               | -9.6  | -2.5       | -0.2  | -1.8                               | -9.3  | -0.8       | -9.1  | -2.4                               | -9.3  | -7.4       | -44.2 | 8             |

ניתן להתרשם באופן ויזואלי מלוח 2 שקיימת הטיה מינימלית תחת התיקון הרב-משתני לעומת הטיה מסוימת תחת התיקון העקיף. התיקון העקיף מתפקד היטב כאשר שיטת הבררה היא 3 (צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים): בשורות שבהן שיטת הבררה היא 3 לא נצבע אף אחד מן התאים באפור. כלומר, כאשר ההנחה שעומדת בבסיס התיקון העקיף בדבר שיטת הבררה הייתה נכונה, התיקון העקיף תפקד היטב. אשר לשני הגורמים

האחרים, יחס הבררה ומתאמי שני החזאים עם הקריטריון, ניתן להתרשם מן הלוח שכלל שיחס הבררה גבוה יותר וככל שתקפויות שני החזאים דומות יותר זו לזו, ההטיה בתיקון העקיף קטנה יותר. אשר לכיוון ההטיה (האם התיקון גורר אומדן יתר או אומדן חסר של המתאם), לא מסתמנת מגמה עקבית.

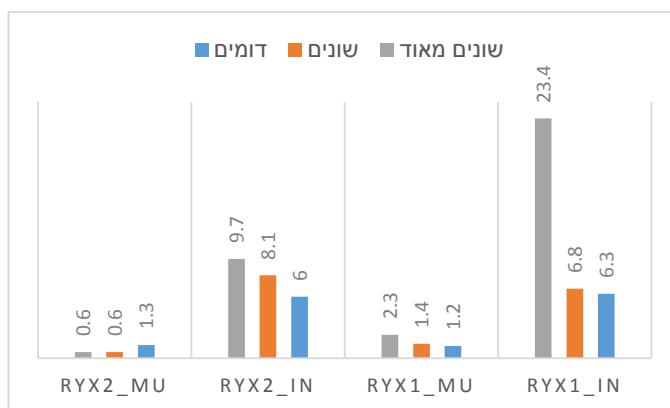
סיכום של ממדי ההטיה מעבר לתנאים השונים מופיע בלוח 3 שבו מוצגים ערכי ה-MAPE (הממוצעים של הערך המוחלט של ההטיה מעבר לתנאים). כדי להתרשם מהשפעת הגורמים השונים על ממדי ההטיה, מוצגים בלוח ערכי ה-MAPE בערכים השונים של הגורמים. במטרה לפשט את התמונה, מוצגים בלוח רק האפקטים של כל גורם בנפרד (אפקטים עיקריים). אפקטים של אינטראקציה קיימים בחלק מן המקרים, אך אין בהם כדי לשנות את המסקנות העיקריות. תרשים 1 מציג את האפקטים של הגורמים באופן גרפי.

**לוח 3 – MAPE (ממוצע הערך המוחלט של ההטיה) באומדן המתאם בין חזאי לקריטריון ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקון עקיף (IN) ותיקון רב-משתני (MU), לפי מתאמי שני החזאים עם הקריטריון, שיטת הבררה ויחס הבררה**

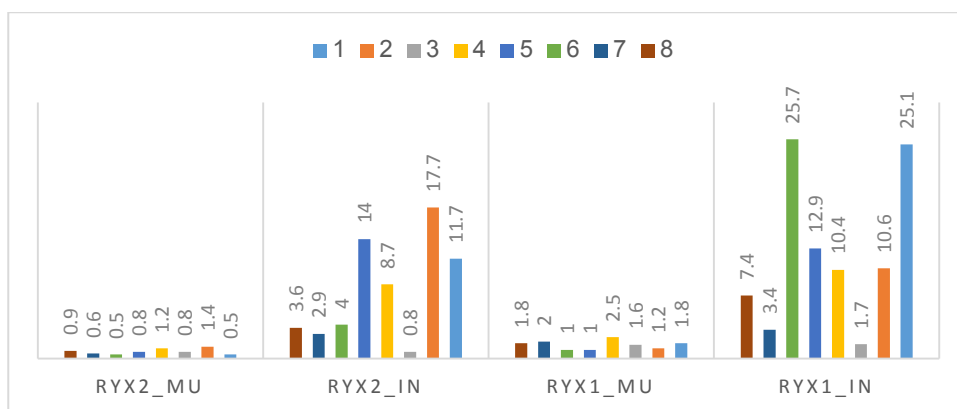
| $R_{yx_2}$                    |      | $R_{yx_1}$ |      |                                                                         |
|-------------------------------|------|------------|------|-------------------------------------------------------------------------|
| MU                            | IN   | MU         | IN   |                                                                         |
| מתאמי שני החזאים עם הקריטריון |      |            |      |                                                                         |
| 1.3                           | 6.0  | 1.2        | 6.3  | 1. דומים ( $\rho_{yx_1}=0.4, \rho_{yx_2}=0.4$ )                         |
| 0.6                           | 8.1  | 1.4        | 6.8  | 2. שונים ( $\rho_{yx_1}=0.3, \rho_{yx_2}=0.5$ )                         |
| 0.6                           | 9.7  | 2.3        | 23.4 | 3. שונים מאוד ( $\rho_{yx_1}=0.2, \rho_{yx_2}=0.6$ )                    |
| שיטת הבררה                    |      |            |      |                                                                         |
| 0.5                           | 11.7 | 1.8        | 25.1 | 1. על פי $x_1$                                                          |
| 1.4                           | 17.7 | 1.2        | 10.6 | 2. על פי $x_2$                                                          |
| 0.8                           | 0.8  | 1.6        | 1.7  | 3. על פי צירוף של $x_1$ ו- $x_2$ במשקלות שווים                          |
| 1.2                           | 8.7  | 2.5        | 10.4 | 4. על פי צירוף של $x_1$ ו- $x_2$ במשקלות של 0.7 ל- $x_1$ ו-0.3 ל- $x_2$ |
| 0.8                           | 14.0 | 1.0        | 12.9 | 5. על פי צירוף של $x_1$ ו- $x_2$ במשקלות של 0.3 ל- $x_1$ ו-0.7 ל- $x_2$ |
| 0.5                           | 4.0  | 1.0        | 25.7 | 6. על פי הגבוה מבין $x_1$ ו- $x_2$                                      |
| 0.6                           | 2.9  | 2.0        | 3.4  | 7. 30% על פי $x_1$ והיתר על פי צירוף של $x_1$ ו- $x_2$ במשקלות שווים    |
| 0.9                           | 3.6  | 1.8        | 7.4  | 8. 30% על פי $x_2$ והיתר על פי צירוף של $x_1$ ו- $x_2$ במשקלות שווים    |
| יחס הבררה                     |      |            |      |                                                                         |
| 0.3                           | 3.2  | 0.7        | 4.8  | 1. גבוה (0.8)                                                           |
| 0.5                           | 6.9  | 1.0        | 10.3 | 2. בינוני (0.5)                                                         |
| 1.7                           | 13.6 | 3.1        | 21.4 | 3. נמוך (0.2)                                                           |
| 0.8                           | 7.9  | 1.6        | 12.2 | מעבר לכל התנאים                                                         |

תרשים 1 – MAPE באומדן המתאם ב"מועמדים" ע"י מתאם מתוקן לקיצוץ תחום לפי:

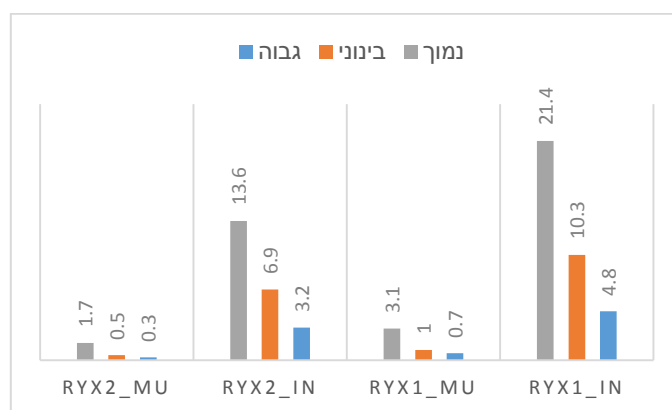
א. מתאמי שני החזאים עם הקריטריון (כאשר שונים, המתאם הנמוך יותר הוא של  $x_1$ )



ב. שיטת הבררה



ג. יחס הבררה



מקרא:

Ryx1\_IN = מתאם בין  $x_1$  ל- $y$  מתוקן בתיקון עקיף

Ryx1\_MU = מתאם בין  $x_1$  ל- $y$  מתוקן בתיקון רב-משתני

Ryx2\_IN = מתאם בין  $x_2$  ל- $y$  מתוקן בתיקון עקיף

Ryx2\_MU = מתאם בין  $x_2$  ל- $y$  מתוקן בתיקון רב-משתני

הממצאים המוצגים בלוח 3 ובתרשים 1 מראים בברור את התמונה שהצטיירה בלוח 2: בממוצע מעבר לכל התנאים (שורה תחתונה בלוח 3), תיקון המתאם בשיטה הרב-משתנית מפיק אומדן מצוין, בעוד שהתיקון בשיטה העקיפה מפיק אומדן שהוא, במקרה הטוב, סביר (תלוי בערכו האמיתי של המתאם, כפי שניתן להתרשם מההשוואה בין ה-MAPE באמידת

$$\rho_{yx_1} \text{ ל-MAPE באמידת } \rho_{yx_2}).$$

גם בנוגע להשפעת הגורמים השונים על ממדי ההטיה בשיטת התיקון העקיף חוזרת התמונה שתוארה בהתייחס ללוח 2: כאשר שיטת הבררה היא 3 (צירוף של  $x_1$  ו- $x_2$  במשקלות שווים) מתקבלת גם תחת התיקון העקיף הטיה מינימלית. בנוסף, ההטיה קטנה יותר ככל שיחס הבררה גבוה יותר וככל שתקפויות שני החזאים דומות יותר זו לזו.

**לסיכום**, בחלק זה נמצא שהתיקון הרב-משתני מספק אומדן מצוין של המתאמים תחת מגוון תנאים. לעומתו, התיקון העקיף מתפקד טוב כאשר ההנחה שעומדת בבסיסו בדבר שיטת הבררה היא נכונה. תנאים מסוימים (כמו יחס הבררה או מידת הדמיון במתאמי שני החזאים עם הקריטריון) מרעים או משפרים את איכות האמידה: כך, למשל, כאשר מתאמי שני החזאים עם הקריטריון הם דומים (מה שמאפיין באופן כללי את נתוני התמונה המוכרת לנו ממחקרי התוקף של מאל"ו) ויחס הבררה הוא גבוה, אמידת המתאמים בשיטת התיקון העקיף היא מצוינת ב-7 מתוך 8 שיטות הקבלה, וסבירה בשיטה השמינית (ראו לוח 2). ברור, עם זאת, שבהינתן שהחלופה של התיקון הכללי, הרב-משתני, אינה מחייבת שום הנחה על תהליך הבררה, אין הצדקה, בנסיבות שמתקיימות בהדמיה, שבהן הפרמטרים של המועמדים שנחוצים לתיקון ידועים, להשתמש בתיקון העקיף.

## חלק ב' – ממצאים אמפיריים

### שיטה

#### מדגם

המחקר נעשה על נתוני 98,926 רשומות של סטודנטים לתואר ראשון במחזורים תשס"ח (2007/08) עד תשע"ב (2011/12) באוניברסיטאות בישראל (אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, אוניברסיטת בר-אילן, אוניברסיטת חיפה, האוניברסיטה העברית בירושלים, הטכניון ואוניברסיטת תל אביב) ב-1,071 יחידות עיבוד (חוג במוסד לימודים כלשהו ובמחזור כלשהו)<sup>5</sup>.

סטודנט נכלל במחקר אם היו ברשותנו ציוניו בקריטריון ובחזאים (יפורטו בהמשך). חוג נכלל במחקר אם למדו בו לפחות 20 סטודנטים.

<sup>5</sup> בהמשך נשתמש, לשם פשטות, במונח "סטודנט" לציון רשומה של סטודנט ובמונח "חוג" לציון יחידת עיבוד.

## משתני המחקר

### קריטריון

ממוצע משוקלל בנקודות זכות של ציוני הקורסים שלמד הסטודנט בשנה א' (ציון שנה א')

### חזאים

- הציון הכללי (הרב-תחומי) במכפ"ל
- ממוצע ציוני הבגרות, כפי שחושב באוניברסיטאות (כולל בונסים)

### משתני הבררה

#### עבור התיקון העקיף:

ציון סכם, שמחושב כצירוף במשקלות שווים של ציון מכפ"ל וממוצע הבגרות ברמת המועמדים למחזור במוסד (על פי נתוני המועמדים למחזורים תשנ"ב ותשנ"ג), עם ממוצע 50 וסטיית תקן 10. תיאור מפורט של אופן החישוב ניתן למצוא אצל קנת-כהן, טורוול ואורן (2011).

#### עבור התיקון הרב-משתני:

- הציון הכללי (הרב-תחומי) במכפ"ל
- ממוצע ציוני הבגרות, כפי שחושב באוניברסיטאות (כולל בונסים)

### עיבוד הנתונים

בכל אחד מהחוגים חושבו הסטטיסטיים הבאים:

1. ממוצעים וסטיות תקן של הקריטריון והחזאים
2. מתאמים ("נצפים") בין כל אחד משני החזאים והקריטריון
3. מתאמים מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי שיטות:

#### 3.1 תיקון עקיף

תחת ההנחה שהבררה התבססה על ציון סכם, מחייבת נוסחת התיקון העקיף (ראו נספח 2) ידיעה של סטיית התקן של ציון הסכם בקרב המועמדים. כאומד לסטיית תקן זו השתמשנו בשורש הממוצע המשוקלל של שונות ציון הסכם בקרב המועמדים לכל אחד מחוגי הלימוד במחזורים תשנ"ב ותשנ"ג. הערך הזה (8.50) דומה לממוצע המשוקלל של שונות ציון הסכם בקרב המועמדים לחוגי הלימוד (8.46) על-פי קובץ המועמדים למחזורים תשס"ב (2001/02) עד תשס"ז (2006/07) של הלמ"ס (קלפר, טורוול ואורן, 2014). בחרנו להשתמש במידע ממחזורים תשנ"ב ותשנ"ג כיוון שהקובץ העדכני יותר לא כלל מידע שנדרש עבור התיקון הרב-משתני, כפי שיפורט להלן.



## 3.2 תיקון רב-משותף

תחת ההנחה שהבררה התבססה על שילוב כלשהו של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל, מחייבת נוסחת התיקון הרב-משותף (ראו נספח 1) ידיעה של השונות של ממוצע הבגרות, השונות של ציון מכפ"ל והשונות המשותפת שלהם בכל אחד מהחוגים בקרב המועמדים לחוג. מאחר שאין לנו מידע מפורט כזה, אנו משתמשים בממוצע של השונות בקרב המועמדים לחוג טיפוסי בשנים אחרות. בהתאם לכך, השתמשנו, כאומדנים לשונות, בממוצעים המשוקללים של השונות בקרב המועמדים לכל אחד מחוגי הלימוד במחזורים תשנ"ב ותשנ"ג. הערכים שבהם השתמשנו עבור שונות ממוצע הבגרות (71.03) ושונות ציון מכפ"ל (5128.81) דומים למדי לממוצעים המשוקללים של השונות בקרב המועמדים לחוגי הלימוד (71.52 ו-5940.52 עבור ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל בהתאמה) על-פי קובץ המועמדים של הלמ"ס (קלפר ואחרים, 2014). הסיבה לכך שלא השתמשנו בקובץ המועמדים של הלמ"ס, שהוא עדכני ורחב יותר, היא שהשונות המשותפת של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לא הייתה ידועה בקובץ הזה, וכן ידועה (215.39) בקובץ המועמדים במחזורים תשנ"ב ותשנ"ג.

המתאמים בין כל אחד משני החזאים – ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל – והקריטריון תוקנו לקיצוץ תחום בכל אחת משתי שיטות התיקון.

4. מתאם מרובה בניבוי הקריטריון על ידי ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל, מתוקן לקיצוץ תחום

המתאם המרובה מחושב בהתבסס על מטריצת המתאמים בין שלושת המשתנים – ממוצע הבגרות, ציון מכפ"ל והקריטריון. המתאמים במטריצה הזו הם מתאמים שמייצגים את המתאמים בקרב המועמדים – בין שהתקבלו ע"י תיקון לקיצוץ תחום ובין שחושבו ישירות ברמת המועמדים. בתיקון העקיף שלושת המתאמים התקבלו ע"י תיקון לקיצוץ תחום; בתיקון הרב-משותף, המתאם בין ממוצע הבגרות והקריטריון והמתאם בין ציון מכפ"ל והקריטריון התקבלו ע"י תיקון לקיצוץ תחום, ואילו המתאם בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל חושב ישירות ברמת המועמדים (על-פי שונות ממוצע הבגרות, שונות ציון מכפ"ל והשונות המשותפת שלהם בקרב המועמדים, שאופן חישובם תואר בסעיף הקודם).

כאמור, הסטטיסטיים שתוארו בסעיפים 1 עד 4 חושבו בחוגים. בדוח מוצגים ממוצעים משוקללים (בגודל החוגים) של הסטטיסטיים לפי הפירוט הבא: בפרק התוצאות מוצגים הממוצעים וסטיות התקן של משתני המחקר וכן המתאמים המתוקנים לקיצוץ תחום לפי פקולטה ולפי מחזור. בנספח 3 מוצגים המתאמים הנצפים לפי פקולטה ולפי מחזור.

## תוצאות

בלוח 4 מוצגים מספר הסטודנטים, מספר החוגים והממוצעים וסטיות התקן של משתני המחקר לפי פקולטה ולפי מחזור.

### לוח 4 – ממוצעים וסטיות תקן (בסוגריים) של משתני המחקר לפי פקולטה ולפי מחזור

|                        | מספר חוגים | מספר סטודנטים | ציון שנה א'    | ממוצע הבגרות   | ציון מכפ"ל  | ציון סכמ*     |
|------------------------|------------|---------------|----------------|----------------|-------------|---------------|
| <b>לפי פקולטה**</b>    |            |               |                |                |             |               |
| רוח                    | 242        | 11,633        | 83.5<br>(9.2)  | 97.6<br>(8.2)  | 605<br>(76) | 55.7<br>(9.0) |
| חברה – מילולי          | 217        | 29,319        | 82.7<br>(8.6)  | 97.0<br>(7.7)  | 579<br>(66) | 55.4<br>(7.4) |
| משפטים                 | 20         | 4,132         | 82.1<br>(8.6)  | 105.5<br>(5.6) | 689<br>(39) | 66.9<br>(4.3) |
| חברה – כמותי           | 72         | 10,917        | 79.7<br>(9.8)  | 102.7<br>(6.3) | 670<br>(43) | 64.0<br>(5.2) |
| טבע ומדויקים           | 224        | 16,721        | 75.6<br>(13.6) | 104.4<br>(6.1) | 662<br>(53) | 63.5<br>(5.5) |
| הנדסה                  | 158        | 15,824        | 77.7<br>(9.5)  | 104.5<br>(5.6) | 672<br>(44) | 63.7<br>(4.9) |
| רפואה                  | 31         | 2,561         | 85.8<br>(5.6)  | 111.0<br>(4.5) | 738<br>(25) | 72.1<br>(3.4) |
| פרה – רפואה            | 107        | 7,819         | 81.9<br>(7.5)  | 101.0<br>(7.5) | 614<br>(47) | 59.6<br>(6.1) |
| <b>לפי מחזור</b>       |            |               |                |                |             |               |
| תשס"ח                  | 217        | 19,710        | 81.7<br>(9.4)  | 100.8<br>(6.9) | 632<br>(56) | 60.2<br>(6.3) |
| תשס"ט                  | 208        | 20,362        | 80.1<br>(9.8)  | 101.1<br>(6.7) | 633<br>(57) | 60.3<br>(6.3) |
| תש"ע                   | 220        | 20,165        | 80.0<br>(9.9)  | 101.3<br>(6.9) | 633<br>(57) | 60.3<br>(6.5) |
| תשע"א                  | 213        | 18,736        | 79.8<br>(10.2) | 101.2<br>(6.9) | 631<br>(57) | 60.3<br>(6.6) |
| תשע"ב                  | 213        | 19,953        | 80.6<br>(9.7)  | 101.5<br>(7.1) | 634<br>(56) | 60.5<br>(6.6) |
| <b>מעבר לכל החוגים</b> |            |               |                |                |             |               |
| כל החוגים              | 1,071      | 98,926        | 80.5<br>(9.8)  | 101.2<br>(6.9) | 633<br>(57) | 60.3<br>(6.4) |

\* ציון הסכם מחושב בתוך מוסד, לפיכך הוא אינו בר השוואה בין פקולטות או מחזורים שהרכב המוסדות בהם שונה.  
 \*\* הרכב החוגים בפקולטות הוא כמתואר, למשל, אצל אורן, קנת-כהן וברונר, 2007, להוציא את הפקולטה לרפואה שכוללת כאן רק את הלימודים לקראת התואר ד"ר ברפואה או ד"ר לרפואת שיניים (בתכנית שש-שנתית). חוגים אחרים שנכללו בעבר בפקולטה זאת (למשל, רוקחות או מדעים ביו-רפואיים) שייכים כאן לפקולטה פרה-רפואה.

בלוח 5 מוצגים המתאמים הפשוטים והמתאם המרובה בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לבין ציון שנה א', מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקוף עקיף (IN) ותיקון רב-משתני (MU), לפי פקולטה ולפי מחזור.

**לוח 5 – מתאמים בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לבין ציון שנה א' מתוקנים לקיצוץ תחום בשתי שיטות: תיקון עקיף (IN) ותיקון רב-משתני (MU) לפי פקולטה ולפי מחזור**

| מתאם מרובה<br>(בגרות+מכפ"ל) |      | מתאמים פשוטים |      |              |      |               |
|-----------------------------|------|---------------|------|--------------|------|---------------|
|                             |      | ציון מכפ"ל    |      | ממוצע הבגרות |      |               |
|                             |      |               |      | MU           | IN   |               |
| MU                          | IN   | MU            | IN   | MU           | IN   |               |
| לפי פקולטה                  |      |               |      |              |      |               |
| 0.54                        | 0.53 | 0.41          | 0.44 | 0.38         | 0.39 | רוח           |
| 0.48                        | 0.49 | 0.40          | 0.41 | 0.26         | 0.26 | חברה – מילולי |
| 0.55                        | 0.53 | 0.48          | 0.47 | 0.33         | 0.37 | משפטים        |
| 0.59                        | 0.56 | 0.48          | 0.44 | 0.41         | 0.45 | חברה – כמותי  |
| 0.61                        | 0.61 | 0.51          | 0.52 | 0.44         | 0.45 | טבע ומדויקים  |
| 0.59                        | 0.57 | 0.44          | 0.44 | 0.46         | 0.47 | הנדסה         |
| 0.56                        | 0.51 | 0.38          | 0.33 | 0.32         | 0.36 | רפואה         |
| 0.42                        | 0.39 | 0.25          | 0.22 | 0.13         | 0.14 | פרה – רפואה   |
| לפי מחזור                   |      |               |      |              |      |               |
| 0.55                        | 0.54 | 0.43          | 0.43 | 0.35         | 0.35 | תשס"ח         |
| 0.55                        | 0.54 | 0.43          | 0.43 | 0.35         | 0.36 | תשס"ט         |
| 0.55                        | 0.54 | 0.42          | 0.42 | 0.36         | 0.37 | תש"ע          |
| 0.53                        | 0.52 | 0.42          | 0.42 | 0.34         | 0.35 | תשע"א         |
| 0.54                        | 0.52 | 0.42          | 0.42 | 0.34         | 0.36 | תשע"ב         |
| מעבר לכל החוגים             |      |               |      |              |      |               |
| 0.54                        | 0.53 | 0.43          | 0.42 | 0.35         | 0.36 | כל החוגים     |

השוואה בין שתי שיטות התיקון מלמדת שההבדלים ביניהן קטנים מאוד, כאשר מעבר לכל החוגים תוקף ממוצע הבגרות נמוך במעט ותוקף מכפ"ל והמתאם המרובה גבוהים במעט בתיקון הרב-משתני. מסקנה אפשרית מן העובדה שהשינויים בממצאים האמפיריים הם מזעריים היא, שבאופן כללי, ההנחה שעומדת בבסיס התיקון העקיף, שהבררה התבססה על צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים, היא נכונה. עם זאת, חשוב לזכור שהבדיקה האמפירית מתבססת על נתונים לא מעודכנים של המועמדים. ההשלכות של מגבלה זו אינן ידועות, כפי שיובהר בפרק הדיון.

לבסוף, מן הראוי להתייחס לכך שבחרנו להציג את המתאם המרובה ולא את תוקף ציון הסכם (שהוא צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים), כפי שמקובל במחקרי התוקף של מאל"ו. כפי שצוין במבוא, התיקון הרב-משתני במחקר זה מתמקד במקרה

הפשוט שבו יש רק משתנה אחד (הקריטריון) שעבר בררה עקיפה. תיקון המתאם בין ציון הסכם ובין הקריטריון בגישה הרב-משתנית פירושה תיקון המתאם שבין שני משתנים שעבר בררה עקיפה, כיוון שבהקשר של בררה רב-משתנית על ידי ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל, ציון הסכם (או כל צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל בשקלול קבוע מראש) הוא משתנה שעבר בררה עקיפה. באופן כללי, במחקרי תוקף שבהם משתמשים בתיקון הרב-משתני, כמו במחקרי תוקף הניבוי של ה-SAT (ראו, למשל, Mattern & Patterson, 2014) מדווחים, לצד המתאמים הפשוטים של מרכיבי מערכת המיון עם הקריטריון, על המתאם המרובה שלהם עמו. אם יש עניין בתוקף של חזאי ספציפי, כמו צירוף מרכיבי מערכת המיון במשקלות שווים, יש לבדוק אותו בנפרד, כפי שאנו מתכננים לעשות בעתיד. להשלמת התמונה נסיף שבמחקר הנוכחי כן נבדק המתאם בין ציון הסכם והקריטריון, מתוקן לקיצוץ תחום בשיטת התיקון העקיף. הערך שהתקבל, 0.45, דומה למה שנמצא במחקרים קודמים (Oren, Kennet-Cohen, Turvall, & Allalouf, 2014), ובהינתן הדמיון הרב בממצאים בין שתי שיטות התיקון, יש לצפות לערך דומה גם תחת התיקון הרב-משתני.

## סיכום

מחקר זה עסק בהשוואה בין תיקון לקיצוץ תחום תחת ההנחה שהבררה התבססה על ציון סכם, שהוא צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים, לבין תיקון עבור בררה רב-משתנית, שמסתפק בהנחה שהבררה התבססה על צירוף כלשהו של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל. נוסחת התיקון הרב-משתני היא כללית, ולפיכך, כוללת גם את האפשרות שהבררה התבססה על ציון הסכם.

בחלק ההדמייתי של המחקר נמצא, כצפוי, שהתיקון הרב-משתני מספק אומדן מצוין של המתאמים תחת מגוון תנאים. לעומתו, התיקון העקיף תפקד טוב בעיקר כאשר ההנחה שעמדה בבסיסו בדבר שיטת הבררה הייתה נכונה. אמנם תחת תנאים מסוימים (כמו יחס בררה גבוה) התיקון העקיף תפקד באופן סביר גם כאשר ההנחה שעמדה בבסיסו בדבר תהליך הבררה הייתה שגויה, אך התיקון הכללי, הרב-משתני, הפגין יתרון על פני התיקון העקיף גם בתנאים כאלה.

בחלק האמפירי של המחקר נמצא שההבדלים בין שתי שיטות התיקון הם קטנים מאוד. ממצא זה עשוי להיות מוסבר על ידי העובדה שההנחה שעומדת בבסיס התיקון העקיף, קרי, שהבררה התבססה על צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל במשקלות שווים, היא נכונה. עם זאת, העובדה שבבדיקה האמפירית נעשה שימוש בקירובים לפרמטרים הנחוצים בקרב המועמדים עשויה להיות מקור להסברים חלופיים לממצאים. כך, למשל, העובדה שלתיקון הרב-משתני נדרשים שלושה פרמטרים מן המועמדים (שונויות שני משתני הבררה והשונויות המשותפת ביניהם), בעוד שלתיקון העקיף נדרש פרמטר יחיד (שונויות משתנה הבררה),

עשויה להביא לרגישות גדולה יותר של התיקון הרב-משתני למצב שבו נתוני המועמדים אינם מדויקים לחלוטין. אם כך הוא הדבר, אזי היתרון של התיקון הרב-משתני על פני התיקון העקיף, כאשר ההנחה שמניח התיקון העקיף על תהליך הבררה אינה נכונה, עשוי להתקזז בשל רגישות גדולה יותר של התיקון הרב-משתני לשימוש במידע שאינו מדויק על המועמדים.

לסיכום, החלק ההדמייתי של המחקר, כולל המסקנות שנגזרות ממנו, מתאר מצב שבו הפרמטרים של אוכלוסיית המועמדים שנחוצים לנו לצורך התיקון, מצויים בידינו בדיוק מלא. כפי שראינו, במקרה כזה, אין ספק שעדיף להשתמש במודל של התיקון הרב-משתני שאינו מניח הנחות על אופי הבררה שנעשתה. לצערנו, החלק האמפירי של המחקר נסמך על הנתונים שיש ברשותנו, שמאפשרים לקבל רק קירוב לפרמטרים האמיתיים באוכלוסיית המועמדים. בנסיבות כאלה נשאלת השאלה איזה תיקון רגיש יותר לחוסר דיוק אפשרי בפרמטרים של אוכלוסיית המועמדים, ומה חומרת הפגיעה שעלולה לנבוע מכך, לעומת הפגיעה שיכולה לנבוע מאי הוודאות בנוגע לאופיו של תהליך הבררה. מבדיקות ראשוניות שעשינו מתברר שהתשובה לכך איננה פשוטה, ומחייבת ניתוח רגישות שיטתי שיעשה במחקר המשך. בכל מקרה, השאלות שעלו כאן מדגישות שוב את הקריטיות של עדכניות ואיכות נתוני מועמדים לצורך תיקון מדויק לקיצוץ תחום. השיטות המתאימות ביותר לתיקון לא יצלו בהעדר מידע רלוונטי ואמין על ערכי הסטטיסטיים הנחוצים לתיקון בקרב המועמדים.

לבסוף, מחקר זה התמקד במקרה הפרטי של שני חזאים ששימשו בבררה  $(x_1 \text{ ו- } x_2)$  וקריטריון יחיד  $(y)$ . יתרונו העיקרי הוא שהוא מאפשר הצגה מפורשת (שלא באמצעות מטריצות) של שיטת התיקון (ראו נספח 1) והבנה טובה יותר של עקרונותיו. במחקר המשך נרחיב למצב שבו יש יותר משני משתנים שעברו בררה ישירה (למשל, ממוצע הבגרות והציונים בשלושת תחומי מכפ"ל) ויותר ממשתנה אחד שעבר בררה עקיפה (למשל, ציון שנה א' ו"ציון משוקלל" – משתנה שמבוסס על צירוף של ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל בשקלול כלשהו). זהו המקרה הכללי ביותר, והוא נדרש לנוכח העובדה שיש מקרים שבהם שיטת הקבלה מבוססת על צירוף ייחודי כלשהו של הציונים בשלושת תחומי מכפ"ל, שונה מזה שקיים בציון הכללי הרב-תחומי (או בשני הציונים הכלליים האחרים). היישום של המקרה הכללי ידגים שימוש בפרוצדורות סטטיסטיות שמבוססות על מטריצות והוא יאפשר חישוב מתאמים גם בין שני משתנים שעברו בררה עקיפה (למשל, הציון המשוקלל וציון שנה א').

- אורן, כ', קנת-כהן, ת' וברונר, ש' (2007). **נתונים מקובצים על תוקף מערכת המיון לאוניברסיטאות בחיזוי הצלחה בלימודי שנה א' (מחזורים תשס"ג עד תשס"ה)** (דוח מס' 342). ירושלים: מרכז ארצי לבחינות ולהערכה.
- קלפר, ד', טורוול, א' ואורן, כ' (2014). **תוקף הניבוי של כלי המיון לאוניברסיטאות בישראל מול ממוצע תואר בוגר** (דוח מס' 403). ירושלים: מרכז ארצי לבחינות ולהערכה.
- קנת-כהן, ת', טורוול, א' ואורן, כ' (2011). **הוגנות מערכת המיון לאוניברסיטאות לפי שפת היבחנות במכפ"ל (ערבית או עברית) ומגדר** (דוח מס' 376). ירושלים: מרכז ארצי לבחינות ולהערכה.
- Flores, B. E. (1986). A pragmatic view of accuracy measurement in forecasting. *Omega-International Journal of Management Science*, 14, 93–98.
- Gulliksen, H. (1987). *Theory of mental tests*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. (Original work published 1950)
- Hoogland, J. J., & Boomsma, A. (1998). Robustness studies in covariance structure modeling: An overview and a meta-analysis. *Sociological Methods & Research*, 26, 329–367.
- Lawley, D. N. (1943). A note on Karl Pearson's selection formulae. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section A*, 62(1), 28–30.
- Lord, F. M., & Novick, M. R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Mattern, K. D., & Patterson, B. F. (2014). *Synthesis of recent SAT validity findings: Trend data over time and cohorts* (College Board Research Report 2014-1). New York: The College Board.
- Oren, C., Kennet-Cohen, T., Turvall, E., & Allalouf, A. (2014). Demonstrating the validity of three general scores of PET in predicting higher education achievement in Israel. *Psicothema*, 26, 117-126.
- Pearson, K. (1903). Mathematical contributions to the theory of evolution—XI. On the influence of natural selection on the variability and correlation of organs. *Philosophical Transactions, CC.-A 321*, 1-66.
- Shaw, E. J., Marini, J. P., Beard, J., Shmueli, D., Young, L. & Ng, H. (2016). *The redesigned SAT pilot predictive validity study: A first look* (College Board Research Report 2016-1). New York: The College Board.
- Sackett, P. R., & Yang, H. (2000). Correction for range restriction: An expanded typology. *Journal of Applied Psychology*, 85, 112-118.
- Thorndike, R. L. (1949). *Personnel selection: Test and measurement techniques*. New York: Wiley

## נספח 1 – תיקון לקיצוץ תחום בעקבות בררה רב-משתנית במקרה הפרטי של שני חזאים ששימשו בבררה וקריטריון יחיד<sup>6</sup>

אנחנו רוצים לאמוד את המתאם שקיים באוכלוסייה בין קריטריון  $y$  לבין כל אחד משני חזאים,  $x_1$  ו- $x_2$ , בהתבסס על המתאמים שחושבו בקרב המועמדים שהתקבלו בעקבות תהליך בררה, שהתבסס על צירוף כלשהו של שני החזאים.

נספח זה מתאר בצורה מפורשת (בניגוד לכתיב מטריצות) את ההנחות ואת הנוסחאות שבהן משתמשים בתיקון לקיצוץ תחום שמתאים למצב זה.

נסמן באותיות קטנות את הסטטיסטיים בתת-האוכלוסייה של המתקבלים ובאותיות גדולות את הסטטיסטיים באוכלוסיית המועמדים. הסטטיסטיים הרלוונטיים הם השוניות של המשתנים (3) והשונויות המשותפות שלהם (3), כך שבסך הכול יש לנו 12 סטטיסטיים בלתי תלויים:

$$S_{x_1x_1}, S_{x_2x_2}, S_{x_1x_2}, S_{yx_1}, S_{yx_2}, S_{yy}, S_{x_1x_1}, S_{x_2x_2}, S_{x_1x_2}, S_{yx_1}, S_{yx_2}, S_{yy}$$

כמובן שמתוך סטטיסטיים אלו ניתן לקבל גם את כל המתאמים, למשל:  $r_{yx_1} = \frac{S_{yx_1}}{\sqrt{S_{yy}S_{x_1x_1}}}$

כאמור, אנו מניחים שבתת-האוכלוסייה של המתקבלים (אותיות קטנות) ידועים לנו כל ששת הסטטיסטיים  $(S_{x_1x_1}, S_{x_2x_2}, S_{x_1x_2}, S_{yx_1}, S_{yx_2}, S_{yy})$ , ושבקרב המועמדים (אותיות גדולות) ידועים לנו רק הסטטיסטיים שקשורים ל- $x$ -ים, כלומר שתי השוניות והשונויות המשותפות  $(S_{x_1x_1}, S_{x_2x_2}, S_{x_1x_2})$ .

בסך הכול יש לנו, אם כן, מידע על 9 סטטיסטיים מתוך 12 סטטיסטיים. אנחנו רוצים לחשב את שלושת הסטטיסטיים החסרים: השוניות המשותפות של  $y$  עם שני ה- $x$ -ים  $(S_{yx_1}, S_{yx_2})$  והשונויות של  $y$   $(S_{yy})$  באוכלוסיית המועמדים. נחוצות, אם כן, 3 משוואות כדי לפתור עבור שלושת הסטטיסטיים החסרים. משוואות אלו הן הנחות המודל שיתוארו להלן.

### הנחות המודל

מהנחות הלינאריות (שהגרסיה של כל משתנה שעבר בררה עקיפה על כל קבוצה של משתנים שעברו בררה ישירה היא לינארית) וההומוסקדסטיות (שמטריצת השונות המשותפת של משתני הבררה העקיפה, בהינתן ערכים קבועים של משתני הבררה הישירה, אינה תלויה בערכים המסוימים של משתני הבררה הישירה) נגזרות ההנחות הבאות: כאשר עושים גרסיה של  $y$  על  $x_1$  ו- $x_2$ , המקדמים שווים באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה

<sup>6</sup> מבוסס על: Gulliksen, 1987, Chap. 13.

של המתקבלים (תנאים 1 ו-2 שלהלן<sup>7</sup>), ושונות הטעויות בניבוי שווה באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה של המתקבלים (תנאי 3 שלהלן).

נרשום את התנאים הנ"ל בנוסחאות:

$$\beta_1 = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{s_{yy}}{s_{x_1 x_1}}} = \frac{R_{yx_1} - R_{yx_2} R_{x_1 x_2}}{1 - R_{x_1 x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{S_{yy}}{S_{x_1 x_1}}} \quad 1.$$

$$\beta_2 = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{s_{yy}}{s_{x_2 x_2}}} = \frac{R_{yx_2} - R_{yx_1} R_{x_1 x_2}}{1 - R_{x_1 x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{S_{yy}}{S_{x_2 x_2}}} \quad 2.$$

$$mse = s_{yy} - \beta_1 s_{x_1 y} - \beta_2 s_{x_2 y} = S_{yy} - \beta_1 S_{x_1 y} - \beta_2 S_{x_2 y} = MSE \quad 3.$$

### הפתרונות

הפתרון עבור שלושת הסטטיסטיים הלא ידועים נתון בנוסחאות הבאות:

השונות המשותפת בין  $x_1$  ל- $y$  באוכלוסיית המועמדים:

$$S_{yx_1} = \frac{1}{s_{x_1 x_1} s_{x_2 x_2} - s_{x_1 x_2}^2} \cdot (s_{x_1 x_1} s_{yx_1} s_{x_2 x_2} + s_{x_1 x_2} s_{yx_2} s_{x_1 x_1} - s_{x_1 x_2} s_{yx_1} s_{x_1 x_2} - s_{x_1 x_1} s_{yx_2} s_{x_1 x_2})$$

השונות המשותפת בין  $x_2$  ל- $y$  באוכלוסיית המועמדים:

$$S_{yx_2} = \frac{1}{s_{x_1 x_1} s_{x_2 x_2} - s_{x_1 x_2}^2} \cdot (s_{x_2 x_2} s_{yx_2} s_{x_1 x_1} + s_{x_1 x_2} s_{yx_1} s_{x_2 x_2} - s_{x_1 x_2} s_{yx_2} s_{x_1 x_2} - s_{x_2 x_2} s_{yx_1} s_{x_1 x_2})$$

השונות של  $y$  באוכלוסיית המועמדים:

$$\begin{aligned} S_{yy} = s_{yy} + \frac{1}{(s_{x_1 x_1} s_{x_2 x_2} - s_{x_1 x_2}^2)^2} & \cdot [s_{x_1 x_1} (s_{yx_1}^2 s_{x_2 x_2}^2 + s_{yx_2}^2 s_{x_1 x_2}^2 - 2s_{yx_1} s_{yx_2} s_{x_1 x_2} s_{x_2 x_2}) \\ & + s_{x_2 x_2} (s_{yx_2}^2 s_{x_1 x_1}^2 + s_{yx_1}^2 s_{x_1 x_2}^2 - 2s_{yx_1} s_{yx_2} s_{x_1 x_2} s_{x_1 x_1}) \\ & + 2s_{x_1 x_2} (s_{x_1 x_2}^2 s_{yx_1} s_{yx_2} + s_{x_1 x_1} s_{x_2 x_2} s_{yx_1} s_{yx_2} - s_{yx_1}^2 s_{x_1 x_2} s_{x_2 x_2} - s_{yx_2}^2 s_{x_1 x_2} s_{x_1 x_1})] \\ & - \frac{1}{s_{x_1 x_1} s_{x_2 x_2} - s_{x_1 x_2}^2} \cdot (s_{yx_1}^2 s_{x_2 x_2}^2 - 2s_{yx_1} s_{yx_2} s_{x_1 x_2} + s_{yx_2}^2 s_{x_1 x_1}^2) \end{aligned}$$

<sup>7</sup> אנו מניחים ש- $x_1$  ו- $x_2$  ממרוכזים כך שאין חותך ולכן ההנחה מתרגמת לשני התנאים.



## נספח 2 – תיקון לקיצוץ תחום בעקבות בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני<sup>8</sup>

אנחנו רוצים לאמוד את המתאם שקיים באוכלוסייה בין זוג משתנים,  $x$  ו- $y$ , בהתבסס על המתאם ביניהם שחושב בקרב המתקבלים בעקבות תהליך בררה שהתבסס על משתנה שלישי,  $z$ . במצב זה המשתנה  $z$  עבר בררה ישירה והמשתנים  $x$  ו- $y$  עברו בררה עקיפה, כיוון שהם מתואמים עם  $z$ .

נספח זה מציג את ההנחות ואת הנוסחה שבה משתמשים בתיקון לקיצוץ תחום שמתאים למצב זה, שמכונה "בררה חד-משתנית במקרה התלת-משתני". נציין שמסיבות היסטוריות, כנראה (הפתרון לבררה החד-משתנית הוצג לפני הפתרון למקרה הכללי, של הבררה הרב-משתנית), מקובל להשתמש בסטטיסטיים שונים בשני המקרים: בתיקון הרב-משתני, שהוצג לעיל, משתמשים בשונויות ואילו בתיקון החד-משתני (ובפרט, בעקיף, שבו אנו עוסקים בדוח זה, ושמוצג להלן) משתמשים בסטיות תקן ובמתאמים. בחרנו להיצמד לניסוחים המקובלים. שני סוגי הניסוחים שקולים, כמובן, זה לזה מבחינה מתמטית.

נסמן באותיות קטנות את הסטטיסטיים בתת-האוכלוסייה של המתקבלים ובאותיות גדולות את הסטטיסטיים באוכלוסיית המועמדים. הסטטיסטיים הרלוונטיים הם סטיות התקן של המשתנים (3) והמתאמים ביניהם (3), כך שבסך הכול יש לנו 12 סטטיסטיים בלתי תלויים:

$$s_x, s_y, s_z, r_{xy}, r_{xz}, r_{yz}, S_x, S_y, S_z, R_{xy}, R_{xz}, R_{yz}$$

כאמור, אנו מניחים שבתת-האוכלוסייה של המתקבלים (אותיות קטנות) ידועים לנו כל הסטטיסטיים  $(s_x, s_y, s_z, r_{xy}, r_{xz}, r_{yz})$ , ושבקרב המועמדים (אותיות גדולות) ידועה לנו סטיית התקן של המשתנה שלפיו נעשתה הבררה  $(S_z)$ .

בסך הכול יש לנו, אם כן, מידע על 7 סטטיסטיים מתוך 12 סטטיסטיים. אנחנו רוצים לחשב את חמשת הסטטיסטיים החסרים, ובפרט, את המתאם בין  $x$  ו- $y$  באוכלוסיית המועמדים (כלומר, את  $R_{xy}$ ). נחוצות 5 משוואות כדי לפתור עבור חמשת הסטטיסטיים החסרים; משוואות אלו הן הנחות המודל שיתוארו להלן.

### הנחות המודל

מהנחות הלינאריות (שהגרסיה של כל משתנה שעבר בררה עקיפה על כל קבוצה של משתנים שעברו בררה ישירה היא לינארית) וההומוסקדסטיות (שמטריצת השונות המשותפת של משתני הבררה העקיפה, בהינתן ערכים קבועים של משתני הבררה הישירה,

<sup>8</sup> מבוסס על: Gulliksen, 1987, Chap. 12.

אינה תלויה בערכים המסוימים של משתני הבררה הישירה) נגזרות ההנחות הבאות, שמתייחסות לשתי רגרסיות: רגרסיה של  $x$  על  $z$  ורגרסיה של  $y$  על  $z$ .

שוויון מקדמי הרגרסיה במועמדים ובמתקבלים: בכל אחת משתי הרגרסיות המקדמים שווים באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה של המתקבלים (תנאים 1 ו-2 שלהלן<sup>9</sup>).

שוויון שונויות הטעויות בניבוי במועמדים ובמתקבלים: שונות הטעות בניבוי  $x$  מ- $z$  שווה באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה של המתקבלים (תנאי 3), שונות הטעות בניבוי  $y$  מ- $z$  שווה באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה של המתקבלים (תנאי 4), והשונות המשותפת של הטעות בניבוי  $x$  מ- $z$  והטעות בניבוי  $y$  מ- $z$  שווה באוכלוסיית המועמדים ובתת-האוכלוסייה של המתקבלים (תנאי 5).

נרשום את התנאים הנ"ל בנוסחאות:

$$\beta_{x \cdot z} = r_{xz} \left( \frac{s_x}{s_z} \right) = R_{xz} \left( \frac{S_x}{S_z} \right) \quad 1.$$

$$\beta_{y \cdot z} = r_{yz} \left( \frac{s_y}{s_z} \right) = R_{yz} \left( \frac{S_y}{S_z} \right) \quad 2.$$

$$s_{x \cdot z}^2 = s_x^2 (1 - r_{xz}^2) = S_x^2 (1 - R_{xz}^2) = S_{x \cdot z}^2 \quad 3.$$

$$s_{y \cdot z}^2 = s_y^2 (1 - r_{yz}^2) = S_y^2 (1 - R_{yz}^2) = S_{y \cdot z}^2 \quad 4.$$

$$s_{xy \cdot z} = s_x s_y (r_{xy} - r_{xz} r_{yz}) = S_x S_y (R_{xy} - R_{xz} R_{yz}) = S_{xy \cdot z} \quad 5.$$

## הפתרון

אנחנו מתעניינים רק בפתרון אחד – עבור המתאם בין  $x$  ו- $y$  באוכלוסיית המועמדים – מבין חמשת הפתרונות עבור חמשת הסטטיסטים הלא ידועים.

עבור  $w_z = \left( \frac{S_z^2}{s_z^2} - 1 \right)$ , הפתרון הזה מוצג בנוסחה הבאה:

$$R_{xy} = \frac{r_{xy} + w_z r_{xz} r_{yz}}{\sqrt{(1 + w_z r_{xz}^2)(1 + w_z r_{yz}^2)}}$$

<sup>9</sup> אנו מניחים שכל המשתנים ממורכזים כך שאין חותך במשוואות הרגרסיה.

### נספח 3 – מתאמים נצפים

לוח 6 – מתאמים נצפים בין ממוצע הבגרות וציון מכפ"ל לבין ציון שנה א' לפי פקולטה ולפי מחזור

| מתאם מרובה             | מתאמים פשוטים |            |      |
|------------------------|---------------|------------|------|
|                        | ממוצע הבגרות  | ציון מכפ"ל |      |
| (בגרות+מכפ"ל)          |               |            |      |
| <b>לפי פקולטה</b>      |               |            |      |
| רוח                    | 0.40          | 0.44       | 0.54 |
| חברה – מילולי          | 0.17          | 0.34       | 0.41 |
| משפטים                 | 0.11          | 0.25       | 0.33 |
| חברה – כמותי           | 0.22          | 0.25       | 0.37 |
| טבע ומדויקים           | 0.24          | 0.34       | 0.46 |
| הנדסה                  | 0.24          | 0.21       | 0.37 |
| רפואה                  | 0.15          | 0.12       | 0.28 |
| פרה – רפואה            | 0.04          | 0.16       | 0.30 |
| <b>לפי מחזור</b>       |               |            |      |
| תשס"ח                  | 0.20          | 0.30       | 0.42 |
| תשס"ט                  | 0.21          | 0.30       | 0.41 |
| תש"ע                   | 0.23          | 0.29       | 0.42 |
| תשע"א                  | 0.21          | 0.30       | 0.41 |
| תשע"ב                  | 0.21          | 0.29       | 0.40 |
| <b>מעבר לכל החוגים</b> |               |            |      |
| כל החוגים              | 0.21          | 0.30       | 0.41 |