

# אקונומטריקה



## תוכן העניינים

|     |                                                    |     |
|-----|----------------------------------------------------|-----|
| 1.  | מבוא לקורס                                         | 1   |
| 2.  | אומדי הריבועים הפחותים                             | 7   |
| 3.  | מודלים לא ליניאריים                                | 21  |
| 4.  | מבחני המובהקות וקריאת פלטים - תוכנת SAS            | 25  |
| 5.  | שינוי יחידות מדידה                                 | 32  |
| 6.  | הרגרסיה המרובה                                     | 34  |
| 7.  | המודל הריבועי                                      | 43  |
| 8.  | מבחן ML                                            | 46  |
| 9.  | בעיות ספציפיקציה                                   | 50  |
| 10. | תיאוריה מולטיקוליניאריות                           | 51  |
| 11. | סיכום ותרגול של בעיות ספציפיקציה ומולטיקוליניאריות | 54  |
| 12. | משתנה דמי                                          | 59  |
| 13. | תיאוריה הפרת ההנחות קלאסיות                        | 76  |
| 14. | הטרוסקדסטיות                                       | 77  |
| 15. | מתאם סדרתי                                         | 85  |
| 16. | סיכום מתאם סדרתי והטרוסקדסטיות                     | 96  |
| 17. | משוואות סימולטניות                                 | 97  |
| 18. | סיכום תכונות ארפ                                   | 113 |
| 19. | רגרסיה לוגיסטית                                    | 114 |
| 20. | שאלות חזרה למבחן מבוססות על תוכנת ATATS            | 124 |
| 21. | מבחן 1                                             | 140 |
| 22. | מבחן 2                                             | 144 |
| 23. | מבחן 3                                             | 149 |

## תוכן העניינים

|     |            |
|-----|------------|
| 155 | 24. מבחן 4 |
| 161 | 25. מבחן 5 |
| 167 | 26. מבחן 6 |

# אקונומטריקה

פרק 1 - מבוא לקורס

תוכן העניינים

1. כללי ..... 1

## מבוא לקורס:

### רקע:

#### הגדרות וסימונים:

**משתנה אמפירי** – תוצאותיו ידועות מראש (למשל: רמת הכנסה, גיל, מס' שנות לימוד במדגם מסוים).

**משתנה מקרי** – תוצאותיו לא ידועות מראש (כגון תוצאה בהטלת קובייה או בהטלת מטבע). באקונומטריקה נעסוק בעיקר במשתנים מקריים.

שני סוגי המשתנים יסומנו באות לועזית עם אינדקס (למשל:  $X_t$  או  $Y_t$ ).  
**קבוע** – מקבל ערך אחד בלבד (מסומן באות לועזית ללא אינדקס – למשל  $a$  או  $b$ ).  
 לכל משתנה מקרי  $X_t$  יש תוחלת המייצגת את מרכז ההתפלגות ( $\mu_X$  או  $E(X)$ ).  
**השונות** – מייצגת את מידת הפיזור של ההתפלגות ( $\sigma_X^2$  או  $V(X)$ ).

**סטית התקן** – היא השורש של השונות ( $\sigma_X$ ).

**שונות משותפת (covariance)** – מדד להתפלגות המשותפת של שני משתנים מקריים ומייצגת את הכיוון של הקשר ביניהם ( $\text{Cov}(X, Y)$ ):

$$X, Y \Leftrightarrow \text{Cov}(X, Y) = 0 \text{ בלתי מתואמים.}$$

$$\text{Cov}(X, Y) > 0 \Leftrightarrow \text{מתאם חיובי בין המשתנים.}$$

$$\text{Cov}(X, Y) < 0 \Leftrightarrow \text{מתאם שלילי בין המשתנים.}$$

$$X, Y \Leftarrow \text{בלתי תלויים } X, Y \text{ בלתי מתואמים.}$$

**מקדם המתאם של פירסון** – מדד לכיוון ולעוצמת הקשר הליניארי בין שני

$$\text{משתנים: } \eta_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

$$-1 \leq \eta \leq 1$$

$$\eta = 1 \text{ מתאם ליניארי חיובי מלא בין שני המשתנים.}$$

$$\eta = -1 \text{ מתאם ליניארי שלילי מלא בין שני המשתנים.}$$

$$\eta = 0 \text{ לא קיים מתאם ליניארי בין שני המשתנים.}$$

## אמידה:

**פרמטר** – ערך המשתנה הנחקר המתאר את כל האוכלוסייה.  
**סטטיסטי/אומד** – ערך המשתנה הנחקר המתאר את המדגם.

| מדגם                                                                       | אוכלוסייה                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$                                     | $E(X) = \mu$                                                   |
| $S_X^2 = \frac{S_{XX}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$      | $V(X) = \sigma^2 = E(X - E(X))^2$                              |
| $\frac{S_{XY}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}$ | $\text{cov}(X, Y) = E(X - E(X))(Y - E(Y))$                     |
| $r_{XY} = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX}} \sqrt{S_{YY}}}$                      | $\eta_{XY} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{V(X)} \sqrt{V(Y)}}$ |

## נוסחאות וחוקים בסטטיסטיקה:

יהיו  $X$  ו- $Y$  משתנים מקריים, ו- $a, b$  קבועים:

חוקי הסיגמה:

$$1. \sum_{t=1}^T X_t = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_T$$

$$2. \sum_{t=1}^T a = Ta \quad \text{סכום של קבוע:}$$

$$3. \sum_{t=1}^T aX_t = a \sum_{t=1}^T X_t \quad \text{סכום של קבוע כפול משתנה = לקבוע כפול הסכום:}$$

$$4. \sum_{t=1}^T (X_t \pm Y_t) = \sum_{t=1}^T X_t \pm \sum_{t=1}^T Y_t \quad \text{סכום של סכום/הפרש = לסכום/הפרש הסכומים:}$$

$$5. \sum_{t=1}^T X_t^2 \neq \left( \sum_{t=1}^T X_t \right)^2 \quad \text{יש לשים לב כי:}$$

$$\sum_{t=1}^T X_t Y_t \neq \sum_{t=1}^T X_t \sum_{t=1}^T Y_t$$

הגדרות ופיתוחים:

1. סכום הסטיות מהממוצע  $= 0$  :  $\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X}) = 0$
2. סכום הסטיות הריבועיות מהממוצע (מונה השונות):  

$$S_{XX} = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2 = \sum_{t=1}^T X_t^2 - T\bar{X}^2 = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})X_t$$
3. מונה של השונות המשותפת:  

$$S_{XY} = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y}) = \sum_{t=1}^T X_t Y_t - T\bar{X}\bar{Y} = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})Y_t = \sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})X_t$$

חוקי התוחלת:

1. תוחלת של קבוע = קבוע:  $E(a) = a$
2. תוחלת של סכום/הפרש = לסכום/הפרש התוחלות:  

$$E(X \pm Y) = E(X) \pm E(Y)$$

$$E\left(\sum (X_i)\right) = \sum E(X_i)$$
3. תוחלת של כפל/חילוק  $\neq$  לכפל/חילוק התוחלות:  

$$E(X \cdot Y) \neq E(X) \cdot E(Y)$$

$$E\left(\frac{X}{Y}\right) \neq \frac{E(X)}{E(Y)}$$

$$E(X^2) \neq [E(X)]^2$$
4. השפעת טרנספורמציה ליניארית על התוחלת:  

$$E\left(a + \frac{1}{a}X \pm b\right) = a + \frac{1}{a} \cdot E(X) \pm b$$

חוקי השונות:

1. עבור  $X$  ו- $Y$  בלתי תלויים/בלתי מתואמים מתקיים:  
שונות של סכום/הפרש = סכום השונות:  

$$V(X \pm Y) = V(X) + V(Y)$$

$$V\left(\sum (X_i)\right) = \sum V(X_i)$$
2. עבור  $X$  ו- $Y$  תלויים/מתואמים מתקיים:  
שונות של סכום/הפרש  $\neq$  סכום השונות:  

$$V(X \pm Y) = V(X) + V(Y) \pm 2 \cdot \text{Cov}(X, Y)$$

$$V(a) = 0$$

3. שונות של קבוע = 0 :  $V(a \pm x) = V(X)$

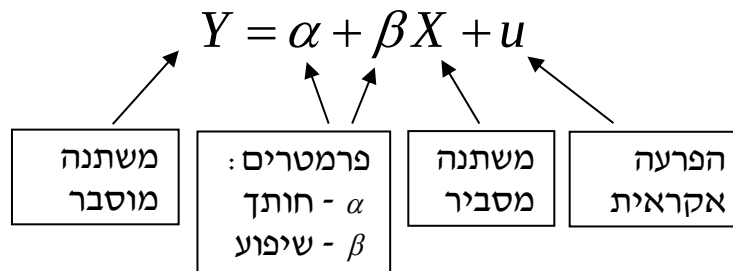
4. השפעת טרנספורמציה ליניארית על השונות :  $V(aX + b) = a^2 V(X)$

- חוקי התוחלת והשונות מתייחסים למשתנים אמפיריים כאל קבועים (יוצאים מחוץ לתוחלת או לשונות).  
חוקי הסכימה מתייחסים למשתנים אמפיריים כמשתנים הנשארים בתוך הסיגמא (רק הקבועים ייצאו מחוץ לסיגמא).

#### חוקי השונות המשותפת :

1. שונות משותפת בין משתנה לקבוע = 0 :  $\text{cov}(X, a) = 0$
2. שונות משותפת של משתנים המוכפלים בקבוע :  $\text{cov}(aX, bY) = ab \cdot \text{cov}(X, Y)$
3. שונות משותפת של משתנה עם עצמו = שונות המשתנה :  $\text{cov}(X, X) = V(X)$   
 $\text{cov}(Y, Y) = V(Y)$

#### המודל האקונומטרי :



1. במודל :  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ ,  $\alpha$  ו- $\beta$  הם מספרים קבועים אך לא ידועים. אנו יכולים להעריך אותם ולקבל אומדים (תהליך קבלת האומדנים נקרא אמידה).
2.  $\hat{\alpha}$  הוא האומד ל- $\alpha$  ו- $\hat{\beta}$  הוא האומד ל- $\beta$ .
3. אומדי ריבועים פחותים (אר"פ) הם אומדים שחושבו בשיטת הריבועים הפחותים. מסומנים בד"כ ע"י 'כובעי' -  $\hat{\beta}$ .  
אומדים אחרים מסומנים בד"כ ע"י 'תלתלי' -  $\tilde{\beta}$ .

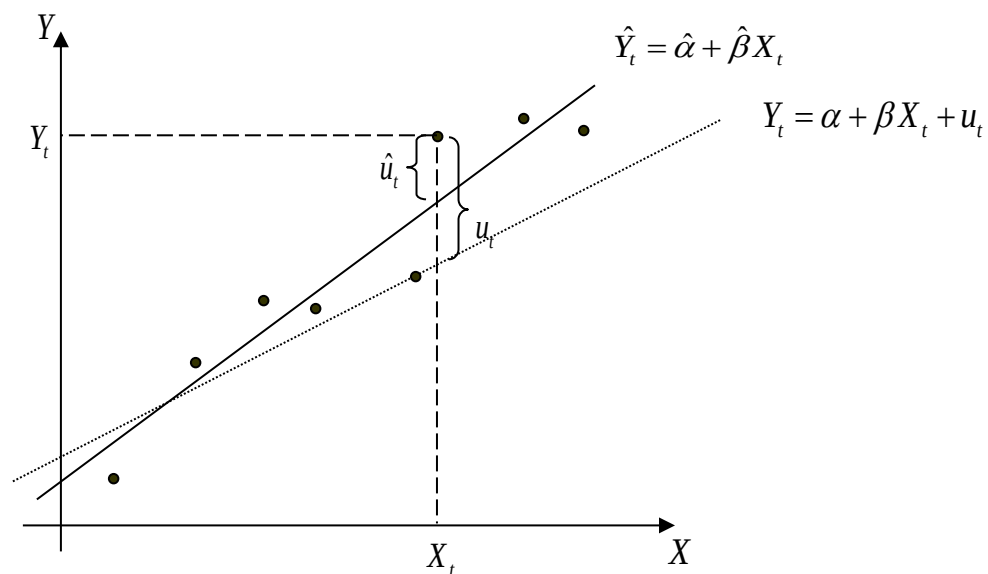
4. בעוד  $\alpha$  ו- $\beta$  הם קבועים,  $\hat{\alpha}$  ו- $\hat{\beta}$  הם משתנים מקריים כיוון שבכל מדגם מתקבלים  $\hat{\alpha}$  ו- $\hat{\beta}$  אחרים.

5. את  $\alpha$  ו- $\beta$  ו- $u_t$  לא ניתן לדעת (אלא רק לאמוד מנתוני המדגם) – הקו האמיתי באוכי לא ידוע.

6. אפשר לדעת את  $\hat{u}_t$ , שהיא הסטיה מקו הרגרסיה במדגם:

- עבור  $X_t$ , הערך הצפוי של המשתנה המוסבר  $(\hat{Y}_t)$  המתקבל לפי הרגרסיה הוא:  $\hat{Y}_t = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_t$ .

- הסטיה של התצפית  $(Y_t)$  מהערך הצפוי לפי הרגרסיה  $(\hat{Y}_t)$  היא:  $\hat{u}_t = Y_t - \hat{Y}_t$ .



— קו הרגרסיה הנאמד (במדגם)  
 ..... קו הרגרסיה האמיתי באוכלוסייה  
 • תצפית בודדת

## שאלות:

(1) הבא נוכיח את הזהויות הבאות:

$$א. \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2 = \sum_{t=1}^T X_t^2 - T\bar{X}^2$$

$$ב. \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2 = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})X_t$$

$$ג. \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X}) = 0$$

$$ד. \sum \frac{(X_t - \bar{X})^2}{\sum (X_t - \bar{X})X_t} = 1$$

$$ה. \sum (\hat{\alpha} + \hat{\beta}x_i)(x_i - \bar{x}) = \hat{\beta}(x_i - \bar{x})^2$$

$$ו. \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y}) = \sum_{t=1}^T X_t Y_t - T\bar{X}\bar{Y}$$

$$ז. \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y}) = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})Y_t$$

(2) בטא באמצעות:  $\text{cov}(x, y), \text{var}(x), \text{var}(y)$  והקבועים  $a$  ו- $b$  את הביטויים

הבאים:

$$א. \text{Var}(ax)$$

$$ב. \text{Var}(x + y)$$

$$ג. \text{Var}(ax + b)$$

$$ד. \text{Cov}(x, ay)$$

$$ה. \text{Cov}(x + a, y + b)$$

$$ו. \text{מקדם המתאם בין } x \text{ ל- } y$$

## תשובות סופיות:

(1) הוכחה.

(2) א.  $a^2 \text{var}(x)$  ב.  $\text{var}(x) + \text{var}(y) + 2\text{cov}(x, y)$  ג.  $a^2 \text{var}(x)$  ד.  $a \text{cov}(x, y)$ 

$$ה. \text{cov}(x, y) \quad ו. r = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x)} \cdot \sqrt{\text{var}(y)}}$$

# אקונומטריקה

פרק 2 - אומדי הריבועים הפחותים

תוכן העניינים

1. כללי ..... 7

## אומדי הריבועים הפחותים:

## רקע:

שיטת האמידה של  $\alpha$  ושל  $\beta$  לקבלת אומדים  $\hat{\alpha}$  ו- $\hat{\beta}$  – Ordinary Least Squares (OLS) שיביאו למינימום את סכום ריבועי טעויות האמידה:

$$\min_{\hat{\alpha}\hat{\beta}} \sum \hat{u}_t^2 = \min_{\hat{\alpha}\hat{\beta}} \sum (y_t - \hat{y}_t)^2 = \min_{\hat{\alpha}\hat{\beta}} \sum \left[ y_t - (\hat{\alpha} + \hat{\beta}x_t) \right]^2 = ?$$

מתוך גזירת הפונקציה הזו מתקבלים האומדים  $\hat{\alpha}$  ו- $\hat{\beta}$ .

| מודל רק עם חותך<br>$Y_t = \alpha + u_t$  | מודל ללא חותך<br>$Y_t = \beta X_t + u_t$                        | מודל עם חותך ושיפוע<br>$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$                                                                                                                                                                                             |                  |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| $\hat{\alpha} = \bar{Y}$                 | $\hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T X_t Y_t}{\sum_{t=1}^T X_t^2}$ | $\hat{\beta} = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} = \frac{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2}$ $= \frac{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})Y_t}{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2}$ $\hat{\alpha} = \bar{Y} - \hat{\beta}\bar{X}$ | חישוב<br>האומדים |
| $E(\hat{\alpha}) = \alpha$               | $E(\hat{\beta}) = \beta$                                        | $E(\hat{\beta}) = \beta$<br>$E(\hat{\alpha}) = \alpha$                                                                                                                                                                                              | תוחלת<br>האומדים |
| $V(\hat{\alpha}) = \frac{\sigma_u^2}{T}$ | $V(\hat{\beta}) = \frac{\sigma_u^2}{\sum_{t=1}^T X_t^2}$        | $V(\hat{\beta}) = \frac{\sigma_u^2}{S_{XX}}$<br>$V(\hat{\alpha}) = \sigma_u^2 \left( \frac{1}{T} + \frac{\bar{X}^2}{S_{XX}} \right)$                                                                                                                | שונות<br>האומדים |

"המשוואות הנורמליות" מתקבלות בתהליך הגזירה של פונקציית הריבועים הפחותים וחייבות להתקיים על מנת שהפונקציה תתקיים  $(\sum \hat{u}_t^2 = \min)$ :

עבור המודל הקלאסי (עם חותך):

בגזירה של  $\alpha$ :  $\sum \hat{u}_t = 0$ .

בגזירה של  $\beta$ :  $\sum \hat{u}_t \cdot x_t = 0$ .

עבור מודל ללא חותך:

בגזירת  $\beta$  בלבד:  $\sum \hat{u}_t \cdot x_t = 0$ .

מן המשוואות הנורמליות נובעות:

1. התכונות הגיאומטריות:

א.  $\sum \hat{u}_i = 0$ .

ב.  $\sum x_i \hat{u}_i = 0$ .

- ברגרסיה ללא שיפוע מתקיימת רק התכונה הגיאומטרית הראשונה. ברגרסיה ללא חותך מתקיימת רק התכונה הגיאומטרית השנייה.

2. התכונות האלגבריות:

א.  $\text{cov}(x_i, \hat{u}_i) = 0$ .

ב.  $\text{cov}(\hat{y}_i, \hat{u}_i) = 0$ .

ג.  $\bar{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \bar{x} = \bar{\hat{y}}$ .

- התכונות האלגבריות תקפות עבור קו הרגרסיה הקלאסי (עם חותך ושיפוע) במדגם בלבד.

**ההנחות הקלאסיות של מודל הרגרסיה:**

1. קיים קשר ליניארי בין המשתנה המוסבר למשתנה המסביר.

2.  $X$  איננו קבוע:  $S_{XX} = \sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2 \neq 0$ .

3. תוחלת ההפרעה האקראית היא אפס לכל תצפית:  $E(u_t) = 0$  לכל  $t$ .

4.  $X_t$  אינם משתנים מקריים  $\Leftrightarrow$  ניתן להוציא אותם מחוץ לתוחלת ולשונוות  $\Leftrightarrow \text{cov}(X_t, u_t) = 0$ .

5. הומוסקדסטיות: שונות ההפרעה האקראית קבועה לכל תצפית:

$$V(u_t) = \sigma_u^2 \text{ לכל } t.$$

6.  $u_t$  ב"ת:  $\text{cov}(u_t, u_s) = 0$  לכל  $t \neq s$ .

7. ההפרעות האקראיות מתפלגות נורמלית:  $u_t \approx N$ .

### תכונות האומדים:

אומדי הריבועים הפחותים הם לינאריים, חסרי הטיות, יעילים ועקיבים.

1. לינאריות:

ארי"פ ניתנים להצגה כטרנספורמציה לינארית של  $Y_t$ .

כדי ש- $\hat{\beta}$  למשל, יהיה אומד לינארי צריך להתקיים:  $\hat{\beta} = \sum W_t \cdot Y_t$ .

כאשר  $W_t$  היא קומבינציה של ערכי  $X$  בדרך כלל. למשל:  $\hat{\beta} = \frac{\sum X_t \cdot Y_t}{\sum X_t^2}$ .

כדי להביא את האומד לצורה:  $\tilde{\beta} = \sum w_t \cdot y_i$  נעזר בשוויון:  $\frac{\sum 0}{\sum 0} = \sum \frac{0}{\sum 0}$ .

אומד זה ניתן להצגה בצורה הבאה:

$$\hat{\beta} = \sum \frac{X_t}{\sum X_t^2} Y_t = \sum W_t \cdot Y_t$$

$$W_t = \frac{X_t}{\sum X_t^2}$$

לפיכך מדובר באומד לינארי.

• שימו לב כי:

$W_t$  אסור שיכלול את  $Y_t$ .

$Y_t$  אסור שיהיה במכנה או בשורש/חזקה (אלא אם כן במודל הנתון הוא מצוי בשורש/חזקה).

2. חוסר הטיה :

אומד  $\hat{\theta}$  מסוים יהווה אח"ה לפרמטר  $\theta$  אותו הוא אומד באוכלוסייה אם מתקיים:  $E(\hat{\theta}) = \theta$ .

כיצד יודעים אם אומד הוא חסר הטיה?

1. בשלב הראשון יש לבצע עבודת הכנה – מבטאים את האומד באמצעות הפרמטר האמיתי – מציבים במקום ה- $Y_t$  את המודל ומפתחים אלגברית.

• יש לזכור כי:

$u_t$  מהווים משתנים מקריים  $\Leftarrow$  נשארים בתוך התוחלת, השונות  $y_t$  וה-  $\sum$ .

$x_t$  איננו משתנה מקרי (על פי הנחה מס' 4)  $\Leftarrow$  יוצא מחוץ לתוחלת ולשונות אך נשאר בתוך ה-  $\sum$  ו-  $\frac{\alpha}{\beta}$  קבועים  $\Leftarrow$  יוצאים מחוץ לתוחלת, לשונות ול-  $\sum$ .

2. בשלב השני מפעילים תוחלת על האומד המפותח ואם התוחלת שווה לפרמטר האמיתי אז האומד חסר הטיה.

- חוסר הטיה מחייב את התקיימותן של הנחות (3)  $E(u_t) = 0$  לכל  $t$  ו- (4)  $\text{cov}(X_t, u_t) = 0$ .

3. יעילות :

יעילות פירושה השונות הקטנה ביותר. ככל שהשונות של האומד קטנה יותר, כך יש הסתברות גבוהה יותר שהוא יהיה קרוב לפרמטר האמיתי באוכלוסייה אותו הוא אומד.

$\hat{\theta}_1$  יקרא אומד יעיל יותר מ- $\hat{\theta}_2$  אם מתקיים שהשונות שלו קטנה יותר:

$$V(\hat{\theta}_1) < V(\hat{\theta}_2)$$

משפט גאוס מרקוב – אר"פ הם בעלי השונות הנמוכה ביותר בקבוצה שלהם (קבוצת האומדים הלינאריים חסרי ההטיה), והם נקראים: B.L.U.E. (Best Linear Unbiased Estimation).

כיצד מחשבים שונות של אומד?

חייבות להתקיים הנחות (4)  $\text{cov}(X_t, u_t) = 0$ , (5)  $V(u_t) = \sigma_u^2$  לכל  $t$

ו-(6)  $\text{cov}(u_t, u_s) = 0$  לכל  $t \neq s$ . אם הן מתקיימות, מחשבים את השונות של האיברים המכילים את  $u_t$  מהפיתוח הקודם (לפי כללי הסיגמא והשונות).

4. עקיבות:

ככל שהמדגם יגדל כן יתקרב האומד לערך האמיתי של הפרמטר. אם נגדיל את המדגם לאינסוף תצפיות ונחשב את האומד, הוא יהיה שווה

$$\left( \hat{\theta} \rightarrow \theta \right) \\ \left( T \rightarrow \infty \right)$$

תנאי הכרחי לעקיבות:

האומד חייב להיות פונקציה של גודל המדגם. במילים אחרות, האומד צריך להיות מושפע מגודל המדגם. ברגע שהאומד עונה על תנאי זה הוא יהיה עקיב. אומד המחושב במדגם סופי בהגדרה לא יוכל להיות עקיב לפרמטר באוכלוסייה.

### סיכום: השלבים להוכחת התכונות:

1. הוכחת ליניאריות.

2. הכנת האומד  $\Leftarrow$  להציב במקום  $Y_t$  את המודל האמיתי.

במודל עם חותך:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$

במודל ללא חותך:  $Y_t = \beta X_t + u_t$

3. פיתוח האלגברה.

4. חישוב תוחלת, שונות, עקיבות.

- ליניאריות מהווה תנאי הכרחי לחוסר הטיה.
- ליניאריות וחוסר הטיה מהוות תנאי הכרחי לבחינת היעילות של האומד לפי משפט גאוס-מרקוב.
- עקיבות איננה תלויה בתכונות האחרות, אלא רק בהיותו של האומד פונקציה של גודל המדגם (לא מחושב על מדגם סופי). כך שאומד לא חייב להיות ליניארי או חסר הטיה כדי להיות עקיב.
- העקיבות משפיעה על היעילות של האומד. עבור אומדים התלויים בגודל המדגם: ככל שגודל המדגם גדול יותר כך שונות האומד קטנה והאומד יהיה יעיל יותר לפרמטר באוכלוסייה.

## שאלות:

## גזירת ארפ:

(1) כלכלן החליט לאמוד את המודל:  $y_i = \alpha + \beta x_i + u_i$ .

- א. נסחו את בעיית ה-OLS.  
 ב. מצאו את תנאי סדר ראשון של בעיית ה-OLS (המשוואות הנורמאליזציות).  
 ג. מצאו נוסחה לקבלת האומדים:  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$ .  
 ד. הוכיחו כי קו הרגרסיה עובר דרך נקודת הממוצעים  $(\bar{X}, \bar{Y})$ .  
 ה. בהנחה והיינו בוחרים אומד אחר ל- $\beta$  שאינו אומד הריבועים הפחותים, מה היה יחס הביטויים:  $\sum e_i$  ו- $\sum e_i^2$  של אומד זה ביחס לאומד הריבועים הפחותים?

(2) כלכלן החליט לאמוד את המודל:  $y_i = \beta x_i + u_i$ .

- א. נסחו את בעיית ה-OLS.  
 ב. מצאו את תנאי סדר ראשון של בעיית ה-OLS.  
 ג. מצאו נוסחה לקבלת  $\hat{\beta}$ .  
 ד. הוכיחו כי קו הרגרסיה אינו עובר דרך נקודת הממוצעים  $(\bar{X}, \bar{Y})$ .  
 ה. מהו התנאי שבו אומד הריבועים הפחותים שמצאתם בסעיף ג' יהיה זהה לנוסחה של אומד הריבועים הפחותים שנמצא בשאלה הקודמת (במודל עם חותך)?

- (3) חוקר רצה לחקור האם ציוני IQ משפיעים על הציון באקונומטריקה ולכן אסף תצפיות מ-5 סטודנטים:

| SCORE | IQ  | $e_i$ |
|-------|-----|-------|
| 80    | 100 | 1     |
| 75    | 110 | -1    |
| 80    | 110 | 1     |
| 90    | 103 | 2     |
| 85    | 102 | -3    |

איזה מבין המודלים הבאים נאמד?

א.  $score_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot IQ_i$ .

ב.  $score_i = \hat{\beta} \cdot IQ_i$ .

ג.  $score_i = \hat{\alpha}$ .

ד.  $score_i = \bar{y}$ .

- (4) נבדק הקשר שבין שכר לשעה שעובד מסוים מרוויח אצל מעסיק מסוים ( $X$ ) לבין כמות העובדים שמועסקים אצל אותו מעסיק ( $Y$ ) (הניחו שכר שווה בין העובדים אצל אותו המעסיק).  
לשם כך נדגמו 10 מעסיקים באופן מקרי ונתקבלו התוצאות הבאות:

$$\bar{x} = 35$$

$$\bar{y} = 5.8$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i^2 = 19,100$$

$$\sum_{i=1}^{10} y_i^2 = 440$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i y_i = 2858.85$$

מהי תחזית כמות העובדים המועסקים אצל מעסיק מסוים המשתכרים 25 ₪ לשעה?

- (5) כלכלן החליט לאמוד את המודל:  $y_i = \alpha + u_i$ .

א. נסחו את בעיית ה-OLS.

ב. מצאו את תנאי סדר ראשון של בעיית ה-OLS.

ג. מצאו נוסחה לקבלת  $\hat{\alpha}$ .

- (6) חוקר רצה לבדוק את המודל:  $y_i = \hat{\beta}x_i + u_i$  כאשר המשתנה התלוי הוא הציון במקרו והב"ת הוא ציוני IQ. לשם כך אסף תצפיות של 5 סטודנטים:

| SCORE | IQ  | ציון חזוי | $e_i$ |
|-------|-----|-----------|-------|
| 80    | 100 |           |       |
| 90    | 110 |           |       |
| 95    | 110 |           |       |
| 92    |     |           | 5     |
|       | 102 |           | 3     |

מאמידת הרגרסיה התקבל כי:  $\hat{\beta} = 0.85$ .  
השלם את התאים הריקים בטבלה.

## הנחות המודל:

(7) שכר של עובדים מנובא על ידי השכלתם במודל הבא:  $w_i = \alpha + \beta \cdot s_i + u_i$ .

א. כתבו את ההנחות הקלאסיות במונחי המשתנים של המודל הנתון והסבירו אותן.

ב. התייחסו לכל אחת מהטענות הבאות וקבעו האם היא:  
הנחה קלאסית / משוואה נורמאלית (או תוצאה הנובעת ממשוואה נורמאלית) / אף אחד מהשניים:

$$\text{cov}(s_i, u_i) = 0 \quad \text{i.}$$

$$E(u_i) = 0 \quad \text{ii.}$$

$$\text{cov}(u_i, u_j) = 0 \quad \text{iii.}$$

$$\bar{e} = 0 \quad \text{iv.}$$

$$\bar{w} = \hat{w} \quad \text{v.}$$

$$\sum u_i = 0 \quad \text{vi.}$$

$$V(u_i) = \sigma_i \quad \text{vii.}$$

$$S_s^2 \neq 0 \quad \text{viii.}$$

$$\text{cov}(s, e) = 0 \quad \text{ix.}$$

$$\text{cov}(\hat{y}_i, e) = 0 \quad \text{x.}$$

(8) חוקר מעוניין לאמוד את ההשפעה של נוכחות בתרגולים על הציון בקורס

אקונומטריקה. לשם כך אמד את המשוואה:  $\text{score} = \alpha + \beta \text{attendance} + u$

הועלתה הטענה כי מודל זה אינו מקיים את הנחה מס' 4 של אי תלות בין

המשתנה הב"ת לטעויות ( $\text{cov}(x_i, u_i) = 0$ ). חווה דעתך על טענה זו.

## ליניאריות:

$$(9) \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X}) Y_t}{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2} \quad \text{האם האומד : הוא ליניארי?}$$

$$(10) \quad \tilde{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T Y_t^3 \sum_{t=1}^T X_t (Z_t + Y_t)}{\sum_{t=1}^T X_t^2} \quad \text{האם האומד : הוא ליניארי?}$$

(11) כלכלן החליט לאמוד את המודל:  $y_i = \alpha + \beta x_i + u_i$ . מי מהאומדים הבאים הוא ליניארי ומהן המשקולות:

א.  $\tilde{\beta} = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$

ב.  $\tilde{\beta} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$

ג.  $\tilde{\beta} = \sum \left( \frac{y_i}{x_i} \right)^2$

ד.  $\tilde{\beta} = \sum \frac{Y_i}{n}$

ה.  $\tilde{\beta} = \sum \frac{X_t}{Y_i}$

ו.  $\tilde{\beta} = \frac{\sum x_i y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$

ז.  $\tilde{\beta} = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$

חוסר הטיה:

(12) נתון האומד הבא:  $\tilde{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T X_t Y_t}{\sum_{t=1}^T X_t^2}$

האם האומד הנ"ל הוא חסר הטיה?

- א. בדוק במודל עם חותך.  
ב. בדוק במודל ללא חותך.

(13) נתון המודל הבא:  $y_i = \alpha + \beta x_i + u_i$  נתון בנוסף כי האומד ל- $\beta$  הינו ליניארי וחסר הטיה.

איזה מן הטענות מתקיימת בהכרח:

א.  $\sum w_i x_i = 1$

ב.  $\sum w_i x_i = 0$

ג.  $\sum w_i = 0$

## יעילות ועקיבות:

$$(14) \quad \tilde{\beta} = \frac{y_9 - y_5 + y_2}{x_9 - x_5 + x_2} : \beta \quad \text{כלכלן הציע את האומד הבא עבור } \beta$$

- א. בדוק האם האומד חסר הטיה עבור המודל הקלאסי.  
 ב. האם תשתנה תשובתך אם מדובר באומד ללא חותך?  
 ג. חשב את שונות האומד עבור מודל ללא חותך.

## תרגול ממבחנים:

(15) נתון המודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ ,  $T = 100$ , כאשר מתקיימות כל ההנחות הקלאסיות.

$$\tilde{\beta} = \frac{\sum_{t=51}^{100} Y_t - \sum_{t=1}^{50} Y_t}{\sum_{t=51}^{100} X_t - \sum_{t=1}^{50} X_t} : \text{נתון האומד}$$

- א. האומד  $\tilde{\beta}$  הינו אומד חסר הטיה ל- $\beta$ . נכון / לא נכון  
 ב. האומד  $\tilde{\beta}$  הינו אומד עקיב ל- $\beta$ . נכון / לא נכון  
 ג. האומד  $\tilde{\beta}$  הינו אומד לינארי ל- $\beta$ . נכון / לא נכון  
 ד. האומד  $\tilde{\beta}$  הינו אומד יעיל ל- $\beta$ . נכון / לא נכון  
 ה. השונות האמיתית של  $\tilde{\beta}$  היא?

(16) נתון המודל:  $Y_t = \beta X_t + u_t$ , כאשר כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות. (יש לשים לב המודל ללא חותך).

$$\tilde{\beta} = \frac{\sum Y_t}{\sum X_t} : \text{נתון האומד}$$

- א. האומד  $\tilde{\beta}$  הינו אומד מוטה ל- $\beta$ : נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת  
 ב. על סמך משפט גאוס-מרקוב ניתן להסיק כי  $\tilde{\beta}$  איננו אומד יעיל יותר מאומד הריבועים הפחותים: נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת  
 ג. מהי השונות האמיתית של  $\tilde{\beta}$ ?

17 נתון המודל:  $Y_t = \beta X_t + u_t$ , כאשר כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות. (יש לשים לב המודל ללא חותך).

$$\tilde{\beta} = \frac{\sum X_t Y_t}{\sum (X_t - \bar{X})^2} \quad \text{נתון האומדן}$$

א. מהי התוחלת של  $\tilde{\beta}$ ?

ב.  $E(\tilde{\beta}) < \beta$  נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת

ג. על סמך משפט גאוס-מרקוב ניתן להסיק כי אומד הריבועים הפחותים

הינו אומד יעיל יותר מ- $\tilde{\beta}$ . נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

$$\frac{\sum X_t Y_t}{\sum X_t^2} \quad \text{ד. מהי השונות האמיתית של האומדן?}$$

18 בכל השאלות ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t \quad \text{האומדים הם אר"פ, והמודל הוא:}$$

א.  $E(Y_t) = E(\hat{Y}_t)$  נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת

ב.  $\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X}) \bar{Y} \neq 0$  נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת

ג. אמידת המודל בשיטת הריבועים הפחותים תיתן את

התוצאה:  $\sum_{t=1}^T u_t = 0$ . נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת

ד. אם נתון ש- $r_{XY} = 0.57$ , אזי  $\hat{\beta}$ :

i. הוא בהכרח שלילי.

ii. הוא בהכרח חיובי.

iii. הוא בהכרח שווה לאפס.

iv. לא ניתן לקבוע את סימנו על סמך הנתונים הקיימים.

ה. סמן את הטענה הנכונה בהכרח:

$$\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{Y}) \hat{u}_t = 0 \quad \text{i.}$$

$$S_{XX} = \sum_{t=1}^T X_t^2 - (T\bar{X})^2 \quad \text{ii.}$$

$$\sum_{t=1}^T X_t u_t = 0 \quad \text{iii.}$$

iv. אף אחת מהטענות הנ"ל אינה נכונה בהכרח.

- ו. אומדי הריבועים הפחותים אינם חסרי הטיה, אם נתון שהשונות של  $u_t$  אינה קבועה.  
נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת
- ז. אומד חסר הטיה הוא אינו בהכרח גם אומד עקיב.  
נכון / לא נכון / אי אפשר לדעת

## תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א.} \min_{\hat{\alpha}\hat{\beta}} \sum [y_t - (\hat{\alpha} + \hat{\beta}x_t)]^2 \quad \text{ב.} \hat{\alpha} \Leftarrow \sum_{i=1}^n \hat{u}_i = 0, \hat{\beta} \Leftarrow \sum_{i=1}^n \hat{u}_i x_i = 0$$

$$\text{ג.} \hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta}\bar{x}, \hat{\beta} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad \text{ד. הוכחה.} \quad \text{ה. ראה סרטון.}$$

$$(2) \quad \text{א.} \min_{\hat{\beta}} \sum [y_t - (\hat{\beta}x_t)]^2 \quad \text{ב.} \hat{\beta} \Leftarrow \sum_{i=1}^n \hat{u}_i x_i = 0$$

$$\text{ג.} \hat{\beta} = \frac{\sum y_i x_i}{\sum x_i^2} \quad \text{ד. הוכחה.} \quad \text{ה. ראה סרטון.} \quad \text{א'.} (3)$$

$$(4) \quad \hat{y}_i = 4.59$$

$$(5) \quad \text{א.} \min_{\hat{\alpha}} \sum [y_t - (\hat{\alpha})]^2 \quad \text{ב.} \sum_{i=1}^n \hat{u}_i = 0 \quad \text{ג.} \hat{\alpha} = \bar{y}$$

(6)

| SCORE | IQ  | ציון חזוי | $e_i$ |
|-------|-----|-----------|-------|
| 80    | 100 | 85        | -5    |
| 90    | 110 | 93.5      | -3.5  |
| 95    | 110 | 93.5      | 1.5   |
| 92    | 114 | 97        | 5     |
| 89.7  | 102 | 86.7      | 3     |

(7) א. ראה סרטון.

ב.i. הנחה, לא בהכרח מתקיים.

ii. הנחה, לא בהכרח מתקיים.

iii. הנחה, לא בהכרח מתקיים.

iv. נגזר מהמשוואה, מתקיים בהכרח.

v. נגזר מהמשוואה, מתקיים בהכרח.

vi. אף אחד מהשניים.

vii. אף אחד מהשניים.

viii. הנחה, לא בהכרח מתקיים.

ix. נגזר מהמשוואה, מתקיים בהכרח.

x. נגזר מהמשוואה, מתקיים בהכרח.

(8) ראה סרטון.

(9) כן.

(10) לא.

$$(11) \quad \text{א. ליניארי, } W_i = \frac{x_i}{\sum x_i^2} \quad \text{ב. ליניארי, } W_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{ג. לא ליניארי.} \quad \text{ד. ליניארי, } W_i = \frac{1}{n}$$

$$\text{ה. לא ליניארי.} \quad \text{ו. ליניארי, } W_i = \frac{x_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{ז. ליניארי, } W_i = \frac{1}{\sum x_i}$$

$$(12) \quad \text{א. לא.} \quad \text{ב. כן.}$$

$$(13) \quad \text{א' ו-ג'.$$

$$(14) \quad \text{א. מוטה.} \quad \text{ב. חסר הטיה.} \quad \text{ג. } \sigma_u^2 \frac{1}{(x_9 - x_5 + x_2)^2}$$

$$(15) \quad \text{א. נכון.} \quad \text{ב. לא נכון.} \quad \text{ג. נכון.} \quad \text{ד. לא נכון.}$$

$$\text{ה. } V(\tilde{\beta}) = \frac{100\sigma_u^2}{\left(\sum_{t=51}^{100} X_t - \sum_{t=1}^{50} X_t\right)^2}$$

$$(16) \quad \text{א. לא נכון.} \quad \text{ב. נכון.} \quad \text{ג. } V(\tilde{\beta}) = \frac{T\sigma_u^2}{\left(\sum X_t\right)^2}$$

$$(17) \quad \text{א. } E(\tilde{\beta}) = \frac{\beta \sum X_t^2}{\sum (X_t - \bar{X})^2} \quad \text{ב. לא נכון.} \quad \text{ג. לא נכון.}$$

$$\text{ד. } \frac{\sigma_u^2}{\sum X_t^2}$$

$$(18) \quad \text{א. נכון.} \quad \text{ב. לא נכון.} \quad \text{ג. לא נכון.} \quad \text{ד. ii.}$$

$$\text{ו. לא נכון.} \quad \text{ז. נכון.}$$

$$\text{ה. i.}$$

# אקונומטריקה

פרק 3 - מודלים לא ליניאריים

תוכן העניינים

1. כללי ..... 21

## מודלים לא ליניאריים:

רקע:

| הגמישות<br>$\left(\frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \frac{X}{Y}\right)$<br>בכמה % ישתנה<br>Y אם נגדיל את<br>X ב-1%? | השינוי השולי<br>$\left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)$<br>בכמה ישתנה<br>Y אם נגדיל את<br>X ביחידה? | משמעות ה- $\beta$                                                            | המודל                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\frac{\beta X}{Y}$                                                                                                   | $\beta$                                                                                                  | השינוי השולי<br>אם נגדיל את X ביחידה<br>Y ישתנה ב- $\beta$ יחידות            | ליניארי:<br>$Y = \alpha + \beta X + u$                                                           |
| $\beta X$                                                                                                             | $\beta Y$                                                                                                | שיעור השינוי השולי<br>אם נגדיל את X ביחידה<br>Y ישתנה ב- $100 \cdot \beta\%$ | חצי לוגריתמי:<br>$\ln Y = \alpha + \beta X + u$<br>$(Y = e^{\alpha + \beta X + u})$              |
| $\beta$                                                                                                               | $\frac{\beta Y}{X}$                                                                                      | הגמישות<br>אם נגדיל את X ב-1%<br>Y ישתנה ב- $\beta\%$                        | לוגריתמי כפול:<br>$\ln Y = \alpha + \beta \ln X + u$<br>$(Y = e^\alpha \cdot X^\beta \cdot e^u)$ |
| $\frac{\beta}{Y}$                                                                                                     | $\frac{\beta}{X}$                                                                                        | אין משמעות כלכלית<br>אם נגדיל את X ב-1%<br>Y ישתנה ב- $\beta$                | לוג ליניארי:<br>$Y = \alpha + \beta \ln X + u$<br>$(e^Y = e^\alpha \cdot X^\beta \cdot e^u)$     |

- המשתנה שיש בו LN השינוי בו יהיה באחוזים.

תזכורת של חוקי לוגים:

$$\begin{aligned}
 LN(e^x) &= x \\
 LN(X^Y) &= Y \cdot LN(X) \\
 LN(X \cdot Y) &= LN(X) + LN(Y) \\
 LN\left(\frac{X}{Y}\right) &= LN(X) - LN(Y)
 \end{aligned}$$

## שאלות:

(1) על מנת לאמד את התשואה להשכלה בישראל בשנים 1948-1990 נאמדו המודלים הבאים:

$$1. \quad MWAGE_t = 139.547 + 118.628 \cdot SCL_t$$

$$2. \quad MWAGE_t = -1445.08 + 1239.60 \cdot LN(SCL)_t$$

$$3. \quad LN(MWAGE)_t = 5.244 + 0.778 \cdot LN(SCL)_t$$

$$4. \quad LN(MWAGE)_t = 6.292 + 0.070 \cdot SCL_t$$

א. הסבירו את המשמעות של  $\beta$  בכל אחד מהמודלים.

ב. חשבו את הגמישות בנקודת הממוצעים: (12.311, 1600.01) עבור כל אחד מהמודלים.

(2) נתונים תוצאות האמידה של המודלים הבאים:

$$1. \quad \hat{Y} = e^{4.5} \cdot X^{0.05}$$

$$2. \quad \hat{Y} = e^{4.5+0.05X}$$

$$3. \quad \hat{Y} = 4.5 + \frac{0.05}{X}$$

$$4. \quad \hat{Y} = \frac{1}{1 + e^{4.5+0.05X}}$$

א. כתבו את המודלים בצורה ליניארית בעזרת טרנספורמציה מתאימה.

ב. עבור כל אחד מהמודלים ערכו תחזית נקודתית עבור  $X = 6$ .

(3) נתונים המודלים הבאים עבור התוצר במשק:

$$1. \quad Q_i = AK_i^{\beta_1} e^{u_i}$$

$$2. \quad Q_i = Ae^{\beta_1 L_i + u_i}$$

$$3. \quad Q_i = A + K_i^{\beta_1} + e^{u_i}$$

$$4. \quad Q_i = A + \frac{\beta_1}{L_i} + u_i$$

$$5. \quad Q_i = A + \beta_1 \sqrt{K_i} + u_i$$

$$6. \quad Q_i = e^{A + \beta_1 K_i + u_i}$$

$$7. \quad Q_i = A \left( \frac{K_i}{2} + 7 \right)^{\beta_1} e^{u_i}$$

$$8. \quad Q_i = A + \beta_1 L_i + u_i$$

$$9. \quad Q_i = A + \beta_1 \left( \frac{K_i}{L_i} \right) + u_i$$

כאשר :

$Q$  - הוצאות צריכה על מוצר מסוים על ידי פרט מסוים.

$A$  - הוצאות צריכה על המוצר בהינתן רמת הכנסה אפסית.

$K$  - הכנסת הפרט.

$L$  - שנות לימוד.

א. מי מהמודלים הבאים ניתן לאמידה בשיטת OLS?

ב. מי מבין המודלים שלא ניתנים לאמידה בשיטת OLS ניתן להביא למודל ליניארי בפרמטרים ועל כן לאמוד את הפרמטרים שלו?

ג. עבור כל אחד מהמודלים קבעו מיהו המשתנה המוסבר ומיהו המסביר במשוואת הרגרסיה הליניארית.

ד. עקומת אנג'ל מתארת את גמישות הצריכה של הפרט מוצר מסוים ביחס להכנסתו. איזה מהמודלים מתאים כדי לתאר את עקומת אנג'ל?

$$(4) \quad Q_i = \frac{A}{K_i^{\beta_1}} e^{u_i} \quad \text{נתון המודל הבא :}$$

א. האם ניתן לאמוד את המודל בשיטת OLS?

ב. מה המשוואה שצריך לאמוד על מנת לקבל את הפרמטרים למודל זה (כלומר כיצד הופכים את המודל לליניארי בפרמטרים)?

ג. נאמד המודל הבא :  $\ln(Q_i) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(K_i) + u_i$ , והתקבלו התוצאות

הבאות :  $\hat{\alpha}_0 = 3$ ,  $\hat{\alpha}_1 = 0.8$ .

מהם האומדנים עבור :  $A$ ,  $\beta_1$ ?

(5) נתון כי הקשר באוכלוסייה בין  $X$  ל- $Y$  נתון על ידי המודל

הבא :  $\ln Y = \alpha + \beta \ln X + u$ . נתון גם כי עבור המודל הנ"ל כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

$$\tilde{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln X_t - \ln \bar{X}) \ln Y_t}{\sum_{t=1}^T (\ln X_t - \ln \bar{X})^2} \quad \text{כלכלן הציע את האומדן הבא עבור } \beta :$$

א. האם האומדן ליניארי?

ב. האם האומדן חסר הטיה?

ג. האם האומדן  $blue$ ?

ד. מהי שונותו?

## תשובות סופיות:

- (1) א.1. השינוי השולי. ב.2. אין משמעות כלכלית. ג.3. גמישות. ד.4. שיעור השינוי השולי.

א.1. 0.912 ב.2. 0.77 ג.3. 0.778 ד.4. 0.861

- (2) א.1.  $\ln(Y) = 4.5 + 0.05 \cdot \ln(X)$  ב.2.  $\ln(Y) = 4.5 + 0.05X$

ג.3. אין צורך. ד.4.  $\ln\left(\frac{1-\hat{Y}}{\hat{Y}}\right) = 4.5 + 0.05X$

א.1. 98.45 ב.2. 121.51 ג.3. 4.50833 ד.4. 0.00816

- (3) א. מודלים: 4, 5, 8 ו-9.

ב. מודלים: 1, 2, 6 ו-7.

ג.1. מסביר:  $\ln(K_i)$ , מוסבר:  $\ln(Q_i)$  ב.2. מסביר:  $L_i$ , מוסבר:  $\ln(Q_i)$

ג.3. אינו ליניארי. ד.4. מסביר:  $\frac{1}{L_i}$ , מוסבר:  $Q_i$

ה.5. מסביר:  $\sqrt{K_i}$ , מוסבר:  $Q_i$  ו.6. מסביר:  $K_i$ , מוסבר:  $\ln(Q_i)$

ז.7. מסביר:  $K_i = \frac{K_i}{2} + 7$ , מוסבר:  $\ln(Q_i)$  ח.8. מסביר:  $L_i$ , מוסבר:  $Q_i$

ט.9. מסביר:  $\frac{K_i}{L_i}$ , מוסבר:  $Q_i$

י. מודלים: 1 ו-7.

- (4) א. לא. ב.  $\ln(Q_i) = \ln(A) - \beta_1 \ln(K_i) + u_i$

ג.  $\beta_1 = -0.8$ ,  $A = 20$

- (5) א. כן. ב. כן. ג. כן. ד.  $V(\hat{\beta}) = \frac{\sigma_u^2}{SS \ln x}$

# אקונומטריקה

פרק 4 - מבחני המובהקות וקריאת פלטים - תוכנת SAS

תוכן העניינים

1. כללי ..... 25

## מבחני המובהקות וקריאת פלטים – תוכנת SAS:

רקע:

פלט ניתוח שונות (Analysis of Variance):

| Analysis of Variance |             |                                 |                       |                                                                 |        |
|----------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|
| Source               | DF          | Sum of Squares                  | Mean Square           | F Value                                                         | Prob>F |
| Model                | $k$         | $RSS$                           | $RSS/k = MSR$         | $F = \frac{MSR}{MSE}$                                           | $PF$   |
| Error                | $T - k - 1$ | $ESS$                           | $ESS/T - k - 1 = MSE$ |                                                                 |        |
| C Total              | $T - 1$     | $TSS$                           |                       |                                                                 |        |
| -----                |             |                                 |                       |                                                                 |        |
| Root MSE             |             | $\sqrt{MSE} = s_u$              | R-square              | $R^2 = \frac{RSS}{TSS}$                                         |        |
| Dep Mean             |             | $\bar{Y}$                       | Adj R-sq              | $\bar{R}^2 = 1 - \frac{ESS}{TSS} \cdot \frac{T - 1}{T - k - 1}$ |        |
| C.V.                 |             | $\frac{s_u}{\bar{Y}} \cdot 100$ |                       |                                                                 |        |

פלט מקדמי הרגרסיה (Parameter Estimates):

| Parameter Estimates |    |                    |                    |                                                                |                     |
|---------------------|----|--------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------|
| Variable            | DF | Parameter Estimate | Standard Error     | T for H0: Parameter=0                                          | Prob> T             |
| INTERCEP            | 1  | $\hat{\alpha}$     | $s_{\hat{\alpha}}$ | $\frac{\hat{\alpha}}{s_{\hat{\alpha}}} = t_{(\hat{\alpha}=0)}$ | $Pt_{\hat{\alpha}}$ |
| X                   | 1  | $\hat{\beta}$      | $s_{\hat{\beta}}$  | $\frac{\hat{\beta}}{s_{\hat{\beta}}} = t_{(\hat{\beta}=0)}$    | $Pt_{\hat{\beta}}$  |

## פלט ה – Covariance of Estimates :

פלט שמתאר את השונות המשותפת (covariance) של האומדנים  $\hat{\alpha}$  ו- $\hat{\beta}$  :

| Covariance of Estimates |                                         |                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| COVB                    | INTERCEP                                | X                                       |
| INTERCEP                | $s_{\hat{\alpha}}^2$                    | $\text{cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$ |
| X                       | $\text{cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$ | $s_{\hat{\beta}}^2$                     |

## עריכת תחזית וקריאת פלטים (תוכנת SPSS):

אמידה נקודתית :

אמידה נקודתית עבור  $X_0$  מסוים (תחזית).

מחושבת על פי קו הרגרסיה במדגם :  $\hat{Y}_0 = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot X_0$ .

אמידת מרווח ל- $E(Y)$  :

אמידת התחזית באוכלוסייה עבור  $X_0$  מסוים. נחשב רווח בר סמך לערך ממוצע של  $Y$

באוכ' עבור  $X_0$  מסוים ( $E(Y)$ ) ברמת סמך  $1-\alpha$ .

נוסחת הרב"ס :  $\hat{Y} \pm t_{n-2; 1-\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_u \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$

$\hat{\sigma}_u = MSE = \frac{SSE}{n-2}$  ,  $\sum (X_i - \bar{X})^2 = S_{xx} = (n-1)S_X^2$

רישום הרב"ס :  $p(\text{---} \leq E(Y) \leq \text{---}) = 1-\alpha$

אמידת מרווח ל- $Y$  :

אמידת ערך בודד של  $Y$  באוכלוסייה עבור  $X_0$  מסוים. נחשב רווח בר סמך לערך בודד

של  $Y$  באוכ' עבור  $X_0$  מסוים ( $Y_0$ ) ברמת סמך  $1-\alpha$ .

נוסחת הרב"ס :  $\hat{Y} \pm t_{n-2; 1-\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_u \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$

רישום הרב"ס :  $p(\text{---} \leq Y \leq \text{---}) = 1-\alpha$

- רב"ס לערך בודד יהיה רחב יותר מאשר רב"ס לערך ממוצע משום שטעות התקן בראשון גדולה מאשר באחרון.

## שאלות:

## פלט ניתוח שונות:

- (1) חוקר רצה לבחון את השפעת ההכנסה ( $INCOME$ ) על גובה המס ( $TAX$ ) (במיליארדי \$) שגובה מדינה במערב לפי המודל:  $TAX_t = \alpha + \beta \cdot INCOME_t + u_t$ . לשם כך אסף נתונים מ-51 מדינות. להלן התוצאות:

Model: MODEL1

Dependent Variable: TAX

| Analysis of Variance |         |                |             |          |        |
|----------------------|---------|----------------|-------------|----------|--------|
| Source               | DF      | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Prob>F |
| Model                | 1       | 2046.89694     | 2046.89694  | 8798.672 | 0.0001 |
| Error                | 49      | 11.39922       | 0.23264     |          |        |
| C Total              | 50      | 2058.29615     |             |          |        |
| Root MSE             | 0.48232 |                | R-square    | 0.9945   |        |
| Dep Mean             | 5.4242  |                | Adj R-sq    | 0.9943   |        |
| C.V.                 | 8.88711 |                |             |          |        |

בדקו את ההשערה כי המודל מובהק ברמת מובהקות של 0.05.

## פלט מקדמי הרגרסיה:

- (2) בהמשך לדוגמא הקודמת – בדיקת השפעת ההכנסה על גודל המס, התקבלו גם התוצאות הבאות:

| Parameter Estimates |    |                    |                |                       |         |
|---------------------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | -0.086912          | 0.08953904     | -0.971                | 0.3365  |
| INCOME              | 1  | 0.152232           | 0.0016229      | 93.801                | 0.0001  |

- א. אמדו את המודל:  $TAX = \alpha + \beta \cdot INCOME + U$ . מהי המשמעות הכלכלית של  $\beta$ ?
- ב. האם המודל מובהק? בדקו על סמך הפלט הנ"ל ברמת מובהקות של 0.05.
- ג. מהי רמת המובהקות הקטנה ביותר, עבורה עדיין תידחה השערת האפס מסעיף ב'?

ד. בדקו את ההשערה כי ככל שההכנסה עולה כך עולה גם המס (שיפוע  $\beta$  חיובי) ברמת מובהקות של 0.01.

ה. בנו רווח-סמך ברמת סמך של 95% עבור  $\beta$ .

ו. בדקו את ההשערה שתוספת של מיליארד \$ להכנסה תגדיל את המס ב-0.2 מיליארד \$, ברמת מובהקות של 0.05.

• שימו לב כי:

במודל עם משתנה מסביר אחד בלבד קיימת זהות בין מבחן F למובהקות המודל לבין מבחן  $t$  למובהקות ה- $\beta$ :

$$F_{(1, T-2; 1-\alpha)} = t_{\left(T-2; 1-\frac{\alpha}{2}\right)}^2$$

$$F = t_{\beta}^2$$

כלומר: כל החלטה המתקבלת במבחן אחד חייבת להיות זהה להחלטה המתקבלת במבחן השני.

### פלט שונות משותפות:

(3) נתון פלט האמידה של המודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ , שלצורך אמידתו נאספו 240 תצפיות:

#### Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
|----------|----|-----------|----------|-------------|---------|
|          |    | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP | 1  | 5.25      | 0.25     | 21          | 0.0000  |
| X        | 1  | 0.96      | 0.12     | 8           | 0.0000  |

#### Covariance of Estimates

|          | INTERCEP | X      |
|----------|----------|--------|
| INTERCEP | 0.0625   | -0.003 |
| X        | -0.003   | 0.0144 |

יש לבדוק את ההשערה:  $H_0: \alpha = 5\beta$ .

## שאלה מסכמת:

(4) חוקר רצה לבדוק את השפעת הותק בעבודה ( $EXP$ ) על השכר ( $SALARY$ ) לפי המודל:  $\ln(SALARY_t) = \alpha + \beta \cdot EXP_t + u_t$ . הוא אסף 403 תצפיות, ואמד את הפרמטרים בתוכנת SAS. להלן חלקים מהפלט ויש להשלימו:

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | --- | ---            | 5.68015     | ---     | ---    |
| Error   | --- | 205.22539      | ---         |         |        |
| C Total | --- | ---            |             |         |        |

|          |          |          |        |
|----------|----------|----------|--------|
| Root MSE | ---      | R-square | ---    |
| Dep Mean | 7.14247  | Adj R-sq | 0.0245 |
| C.V.     | 10.01602 |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | ---                | ---            | ---                   | ---     |
| EXP      | 1  | -0.008740          | ---            | ---                   | 0.0009  |

## Covariance of Estimates

| COVB     | INTERCEP     | EXP          |
|----------|--------------|--------------|
| INTERCEP | 0.0047463101 | ---          |
| EXP      | -0.000154685 | 6.882844 E-6 |

- נתון נוסף:  $EXP = 22$ .

- קיים קשר חיובי מובהק בין ותק ללוג השכר. נכון / לא נכון
- שיעור התשואה בשכר לשנת ותק הוא?
- תחזית לוג השכר עבור אדם בעל 10 שנות ותק היא?

## ביצוע תחזיות:

- 5) במדגם של 30 דירות מושכרות לסטודנטים ברדיוס של עד 2 ק"מ מסביב למכללה נחקר הקשר בין שכר דירה למספר הסטודנטים הגרים בדירה. להלן התוצאות:

| Descriptive Statistics |           |                |    |
|------------------------|-----------|----------------|----|
|                        | Mean      | Std. Deviation | N  |
| שכר הדירה              | 1386.7667 | 509.46027      | 30 |
| מספר הסטודנטים         | 3.0000    | 1.31306        | 30 |

| Model Summary <sup>b</sup> |                   |          |                   |                            |
|----------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                      | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                          | .602 <sup>a</sup> | .362     | .339              | 414.05503                  |

a. Predictors: (Constant), number of students

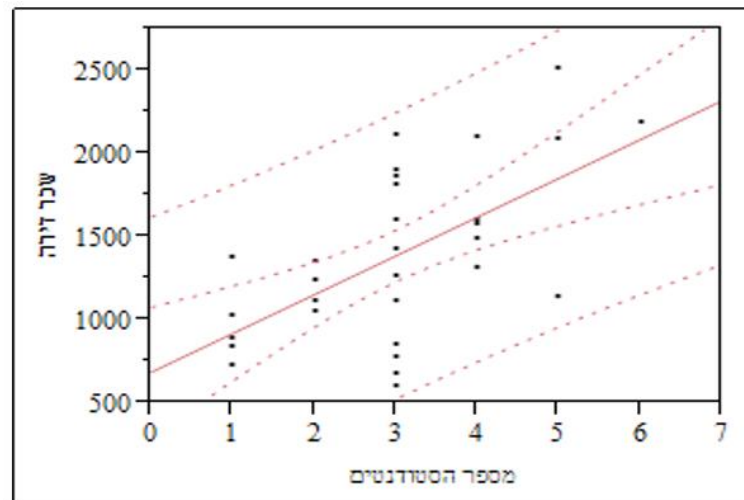
b. Dependent Variable: rent

| ANOVA <sup>b</sup> |                |    |             |        |                   |
|--------------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| Model              | Sum of Squares | Df | Mean Square | F      | Sig.              |
| 1 Regression       | 2726579.520    | 1  | 2726579.520 | 15.904 | .000 <sup>a</sup> |
| Residual           | 4800363.847    | 28 | 171441.566  |        |                   |
| Total              | 7526943.367    | 29 |             |        |                   |

a. Predictors: (Constant), number of students

b. Dependent Variable: rent

| Coefficients <sup>a</sup> |                |                             |            |                           |      |
|---------------------------|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|------|
| Model                     |                | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | Sig. |
|                           |                | B                           | Std. Error | Beta                      |      |
| 1                         | (Constant)     | 686.207                     | 191.244    |                           | .001 |
|                           | מספר הסטודנטים | 233.520                     | 58.556     | .602                      | .000 |



- א. חשב אומדן נקודתי לשכר הדירה אותו ישלמו סטודנטים החולקים את הדירה עם שותף אחד בלבד.
- ב. אמוד את שכר הדירה הממוצע שישלמו סטודנטים החולקים את הדירה עם שותף אחד בלבד, ברמת בטחון של 95%.
- ג. אמוד את שכר הדירה שישלם סטודנט יחיד החולק את הדירה עם שותף אחד בלבד, ברמת ביטחון של 95%.

## תשובות סופיות:

- (1) יש עדות לכך.
- (2) א. ראה סרטון. ב. יש עדות לכך. ג.  $Pt_{\hat{\beta}} = 0.0001$ .
- ד. יש עדות לכך. ה.  $P(0.1488 \leq \beta \leq 0.1554) = 0.95$ .
- ו. יש עדות לכך.
- (3) אין עדות לכך.
- (4) א. לא נכון. ב.  $-0.87\%$ . ג.  $7.24735$ .
- (5) א.  $1153.247$ . ב.  $p(957.4 \leq \mu_{Y_{X=2}} \leq 1349.08) = 0.95$ . ג.  $p(282.94 \leq Y_{X=2} \leq 2023.55) = 0.95$ .

# אקונומטריקה

פרק 5 - שינוי יחידות מדידה

תוכן העניינים

1. כללי ..... 32

## שינוי יחידות מדידה:

## רקע:

טרנספורמציה ליניארית: הוספה/החסרה של קבוע ו/או הכפלה/חילוק של קבוע של אחד או שני המשתנים (התלוי והב"ת).

- טרנספורמציה ליניארית של המשתנים לא תשפיע על:  $R^2$ ,  $F$ ,  $t_{\hat{\beta}}$  ו-  $PF$ .

השינויים מסוכמים בטבלה הבאה:

| $S_{\hat{\alpha}}$                        | $S_{\hat{\beta}}$                              | $\hat{\alpha}'$                               | $\hat{\beta}'$                         |                                                                           |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $s_{\hat{\alpha}'} \neq s_{\hat{\alpha}}$ | $s_{\hat{\beta}'} = s_{\hat{\beta}}$           | $\hat{\alpha}' = \hat{\alpha} - \hat{\beta}d$ | $\hat{\beta}' = \hat{\beta}$           | <b>הוספת קבוע ל- <math>X</math>:</b><br>$Y = \alpha' + \beta'(X + d) + v$ |
| $s_{\hat{\alpha}'} = s_{\hat{\alpha}}$    | $s_{\hat{\beta}'} = s_{\hat{\beta}}$           | $\hat{\alpha}' = \hat{\alpha} + d$            | $\hat{\beta}' = \hat{\beta}$           | <b>הוספת קבוע ל- <math>Y</math>:</b><br>$Y + d = \alpha' + \beta'X + v$   |
| $s_{\hat{\alpha}'} = s_{\hat{\alpha}}$    | $s_{\hat{\beta}'} = \frac{s_{\hat{\beta}}}{d}$ | $\hat{\alpha}' = \hat{\alpha}$                | $\hat{\beta}' = \frac{\hat{\beta}}{d}$ | <b>הכפלת <math>X</math> פי קבוע:</b><br>$Y = \alpha' + \beta'(dX) + v$    |
| $s_{\hat{\alpha}'} = ds_{\hat{\alpha}}$   | $s_{\hat{\beta}'} = ds_{\hat{\beta}}$          | $\hat{\alpha}' = d\hat{\alpha}$               | $\hat{\beta}' = d\hat{\beta}$          | <b>הכפלת <math>Y</math> פי קבוע:</b><br>$dY = \alpha' + \beta'X + v$      |

- $t_{(\hat{\beta}'=0)} = t_{(\hat{\beta}=0)}$  תמיד.
- $t_{(\hat{\alpha}'=0)} = t_{(\hat{\alpha}=0)}$  רק בהכפלות.

## שאלות:

- (1) חוקר ביקש לאמוד את הקשר בין שכר ב- $WAGE$  לבין שנות לימוד ( $SCL$ ) באמצעות 2 מודלים שונים.  
להלן תוצאות האמידה:

$$A. MWAGE_t = 139.54 + 118.62 \cdot SCL_t$$

$$B. MWAGE_t = -1445.08 + 1239.60 \cdot \ln(SCL)_t$$

חשבו מחדש את מקדמי הרגרסיה וסטטיסטי המבחן  $F$  בכל אחד מהמודלים כתוצאה:

1. התברר כי נעשה טעות בחישוב מספר שנות הלימוד, ויש צורך להוסיף 20% למשתנה המקורי.
2. התברר כי הקשר בין שכר לשנות לימוד הוא ריבועי ולכן יש צורך להעלות את המשתנה המקורי של מספר שנות הלימוד בריבוע.

- (2) בהמשך לנתוני השאלה לדוגמא מהפרק החמישי:
- החוקר טען כי יש לבדוק את הקשר בין שכר לוותק ע"י שימוש בשכר נטו ( $NET$ ) ולא בשכר ברוטו ( $SALARY$ ). (קיים שיעור מס קבוע של 20%).  
המודל הוא:  $\ln(NET_t) = \alpha' + \beta' \cdot EXP_t + v_t$   
מה יהיו ערכי האומדים, סטיות התקן שלהם וטיב ההתאמה באמידת מודל זה?

## תשובות סופיות:

1. א.  $\hat{\alpha}' = \alpha = 139.59$ ,  $\hat{\beta}' = 98.85$ , סטטיסטי  $F$  לא משתנה.  
ב.  $\hat{\alpha}' = -1671$ ,  $\hat{\beta}' = 1239.6$ , סטטיסטי  $F$  לא משתנה.
  2. לא ניתן לדעת.
- (2)  $\hat{\beta}' = \hat{\beta} = -0.00874$ ,  $\hat{\alpha}' = 7.11161$ ,  $S_{\hat{\beta}'} = S_{\hat{\beta}} = 0.0026235$ ,  $S_{\hat{\alpha}'} = S_{\hat{\alpha}} = 0.0688935$   
 $R^2 = 0.0269$

# אקונומטריקה

פרק 6 - הרגרסיה המרובה

תוכן העניינים

1. רגרסיה מרובה ..... 34

## רגרסה מרובה:

רקע:

מבחן  $F$ - $T$ :

כאשר יש יותר ממשתנה מסביר אחד, מדובר ברגרסה מרובה.  
המודל הקלאסי:  $Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \dots + \beta_k X_{kt} + u_t$ .

- קבוע  $\alpha$  יש אחד.
- מספר ה- $\beta$  טות כמספר המשתנים הב"ת במודל.

מבחן  $F$  למובהקות המודל:

$$\begin{aligned} H_0 &= \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0 \\ H_1 &: \text{OTHERWISE} \end{aligned}$$

השערות:

סטטיסטי המבחן  $F$  וכלל ההכרעה:

$$F = \frac{\frac{RSS}{k}}{\frac{ESS}{T-k-1}} = \frac{\frac{R^2}{k}}{\frac{1-R^2}{T-k-1}} > F(k, T-k-1; 1-\alpha)$$

מבחן  $t$  למובהקות ה- $\beta$  טות:

מבחן לבדיקת מובהקות  $\beta$  ספציפית:

$$\begin{aligned} H_0 &= \beta_1 = 0 \\ H_1 &: \beta_1 \neq 0 \end{aligned}$$

השערות:

סטטיסטי המבחן  $t$  וכלל ההכרעה:

$$|t_{\hat{\beta}_i}| = \left| \frac{\hat{\beta}_i}{S_{\hat{\beta}_i}} \right| > t_{\left(T-k-1; 1-\frac{\alpha}{2}\right)}$$

### השוואה בין מודלים – $\bar{R}^2$ וחוק חיטובסקי:

בכדי להחליט האם כדאי לנו להוסיף למודל משתנה ב"ת מסוים:  
נשווה את פרופורציית השונות המוסברת המתוקנת  $\bar{R}^2$  בין המודל ללא המשתנה  
המסביר לבין המודל עם המשתנה המסביר שהוספנו.

- ניתן להשתמש גם באומד המוטטה  $R^2$  להשוואה בין מודלים אם מתקיימים שני התנאים הבאים:

1. מספר המשתנים זהה.
2. המשתנה המוסבר זהה.

לפי חוק חיטובסקי – בהוספת משתנה מסביר אחד בלבד למודל ה- $\bar{R}^2$  יעלה אך

ורק אם:  $|t_{\hat{\beta}}| > 1$ .

כאשר:  $|t_{\hat{\beta}}| < 1$  אז  $\bar{R}^2$  ירד בהוספת המשתנה והוא גם לא יהיה רלוונטי למודל (מובהק).

כאשר:  $|t_{\hat{\beta}}| > 2$  אז  $\bar{R}^2$  יעלה והמשתנה שהוסף יהיה גם מובהק.

כאשר:  $1 < |t_{\hat{\beta}}| < 2$  אז ה- $\bar{R}^2$  יעלה אך יש לבדוק את רלוונטיות המשתנה שהוסף למודל על פי מבחן  $t$ .

## שאלות:

מבחן T ו-F:

(1) נאמד המודל:  $Y_t = \alpha + \beta_x X_t + \beta_z Z_t + \beta_w W_t + \beta_s S_t + u_t$  והתקבלו התוצאות הבאות:

## Analysis of Variance

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | ----- | 646169.84      | -----       | -----   | 0.0000 |
| Error   | ----- | -----          | -----       |         |        |
| C Total | 203   | 646790.01      |             |         |        |

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| Root MSE | -----    | R-square | -----    |
| Dep Mean | 178.6645 | Adj R-sq | 0.999022 |
| C.V.     | 0.988075 |          |          |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 5.067731           | 0.456604       | 11.09874              | 0.0000  |
| X        | 1  | -----              | 0.042711       | 22.84485              | 0.0000  |
| Z        | 1  | 3.005385           | 0.008679       | 346.2721              | 0.0000  |
| W        | 1  | -5.029101          | 0.073149       | -----                 | 0.0000  |
| S        | 1  | 8.974106           | 0.029075       | 308.6485              | 0.0000  |

א. השלם את הנתונים החסרים בפלט.

ב. האם המודל מובהק? בדקו ברמת מובהקות של 0.05.

ג. האם משתנה W רלוונטי למודל? בדקו ברמת מובהקות של 0.01.

## השוואה בין מודלים:

- (2) במודל לניבוי ההכנסה על פי שנות לימוד וותק במקום העבודה, התקבל:  $\bar{R}^2 = 0.266$ . הוסף המשתנה היקף המשרה. במבחן למובהקות המשתנה הנוסף התקבל:  $t_{\beta} = 0.456$ . האם ערך  $\bar{R}^2$  יעלה/ירד/לא ישתנה בהוספת המשתנה הנוסף למודל?

## מבחן Wald ו-T מורכב:

- (3) נאמד המודל:  $Y_t = \alpha + \beta_x X_t + \beta_z Z_t + \beta_w W_t + \beta_s S_t + u_t$  והתקבלו התוצאות הבאות:

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|----------|--------|
| Model   | 4   | 646169.84      | 161542.46   | 51835.84 | 0.0000 |
| Error   | 199 | 620.1683       | 3.1164236   |          |        |
| C Total | 203 | 646790.01      |             |          |        |

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
| Root MSE | 1.7653395 | R-square | 0.999041 |
| Dep Mean | 178.6645  | Adj R-sq | 0.999022 |
| C.V.     | 0.988075  |          |          |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 5.067731           | 0.456604       | 11.09874              | 0.0000  |
| X        | 1  | 0.975736           | 0.042711       | 22.84485              | 0.0000  |
| Z        | 1  | 3.005385           | 0.008679       | 346.2721              | 0.0000  |
| W        | 1  | -5.029101          | 0.073149       | -68.75141             | 0.0000  |
| S        | 1  | 8.974106           | 0.029075       | 308.6485              | 0.0000  |

הועלתה ההשערה כי ההשפעה על Y של משתנה S היא פי 3 מזו של משתנה Z, וכן כי החותך הוא 5.

א. מהי השערת האפס?

ב. מהו המודל המוגבל שאותו צריך לאמוד?

להלן אמידת המודל המוגבל:

### Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | 2   | 646166.01      | 323083.01   |         |        |
| Error   | 201 | 623.9983       | 3.104469    |         |        |
| C Total | 203 | 646790.01      |             |         |        |

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
| Root MSE | 1.7619504 | R-square | 0.999035 |
| Dep Mean | 173.6645  | Adj R-sq | 0.999026 |
| C.V.     | 1.0145714 |          |          |

### Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| X        | 1  | 0.978491           | 0.036399       | 26.88240              | 0.0000  |
| Z+3S     | 1  | 2.999995           | 0.003669       | 817.6080              | 0.0000  |
| W        | 1  | -5.043109          | 0.071218       | -70.81249             | 0.0000  |

ג. חשב את הסטטיסטי של W.L.D.

ד. כמה דרגות חופש יש במונה וכמה במכנה?

ה. האם דוחים או מקבלים את השערת האפס?

- (4) על מנת לאמוד את פונקציית התצרוכת נאספו נתונים על 42 משקי בית בשנת 2007 ונאמדה המשוואה הבאה:  $C_t = \alpha + \beta_1 \cdot W_t + \beta_2 \cdot P_t + u_t$ .  
להלן תוצאות האמידה של המשוואה הנ"ל:

### Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | --- | -----          | -----       | -----   | -----  |
| Error   | --- | -----          | 52968       |         |        |
| C Total | --- | -----          |             |         |        |

### Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0:<br>Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|--------------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | -107.226           | -----          | -----                    | -----   |
| W        | 1  | 0.743              | -----          |                          |         |
| P        | 1  | 0.561              | -----          |                          |         |

### Covariance of Estimates

| COV      | INTERCEP | W       | P       |
|----------|----------|---------|---------|
| INTERCEP | -----    | -----   | -----   |
| W        | -----    | 0.0046  | -0.0090 |
| P        | -----    | -0.0090 | 0.016   |

על מנת לבדוק את ההשערה שהנטייה השולית לצרוך מתוך ההכנסה זהה לנטייה השולית לצרוך מתוך ההון, נאמדה גם המשוואה הבאה:  
 $C_t = \alpha + \beta_1 \cdot Y_t + u_t$ , כאשר:  $Y_t$  = סה"כ ההכנסה של משק בית t.  
 התקבל:  $ESS = 0.4566$ .  
 בדקו את ההשערה בשתי דרכים.

## תרגיל מסכם:

- 5) חוקר אמד את התצורות של 500 משקי בית כפונקציה של הכנסה שלהן לפי המשוואה:  $EXPENSE_t = \alpha + \beta \cdot INCOME_t + u_t$ .
- $EXPENSE_t$  - התצורות של משק הבית ה-t-י באלפי שקלים.
- $INCOME_t$  - ההכנסה של משק הבית ה-t-י באלפי שקלים.
- ההפרעות האקראיות מקיימות את כל ההנחות הקלאסיות התקבל הפלט הבא:

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|----------|--------|
| Model   | 1   | 2013.105       | 2013.105    | 6495.745 | 0.0000 |
| Error   | 498 | 154.3358       | 0.3099112   |          |        |
| C Total | 499 | 2167.441       |             |          |        |

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| Root MSE | 0.556697 | R-square | 0.928794 |
| Dep Mean | 3.990208 | Adj R-sq | 0.928651 |
| C.V.     | 13.95157 |          |          |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 0.041995           | 0.054951       | 0.764236              | 0.4451  |
| INCOME   | 1  | 0.713503           | 0.008853       | 80.59618              | 0.0000  |

- מהו Pvalue לבדיקת מובהקות המודל ע"י מבחן F?
- מהו אחוז השונות בתצורות המוסבר ע"י ההכנסה?
- מהו אומדן לתצורות ההתחלתית של משק בית?
- האם אומדן זה מובהק?
- על עוזר מחקר הטיל החוקר לבדוק את ההשערה כי על כל 1000 ₪ נוספים בהכנסה צורך הפרט 700 ₪, כנגד ההשערה כי הוא צורך יותר מ-700 ₪. נסח את השערת האפס ואת ההשערה האלטרנטיבית.
- מהו הסטטיסטי t לבדיקת ההשערה?
- מהו הסטטיסטי WALD לבדיקת ההשערה?
- התברר כי הייתה טעות בנתונים, וכי יש להוסיף 1000 ₪ לתצורות של כל משק בית:
- ההוספה תגדיל את האומד ל- $\alpha$ : נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת.

- ii. בעקבות ההוספה האומד ל- $\alpha$  יהיה מובהק: נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת.
- iii. ההוספה תשנה את האומד ל- $\beta$ : נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת.
- iv. ההוספה תשנה את  $R^2$ : נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת.

החוקר טען כי יש להוסיף לפונקציית התצרוכת גם את השפעת העושר. העושר של משק בית מורכב מתוכניות החסכון שלו (SAVINGS) ומניירות הערך שיש לו (NE). שתי סדרות הנתונים הן באלפי שקלים. החוקר אמד את המשוואה:

$$EXPENSE_t = \alpha + \beta_1 \cdot INCOME_t + \beta_2 \cdot SAVINGS_t + \beta_3 \cdot NE_t + u_t$$

וקיבל כי סכום ריבועי הסטיות של הטעויות הוא 121.

ט. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה של החוקר (שהמודל החדש נכון ולא המקורי)?

י. מהו הסטטיסטי WALD לבדיקת ההשערה?

החוקר רצה לבדוק את ההשערה כי הנש"צ מתוך ההכנסה שווה ל-0.6 וכי השפעת ניירות הערך על התצרוכת היא פי 2 מהשפעת תוכניות החסכון.

יא. מהי השערת האפס לבדיקה זו?

יב. המודל המוגבל לבדיקת ההשערה יהיה מהצורה:  $Z_t = \gamma_0 + \gamma_1 W_t + v_t$ .

בטא את  $Z_t$  ו- $W_t$  באמצעות המשתנים המקוריים.

## תשובות סופיות:

(1) א.

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|----------|--------|
| Model   | 4   | 646169.84      | 161542.46   | 51835.84 | 0.0000 |
| Error   | 199 | 620.1683       | 3.1164236   |          |        |
| C Total | 203 | 646790.01      |             |          |        |

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
| Root MSE | 1.7653395 | R-square | 0.999041 |
| Dep Mean | 178.6645  | Adj R-sq | 0.999022 |
| C.V.     | 0.988075  |          |          |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 5.067731           | 0.456604       | 11.09874              | 0.0000  |
| X        | 1  | 0.975736           | 0.042711       | 22.84485              | 0.0000  |
| Z        | 1  | 3.005385           | 0.008679       | 346.2721              | 0.0000  |
| W        | 1  | -5.029101          | 0.073149       | -68.75141             | 0.0000  |
| S        | 1  | 8.974106           | 0.029075       | 308.6485              | 0.0000  |

ב. יש עדות לכך. ג. יש עדות לכך.

(2) ירד.

(3) א.  $H_0: \alpha = 5, \beta_s = 3\beta_z$  ב.  $Y_t - 5 = \beta_x X_t + \beta_z (Z_t + 3S_t) + \beta_w W_t + u_t$ ג.  $WALD_{stat} = 0.6145$  ד. מונה: 2, מכנה: 199.

ה. מקבלים.

(4) בדיקה ע"י מבחן WALD ו-t: אין עדות לכך.

(5) א.  $PF = 0.000$  ב. 92% ג.  $\hat{\alpha} = 0.04195$  ד. לא.ה.  $H_0: \beta = 0.70, H_1: \beta > 0.70$  ו.  $t_{\hat{\beta}} = 1.583$  ז.  $WALD_{stat} = 2.505$ 

ח. i. נכון. ii. נכון. iii. לא נכון. iv. לא נכון.

ט.  $H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0, H_1: OTHERWISE$  י.  $WALD_{stat} = 68.32$ יא.  $H_0: \beta_3 = 2 \cdot \beta_2, \beta_1 = 0.6$ יב.  $W_t = SAVINGS_t + 2 \cdot NE_t, Z_t = EXPENCE_t - 0.6 \cdot INCOME_t$

# אקונומטריקה

פרק 7 - המודל הריבועי

תוכן העניינים

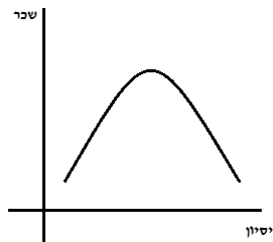
1. רשימת סרטונים ..... 43

## המודל הריבועי:

### רקע:

משמש עבור משתנים שתרומתם לניבוי המשתנה התלוי איננה ליניארית אלא פרבולית עם נקודת מינימום או מקסימום.

למשל:



מודל הרגרסיה הריבועית מניח כי בשלב מסוים התרומה השולית משנה את סימנה (מחיובי לשלילי או משלילי לחיובי).

המודל הריבועי:  $Y_i = \alpha + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + u_i$ .

התרומה השולית של  $X$  בניבוי  $Y$ :  $\frac{dy}{dx} = \beta_1 + 2\beta_2 X_i$ .

התרומה השולית במקרה זה איננה קבועה אלא תלויה ב- $X$ .

הנגזרת מתאפסת בנקודה:  $X^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ .

אם  $\beta_2$ , המקדם של  $X^2$ , הוא חיובי: מדובר בנקודת מינימום שעד אליה התרומה השולית שלילית וממנה ואילך חיובית.

אם  $\beta_2$ , המקדם של  $X^2$ , הוא שלילי: מדובר בנקודת מקסימום שעד אליה התרומה השולית חיובית וממנה ואילך שלילית.

## שאלות:

(1) במחקר על השפעת הגיל על מספר הדקות שפרט משוחח בטלפון הנייד נאמד

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 A_i^2 + u_i$$

מה צריכים להיות סימני המקדמים שייתנו את התוצאה הבאה:  
בגילאים מבוגרים ובגילאים צעירים מדברים יותר מאשר בגילאי הביניים?

(2) חוקר החליט להשוות בין שני מודלים:

מודל רגרסיה פשוטה של  $X$  = הוצאות פרסום (באלפי שקלים לשנה)

על  $Y$  = ציון לחוזק המותג (בציון 0-10).

מודל רגרסיה מרובה הכולל בנוסף את המשתנה  $X^2$  = הוצאה עבור פרסום בריבוע.

א. תארו את המודל באופן אלגברי.

להלן תוצאות האמידה של המודלים על סמך מדגם של 33 חברות:

$$1. \quad R^2 = 0.4676 \quad \hat{Y}_i = 22.163 + 0.363X_i, \quad S_{\hat{\beta}} = 0.097$$

$$2. \quad R^2 = 0.53 \quad \hat{Y}_i = 7.059 + 1.085X_i - 0.004X_i^2, \quad S_{\hat{\beta}_1} = 0.37, \quad S_{\hat{\beta}_2} = 0.002$$

ב. מהו גודל השינוי השולי בכל אחד מהמודלים?

אמדו את גודלו והסבירו את משמעותו.

ג. איזה מודל עדיף? מהם המבחנים הסטטיסטיים המתאימים? בצעו אותם.

ד. בדקו האם לאחר רמת הוצאה מסוימת כבר לא משתלם לפרסם.

(3) בכדי לאמוד את הקשר בין הישגיהם של תלמידים שסיימו את בית הספר

התיכון באמצעות ציון של מבחן כניסה לאוניברסיטה (G שנמדד בנקודות)

לגודל בית הספר (HS שנמדד במאות תלמידים) נאמד מודל ריבועי על בסיס

מדגם של 400 תלמידים מתוך כלל התלמידים שניגשו לבחינת הכניסה.

להלן המשוואה הנאמדת (סטיות התקן נתונות בסוגריים):

$$\hat{G} = 997.8 + 19.81HS - 2.13HS^2$$

(0.55) (3.99) (6.20)

א. הסבירו את המשמעות של המודל הריבועי (לווה את תשובתך בחישוב של

הגודל האופטימאלי של בית הספר ובתיאור גרפי של המודל).

ב. מה יהיה השינוי במבחן בין תלמיד שלמד בבית ספר עם 300 תלמידים

לבין תלמיד שלמד בבית ספר עם 330 תלמידים?

ג. מה יהיה הגודל האופטימאלי של בית הספר בהנחה שהמשתנה HS נמדד

בעשרות תלמידים ולא במאות תלמידים?

ד. האם מספר התלמידים בריבוע תורם להסבר של המודל? נסח את

ההשערה ובדוק אותה.

ה. הועלתה הטענה כי המודל איננו מצליח כלל להסביר את התנהגות

הציונים במבחן. נסח את ההשערה המתאימה ובדוק אותה.

## תשובות סופיות:

$$(1) \quad \beta_1 < 0 ; \beta_2 > 0$$

$$(2) \quad \text{א. המודל הליניארי הפשוט: } Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$$

$$\text{המודל הריבועי: } Y_i + \alpha + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + u_i$$

$$\text{ב.1. גודל השינוי הוא } \beta, \text{ האומד הינו: } b = 0.363$$

$$\text{ב.2. גודל השינוי הוא: } \beta_1 + 2\beta_2 X_i, \text{ האומד הינו: } 1.085 - 0.008 \cdot X_i$$

$$\text{ג. המודל הריבועי עדיף עפ"י מבחנים } t \text{ ו-} \text{WALD.}$$

$$\text{ד. בשלב מסוים השינוי השולי הופך מחיובי לשלילי.}$$

$$(3) \quad \text{א. ראה סרטון.}$$

$$\text{ב. השינוי יהיה: } 1.278 \text{ נקודות.}$$

$$\text{ג. } X^* = 46.5$$

$$\text{ד. כן.}$$

$$\text{ה. יש עדות לכך.}$$

# אקונומטריקה

פרק 8 - מבחן LM

תוכן העניינים

1. כללי ..... 46

## מבחן LM:

## רקע:

במבחן כופלי לגרנג' (LM) אנו בודקים האם משתנה או משתנים מסבירים מסוימים רלוונטיים למודל.

## לדוגמא:

נניח שיש לנו מודל הכולל 4 משתנים מסבירים (UNRESTRICTED):

$$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + \beta_4 x_{4t}$$

לגבי השניים הראשונים אנו בטוחים כי הם רלוונטיים וחייבים להופיע במודל. לגבי השניים האחרונים אנחנו לא בטוחים.

$$H_0 : \beta_3 = \beta_4 = 0$$

השערות:  $H_1 : \text{OTHERWISE}$

המודל המוגבל (RESTRICTED):  $Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t}$

במבחן LM אומדים את המודל המוגבל ומקבלים עבור כל תצפית את הסטייה מקו

$$\text{הרגרסיה: } Y_t - \hat{Y}_t = \hat{u}_t$$

כעת אומדים את רגרסיית העזר שבה מנסים לנבא את הסטייה מקו הרגרסיה עבור

$$\text{כל תצפית: } \hat{u}_t = \delta_0 + \delta_1 x_{1t} + \delta_2 x_{2t} + \delta_3 x_{3t} + \delta_4 x_{4t} + \omega_t$$

חישוב הסטטיסטי:  $(R^2 \text{ של רגרסיית העזר} * \text{מספר התצפיות}) = R^2 \cdot T = LM_{stat}$

כלל הכרעה: אם:  $LM_{stat} > \chi_m^2$  נדחה את  $H_0$  ( $m$  = מס' ההגבלות ב- $H_0$ ).

## • שימו לב כי:

עבור המשתנים הנוספים למודל – כל המדדים (הבטות, ערכי  $t$  ו- $P$ value) ברגרסיית העזר שווים לאלו של הרגרסיה הלא מוגבלת.  
עבור המשתנים הקיימים במודל – המדדים אינם שווים בין שתי הרגרסיות.

## שאלות:

(1) נניח מודל הכולל 4 משתנים מסבירים (UNRESTRICTED):

$$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + \beta_4 x_{4t}$$

UNRESTRICTED

Dependent variable: Y

## Analysis of Variance

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | ----- | 646169.84      | -----       | -----   | 0.0000 |
| Error   | ----- | 620.17         |             |         |        |
| C Total | 203   | 646790.01      |             |         |        |

|          |       |          |       |
|----------|-------|----------|-------|
| Root MSE | ----- | R-square | ----- |
| Dep Mean | ----  | Adj R-sq | ----- |
| C.V.     | ----- |          |       |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 5.067731           | 0.456604       | 11.09874              | 0.0000  |
| X1       | 1  | 0.975726           | 0.042711       | 22.84485              | 0.0000  |
| X2       | 1  | 3.005385           | 0.008679       | 346.2721              | 0.0000  |
| X3       | 1  | -5.029101          | 0.073149       | -68.75146             | 0.0000  |
| X4       | 1  | 8.974106           | 0.029075       | 308.6485              | 0.0000  |

**RESTRICTED**

Dependent variable: Y

**Analysis of Variance**

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | ----- | 646001.81      |             |         |        |
| Error   | ----- | 788.2          |             |         |        |
| C Total | 203   | 646790.01      |             |         |        |

|          |       |          |       |
|----------|-------|----------|-------|
| Root MSE | ----- | R-square | ----- |
| Dep Mean | ----- | Adj R-sq | ----- |
| C.V.     | ----- |          |       |

**Parameter Estimates**

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 7.067731           | 0.656604       | 10.76406              | 0.0000  |
| X1       | 1  | 26.36455           | 0.756627       | 34.84485              | 0.0000  |
| X2       | 1  | 29.58626           | 0.076993       | 384.2721              | 0.0000  |

**רגרסיית עזר**

Dependent variable :RES

**Analysis of Variance**

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | ----- | 646169.84      | -----       | -----   | 0.0000 |
| Error   | ----- | 620.17         |             |         |        |
| C Total | 203   | 646790.01      |             |         |        |

|          |       |          |       |
|----------|-------|----------|-------|
| Root MSE | ----- | R-square | 0.213 |
| Dep Mean | ----- | Adj R-sq | ----- |
| C.V.     | ----- |          |       |

| Parameter Estimates |    |           |          |             |         |
|---------------------|----|-----------|----------|-------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
|                     |    | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | 5.9608892 | 0.776604 | 7.675584    | 0.0000  |
| X1                  | 1  | 1.2077723 | 0.978845 | 1.233875    | 0.8455  |
| X2                  | 1  | 0.4840697 | 0.886754 | 0.545889    | 0.9976  |
| X3                  | 1  | -5.029101 | 0.073149 | -68.75146   | 0.0000  |
| X4                  | 1  | 8.974106  | 0.029075 | 308.6485    | 0.0000  |

א. בדוק את הטענה כי לפחות אחד מן המשתנים הנוספים רלוונטי למודל בשתי דרכים.

ב. איזה מן המשתנים הנוספים רלוונטי למודל?

ג. הסבירו את הקשרים בין שלוש המשוואות:  $U$ ,  $R$  ועזר ואת הקשר בין מבחן WALD ומבחן LM.

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{1t} + \hat{\beta}_2 x_{2t} + \hat{\beta}_3 x_{3t} + \hat{\beta}_4 x_{4t} + \hat{v}_t : U$$

$$\hat{Y}_t = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 x_{1t} + \hat{\alpha}_2 x_{2t} + \hat{u}_t : R$$

$$\hat{u}_t = \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 x_{1t} + \hat{\delta}_2 x_{2t} + \hat{\delta}_3 x_{3t} + \hat{\delta}_4 x_{4t} + \hat{\omega}_t : \text{עזר}$$

ד. שחזרו בעזרת שתי המשוואות הראשונות ( $R$ -ו- $U$ ) את  $LM_{stat}$ .

ה. שחזרו בעזרת המשוואה האחרונה (רגרסיית העזר) את  $WALD_{stat}$ .

## תשובות סופיות:

1) א. מבחן LM ומבחן WALD, יש עדות לכך.

ב.  $pt_{\hat{\beta}_3} = pt_{\hat{\beta}_4} = 0.00$

ג. i.  $U=R+\text{עזר}$

ii.  $ESS_U = ESS_y$

iii.  $ESS_R = TSS_y$

iv.  $R^2 = 1 - \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{ESS_U}{ESS_R} = \frac{ESS_R - ESS_U}{ESS_R}$

ד.  $LM_{stat} = 43.489$

ה.  $WALD_{stat} = 26.962$

# אקונומטריקה

פרק 9 - בעיות ספציפיקציה

תוכן העניינים

1. תיאוריה ..... 50

## בעיות ספציפיקציה:

### רקע:

טעויות ספציפיקציה הן טעויות בניסוח משוואת הרגרסיה.

1. הוספת משתנה לא רלוונטי:

$$\text{למשל, המודל האמיתי: } Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$$

$$\text{המודל הנאמד (הטעות): } Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + \varepsilon$$

אם נקבל את  $H_0$  במבחן  $t$  למובהקות  $\beta_3$  נסיק כי המשתנה איננו רלוונטי ונאמדם את המודל מחדש הפעם ללא המשתנה השלישי. אולם, גם אם לא נוכל לאמוד מחדש, הימצאותו של משתנה שאיננו רלוונטי במודל הרגרסיה איננה פוגמת ברלוונטיות של המשתנים האחרים במודל ולא בתכונות החיוניות למבחני המובהקות שלהם.

2. השמטת משתנה רלוונטי:

$$\text{למשל, המודל האמיתי: } Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$$

$$\text{המודל הנאמד (הטעות): } Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \varepsilon$$

בהיעדר  $x_2$ , בדיקות ההשערות לפרמטרים של המודל הטעותי אינן תקפות:

| אומד לשונות הפרמטרים | אומד ל- $\alpha$                   | אומד ל- $\beta_1$                                                                                                 |                 |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| מוטה (כלפי מעלה)     | מוטה<br>אלא אם:<br>$\bar{x}_2 = 0$ | חסר הטיה                                                                                                          | $S_{12} = 0$    |
|                      | מוטה                               | מוטה<br><u>כיוון ההטיה:</u><br>חיובי: $S_{12}$ ו- $\beta_2$ שווי סימן<br>שלילי: $S_{12}$ ו- $\beta_2$ מנוגדי סימן | $S_{12} \neq 0$ |

# אקונומטריקה

פרק 10 - תיאוריה מולטיקוליניאריות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 51

## מולטיקוליניאריות:

### רקע:

מולטיקוליניאריות היא תופעה סטטיסטית בעייתית המתייחסת למתאם בין המשתנים המסבירים במודל.

נבחין בין מולטיקוליניאריות מלאה לחלקית.

### מולטיקוליניאריות מלאה:

מתאם מלא בין המשתנים המסבירים במודל.

הדבר קורה כאשר משתנה מסביר אחד הוא קומבינציה ליניארית מלאה של

המשתנה המסביר השני:  $x_1 = a + bx_2$  ( $x_1$  הוא קומבינציה ליניארית מלאה של  $x_2$ )

מכאן ש:  $r_{12} = 1$ .

- שימו לב כי מדובר בטרנספורמציה ליניארית ולא בטרנספורמציה אחרת

(למשל:  $x_1 = x_2^2$ ), אז בהכרח:  $r_{12} \neq 1$ .

במצב של מולטיקוליניאריות מלאה אין כל השפעה של המשתנה האחד מעבר לשני. מדוע זה בעייתי?

כיוון שלא ניתן לאמוד את המודל שכן אר"פ אינם מוגדרים.

פתרון: הורדת אחד המשתנים ואמידת המשוואה מחדש בלעדיו.

### מולטיקוליניאריות חלקית:

כאשר יש מתאם גבוה מאוד בין משתנים מסבירים במודל (אך לא מושלם) עלולה להיווצר בעיה של מולטיקוליניאריות חלקית.

מכיוון שיש מתאם גבוה בין המשתנים הב"ת לא נוכל לבדוד באופן מלא את ההשפעה המדויקת של כל אחד מהם על ציוני המשתנה התלוי.

כל אחד מהמשתנים הב"ת "יגזול" מן ההשפעה הייחודית שיש למשתנה הב"ת השני על המשתנה התלוי, כך שבסופו של דבר, למרות שהמודל עם שני המשתנים הב"ת יהיה מובהק, התרומה הייחודית של כל משתנה ב"ת לניבוי התלוי לא תהיה מובהקת.

זיהוי מולטיקוליניאריות חלקית :

1. כאשר קיימת סתירה בין התוצאה במבחן  $F$  למובהקות המודל (המודל מובהק) לבין מבחני  $t$  למובהקות השיפועים (אף אחד מן השיפועים אינו מובהק).

הסתירה נוצרת כתוצאה מהגדלת השונות של כל אחד מהשיפועים בשל המתאם הגבוה בין ה"ב", באופן שלא מאפשר לדחות את השערת האפס

$$\text{למובהקות השיפועים: } t = \frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}}, \quad S_{\hat{\beta}_1}^2 = \frac{MSE}{SSX_1(1-r_{12})}$$

2. רגישות לספציפיקציה – הורדת משתנה ב"ת שאיננו מובהק תהפוך משתנים ב"ת אחרים במודל למובהקים. אם אין בעיה של מולטיקוליניאריות, הורדת משתנים ב"ת שאינם רלוונטיים מהמודל, לא אמורה להשפיע על מובהקותם של המשתנים הב"ת האחרים.

3. סימנים הפוכים – כאשר השיפועים של המשתנים הב"ת מקבלים סימנים הפוכים מכיוון ההשפעה שלהם על המשתנה התלוי. אם למשל,  $x_1$  משפיע חיובית על  $Y$  ואילו  $x_2$  משפיע שלילית על  $Y$  אבל הם יופיעו במשוואת הרגרסיה עם סימנים הפוכים ( $\hat{\beta}_1$  שלילית ואילו  $\hat{\beta}_2$  חיובית), יש לחשוד שקיימת בעיה.

השלכות של מולטיקוליניאריות חלקית :

מולטיקוליניאריות חלקית איננה פוגעת בתכונות של אר"פ (הם נותרים ליניאריים, חסרי הטיה, יעילים ועקיבים) ולא באומד השונות של האומדים (שנותר חסר הטיה) כך שבדיקת השערות תוך שימוש באומדים הללו תהיה תקפה (זאת בניגוד למולטיקוליניאריות מלאה).  
במובן הזה, בעיה של מולטיקוליניאריות חלקית דומה לבעיה של הוספת משתנה ב"ת שאיננו רלוונטי.

פתרונות למולטיקוליניאריות חלקית :

1. ברוב המקרים נשקול להוריד את אחד המשתנים.  
יחד עם זאת, כאשר המובהקות של המשתנים היא גבולית:  $1 < t_{\hat{\beta}} < 2$ , יתכן ונותר את שניהם בתוך המודל כיוון שבסך הכל יש עליה ב-  $AdjR^2$  (לפי חוק חיטובסקי).

2. ניתן לעיתים לאחד את שני המשתנים למשתנה אחד.

שלבי בדירת ההשערות :

1. מבצעים מבחן  $F$  לבדיקת מובהקות המודל.
2. במידה והמודל מובהק, מבצעים מבחן  $t$  למובהקות כל אחד מהשיפועים.
3. ביצוע מבחן WALD לבדיקת כל השיפועים שלא יצאו מובהקים :
  - א. אם מקבלים את  $H_0$  : אין סתירה בין מבחן WALD למבחני  $t$  - אין בעיה של מולטיקוליניאריות חלקית, נוריד את קבוצת המשתנים הלא רלוונטיים מהמודל.
  - ב. אם דוחים את  $H_0$  : יש סתירה בין מבחן WALD למבחני  $t$  - קיימת בעיה של מולטיקוליניאריות חלקית, יש להוריד מן המודל כל פעם משתנה אחד ולבצע מבחן WALD בלעדיו, עד שמזהים את המשתנה / משתנים שיש להוריד מהמודל.

# אקונומטריקה

פרק 11 - סיכום ותרגול של בעיות ספציפיקציה ומולטיקוליניאריות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 54

## סיכום ותרגול של בעיות ספציפיקציה ומולטיקוליניאריות:

רקע:

| הבעיה                     | הגדרה                                                                                                                                                         | זיהוי                                                                                 | השלכות                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | פתרון                                     |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|--------------|----------|-------------------------------------|-------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|-----------------|
| הוספת משתנה<br>לא רלוונטי | המודל האמיתי :<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \varepsilon$<br><br>המודל הנאמד (הטעות):<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$ | קבלת $H_0$<br>במבחן $t$<br>למובהקות<br>$\beta_2$                                      | ניתן לבצע בדיקת השערות<br><br>אר"פ $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2)$ חסרי הטיה<br><br>אומדי השונות $(S_{\hat{\alpha}}^2, S_{\hat{\beta}_1}^2, S_{\hat{\beta}_2}^2)$<br>חסרי הטיה                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | הורדת*<br>המשתנה                          |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
| השמטת משתנה<br>רלוונטי    | המודל האמיתי :<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$<br><br>המודל הנאמד (הטעות):<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \varepsilon$ | דחיית $H_0$<br>במבחן $t$<br>למובהקות<br>$\beta_2$                                     | <table><tr><th>בהיעדר<br/>: <math>x_2</math></th><th>אומד ל- <math>\beta_1</math></th><th>אומד ל- <math>\alpha</math></th><th>אומד לשונות<br/>הפרמטרים</th></tr><tr><td><math>S_{12} = 0</math></td><td>חסר הטיה</td><td>מוטה<br/>אלא אם :<br/><math>\bar{x}_2 = 0</math></td><td>מוטה חיובית</td></tr><tr><td><math>S_{12} \neq 0</math></td><td>מוטה חיובית :<br/><br/><math>S_{12}</math> ו- <math>\beta_2</math> שווי סימן<br/><br/>מוטה שלילית :<br/><br/><math>S_{12}</math> ו- <math>\beta_2</math> מנוגדי סימן</td><td>מוטה</td><td>מוטה חיובית</td></tr></table><br>לא ניתן לבצע בדיקת השערות | בהיעדר<br>: $x_2$                         | אומד ל- $\beta_1$ | אומד ל- $\alpha$ | אומד לשונות<br>הפרמטרים | $S_{12} = 0$ | חסר הטיה | מוטה<br>אלא אם :<br>$\bar{x}_2 = 0$ | מוטה חיובית | $S_{12} \neq 0$ | מוטה חיובית :<br><br>$S_{12}$ ו- $\beta_2$ שווי סימן<br><br>מוטה שלילית :<br><br>$S_{12}$ ו- $\beta_2$ מנוגדי סימן | מוטה | מוטה חיובית | הוספת<br>המשתנה |
| בהיעדר<br>: $x_2$         | אומד ל- $\beta_1$                                                                                                                                             | אומד ל- $\alpha$                                                                      | אומד לשונות<br>הפרמטרים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                           |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
| $S_{12} = 0$              | חסר הטיה                                                                                                                                                      | מוטה<br>אלא אם :<br>$\bar{x}_2 = 0$                                                   | מוטה חיובית                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                           |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
| $S_{12} \neq 0$           | מוטה חיובית :<br><br>$S_{12}$ ו- $\beta_2$ שווי סימן<br><br>מוטה שלילית :<br><br>$S_{12}$ ו- $\beta_2$ מנוגדי סימן                                            | מוטה                                                                                  | מוטה חיובית                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                           |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
| מולטיקוליניאריות<br>מלאה  | מתאם מלא בין המשתנים<br>המסבירים במודל<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$<br>כאשר : $r_{12} = \pm 1$                           | אם :<br>$x_1 = a + bx_2$<br>אז : $r_{12} = 1$                                         | לא ניתן לבצע בדיקת השערות<br><br>אר"פ $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2)$ בלתי מוגדרים.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | הורדת<br>אחד<br>המשתנים                   |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |
| מולטיקוליניאריות<br>חלקית | מתאם חזק בין המשתנים<br>המסבירים במודל<br>$Y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon$<br>כאשר : $0.7 <  r_{12}  < 1$                       | א. סתירה בין<br>מבחן F ל-t<br><br>ב. רגישות<br>לספציפיקציה<br><br>ג. סימנים<br>הפוכים | ניתן לבצע בדיקת השערות<br><br>אין פגיעה בתכונות אר"פ ושונותם                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | הורדת**<br>אחד<br>המשתנים<br>או<br>איחודם |                   |                  |                         |              |          |                                     |             |                 |                                                                                                                    |      |             |                 |

- \* במידה והמובהקות גבולית ( $1 < t_{\hat{\beta}} < 2$ ) נשקול להשאיר משתנה לא רלוונטי כי מעלה את  $AdjR^2$  (חוק חיטובסקי).
- \*\* במידה ומובהקותם גבולית ( $1 < t_{\hat{\beta}} < 2$ ) נשקול להשאיר את שניהם בשל העלייה ב-  $AdjR^2$  (חוק חיטובסקי).

## שאלות:

(1) להלן מודל של שכר  $W_t$ , כפונקציה של שנות לימוד  $S_t$ :

$$1. W_t = \alpha + \beta \cdot S_t + u_t$$

להלן מודל של שכר  $W_t$ , כפונקציה של שנות לימוד  $S_t$  ושל גיל  $A_t$ :

$$2. W_t = \alpha + \beta_1 \cdot S_t + \beta_2 \cdot A_t + v_t$$

כל האומדים חיוביים ומובהקים וקיים קשר שלילי בין גיל להשכלה.

א.  $\hat{\beta}_1$  במשוואה (1) הוא:

i. אומד חסר הטיה.

ii. אומד מוטה שלילי.

iii. אומד מוטה חיובי.

iv. אומד מוטה, אך לא ניתן לדעת את כיוון ההטיה.

ב. ניתן להשתמש במבחן  $t$  לבדיקת מובהקות

השיפוע במשוואה (1). נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת

ג. בנוסף למשתנים במשוואה השנייה, החליט החוקר להוסיף גם את

משתנה הוותק,  $EXP_t$ . מכיוון שלא היו בידו נתונים על הוותק, החליט

החוקר להעריכו עבור כל עובד על ידי הגיל של העובד פחות 24 שנים

(מתוך ההנחה שהחיים המקצועיים מתחילים בגיל זה לערך).

להלן משוואה מס' 3:

$$3. W_t = \alpha + \beta_1 \cdot S_t + \beta_2 \cdot A_t + \beta_3 \cdot EXP_t + w_t$$

חוזה דעתך על המשוואה השלישית.

(2) נתונות ארבע משוואות הרגרסיה הבאות (כאשר הסטיות במודל האמיתי

מקיימות את הנחות הרגרסיה הקלאסיות):

$$1. X_{2t} = \lambda + \delta \cdot X_{1t} + V_t \quad \text{כאשר התקבל: } \sum \hat{V}_t^2 = \sum (X_{2t} - \bar{X}_{2t})^2$$

$$2. Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \beta_2 \cdot X_{2t} + U_t \quad (10.3) \quad (19.8)$$

$$3. Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \beta_2 \cdot X_{2t} + \beta_3 \cdot X_{3t} + W_t \quad (9.9) \quad (17.3) \quad (0.37)$$

$$4. Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \sum_t \quad (6.3)$$

(המספרים בסוגריים הם ערכי  $t$  של אומדני המקדמים).

לגבי הטענות הבאות, קבעו לגבי כל טענה אם היא נכונה או לא, והסבירו:

א. האומד של  $\beta_1$  במשוואה (2) הינו חסר הטיה, אך אומד השונות של  $\beta_1$  מוטה.

ב. האומד של  $\beta_1$  במשוואה (3) הינו חסר הטיה, אך אומד השונות של  $\beta_1$  מוטה.

- ג. האומד של  $\beta_1$  במשוואה (4) הינו חסר הטיה, אך אומד השונות של  $\beta_1$  מוטה.
- ד. האומדן  $\hat{\beta}_1$  במשוואה (4) זהה ל- $\hat{\beta}_1$  במשוואה (2).
- ה. השונות התיאורטית של האומדן  $\hat{\beta}_1$  במשוואה (4) זהה לשונות התיאורטית של  $\hat{\beta}_1$  במשוואה (2), אך אומדני השונות שונים.
- ו. האומד ל- $\alpha$  במשוואה (4) הינו חסר הטיה.
- ז. האומד ל- $\alpha$  במשוואה (3) הינו חסר הטיה.
- ח.  $R^2$  של משוואה (2) גדול מ- $R^2$  של משוואה (3).
- ט.  $\bar{R}^2$  של משוואה (2) גדול מ- $\bar{R}^2$  של משוואה (3).

$$(3) \quad Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \beta_2 \cdot X_{2t} + U_t$$

חו דעתכם על הטענות הבאות (כל סעיף עומד בפני עצמו):

$$R^2 = 0.92 \quad Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \beta_2 \cdot X_{2t} + U_t \quad (0.5) \quad (0.3)$$

- הערכים בסוגריים הם ערכי  $t$ .  
למובהקות הבטות יש טעות במודל
- א. בהנחה כי מתקיים:  $Y_t = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1t} + \beta_2 \cdot X_{2t} + U_t$  נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ב. בהנחה כי מתקיים:  $X_{1t} - 2X_{2t} = 1$  לא ניתן לאמוד את המודל בשיטת הריבועים הפחותים: נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ג. בהנחה כי מתקיים:  $X_{1t} = X_{2t}^2$  לא ניתן לאמוד את המודל בשיטת הריבועים הפחותים: נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ד. הוכיחו תשובותיכם לסעיפים א' ו-ב'.
- ה. בהנחה כי מתקיים:  $r_{12} = 0.98$
- i. לא ניתן לאמוד את המודל בשיטת הריבועים הפחותים: נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת.
  - ii. איזו בעיה עלולה להיווצר במודל ומהן השלכותיה.
  - iii. בהנחה שהמודל יצא מובהק אולם הבטות אינן מובהקות וערכי  $t$  למובהקות הבטות הן כדלקמן:  $t_{\hat{\beta}_1} = 1.31$ ,  $t_{\hat{\beta}_2} = 1.45$ , מה יהיה הפתרון הטוב ביותר, לדעתכם, לבעיה במודל (אליה התייחסתם בסעיף ii)?
1. להוריד את  $x_1$ .
  2. להוריד את  $x_2$ .
  3. להוריד את שני המשתנים.
  4. להותיר את שני המשתנים.

**תשובות סופיות:**

- (1) א. ii. ב. לא נכון. ג. קיימת בעיית מולטיקוליניאריות מלאה.  
 (2) א. לא נכון. ב. לא נכון. ג. נכון. ד. נכון. ה. נכון.  
 ו. לא נכון. ז. נכון. ח. לא נכון. ט. נכון.  
 (3) א. לא נכון. ב. נכון. ג. לא נכון. ד. הוכחה. ה. i. לא נכון.  
 ii. מולטיקוליניאריות חלקית. iii. 4.

# אקונומטריקה

פרק 12 - משתנה דמי

תוכן העניינים

1. כללי ..... 59

## משתנה דמי:

### רקע:

הכנסת משתנים ב"ת איכותיים למודל הרגרסיה.

למשל, נתונה משוואת הרגרסיה:  $W_t = \alpha + \beta \cdot S_t$ .

$W_t$  = השכר (התלוי).

$S_t$  = שנות לימוד (הב"ת) שניהם כמותיים.

נניח שאנו סבורים שגם משתנה המגדר (משתנה איכותי) משפיע על השכר.

כדי להכניסו למשוואת הרגרסיה יש להגדיר משתני דמי (dummy variable):

נגדיר משתנה  $D$  שיקבל את הערך 0 אם מדובר ב"אישה" ואת הערך 1 אם מדובר ב"גבר". ניתן להכניס את משתנה הדמי למודל בשלושה אופנים שונים:

1. משתנה דמי לחותך – המגדר משפיע על השכר ההתחלתי בלבד.
2. משתנה דמי לשיפוע – המגדר משפיע על התוספת לשכר בגין שנות הלימוד.
3. משתנה דמי לכל הפונקציה – המגדר משפיע גם על החותך וגם על השיפוע.

### משתנה דמי לחותך:

המין משפיע על השכר ההתחלתי בלבד.

המודל:  $W_t = \alpha_0 + \alpha_1 D + \beta \cdot S_t + u_t$  החותך מייצג כאן את השכר ההתחלתי.

שכר ההתחלתי של אישה:  $\alpha_0$ .

שכר התחלתי של גבר:  $\alpha_0 + \alpha_1$ .

הבדל בשכר בין נשים וגברים:  $\alpha_1$  (הפרש בין החותכים).

בדיקת השערות על משתנה הדמי: מבחן  $t$  למובהקות הפרש החותכים:  $H_0: \alpha_1 = 0$ .

- השיפוע מייצג את התוספת בשכר כפונקציה של מס' שנות הלימוד והוא זהה עבור נשים וגברים.

### פונקציית רגרסיה המכילה משתנים איכותיים בלבד:

המגדר הוא המשתנה היחיד במשוואה:  $W_t = \alpha_0 + \alpha_1 D + u_t$ .

החותך מייצג כאן את השכר הממוצע עבור כל קטגוריה:

שכר הממוצע של אישה:  $\alpha_0$ .

שכר הממוצע של גבר:  $\alpha_0 + \alpha_1$ .

הבדל בשכר הממוצע בין נשים וגברים:  $\alpha_1$  (הפרש בין החותכים).

בדיקת השערות על משתנה הדמי: מבחן  $t$ :  $H_0: \alpha_1 = 0$  (מבחן זה למבחן  $t$  להבדל בין ממוצעים).

**משתנה דמי לשיפוע:**

- המגדר משפיע על התוספת לשכר בגין שנות הלימוד:  $W_t = \alpha + \beta_0 S_t + \beta_1 DS_t + u_t$ .  
 השיפוע מייצג כאן את התוספת לשכר בגין שנות לימוד.  
 אצל אישה: התוספת לשכר בגין שנות לימוד:  $\beta_0$ .  
 אצל גבר: התוספת לשכר בגין שנות לימוד:  $\beta_0 + \beta_1$ .  
 הבדל בין גברים לנשים בתוספת לשכר בגין שנות הלימוד:  $\beta_1$  (הפרש השיפועים).  
 בדיקת השערות על משתנה הדמי: מבחן  $t$  למובהקות הפרש השיפועים:  $H_0: \beta_1 = 0$ .  
 • החותך, המייצג את השכר ההתחלתי, יהיה זהה עבור גברים ונשים.

**משתנה דמי לכל הפונקציה:**

- המין משפיע גם על החותך וגם על השיפוע – גם על השכר ההתחלתי וגם על התוספת לשכר ההתחלתי בגין שנות הלימוד.  
 המודל:  $W_t = \alpha_0 + \alpha_1 D + \beta_0 S_t + \beta_1 DS_t + u_t$ .  
 השכר ההתחלתי של אישה:  $\alpha_0$ .  
 השכר ההתחלתי של גבר:  $\alpha_0 + \alpha_1$ .  
 הבדל בשכר ההתחלתי בין המינים:  $\alpha_1$  (הבדל בחותכים).  
 אצל אישה: התוספת לשכר בגין שנות הלימוד:  $\beta_0$ .  
 אצל גבר: התוספת לשכר בגין שנות הלימוד:  $\beta_0 + \beta_1$ .  
 הבדל בין המינים בתוספת לשכר בגין שנות הלימוד:  $\beta_1$  (הבדל בשיפועים).

**2 דרכים לבדיקה האם יש השפעה למשתנה האיכותי:**

1. בדיקת השערות למשתני הדמי:  
 באמצעות מבחן WALT יש לבדוק:  $H_0: \alpha_1 = \beta_1 = 0$ .  
 לפחות אחד הפרמטרים שונה מ-0:  $H_1$ .  
 אם דוחים את השערת האפס, יש לבצע מבחני  $t$  עבור כל אחד מהפרמטרים  
 בנפרד:  $H_0: \alpha_1 = 0$  ו-  $H_0: \beta_1 = 0$ .
2. מבחן CHOW:  
 דרך נוספת לבדיקת ההבדל בין הקטגוריות בלא יצירת משתני דמי:  
 חלוקת המדגם לפי הקטגוריות של המשתנה האיכותי.  
 מדגם של גברים ( $T_m$ ) ושל נשים ( $T_f$ ).  
 עבור כל קבוצה לאמוד משוואות רגרסיה לניבוי שכר על ידי שנות לימוד:  
 נשים:  $W_t = \alpha_f + \beta_f X_t + u_t$ .  
 גברים:  $W_t = \alpha_m + \beta_m X_t + u_t$ .  
 השערות:  $H_0: \alpha_f = \alpha_m; \beta_f = \beta_m$ .

לבדיקת ההשערה נשתמש במבחן CHOW (הזהה למבחן WALT) :  
 המודל המוגבל (R) לא לוקח בחשבון את השפעת המגדר ולכן יכול להיות  
 המדגם המאוחד :  $W_t = \alpha + \beta X_t + u_t$

המודל הלא מוגבל (U) כולל את שני חלקי המדגם :  
 $ESS_U = ESS_f + ESS_m$   
 $DF_U = DF_f + DF_m$

$$CHOW_{stat} = \frac{\frac{ESS_R - (ESS_f + ESS_m)}{DF_R - (DF_f + DF_m)}}{\frac{ESS_f + ESS_m}{DF_f + DF_m}} = WALT_{stat}$$

למרות התוצאות הזהות בשתי הדרכים, שיטת משתני הדמי עדיפה :

1. אם דחינו את  $H_0$  במבחן CHOW נתקשה לברר את מקור ההבדל שנמצא.
2. בהרצת שתי גרסיות נפרדות אנו בודקים הבדל בכל הפונקציה ואילו שיטת משתני הדמי מאפשרת לבדוק הבדל רק בחותך או רק בשיפוע.

### סיכום ביניים :

| משתנה דמי לכל הפונקציה                                                                                                                                                                                                                                                                      | משתנה דמי לשיפוע                                    | משתנה דמי לחותך                                       |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|
| $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D + \beta_0 X_t + \beta_1 DX_t + u_t$                                                                                                                                                                                                                            | $Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 DX_t + u_t$   | $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D + \beta \cdot X_t + u_t$ | <b>המודל</b>         |
| קיים הבדל בין הקטגוריות במשוואת הרגרסיה כולה (בחיתוך ושיפוע).                                                                                                                                                                                                                               | קיים הבדל בין הקטגוריות בתוספת ל-Y בגין X (בשיפוע). | קיים הבדל בין הקטגוריות ב-Y ההתחלתי (בחיתוך).         | <b>ההשערה במילים</b> |
| מבחן WALT להפרש בין הפונקציות (החותכים והשיפועים) :<br>$H_0 : \alpha_1 = \beta_1 = 0$<br><b>**ניתן לבדוק את ההשערה בדבר הבדל בין הפונקציות גם במבחן CHOW.</b><br>אם דוחים את $H_0$ יש לברר את מקור ההבדל באמצעות מבחני t (אפשרי רק ב-WALT) :<br>$H_0 : \alpha_1 = 0$<br>$H_0 : \beta_1 = 0$ | מבחן t להפרש השיפועים :<br>$H_0 : \beta_1 = 0$      | מבחן t להפרש החותכים :<br>$H_0 : \alpha_1 = 0$        | <b>בדיקת ההשערה</b>  |

**משתני דמי אם המשתנה האיכותי יכול לקבל יותר משני ערכים:**

כאשר המשתנה האיכותי כולל יותר משני ערכים/קטגוריות נגדיר מס' משתני דמי כמספר הקטגוריות פחות אחד.

למשל, את המשתנה האיכותי של עונות השנה הכולל 4 ערכים: אביב, קיץ, סתיו, חורף נייצג באמצעות 3 משתני דמי:

$D_1$  יקבל את הערך 1 אם מדובר באביב ו-0 אחרת.

$D_2$  יקבל את הערך 1 אם מדובר בקיץ ו-0 אחרת.

$D_3$  יקבל את הערך 1 אם מדובר בסתיו ו-0 אחרת.

אם מדובר בחורף אז כל משתני הדמי יקבלו את הערך 0 ולכן החורף היא קבוצת הייחוס. נניח שאנו רוצים לבדוק עונתיות במחירי הירקות:

$$V_t = \text{מדד מחירי הירקות.}$$

$$p_t = \text{מדד המחירים לצרכן.}$$

**1. משתני דמי לחותך:**

הטענה: יש הבדל בין עונות השנה במחיר ההתחלתי של הירקות.

$$\text{המודל: } V_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \alpha_3 D_{3t} + \beta \cdot P_t + u_t$$

כל עליה של יחידה אחת במדד המחירים לצרכן תעלה את מחירי הירקות

ב- $\beta$ . למחיר זה יתווסף  $\alpha_0$  בחורף,  $\alpha_0 + \alpha_1$  באביב,  $\alpha_0 + \alpha_2$  בקיץ ו- $\alpha_0 + \alpha_3$  בסתיו.

ניתן לראות כי:  $\alpha_0$  - החותך בקטגוריה שהושמטה,  $\alpha_0 + \alpha_1$  - החותך בקטגוריה i.

בדיקת השערות:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

השערות:

$$H_1: \text{OTHERWISE}$$

המבחן הסטטיסטי – מבחן WALD:

$$(U) \quad V_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \alpha_3 D_{3t} + \beta \cdot P_t + u_t$$

$$(R) \quad V_t = \alpha + \beta \cdot P_t + u_t$$

- שימו לב שהחותך במשוואה המוגבלת איננו  $\alpha_0$  שכן המשתנה המסביר של עונות השנה ירד.

אם נדחה את  $H_0$  במבחן הסטטיסטי של הסעיף הקודם, יש לבדוק מה מקור ההבדל בין החותכים על ידי מבחני  $t$ :

1. האם יש הבדל במחיר ההתחלתי של הירקות בין האביב לחורף:  
 $H_0: \alpha_1 = 0$

2. האם יש הבדל במחיר ההתחלתי של הירקות בין הקיץ לחורף:  
 $H_0: \alpha_2 = 0$

3. האם יש הבדל במחיר ההתחלתי של הירקות בין הסתיו לחורף:  
 $H_0: \alpha_3 = 0$

2. משתני דמי לשיפוע:

הטענה: יש הבדל בין עונות השנה בתוספת למחיר הירקות בגין המחיר לצרכן.

$$\text{המודל: } V_t = \alpha + \beta_0 P_t + \beta_1 (D_{1t} P_t) + \beta_2 (D_{2t} P_t) + \beta_3 (D_{3t} P_t) + u_t$$

המחיר ההתחלתי של הירקות שווה בין עונות השנה ( $\alpha$ ) אולם כל עליה

של יחידה אחת במדד המחירים לצרכן תעלה את מחירי הירקות

ב:  $\beta_0$  בחורף,  $\beta_0 + \beta_1$  באביב,  $\beta_0 + \beta_2$  בקיץ ו- $\beta_0 + \beta_3$  בסתיו.

ניתן לראות כי-  $\beta_0$ : השיפוע בקטגוריה שהושמטה  $\beta_0 + \beta_i$ :

השיפוע בקטגוריה i.

בדיקת השערות:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

השערות:

$$H_1: \text{OTHERWISE}$$

המבחן הסטטיסטי – מבחן WALD:

$$(U) \quad V_t = \alpha + \beta_0 P_t + \beta_1 (D_{1t} P_t) + \beta_2 (D_{2t} P_t) + \beta_3 (D_{3t} P_t) + u_t$$

$$(R) \quad V_t = \alpha + \beta \cdot P_t + u_t$$

- שימו לב שהשיפוע במשוואה המוגבלת איננו  $\beta_0$  שכן המשתנה המסביר של עונות השנה ירד.

אם נדחה את  $H_0$  במבחן הסטטיסטי של הסעיף הקודם, יש לבדוק מה מקור ההבדל בין השיפועים על ידי מבחני  $t$ .

3. משתני דמי לכל הפונקציה :

הטענה : יש הבדל בין עונות השנה בפונקציית הרגרסיה לניבוי מחיר הירקות באמצעות המחיר לצרכן.  
המודל :

$$V_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \alpha_3 D_{3t} + \beta_0 P_t + \beta_1 (D_{1t} P_t) + \beta_2 (D_{2t} P_t) + \beta_3 (D_{3t} P_t) + u_t$$

בדיקת השערות :

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

המבחן הסטטיסטי - מבחן Wald :

(U) :

$$V_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \alpha_3 D_{3t} + \beta_0 P_t + \beta_1 (D_{1t} P_t) + \beta_2 (D_{2t} P_t) + \beta_3 (D_{3t} P_t) + u_t$$

$$V_t = \alpha + \beta \cdot P_t + u_t \quad (R)$$

אם דוחים את  $H_0$ , יש לבדוק במבחן Wald האם ההבדל הוא בין החותכים

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0, H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

אם דוחים את  $H_0$  יש להמשיך לבדוק באמצעות מבחן  $t$  :

$$H_0 : \beta_j = 0, H_0 : \alpha_j = 0$$

### משתני דמי עבור שני משתנים איכותיים :

לדוגמא – שני משתנים איכותיים המשפיעים על פונקציית השכר :  
מגדר (אישה, גבר) וגזע (לבן, שחור).

נגדיר משתנה דמי  $G$  שיקבל 1 אם מדובר בגבר ו-0 אחרת (אישה).

נגדיר משתנה דמי  $R$  שיקבל 1 אם מדובר בלבן ו-0 אחרת (שחור).

נבדוק כיצד מגדר וגזע משפיעים על השכר ההתחלתי (החותך), כאשר השכר תלוי גם בשנות לימוד  $(S_t)$ .

1. הבדל בחותך ללא אינטראקציה :

$$W_t = \alpha_0 + \alpha_1 G + \alpha_2 R + \beta \cdot S_t + u_t$$

במודל זה – אין השפעה משולבת של מגדר וגזע על השכר ההתחלתי.

ניתן לבדוק השערות על כל אחד מהמשתנים הב"ת האיכותיים בנפרד :

$$1. H_0 : \alpha_1 = 0 \quad \text{הבדל בשכר ההתחלתי בין גברים לנשים :}$$

$$2. H_0 : \alpha_2 = 0 \quad \text{הבדל בשכר ההתחלתי בין שחורים ללבנים :}$$

2. הבדל בחותך עם אינטראקציה :

$$W_t = \alpha_0 + \alpha_1 G + \alpha_2 R + \alpha_3 G \cdot R + \beta \cdot S_t + u_t$$

המודל :  $W_t = \alpha_0 + \alpha_1 G + \alpha_2 R + \alpha_3 G \cdot R + \beta \cdot S_t + u_t$ .  
 במודל זה הטענה היא כי קיימת, בנוסף להשפעה של מגדר וגזע בנפרד על השכר, גם השפעה משולבת (אינטראקציה) של מגדר וגזע על השכר ההתחלתי.  
 במודל זה, לעומת הקודם, נוספת ההשערה לבדיקת השפעת האינטראקציה בין מגדר לגזע על השכר ההתחלתי :

$$H_0 : \alpha_3 = 0$$

3. דרך נוספת ליצירת מודל עם אינטראקציה :

הגדרת משתני דמי המייצגים שילוב בין המשתנים האיכותיים גזע ומגדר באופן הבא :

$D_1$  יקבל 1 אם מדובר בגבר לבן ו-0 אחרת.

$D_2$  יקבל 1 אם מדובר בגבר שחור ו-0 אחרת.

$D_3$  יקבל 1 אם מדובר באשה לבנה ו-0 אחרת.

הנשים השחורות מהוות כאן את קבוצת הייחוס.

$$W_t = \gamma_0 + \gamma_1 D_1 + \gamma_2 D_2 + \gamma_3 D_3 + \delta \cdot S_t + u_t$$

נעזר בטבלה בכדי לנסח את ההשערות לבדיקת האינטראקציה :

| הפרש                  | אישה                  | גבר                   |      |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| $\gamma_1 - \gamma_3$ | $\gamma_0 + \gamma_3$ | $\gamma_0 + \gamma_1$ | לבן  |
| $\gamma_2$            | $\gamma_0$            | $\gamma_0 + \gamma_2$ | שחור |
|                       | $\gamma_3$            | $\gamma_1 - \gamma_2$ | הפרש |

ההשערות לבדיקת קיום האינטראקציה :  $H_0 : \gamma_1 - \gamma_3 = \gamma_2$  או  $H_0 : \gamma_1 - \gamma_3 = \gamma_2$  התוצאות שיתקבלו כאן יהיו כמובן זהות לחלוטין לתוצאות שהתקבלו בדרך

$$WALD = t^2$$

$$PF = Pt$$

**שאלות:****משתנה דמי לחותך:**

(1) על בסיס מדגם של 50 איש העובדים בחברה מסוימת התקבלו התוצאות הבאות:

$$W_t = 5500 + 1043 \cdot D + 119 \cdot S_t$$

$$(S.E) \quad (134) \quad (56) \quad (24)$$

המספרים בסוגריים הם טעויות התקן של מבחני המובהקות לפרמטרים.

א. מהו השכר ההתחלתי של גבר בעל 12 שנות לימוד?

ב. מה ההבדל בשכר ההתחלתי בין גברים לנשים?

ג. האם הבדל זה מובהק באוכלוסייה?

ד. בדקו את הטענה כי השכר ההתחלתי של גברים גבוה ביותר מ-500 ₪ מזה של נשים.

ה. בדקו את הטענה שהשכר ההתחלתי של נשים נמוך ב-600 ₪ מזה של גברים.

**פונקציית רגרסיה המכילה משתנים איכותיים בלבד:**

(2) על אותו המדגם של 50 איש העובדים בחברה מסוימת ביקש החוקר לבדוק

האם יש הבדל בשכר הממוצע בין גברים לנשים.

$$W_t = 5200 + 1120 \cdot D$$

$$S_{\hat{\alpha}_1} = 63$$

נתון: בדקו האם קיים הבדל מובהק בשכר הממוצע בין נשים וגברים?

**משתנה דמי לשיפוע:**

(3) על בסיס אותו מדגם, ביקש החוקר לדעת האם קיים הבדל מובהק בין גברים

לנשים בתוספת לשכר בגין שנות הלימוד.

תוצאות האמידה נתונות להלן:

$$W_t = 5000 + 110 \cdot S_t + 120 \cdot D \cdot S_t + u_t$$

$$(68) \quad (23) \quad (25)$$

בדוק את ההשערה.

## משתנה דמי לכל פונקציה:

(4) חוקר רצה לבדוק את הטענה שסוג הכביש משפיע על מס' תאונות הדרכים בקטעי כביש בינעירוניים, בהינתן נפח התנועה. החוקר בדק האם הפונקציה של מס' התאונות בהינתן נפח התנועה, שונה בין כבישים מהירים לבין כבישים שאינם מהירים. לשם כך אמד החוקר את ארבע המשוואות הבאות:

$$1. \quad NUM_t = \gamma_1 + \delta_1 \cdot AVGD_t + \varepsilon_{1t} \quad \text{כבישים מהירים בלבד.}$$

$$2. \quad NUM_t = \gamma_2 + \delta_2 \cdot AVGD_t + \varepsilon_{2t} \quad \text{כבישים לא מהירים בלבד.}$$

$$3. \quad NUM_t = \gamma_3 + \delta_3 \cdot AVGD_t + \varepsilon_{3t} \quad \text{שני סוגי הכביש (כל המדגם).}$$

$$4. \quad NUM_t = \alpha + \beta_1 \cdot TYPE_t + \beta_2 \cdot AVGD_t + \beta_3 \cdot (AVGD \cdot TYPE)_t + U_t$$

כאשר:

$NUM_t$  - מס' תאונות הדרכים הקטלניות בקטע כביש  $t$  בשנה.

$AVGD_t$  - נפח התנועה בקטע כביש  $t$  ליום באלפים.

$TYPE_t$  - משתנה דמי המקבל את הערך 1 כאשר הכביש מהיר, ו-0 כאשר הכביש לא מהיר.

תוצאות אמידת המשוואות מופיעות בהמשך השאלה.

א. בדקו את טענת החוקר בשתי דרכים שונות. ציינו איזה מן המשוואות רלוונטיות עבור כל דרך.

ב. חשבו את הערכים המספריים עבור אומדני משוואה (4).

ג. מהו האומדן הנקודתי למס' התאונות בכביש מהיר כאשר נפח התנועה עומד על ארבעת מכוניות ליום בקטע הכביש האמור?

הועלתה הטענה כי המקדם להשפעה של נפח התנועה בדרכים מהירות הינו כפול מזה שבדרכים לא-מהירות.

ד. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה (במונחי משוואה (4))?

ה. מהי הרגרסיה "תחת"  $H_0$  למבחן WALT?

## משוואה (1) - כבישים מהירים בלבד:

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: num num

Number of Observations Read 344

Number of Observations Used 344

## Analysis of Variance

| Source          | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1   | 4700.81174     | 4700.81174  | 89.12   | <.0001 |
| Error           | 342 | 18039          | 52.74684    |         |        |
| Corrected Total | 343 | 22740          |             |         |        |

|                |           |          |        |
|----------------|-----------|----------|--------|
| Root MSE       | 7.26270   | R-Square | 0.2067 |
| Dependent Mean | 5.10465   | Adj R-Sq | 0.2044 |
| Coeff Var      | 142.27617 |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 1.55289            | 0.54303        | 2.86    | 0.0045  |
| avgd      | 1  | 0.02098            | 0.00222        | 9.44    | <.0001  |

## משוואה (2) - כבישים לא מהירים בלבד:

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: num num

Number of Observations Read 410

Number of Observations Used 410

## Analysis of Variance

| Source          | DF  | Sum of     | Mean      | F Value  | Pr > F |
|-----------------|-----|------------|-----------|----------|--------|
|                 |     | Squares    | Square    |          |        |
| Model           | 1   | 971.99073  | 971.99073 | 145.83   | <.0001 |
| Error           | 408 | 2719.34830 | 6.66507   |          |        |
| Corrected Total | 409 | 3691.33902 |           |          |        |
| Root MSE        |     |            |           |          |        |
|                 |     |            | 2.58168   | R-Square | 0.2633 |
| Dependent Mean  |     |            |           |          |        |
|                 |     |            | 1.38780   | Adj R-Sq | 0.2615 |
| Coeff Var       |     |            |           |          |        |
|                 |     |            | 186.02612 |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter | Standard | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|-----------|----------|---------|---------|
|           |    | Estimate  | Error    |         |         |
| Intercept | 1  | 0.14978   | 0.16360  | 0.92    | 0.3605  |
| avgd      | 1  | 0.02877   | 0.00238  | 12.08   | <.0001  |

## משוואה (3) - שני סוגי הכביש (כל המדגם):

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: num num

Number of Observations Read 754

Number of Observations Used 754

## Analysis of Variance

| Source          | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1   | 8052.00804     | 8052.00804  | 288.84  | <.0001 |
| Error           | 752 | 20964          | 27.87730    |         |        |
| Corrected Total | 753 | 29016          |             |         |        |

Root MSE 5.27990 R-Square 0.2775

Dependent Mean 3.08355 Adj R-Sq 0.2765

Coeff Var 171.22758

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 0.73903            | 0.23665        | 3.12    | 0.0019  |
| avgd      | 1  | 0.02330            | 0.00137        | 17.00   | <.0001  |

## משוואה (4):

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: num num

Number of Observations Read 754

Number of Observations Used 754

## Analysis of Variance

| Source          | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 3   | 8256.966       | 2752.322    | 99.44   | <.0001 |
| Error           | 750 | 20759          | 27.678      |         |        |
| Corrected Total | 753 | 29016          |             |         |        |

|                |           |          |        |
|----------------|-----------|----------|--------|
| Root MSE       | 5.26102   | R-Square | 0.2846 |
| Dependent Mean | 3.08355   | Adj R-Sq | 0.2817 |
| Coeff Var      | 170.61553 |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 0.14978            | 0.33340        | 0.45    | 0.6534  |
| type      | 1  |                    |                |         | 0.0067  |
| avgd      | 1  |                    |                |         | <.0001  |
| avgdtype  | 1  |                    |                |         | 0.1283  |

## משתנה איכותי עם יותר משתי קטגוריות:

(5) ענה על הסעיפים הבאים:

- א. הועלתה הטענה כי יש הבדל במחיר ההתחלתי בין האביב לקיץ.  
i. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?  
ii. פרטו שני מבחנים סטטיסטיים בעזרתם ניתן לבדוק את הטענה.
- ב. הועלתה הטענה כי יש רק שתי עונות המשפיעות על מחיר הירקות ההתחלתי: קיץ + אביב, חורף + סתיו.  
i. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?  
ii. מהו המבחן הסטטיסטי המתאים? פרטו.

## משתנה דמי עבור שני משתנים איכותיים:

(6) חוקר בדק השפעות של השכלה, גזע (שחור, לבן) וניסיון (EXP) על לוג השכר ( $\ln(Y)$ ) במדגם בן 306 תצפיות:

$$\ln(Y)_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 + \beta_1 EXP_t + \beta_2 EXP_t^2 + u_t$$

$\ln(Y)$  - לוג השכר.

EXP - שנות ניסיון.

$D_1$  - מקבל את הערך 1 עבור שחורים בעלי השכלה גבוהה (ו-0 אחרת).

$D_2$  - מקבל את הערך 1 עבור שחורים בעלי השכלה נמוכה (ו-0 אחרת).

$D_3$  - מקבל את הערך 1 עבור לבנים בעלי השכלה גבוהה (ו-0 אחרת).

תוצאות אמידת משוואת הרגרסיה מוצגות בפרט להלן:

| Analysis of Variance |     |                |             |         |        |
|----------------------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Source               | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Model                | 5   | -----          | -----       | -----   | -----  |
| Error                | 300 | 140            | -----       |         |        |
| Corrected Total      | 305 | 210            |             |         |        |
| Root MSE             |     | -----          | R-Square    | -----   |        |
| Dependent Mean       |     | -----          | Adj R-Sq    | -----   |        |
| Coeff Var            |     | -----          |             |         |        |

Parameter Estimates

| Variable         | DF | Parameter | Standard | t Value | Pr >  t |
|------------------|----|-----------|----------|---------|---------|
|                  |    | Estimate  | Error    |         |         |
| Intercept        | 1  | -----     | -----    | 60.84   | 0.00    |
| D1               | 1  | -----     | -----    | -3.20   | 0.00    |
| D2               | 1  | -----     | -----    | -5.56   | 0.00    |
| D3               | 1  | -----     | -----    | 7.23    | 0.00    |
| EXP              | 1  | -----     | -----    | 8.11    | 0.00    |
| EXP <sup>2</sup> | 1  | -----     | -----    | -7.45   | 0.00    |

- א. לפי המשוואה הניסיון זהה עבור שחורים ולבנים :
- ב. בדוק את הטענה כי בקרב אנשים בעלי השכלה נמוכה אין השפעה לגזע.
- ג. בדוק את הטענה כי אין השפעות השכלה בקרב לבנים.
- ד. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה כי אין אינטראקציה בין גזע להשכלה?
- ה. לבדיקת ההשערה של הסעיף הקודם בוצע מבחן WALT.
- הרגרסיה המוגבלת תחת השערת האפס הינה :
- $$Z_0 = \gamma_0 + \gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3 + \gamma_4 Z_4 + v$$
- מהם ה-Zים?
- ו. בדוק את ההשערה אם ידוע שבמודל המוגבל  $R^2 = 0.33$ .
- ז. החוקר החליט לאמוד במקום את המשוואה המקורית את המשוואה :
- $$\ln(Y)_t = \lambda_0 + \lambda_1 S + \lambda_2 E + \lambda_3 (S \cdot E) + \delta_1 EXP + \delta_2 EXP^2 + \omega_t$$
- כאשר :
- S מקבל את הערך 1 עבור שחורים ו-0 אחרת (לבנים).
- E מקבל את הערך 1 עבור השכלה גבוהה ו-0 אחרת (השכלה נמוכה).
- מה הקשר בין המקדמים של שני המודלים?
- ח. אם יאמוד החוקר את המשוואה :
- $$\ln(Y)_t = \lambda_0 + \lambda_1 S + \lambda_2 E + \delta_1 EXP + \delta_2 EXP^2 + \omega_t$$
- ספציפיקציה של השמטת משתנה רלוונטי (היעזר בסעיפים ד', ו' ו-ז').

(7) חוקרת בדקה השפעות השכלה, מגדר וניסיון על הכנסה מעבודה לפי המשוואה הבאה :

$$\ln(MWAGE) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot S + \alpha_2 \cdot E + \alpha_3 \cdot (S \cdot E) + \beta_0 \cdot EXP + \beta_1 \cdot (EXP \cdot S) + \beta_2 \cdot (EXP \cdot S) + \beta_3 \cdot (EXP \cdot S \cdot E) + U$$

כאשר :

$S$  משתנה דמי : 1 = עבור נשים, 0 = גברים.

$E$  משתנה דמי : 1 = עבור השכלה גבוהה ( $scl > 12$ ), 0 = השכלה נמוכה.

א. רשמו את הפונקציה לחישוב :

- i. תחזית לוג השכר עבור גבר בעל השכלה נמוכה ו- 10 שנות ניסיון.
- ii. תחזית לוג השכר ההתחלתי עבור נשים משכילות.
- iii. לאחר כמה שנות ניסיון ישתווה השכר של נשים משכילות לזה של גברים משכילים?

ב. רשמו את השערות האפס המתאימות לבדיקת הטענות הבאות :

- i. אין השפעה של מגדר והשכלה על השכר.
- ii. השפעת ההשכלה אינה תלויה במגדר.
- iii. אין השפעות השכלה אצל גברים.
- iv. אין הבדל בשיעורי התשואה לניסיון, בקרב הנשים.

## תשובות סופיות:

(1) א.  $W_t = 7971$  ב. 1,043 נח. ג. כן. ד. יש עדות לכך.

ה. יש עדות לכך.

(2) יש עדות לכך.

(3) יש עדות לכך.

(4) א. יש עדות לכך, מבחן CHOW : 1, 2 ו-3, משתנה דמי : 3 ו-4.

ב.  $\hat{\alpha} = 0.14978$ ,  $\hat{\beta}_1 = 1.40311$ ,  $\hat{\beta}_2 = 0.002877$ ,  $\hat{\beta}_3 = -0.008$ .

ג.  $NUM_t = 1.532398$  ד.  $H_0 : \beta_2 + \beta_3 = 2 \cdot \beta_2$

$H_0 : \beta_3 = \beta_2$

ה.  $NUM_t = \alpha + \beta_1 \cdot TYPE_t + \beta_3 \cdot (AVGD_t + AVGD \cdot TYPE_t) + U_t$

(5) א.  $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2$  i.  $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2, \alpha_3 = 0$  ב.  $t$ -ii. WALS

ii. WALS

(6) א. נכון. ב. יש עדות לכך. ג. יש עדות לכך.

ד.  $H_0 : \alpha_3 = \alpha_1 - \alpha_2$  או  $H_0 : \alpha_2 = \alpha_1 - \alpha_3$

ה.  $Z_0 = \ln(Y)_t$ ,  $Z_1 = D_1 + D_3$ ,  $Z_2 = D_2 - D_3$ ,  $Z_3 = EXP_t$ ,  $Z_4 = EXP_t^2$

ו. אין עדות לכך. ז.  $\lambda_0 = \alpha_0$ ,  $\lambda_1 = \alpha_2$ ,  $\lambda_2 = \alpha_3$ ,  $\lambda_3 = \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3$

ח. לא.

(7) א.  $\ln(MWAGE) = \hat{\alpha}_0 + \hat{\beta}_0 \cdot 10$  i.

ii.  $\ln(MWAGE) = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3$  iii.  $EXP_t = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_3)}{\beta_1 + \beta_3}$

ב. i.  $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  ii.  $H_0 : \alpha_3 = \beta_3 = 0$

iii.  $H_0 : \alpha_2 = \beta_2 = 0$  iv.  $H_0 : \beta_2 + \beta_3 = 0$

# אקונומטריקה

פרק 13 - תיאוריה הפרת ההנחות קלאסיות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 76

## הפרת ההנחות הקלאסיות:

### רקע:

ארבעת הנושאים הבאים עוסקים במצב של הפרת אחת ההנחות הקלאסיות הדרושות לאמידת הפרמטרים בשיטת OLS :

- הטרוסקדסטיות (הפרת הנחה מס' 5) – שונות קבועה ויחידה לאורך קו הרגרסיה :  $V(u_t) = \sigma^2$ .
- מתאם סידרתי (הפרת הנחה מס' 6) – אי תלות בין הטעויות :  $\text{cov}(u_t, u_s) = 0$ .
- מודלים דינמיים ו-משוואות סימולטניות (הפרת הנחה מס' 4) – אי תלות בין המשתנים הב"ת לטעויות :  $\text{cov}(x, u) = 0$ .

בכל אחד מן הנושאים נלמד :

- מהן ההשלכות של הפרת ההנחות הללו על אומדי הריבועים הפחותים.
- מהם המבחנים הסטטיסטיים המשמשים לזיהוי קיומה של ההפרה.
- כיצד נתקן את משוואת הרגרסיה כך שניתן יהיה לאמוד את הפרמטרים בשיטת OLS.

# אקונומטריקה

פרק 14 - הטרוסקדסטיות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 77

## הטרוסקדסטיות:

### רקע:

הטרוסקדסטיות הוא מצב שבו מופרת הנחת ההומוסקדסטיות, הגורסת כי שונות הטעויות היא אותה שונות עבור כל תצפית ותצפית:  $V(u_t) = \sigma^2$  לכל  $t$ , כלומר התצפיות מפוזרות באופן אחיד סביב קו הרגרסיה. במצב של הטרוסקדסטיות שונות הטעויות של כל תצפית היא שונה:  $V(u_t) = \sigma_t^2$ .

### ההשלכות של הטרוסקדסטיות על אומדי OLS:

בהינתן הטרוסקדסטיות מופרת תכונת היעילות של אומדי הריבועים הפחותים שכן בכדי לחשב שונות יעילה של האומדים השתמשנו בהנחה של שונות קבועה.

### מבחנים לזיהוי הטרוסקדסטיות:

החשד לקיומה של בעיית הטרוסקדסטיות בנתונים צריך להתעורר כאשר אנו בוחנים את גרף השאריות – באיזה אופן השונות של הטעויות משתנה בין תצפית לתצפית. שיטות לזיהוי הטרוסקדסטיות: מבחן GQ (Goldfeld-Qauandt) ומבחן White. מבחן GQ מניח כי במקום שונות אחת אחידה של הטעויות לכל התצפיות, קיימות שתי שונות שונות בלבד. ואילו מבחן White מניח כי לכל תצפית ותצפית שונות שונה של טעויות.

#### 1. מבחן GQ:

ההנחה העומדת בבסיס מבחן זה היא כי קיימות שתי שונות שונות של טעויות.

ביצוע המבחן:

- מחלקים את המדגם לשני חלקים:

1. החלק שבו אנו חושדים שיש שונות גבוהה יותר.

2. החלק שבו אנו חושדים שיש שונות נמוכה יותר.

מקובל להשמיט מס' תצפיות (בין 1/6 ל-1/3) במרכז המדגם.

- אומדים כל אחד מהחלקים בנפרד ומקבלים את ה-ESS של כל חלק.

- מחשבים את הסטטיסטי:  $F_{stat} = \frac{ESS_1 / T_1 - K - 1}{ESS_2 / T_2 - K - 1}$  (תמיד השונות הגבוהה

חלקי הקטנה).

- סטטיסטי זה מתפלג:  $F_{(\alpha; T_1-K-1, T_2-K-1)}$
- כלל ההכרעה: אם  $F_{stat} > F_C$  אז דוחים את  $H_0$ .

- ההשערות:  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$   
 $H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$

## 2. מבחן White:

ההנחה העומדת בבסיס מבחן זה כי לכל תצפית ושונות שונה של טעויות. הביטוי המתמטי של הנחה זו היא היותה של השונות פונקציה ליניארית של כל המשתנים המסבירים, ריבועיהם והאיברים הצולבים:

$$\sigma_t^2 = f(x_j, x_j^2, x_j x_j)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k + \beta_1 x_k^2 + \dots + \beta_k x_k^2 + \gamma_{12} x_1 x_2 + \gamma_{13} x_1 x_3 \dots$$

האומד ל- $\sigma_t^2$  הוא  $\hat{u}_t^2$ .

המבחן הוא מבחן LM:

- אומדים את המודל המקורי ומקבלים את הסטיות מקו הרגרסיה  $\hat{u}_t$  (המכונה בתוכנה הסטטיסטית RES-SAS).
- אומדים את  $\hat{u}_t^2$  כפונקציה ליניארית של כל המשתנים המסבירים, ריבועיהם והאיברים הצולבים:  $\hat{u}_t^2 / x_j, x_j^2, x_j x_j$  זוהי רגרסיית העזר.
- נחשב את סטטיסטי LM:  $LM_{stat} = T_y \cdot R_y^2$ .
- אם  $LM_{stat} > \chi_m^2$  כאשר  $m =$  מס' המשתנים ברגרסיית העזר.

- השערות:  $H_0: \alpha_j = \beta_j = \gamma_{jj} = 0$   
 $H_1: OTHERWISE$

## פיתרון בעיית ההטרוסקדסטיות – ריבועים פחותים משוקללים (WLS):

נניח שאנו רוצים לאמוד את המודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$  וידוע כי לכל קריזה שונות אחרת. ההנחה שעומדת בבסיס שיטת ה-WLS היא כי השונות המשתנה כוללת בתוכה מרכיב קבוע ומרכיב משתנה:  $\sigma_t^2 = Z_t \cdot \sigma^2$  את המרכיב המשתנה בשונות ( $Z_t$ ) יש לנטרל. לשם כך ניצור משתנה חדש  $W_t$  שיהווה השורש ההופכי

$$W_t = \frac{1}{\sqrt{Z_t}}$$

נכפיל כל תצפית במשתנה החדש  $W_t$  וניצור משוואה שהיא קומבינציה ליניארית של

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$$

המשוואה המקורית:  $Y_t W_t = \alpha \cdot W_t + \beta (X_t W_t) + u_t W_t$

בצורתה המפורשת המשוואה החדשה נראית כך:  $\frac{Y_t}{\sqrt{Z_t}} = \alpha \cdot \frac{1}{\sqrt{Z_t}} + \beta \cdot \frac{X_t}{\sqrt{Z_t}} + \frac{u_t}{\sqrt{Z_t}}$

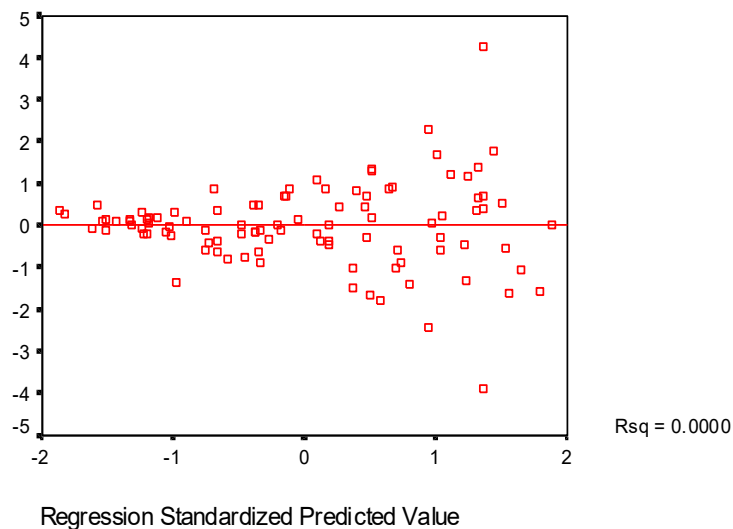
## שאלות:

## מבחן GQ:

(1) נאמד הקשר שבין הכנסה לתצורות:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ .  
גרף השאריות של הרגרסיה הנ"ל נתון להלן:

### Scatterplot

Dependent Variable: Y



מגרף זה אנו למדים כי השונות איננה אחידה סביב קו הרגרסיה אלא תלויה ברמת ההכנסה – זהו מצב של הטרוסקדסטיות.  
בכדי לבצע מבחן GQ:

- התצפיות של משתנה ההכנסה סודרו מהגדול לקטן והמדגם חולק לשלוש קבוצות שוות.
- רגרסיה נפרדת הורצה על השליש הראשון ועל השליש האחרון.

התוצאות של אמידת הקשר בין הכנסה לתצרוכת מוצג בפלטים 1 ו-2 בהתאמה:

### משוואה (1)

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: y

Number of Observations Read 16  
Number of Observations Used 16

#### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           |    |                |             |         |        |
| Error           | 14 | 166452.9       |             |         |        |
| Corrected Total |    |                |             |         |        |

### משוואה (2)

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: y

Number of Observations Read 16  
Number of Observations Used 16

#### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           |    |                |             |         |        |
| Error           | 14 | 2934638        |             |         |        |
| Corrected Total |    |                |             |         |        |

האם יש עדות לקיום הטרוסקדסטיות בנתונים? (בצעו את המבחן המתאים: רשמו השערות, חשבו סטטיסטי מבחן, רשמו כלל הכרעה והגיעו למסקנה).

(2) על מנת לבחון את פונקציית הייצור בענף מסוים נאספו נתונים על 150 פירמות. נסמן:

$Q$  - תפוקה שנתית באלפי שקלים.

$L$  - מספר עובדים.

המודל הנאמד:  $\ln(Q) = \alpha + \beta \cdot \ln(L)$ .

החוקר חשש שההפרעה המקרית איננה הומוסקדסטית. לשם כך הוא מיון את

התצפיות בסדר עולה של מספר העובדים, השמיט  $\frac{1}{3}$  מהתצפיות האמצעיות

והריץ שתי גרסיות נפרדות עם מספר שווה של תצפיות:

ברגרסיה הכוללת את הערכים הנמוכים יחסית של תשומת העבודה הוא

קיבל:  $R^2 = 0.403$ ,  $ESS = 279.3$ .

ברגרסיה הכוללת את הערכים הגבוהים יחסית של תשומת העבודה הוא

קיבל:  $R^2 = 0.238$ ,  $ESS = 493.8$ .

האם יש עדות לקיום הטרוסקדסטיות בנתונים? (בצעו את המבחן המתאים: רשמו השערות, חשבו סטטיסטי מבחן, רשמו כלל הכרעה והגיעו למסקנה).

### מבחן WHITE:

(3) על אותו הקשר שבין הכנסה לתצרוכת:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ .

שאנו חושדים על פי גרף השאריות כי קיים בו מצב של הטרוסקדסטיות. בכדי לבצע את מבחן WHITE:

- נחשב את השאריות של הרגרסיה:  $\hat{u}_t = Y_t - \hat{Y}_t$ .
- נעלה את השאריות בריבוע:  $\hat{u}_t^2$ .
- נאמוד את המשוואה:  $\hat{u}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \beta_1 X_t^2 + \nu_t$ .

תוצאות האמידה מוצגות להלן:

|                             |    |                |             |          |        |
|-----------------------------|----|----------------|-------------|----------|--------|
| The REG Procedure           |    |                |             |          |        |
| Model: MODEL1               |    |                |             |          |        |
| Dependent Variable: $RES^2$ |    |                |             |          |        |
| Number of Observations Read |    |                |             | 48       |        |
| Number of Observations Used |    |                |             | 48       |        |
| Analysis of Variance        |    |                |             |          |        |
| Source                      | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Pr > F |
| Model                       |    |                |             |          |        |
| Error                       |    |                |             |          |        |
| Corrected Total             |    |                |             |          |        |
| Root MSE                    |    |                | R-Square    | 0.390763 |        |
| Dependent Mean              |    |                | Adj R-Sq    |          |        |

בצעו מבחן White (השערות, סטטיסטי המבחן, כלל הכרעה ומסקנה).

- (4) חוקר מניח כי מכירות של חנות הן פונקציה של שיטחה, דמי שכירות והאפשרות של מכירת עיתונים.  
נסמן:  
 $Y\_SALES$  - מכירות חודשיות (ש).  
 $X1\_SQUARES$  - שטח החנות (מ"ר).  
 $X2\_RENT$  - דמי שכירות (\$).  
 $PAPERS$  - משתנה איכותי המקבל 1 אם החנות מוכרת גם עיתונים ו-0 אם לא.  
 החוקר חשד כי קיימת בעיה של הטרוסקדסטיות בנתונים.  
 החוקר ביצע מבחן לזיהוי הטרוסקדסטיות שתוצאותיו נתונות להלן:

| Dependent Variable:         |    |                    |                |          |         |
|-----------------------------|----|--------------------|----------------|----------|---------|
| Number of Observations Read |    |                    |                | 20       |         |
| Number of Observations Used |    |                    |                | 20       |         |
| Analysis of Variance        |    |                    |                |          |         |
| Source                      | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value  | Pr > F  |
| Model                       |    |                    |                |          |         |
| Error                       |    |                    |                |          |         |
| Corrected Total             |    |                    |                |          |         |
|                             |    | Root MSE           | R-Square       | 0.086942 |         |
|                             |    | Dependent Mean     | Adj R-Sq       |          |         |
| Parameter Estimates         |    |                    |                |          |         |
| Variable                    | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Intercept                   |    |                    |                |          |         |
| X1_SQUARE                   |    |                    |                |          |         |
| X1_SQUARE^2                 |    |                    |                |          |         |
| X1_SQUARE*X2_RENT           |    |                    |                |          |         |
| X2_RENT                     |    |                    |                |          |         |
| X2_RENT^2                   |    |                    |                |          |         |
| X2_RENT*PAPERS              |    |                    |                |          |         |
| PAPERS                      |    |                    |                |          |         |

- הרגרסיה המופיעה בפלט לעיל נועדה לבדיקת: \_\_\_\_\_.
- על ידי מבחן: \_\_\_\_\_.
- המשתנה התלוי הינו: \_\_\_\_\_.
- המשתנים הב"ת: \_\_\_\_\_.
- ההשערות הינן: \_\_\_\_\_.
- גודל הסטטיסטי למבחן הינו (רשמו תוצאה מספרית): \_\_\_\_\_.
- המסקנה המתקבלת היא: \_\_\_\_\_.

## שיטת WLS:

(5) נתון המודל:

$$1. Y_t = \alpha + \beta \cdot X_t + U_t.$$

ונתון כי:  $VAR(U_t) = \frac{\sigma^2}{Z_t^2}$  (משתנה ידוע).

א. מהי הבעיה שנוצרת באמידת משוואה (1)?

ב. מהן תכונות אומדי הריבועים הפחותים של משוואה (1)?

כדי לפתור את הבעיה שנוצרה, נאמדה המשוואה הבאה:

$$2. Y_t \cdot W_t = \alpha \cdot W_t + \beta \cdot (X_t \cdot W_t) + U_t \cdot W_t.$$

ג. מהו  $W_t$  שבעזרתו ניתן לאמוד את  $\alpha$  ו- $\beta$  בצורה יעילה?ד. מהו האומד היעיל של  $\sigma^2$ ?ה. האם ניתן להשוות בין המודלים על בסיס  $R^2$ ? אם לא, האם ניתן

להחליט בכל זאת איזה מודל טוב יותר?

ו. חוו דעתכם על הטענות הבאות, ונמקו:

i. אם נתון כי:  $Z_t = a + b \cdot \bar{X}$ , התשובות לסעיפים א' ו-ב' נשארות

ללא שינוי.

ii. המשוואה הנורמאלית:  $\sum \hat{\varepsilon}_t = 0$  (כאשר:  $\varepsilon_t = U_t \cdot W_t$ ) היא

אחת המשוואות הנורמאליות לאמידת משוואה (2).

(6) ענו על השאלה הקודמת, כאשר נתון כי:  $VAR(U_t) = \sigma^2 \cdot X_t^2$ .(7) נתון המודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ . וקיים מדגם של 100 תצפיות כאשר נתוןכי:  $V(u_t) = \sigma_t^2 = \begin{cases} X_t \sigma^2 & \Leftrightarrow t \geq 50 \\ X_t^2 \sigma^2 & \Leftrightarrow t \leq 50 \end{cases}$ . (שאר ההנחות הקלאסיות מתקיימות).

א. במשוואה מס' 1 יש בעיה של: \_\_\_\_\_.

ב. אמידת משוואה (1) תניב אומדים

בלתי מוטים ועקיבים: נכון/ לא נכון/ לא ניתן לדעת

ג. פתרון הבעיה הקיימת במשוואה (1) ייתכן על ידי אמידת המשוואה

הבאה:  $Y_t \cdot W_t = \alpha \cdot W_t + \beta \cdot (X_t \cdot W_t) + u_t$ כאשר:  $W_t =$  \_\_\_\_\_.ד. אם נתון כי:  $V(u_t) = \sigma_t^2 = \begin{cases} 3\sigma^2 & \Leftrightarrow t \geq 50 \\ \sigma^2 & \Leftrightarrow t \leq 50 \end{cases}$ 

האם ישתנו תשובותיכם לסעיפים א' ו-ב': כן/לא/לא ניתן לדעת

## תשובות סופיות:

(1) יש עדות לכך, השערות:  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ , חישוב סטטיסטי: 17.62, כלל הכרעה: 2.48.  
 $H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$

(2) יש עדות לכך, השערות:  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ , חישוב סטטיסטי: 1.77, כלל הכרעה: 1.69.  
 $H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$

(3) יש עדות לכך, השערות:  $H_0: \alpha_1 = \beta_1 = 0$ , חישוב סטטיסטי: 18.75,  
 $H_1: OTHERWISE$

כלל הכרעה: 5.991.

(4) קיום הטרוסקדסטיות בנתונים.

$(LM)_{WHITE}$ .

$RES^2$ .

$X1\_SQUARE$ ,  $X1\_SQUARE^2$ ,  $X1\_SQUARE * X2\_RENT$ ,

$X2\_RENT$ ,  $X2\_RENT^2$ ,  $X2\_RENT * PAPERS$ ,  $PAPERS$

$LM_{stat} = 1.73$ .

אין עדות לכך.

(5) א. הטרוסקדסטיות. ב. ראו סרטון. ג.  $W_t = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_t^2}}} = Z_t$ .

ד.  $\sigma^2 = \frac{ESS}{T-K}$ . ה. לא, המודל השני. ו. i. לא נכון. ii. לא נכון.

(6) א. הטרוסקדסטיות. ב. ראו סרטון. ג.  $W_t = \frac{1}{X_t}$ .

ד.  $S^2 = \frac{ESS}{T-k-1}$ . ה. ראו סרטון. ו. ראו סרטון.

(7) א. הטרוסקדסטיות. ב. נכון.

ג.  $W_t = \frac{1}{\sqrt{X_t^2}}$   $t \leq 50$ ,  $W_t = \frac{1}{\sqrt{X_t}}$   $t \geq 50$ . ד. לא.

# אקונומטריקה

פרק 15 - מתאם סדרתי

תוכן העניינים

1. כללי ..... 85

## מתאם סדרתי:

### רקע:

מתאם סדרתי עוסק במצב שבו מופרת ההנחה (מס' 6) של אי תלות בין הטעויות:  
 $cov(u_t, u_s) = 0$  ונוצרת תלות סטטיסטית בין הטעויות במודל:  $cov(u_t, u_s) \neq 0$ .  
 תלות כזו בין הטעויות קיימת בדרך כלל כאשר הנתונים הנאספים הם נתוני סדרות  
 עיתיות ולא נתוני חתך בהם עסקנו עד כה. בנתוני סדרות עיתיות, מאחר ומדובר  
 באותו הפרט הנמדד בזמנים שונים סביר שהטעויות בניבוי שלו תהיינה תלויות אחת  
 בשנייה.

### השלכות על אומדי הריבועים הפחותים (OLS):

מבין התכונות של אר"פ (ליניאריות, חוסר הטיה, עקיבות ויעילות) היחידה שמופרת  
 כאשר קיים מתאם סדרתי היא: תכונת היעילות.  
 משום שתכונת היעילות היא היחידה מבין תכונות אר"פ התלויה להוכחתה בקיומה  
 של הנחת אי התלות בין הטעויות. משום הפגיעה בתכונת היעילות, בדיקת ההשערות  
 לא תהיה תקפה.

- שימו לב: כי במידה וקיים מתאם סדרתי חיובי בין הטעויות ולמשתנים יש  
 מגמת זמן (X עולה או יורד עם הזמן) אומד השונות (ESS) יהיה מוטה כלפי מטה  
 ואז נקבל:  $F$  ו- $t$  מוטים כלפי מעלה.

### מבנה המתאם הסדרתי:

מתאם סדרתי מסדר ראשון:  
 ההנחה היא כי יש מתאם בין הטעויות במרחק אחד, כלומר  $u_t$  תלוי ישירות רק  
 ב- $u_{t-1}$ :  $cov(u_t, u_{t-1}) \neq 0$ .

את המתאם בין הטעויות מסדר ראשון ניתן לנסח באופן הבא:  $u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$   
 כך ש:

- $\rho \neq 0$  (כי אם  $\rho = 0$  אין מתאם סדרתי).
- $-1 < \rho < 1$  (כי אם חורג מ-1 הטעות הולכת וגדלה עם הזמן).
- $\rho$  חיובי פירושו מתאם סדרתי חיובי ואילו  $\rho$  שלילי פירושו מתאם סדרתי  
 שלילי (לא נפוץ).

4.  $\varepsilon_t$  מקיים את ההנחות הקלאסיות מאחר ומהווה סטייה מקרית לחלוטין

$$E(\varepsilon_t) = 0$$

$$V(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2 \quad \text{בניגוד ל-}(u_t) \text{ כך ש:}$$

$$\text{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-s}) = 0$$

המודל יכול שתי משוואות-המשוואה העיקרית והגדרת המתאם הסדרתי (מסדר

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t \quad \text{ראשון):}$$

$$u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$$

מלבד  $\alpha$  ו- $\beta$  נרצה לאמוד גם את  $\rho$ .

מתאם סדרתי מסדר שני:

$$u_t = \rho_1 \cdot u_{t-1} + \rho_2 \cdot u_{t-2} + \varepsilon_t$$

הן  $u_{t-1}$  והן  $u_{t-2}$  משפיעים ישירות על  $u_t$ .

מתאם סדרתי מסדר P:

$$u_t = \rho_1 \cdot u_{t-1} + \rho_2 \cdot u_{t-2} + \dots + \rho_p \cdot u_{t-p} + \varepsilon_t$$

$u_t$  מושפע מתקופות שונות בעבר.

**תכונות המתאם הסדרתי:**

מכיוון שכל טעות בזמן מסוים מתואמת עם הטעות הסמוכה לה בזמן:  $r_{(u_t, u_{t-s})} = \rho^s$

המתאם של  $u_t$  הולך ופוחת עם הזמן:  $\rho_{u_t, u_{t-1}} > \rho_{u_t, u_{t-2}}^2 > \rho_{u_t, u_{t-3}}^3 > \dots > \rho_{u_t, u_{t-s}}^s$   
בנוסף לכך, התוחלת, השונות והשונות המשותפת של הטעויות:

$$E(u_t) = 0$$

$$V(u_t) = \sigma_u^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \rho^2}$$

$$\text{COV}(u_t, u_{t-s}) = \rho^s \sigma_u^2 = \rho^s \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \rho^2}$$

## מבחנים לזיהוי מתאם סדרתי:

מבחן DW (דרבין ווטסון) לקיום מתאם סדרתי מסדר ראשון:

- נניח תחילה כי אין מתאם סדרתי ונאמוד את המשוואה הראשית בשיטת OLS.
- כחלק מתוצאות האמידה נקבל ציון DW (יכול לקבל ערכים בין 0 ל-4 בלבד).
- נתבונן בטבלת DW ולפי  $K = \text{מס' המשתנים ה"ת במודל}$  ו- $T = \text{מס' התצפיות במדגם}$  נשלוף שני ערכים:  $d_U$  ו- $d_L$ .
- נחלק את הטווח שבין 0 ל-4 באופן הבא:

$$0 \text{ --- } \rho > 0 \text{ --- } d_L \text{ --- } d_U \text{ --- } \rho = 0 \text{ --- } 4 - d_U \text{ --- } 4 - d_L \text{ --- } \rho < 0 \text{ --- } 4$$

- נראה היכן נופל ציון ה-DW שהתקבל כחלק מתוצאות האמידה. ניתן לדעת אם יש מתאם ואיזה סוג של מתאם רק אם ציון ה-DW ייפול בחלקים המודגשים באדום.

$$\begin{aligned} H_0: \rho &= 0 \\ H_1: \rho &> 0, \rho < 0 \end{aligned} \quad \text{השערות:}$$

$$\text{חישוב הסטטיסטי: } DW_{stat} \cong 2 \cdot (1 - \hat{\rho})$$

אם אנו מקבלים ציון  $\hat{\rho}$  ניתן להציב בנוסחה ולקבל  $DW_{stat}$ .

למבחן DW יש שתי בעיות עיקריות:

1. מתאים רק למתאם סדרתי מסדר ראשון.
2. יש אזורים "מתים" בטווח בהם לא ניתן לדעת האם יש מתאם סדרתי.

בנוסף לכך על מספר תנאים להתקיים כדי שאפשר יהיה להשתמש במבחן DW:

1. הרגרסיה כוללת חותך.
2. ה-Xים קבועים ולא משתנים.
3. אין משתנים מסבירים שהם פיגור של המשתנה המוסבר.
4. אין תצפיות חסרות באמצע.
5. אם קיים מתאם סדרתי מסדר ראשון אז הוא מהצורה:  $u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$ .

מבחן LM :

לעומת מבחן DW מבחן LM מתאים גם לבחינת קיומו של מתאם סדרתי מסדרים

$$\begin{aligned} Y_t &= \alpha + \beta \cdot X_t + u_t \\ u_t &= \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

המודל הלא מוגבל :

$$Y_t = \alpha + \beta \cdot X_t + \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (U)$$

ניתן להתייחס לבחינת קיומו של מתאם סדרתי כהוספת משתנה מסביר :  $\hat{u}_{t-1}$ .  
השלבים לביצוע המבחן :

- נאמוד את המודל המקורי ונחשב  $\hat{u}_t$  ו-  $\hat{u}_{t-1}$ .
- נאמוד את רגרסיית העזר :  $\hat{u}_t / x_1, x_2, \dots, x_k; \hat{u}_{t-1}$ .
- נחשב סטטיסטי LM :  $LM_{stat} = T \cdot R^2$ .
- נדחה את  $H_0$  כאשר :  $LM_{stat} > \chi_m^2$  כאשר  $m = \text{סדר המתאם הסדרתי}$ .  
אם נדחה את  $H_0$  נדע את סימנו של המתאם הסדרתי לפי המקדם של  $\hat{u}_{t-1}$   
ברגרסיית העזר ששווה ל-  $\hat{\rho}$ .  
שימו לב כי אם נרצה לבדוק מתאם סדרתי מסדרים גבוהים יותר :

$$\begin{aligned} H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_s = 0 \\ H_1 : \text{OTHERWISE} \end{aligned}$$

$$\text{גרסיית העזר : } \hat{u}_t / x_1, x_2, \dots, x_k; \hat{u}_{t-1}, \hat{u}_{t-2}, \dots, \hat{u}_{t-s}$$

### פתרון בעיית המתאם הסדרתי – רגרסיית הפרשים (שיטת קוקרן-אורקט):

ניצור משוואה שהיא קומבינציה ליניארית של המשוואה המקורית שבה לא יהיה מתאם סדרתי ולכן ניתן יהיה לאמוד אותה בשיטת הריבועים הפחותים, האומדים יהיו יעילים וניתן יהיה לבצע בדיקת השערות.

$$\text{משוואה (1): המודל בזמן } t : Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$$

$$\text{משוואה (2): המודל בזמן } t-1 \text{ מוכפל ב- } \rho : \rho \cdot Y_{t-1} = \rho \cdot \alpha + \rho \cdot X_{t-1} + \rho \cdot u_t$$

החסרת משוואה (2) ממשוואה (1) :

$$Y_t - \rho Y_{t-1} = \alpha(1 - \rho) + \beta(X_t - \rho X_{t-1}) + (u_t - \rho u_{t-1})$$

כדי לאמוד את הפרמטרים של רגרסיית הפרשים נגדיר :

$$Y_t^* = Y_t - \rho Y_{t-1}$$

$$\alpha^* = \alpha(1 - \rho)$$

$$\beta^* = \beta$$

$$X_t^* = X_t - \rho X_{t-1}$$

$$\varepsilon_t = u_t - \rho u_{t-1}$$

$$\text{כך "נטרלנו" את המתאם הסדרתי : } \varepsilon_t = u_t - \rho \cdot u_{t-1}, u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$$

$\varepsilon_t$  מקיים את כל ההנחות הקלאסיות ולכן שונות הרגרסיה וכן שונות הפרמטרים הנאמדים לא תהיה תלויה במקדם המתאם הסדרתי.  
 המשוואה "המתוקנת" אותה נאמוד:  $Y^* = \alpha^* + \beta^* X_t^* + \varepsilon_t$ .  
 לאחר אמידת משוואה זו ניתן לחלץ את האומדים של הפרמטרים המקוריים:  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$ .  
 מאחר ש- $\rho$  איננו ידוע יש צורך לאמוד אותו.

אמידת  $\rho$  בשיטת קוקרן אורקוט:  
 שיטת קוקרן אורקוט לאמידת  $\rho$  היא שיטה איטראטיבית – מבוססת על חזרות של תהליך מסוים עד להתכנסות.  
 התהליך הממוחשב נקרא אוטורגרסיה (AUTOREGRESSION) מסדר ראשון, שני, שלישי וכו' (תלוי בסדר המתאם הסדרתי). התיקון למתאם הסדרתי יתבצע על ידי הרצת רגרסיה עם משתנה AR(1) (אוטו רגרסיה מסדר ראשון), AR(1) ו-AR(2) (אם מניחים קיום אוטורגרסיה מסדר שני) וכו'. אם משתנה AR מובהק זו אינדיקציה שפתרנו את הבעיה של המודל המקורי.

## שאלות:

## תכונות המתאם הסדרתי:

$$(1) \quad u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{נתון מתאם סדרתי מסדר ראשון}$$

$$\text{נתון כי: } \rho = 0.9 \text{ וכי: } V(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2 = 1$$

מצאו את:

א. המתאם בין  $u_t$  ל- $u_{t-1}$ .ב. המתאם בין  $u_t$  ל- $u_{t-4}$ . הסבר את ההבדל בין המתאמים (סעיף א' ו-ב').ג. השונות  $\sigma_u^2$ .ד. חזרו על סעיפים א' עד ג' עבור  $\rho = 0.4$ . הסבירו את ההבדל בין התוצאות.

## מבחן DW:

(2) חוקר רצה לאמוד את מחיר סגירה של מניה כפונקציה של הזמן שעובר:

$$CLOSE_t = \alpha + \beta \cdot TIME_t + u_t$$

כאשר:

 $CLOSE_t$  = מחיר סגירה של מניה ב-\$-ביום  $t$ . $TIME_t$  = משתנה זמן שמקבל את הערכים:  $1, 2, 3, \dots$ 

תוצאות האמידה שהתקבלו:

Dependent variable: CLOSE

| Analysis of Variance |         |                |                    |      |          |
|----------------------|---------|----------------|--------------------|------|----------|
| F Value              | Prob>F  | Mean Square    | Sum of Squares     | DF   | Source   |
|                      | 55.78   |                | -----              | 1    | Model    |
|                      |         |                | -----              | 151  | Error    |
|                      |         |                | -----              | 152  | C Total  |
|                      |         | 0.181          | R-square           | ---- | Root MSE |
|                      |         | -----          | Adj R-sq           | ---- | Dep Mean |
|                      |         |                |                    | ---- | C.V.     |
| Parameter Estimates  |         |                |                    |      |          |
| T for H0:            |         | Standard Error | Parameter Estimate | DF   | Variable |
| Parameter=0          | Prob> T |                |                    |      |          |
| 91.047               | 0.0000  | 0.0148         | 1.3474             | 1    | INTERCEP |
| 0.0000               | -7.468  | 0.0001         | -0.00075           | 1    | TIME     |
| Durbin-Watson D      | 0.150   |                |                    |      |          |

האם קיים מתאם סדרתי?

**TABLE 12** Cutoff Points for the Distribution of the Durbin-Watson Test Statistic

Let  $d_\alpha$  be the number such that  $P(d < d_\alpha) = \alpha$ , where the random variable  $d$  has the distribution of the Durbin-Watson statistic under the null hypothesis of no autocorrelation in the regression errors. For probabilities  $\alpha = .05$  and  $\alpha = .01$ , the tables show, for numbers of independent variables,  $K$ , values  $d_L$  and  $d_U$  such that  $d_L \leq d_\alpha \leq d_U$  for numbers  $n$  of observations.

| $\alpha = .05$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $n$            | $K$   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                | 1     |       | 2     |       | 3     |       | 4     |       | 5     |       |
|                | $d_L$ | $d_U$ | $d_L$ | $d_U$ | $d_L$ | $d_U$ | $d_L$ | $d_U$ | $d_L$ | $d_U$ |
| 15             | 1.08  | 1.36  | 0.95  | 1.54  | 0.82  | 1.75  | 0.69  | 1.97  | 0.56  | 2.21  |
| 16             | 1.10  | 1.37  | 0.98  | 1.54  | 0.86  | 1.73  | 0.74  | 1.93  | 0.62  | 2.15  |
| 17             | 1.13  | 1.38  | 1.02  | 1.54  | 0.90  | 1.71  | 0.78  | 1.90  | 0.67  | 2.10  |
| 18             | 1.16  | 1.39  | 1.05  | 1.53  | 0.93  | 1.69  | 0.82  | 1.87  | 0.71  | 2.06  |
| 19             | 1.18  | 1.40  | 1.08  | 1.53  | 0.97  | 1.68  | 0.86  | 1.85  | 0.75  | 2.02  |
| 20             | 1.20  | 1.41  | 1.10  | 1.54  | 1.00  | 1.68  | 0.90  | 1.83  | 0.79  | 1.99  |
| 21             | 1.22  | 1.42  | 1.13  | 1.54  | 1.03  | 1.67  | 0.93  | 1.81  | 0.83  | 1.96  |
| 22             | 1.24  | 1.43  | 1.15  | 1.54  | 1.05  | 1.66  | 0.96  | 1.80  | 0.86  | 1.94  |
| 23             | 1.26  | 1.44  | 1.17  | 1.54  | 1.08  | 1.66  | 0.99  | 1.79  | 0.90  | 1.92  |
| 24             | 1.27  | 1.45  | 1.19  | 1.55  | 1.10  | 1.66  | 1.01  | 1.78  | 0.93  | 1.90  |
| 25             | 1.29  | 1.45  | 1.21  | 1.55  | 1.12  | 1.66  | 1.04  | 1.77  | 0.95  | 1.89  |
| 26             | 1.30  | 1.46  | 1.22  | 1.55  | 1.14  | 1.65  | 1.06  | 1.76  | 0.98  | 1.88  |
| 27             | 1.32  | 1.47  | 1.24  | 1.56  | 1.16  | 1.65  | 1.08  | 1.76  | 1.01  | 1.86  |
| 28             | 1.33  | 1.48  | 1.26  | 1.56  | 1.18  | 1.65  | 1.10  | 1.75  | 1.03  | 1.85  |
| 29             | 1.34  | 1.48  | 1.27  | 1.56  | 1.20  | 1.65  | 1.12  | 1.74  | 1.05  | 1.84  |
| 30             | 1.35  | 1.49  | 1.28  | 1.57  | 1.21  | 1.65  | 1.14  | 1.74  | 1.07  | 1.83  |
| 31             | 1.36  | 1.50  | 1.30  | 1.57  | 1.23  | 1.65  | 1.16  | 1.74  | 1.09  | 1.83  |
| 32             | 1.37  | 1.50  | 1.31  | 1.57  | 1.24  | 1.65  | 1.18  | 1.73  | 1.11  | 1.82  |
| 33             | 1.38  | 1.51  | 1.32  | 1.58  | 1.26  | 1.65  | 1.19  | 1.73  | 1.13  | 1.81  |
| 34             | 1.39  | 1.51  | 1.33  | 1.58  | 1.27  | 1.65  | 1.21  | 1.73  | 1.15  | 1.81  |
| 35             | 1.40  | 1.52  | 1.34  | 1.58  | 1.28  | 1.65  | 1.22  | 1.73  | 1.16  | 1.80  |
| 36             | 1.41  | 1.52  | 1.35  | 1.59  | 1.29  | 1.65  | 1.24  | 1.73  | 1.18  | 1.80  |
| 37             | 1.42  | 1.53  | 1.36  | 1.59  | 1.31  | 1.66  | 1.25  | 1.72  | 1.19  | 1.80  |
| 38             | 1.43  | 1.54  | 1.37  | 1.59  | 1.32  | 1.66  | 1.26  | 1.72  | 1.21  | 1.79  |
| 39             | 1.43  | 1.54  | 1.38  | 1.60  | 1.33  | 1.66  | 1.27  | 1.72  | 1.22  | 1.79  |
| 40             | 1.44  | 1.54  | 1.39  | 1.60  | 1.34  | 1.66  | 1.29  | 1.72  | 1.23  | 1.79  |
| 45             | 1.48  | 1.57  | 1.43  | 1.62  | 1.38  | 1.67  | 1.34  | 1.72  | 1.29  | 1.78  |
| 50             | 1.50  | 1.59  | 1.46  | 1.63  | 1.42  | 1.67  | 1.38  | 1.72  | 1.34  | 1.77  |
| 55             | 1.53  | 1.60  | 1.49  | 1.64  | 1.45  | 1.68  | 1.41  | 1.72  | 1.38  | 1.77  |
| 60             | 1.55  | 1.62  | 1.51  | 1.65  | 1.48  | 1.69  | 1.44  | 1.73  | 1.41  | 1.77  |
| 65             | 1.57  | 1.63  | 1.54  | 1.66  | 1.50  | 1.70  | 1.47  | 1.73  | 1.44  | 1.77  |
| 70             | 1.58  | 1.64  | 1.55  | 1.67  | 1.52  | 1.70  | 1.49  | 1.74  | 1.46  | 1.77  |
| 75             | 1.60  | 1.65  | 1.57  | 1.68  | 1.54  | 1.71  | 1.51  | 1.74  | 1.49  | 1.77  |
| 80             | 1.61  | 1.66  | 1.59  | 1.69  | 1.56  | 1.72  | 1.53  | 1.74  | 1.51  | 1.77  |
| 85             | 1.62  | 1.67  | 1.60  | 1.70  | 1.57  | 1.72  | 1.55  | 1.75  | 1.52  | 1.77  |
| 90             | 1.63  | 1.68  | 1.61  | 1.70  | 1.59  | 1.73  | 1.57  | 1.75  | 1.54  | 1.78  |
| 95             | 1.64  | 1.69  | 1.62  | 1.71  | 1.60  | 1.73  | 1.58  | 1.75  | 1.56  | 1.78  |
| 100            | 1.65  | 1.69  | 1.63  | 1.72  | 1.61  | 1.74  | 1.59  | 1.76  | 1.57  | 1.78  |

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t \quad (3) \quad \text{המודל הינו:}$$

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$$

$u_t$  - הפרעה מקרית קלאסית.

$T = 100$  וידוע כי:

$$u_t = 0.9u_{t-1}$$

$$d_L = 1.57$$

$$d_U = 1.65$$

האם קיים מתאם סדרתי ברמת מובהקות של 5%?

**מבחן LM:**

(4) עבור הדוגמא הקודמת – ניבוי מחיר סגירה של מניה כפונקציה של הזמן:

$$CLOSE_t = \alpha + \beta \cdot TIME_t + u_t$$

נבחן את קיומו של מתאם סדרתי מסדר ראשון באמצעות מבחן LM.

$$u_t = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot TIME_t + \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{נאמוד את רגרסיית העזר:}$$

תוצאות האמידה שהתקבלו:

Dependent variable: RES

|         |        | Analysis of Variance |                |       | Source   |
|---------|--------|----------------------|----------------|-------|----------|
| F Value | Prob>F | Mean Square          | Sum of Squares | DF    |          |
|         |        |                      | -----          | 2     | Model    |
|         |        |                      | -----          | 150   | Error    |
|         |        |                      | -----          | 152   | C Total  |
|         |        | 0.855                | R-square       | ----- | Root MSE |
|         |        | -----                | Adj R-sq       | ----- | Dep Mean |
|         |        |                      |                | ----- | C.V.     |

#### Parameter Estimates

| Parameter | Estimate    | DF | Variable |
|-----------|-------------|----|----------|
|           | -.000096    | 1  | INTERCEP |
|           | 1.16331E-05 | 1  | TIME     |
|           | 0.927172    | 1  | RES1     |

א. האם קיים מתאם סדרתי?

ב. מהו ערכו של המתאם הסדרתי הנאמד?

ג. מהו כיוונו של המתאם הסדרתי באוכלוסייה?

## תיקון המתאם הסדרתי:

(5) סטודנט הניח כי במודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$  קיים מתאם סדרתי מסדר ראשון בשאריות כך שמתקיים:  $u_t = 0.7u_{t-1} + \varepsilon_t$  ולכן במקום לאמוד את המודל המקורי אמד את המודל:  $Y_t - 0.7Y_{t-1} = \alpha(1-0.7) + \beta(X_t - 0.7X_{t-1}) + u_t$ . הסטודנט טען כי במודל החדש לא קיים מתאם סדרתי. טענת הסטודנט: נכונה / לא נכונה / לא ניתן לדעת

(6) נמשיך עם הדוגמא של ניבוי מחיר סגירה של מניה כפונקציה של הזמן:  $CLOSE_t = \alpha + \beta \cdot TIME + u_t$ . נניח כי קיים מתאם סדרתי מסדר ראשון בנתונים. תוצאות האמידה בשיטת אוטורגרסיה מסדר ראשון מוצגות להלן:

| Parameter Estimates |    |                    |                |                       |         |
|---------------------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | 1.333              |                |                       |         |
| TIME                | 1  | -0.0006            |                |                       |         |
| (1)AR               | 1  | 0.927              |                |                       |         |
| Durbin-Watson D     |    |                    |                | 2.235                 | 0.000   |

א. בדקו האם נפתרה בעיית המתאם הסדרתי.  
ב. מהי המשוואה לאמידת מחיר הסגירה הצפוי ביום המסחר הבא?

## תרגול מסכם:

(7) נאמד הקשר שבין הכנסה לתצרוכת לתקופה ינואר 1994 עד דצמבר 1997 (T=48). המודל הינו:  $C_t = \alpha + \beta Y_t + u_t$ . בניסיון לבדוק האם מתקיים קשר מהסוג הבא:  $u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \rho_3 u_{t-3} + \varepsilon_t$ . נאמדה המשוואה הבאה:  $\hat{u}_t = \gamma_1 \hat{u}_{t-1} + \gamma_2 \hat{u}_{t-2} + \gamma_3 \hat{u}_{t-3} + \gamma_4 Y_t + \omega_t$ . תוצאות האמידה מוצגות להלן:

Depended Variable: RES

| Parameter Estimates |    |                    |                |                       |         |
|---------------------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | -54.709            | 710.85         | -0.076                | 0.939   |
| RESID1              | 1  | 0.705              | 0.152          | 4.631                 | 0.000   |
| RESID2              | 1  | -0.0066            | 0.188          | -0.035                | 0.972   |
| RESID3              | 1  | -0.337             | 0.167          | -2.012                | 0.051   |
| Y                   | 1  | 0.0027             | 0.032          | 0.085                 | 0.932   |
| Durbin-Watson D     |    | 1.954              |                |                       |         |

נתון בנוסף כי:  $R^2 = 0.479$ .

- א. הרגרסיה המופיעה בפלט לעיל נועדה לבדיקת: \_\_\_\_\_  
 על ידי מבחן: \_\_\_\_\_  
 ההשערות הינן: \_\_\_\_\_  
 גודל הסטטיסטי למבחן הינו (רשמו תוצאה מספרית): \_\_\_\_\_  
 המסקנה המתקבלת היא: \_\_\_\_\_

בהנחה כי קיים מתאם סדרתי מסדר שלישי בנתונים נאמד מחדש הקשר שבין ההכנסה לתצרוכת בהתאם לשיטתם של קוקרן ואורקוט.  
 תוצאות האמידה מוצגות להלן:

Depended Variable: C

| Parameter Estimates |   |         |                          |                       |                   |    |
|---------------------|---|---------|--------------------------|-----------------------|-------------------|----|
|                     |   | Error   | :T for H0<br>Parameter=0 | Standard<br>Parameter | Prob> T  Estimate | DF |
|                     |   | 1128.38 | -1.864                   | 0.069                 | -2103.53          | 1  |
|                     |   | 0.0510  | 14.086                   | 0.000                 | 0.71944           | 1  |
| AR(1)               | 1 | 0.7070  | 0.1525                   | 4.634                 | 0.000             |    |
| AR(2)               | 1 | -0.0064 | 0.1889                   | -0.034                | 0.972             |    |
| AR(3)               | 1 | -0.3282 | 0.1669                   | -1.966                | 0.0562            |    |
| Durbin-Watson D     |   | 1.954   |                          |                       |                   |    |

ב. רשמו את המשוואה המתוקנת המשמשת לעריכת תחזיות.

(8) חוקר רצה לאמוד את עקומת הביקוש לטיסות לאירופה.  
 לרשותו נתונים שבועיים לאורך 3 שנים (52 שבועות).  
 נסמן:

$Y_t$  - מספר כרטיסי הטיסה לאירופה שנמכרו בשבוע  $t$ .

$p_t$  - מחיר ממוצע ב-\$ של הכרטיסים שנמכרו בשבוע  $t$ .

החוקר אמד את המודל:  $Y_t = e^\alpha \cdot P_t^{\beta_1} \cdot P_{t-1}^{\beta_2} \cdot e^{u_t}$ .

וקיבל לאחר הטרנספורמציה הלוגריתמית:  $R^2 = 0.81$ .

לבדיקת ההשערה כי קיים מתאם סדרתי בנתונים מסדר ראשון הוא חישב את

ערכי  $\hat{u}_t$  ולאחר מכן חישב את הרגרסיה:  $u_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln P_t + \gamma_2 \ln P_{t-1} + \gamma_3 u_{t-1} + v_t$ .

מקדם ההסבר המרובה ברגרסיה זו הוא 0.282.

א. נסח את ההשערה ובחן אותה בר"מ של 0.05.

החוקר מניח שיש מתאם סדרתי מסדר ראשון.

לאחר תיקון Cochrane-Orcutt התקבל:  $\ln \hat{Y}_t = 7.3 - 0.2 \ln P_t + 0.4 \ln P_{t-1}$ ,  $\hat{\rho} = 0.2$ .

הניחו שהשבוע ובשבוע שעבר מחיר ממוצע של כרטיס היה \$500.

השבוע נמכרו 6,185 כרטיסים. בשבוע הבא צפוי מחיר של \$400.

ב. כמה כרטיסים יימכרו?

החוקר גם מנסה לקבוע האם בנתונים אלה קיים מתאם מסדר שני.

ג. רשמו את המשוואה הנוספת שעליו לאמוד.

במשוואה הנוספת התקבל מתאם מרובה השווה ל-0.12.

ד. מהי המסקנה בר"מ של 0.05?

## תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } r_{(u_t, u_{t-1})} = 0.9 \quad \text{ב. } r_{(u_t, u_{t-4})} = 0.6561 \quad \text{ג. } \sigma_u^2 = 5.263$$

$$\text{ד. } \sigma_u^2 = 1.19, r_{(u_t, u_{t-4})} = 0.0256, r_{(u_t, u_{t-1})} = 0.4$$

(2) יש עדות לכך.

(3) יש עדות לכך.

$$(4) \quad \text{א. יש עדות לכך.} \quad \text{ב. } \hat{\rho} = 0.927 \quad \text{ג. חיובי.}$$

(5) לא נכונה.

(6) ראו סרטון.

(7) א. קיומו של מתאם סדרתי מסדר שלישי בנתונים.

 $LM$ 

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$$

$$H_1 : OTHERWISE$$

$$LM_{stat} = 22.99$$

יש עדות לכך.

$$\text{ב. } \hat{C}_t = -2103.53 + 0.719 \cdot Y_t + 0.707 \cdot \hat{u}_{t-1} - 0.0064 \cdot \hat{u}_{t-2} - 0.328 \cdot \hat{u}_{t-3}$$

$$(8) \quad \text{א. } H_0 : \rho = 0, \text{ יש עדות לכך.} \quad \text{ב. } Y_{t+1} = 5,568 \quad H_1 : \rho \neq 0$$

$$\text{ג. } u_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln P_t + \gamma_2 \ln P_{t-1} + \gamma_3 u_{t-1} + \gamma_4 u_{t-2} + \omega_t \quad \text{ד. אין עדות לכך.}$$

# אקונומטריקה

פרק 16 - סיכום מתאם סדרתי והטרוקדסטיות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 96

## סיכום מתאם סדרתי והטרוקדסטיות:

רקע:

| הטרוקדסטיות                                               | מתאם סדרתי                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                           | למשל: $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$                                               | המשוואה העיקרית של המודל  |
| $V(u_t) = \sigma^2$                                       | $\text{cov}(u_t, u_{t-s}) = 0$                                                       | ההנחה הקלאסית המופרת      |
| $V(u_t) = \sigma_t^2$                                     | $\text{cov}(u_t, u_{t-s}) \neq 0$                                                    | המצב לאחר ההפרה           |
| $V(u_t) = W_t \sigma^2$                                   | $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$                                                 | המשוואה המאפיינת את ההפרה |
| מתקבלים אומדים חסרי הטיה ועקיבים, אך תכונת היעילות נפגעת. |                                                                                      | מה קורה אם אומדים OLS-ב   |
| מבחן GQ<br>מבחן White                                     | מבחן DW<br>מבחן LM                                                                   | זיהוי הבעיה               |
| שיטת WLS                                                  | שיטת קוקרן – אורקוט<br>(רגרסיית ההפרשים)<br>הכנסת משתנה מוסבר בפיגור<br>(מודל דינמי) | פתרון הבעיה               |

# אקונומטריקה

פרק 17 - משוואות סימולטניות

תוכן העניינים

1. כללי ..... 97

## משוואות סימולטניות:

### רקע:

עוסקות בהפרת ההנחה של אי תלות בין המב"ת לטעויות בניבוי:  $\text{cov}(x, u) = 0$ .  
ה- $X$  ים במשוואה נחשבו משתנים אקסוגניים – משפיעים על  $Y$  אך לא מושפעים  
ממנו בחזרה לעומת זאת משתנים אנדוגניים – משפיעים על  $Y$  אך גם מושפעים  
ממנו בחזרה. מאחר ומשתנים אלו הם גם מסבירים וגם מוסברים, הם נחשבים  
כמשתנים מקריים, המתואמים עם הטעויות במודל:  $\text{cov}(x, u) \neq 0$ .

### משוואות המבנה (משוואות סימולטניות):

מערכת משוואות הכוללות משתנים מסבירים אנדוגניים ואקסוגניים.  
בד"כ מדובר בשתי משוואות אשר המשתנה המוסבר בראשונה הוא משתנה מסביר  
בשנייה והמשתנה המוסבר בשנייה הוא משתנה מסביר בראשונה.  
משתנים המופיעים באחת המשוואות כמוסברים ובאחרת כמסבירים הם משתנים  
אנדוגניים. יתר המשתנים במשוואות הם אקסוגניים.  
המטרה היא לאמוד בצורה יעילה את הפרמטרים (אלפות ובטות) ולבצע בדיקת  
השערות.

### השלכות על אר"פ:

הנחת אי תלות בין המשתנה הב"ת והטעויות שימשה אותנו להוכחת ליניאריות,  
חוסר הטיה ועקיבות.  
לכן הפרתה משמעה פגיעה בכל תכונות אר"פ.  
האומדים לא ליניאריים, מוטים לא עקיבים ולכן גם לא יעילים (לפי גאוס מרקוב).  
אומד השונות מוטה גם הוא ובדיקת ההשערות לא תקפה (ללא תלות בגודל המדגם).

### הצורה המצומצמת של מודל עם משוואות סימולטניות:

משוואות הצורה המצומצמת הן פתרון עבור המשתנים האנדוגניים במערכת:  
הגדרת המשתנים האנדוגניים כפונקציה של המשתנים האקסוגניים במערכת בלבד.  
מספר המשוואות המצומצמות הוא כמספר המשתנים האנדוגניים במערכת  
(במקרה זה שניים).

תכונות המשוואות מהצורה המצומצמת :

- מס' המשוואות הוא כמספר המשתנים האנדוגניים במערכת  $(Y \text{ ו- } X)$ .
- המשתנה המוסבר הוא אנדוגני וכל המסבירים אקסוגניים.
- המשתנים המסבירים הם זהים בכל המשוואות (ה-  $Z$  ים).
- מכיוון שכל המשתנים המסבירים הם אקסוגניים ניתן לאמוד את הפרמטרים (ה-  $\lambda$  ות ו-  $\mu$  ים) ב- OLS ולקבל אומדים ליניאריים, חסרי הטיה, יעילים ועקיבים עם יכולת לבצע בדיקת השערות.

אמידת הפרמטרים של משוואות המבנה באמצעות משוואות הצורה המצומצמת :  
משוואות הצורה המצומצמת מאפשרות לאמוד את הפרמטרים בשיטת OLS אבל אנחנו מעוניינים למעשה לאמוד את הפרמטרים של המשוואות המקוריות – משוואות המבנה. מתוך הפרמטרים של הצורה המצומצמת נחלץ את הפרמטרים של משוואות המבנה.

בתהליך החילוץ של הפרמטרים המבניים ייתכנו 3 מצבים :

1. אין זיהוי : לא ניתן לחלץ את הפרמטרים המבניים מתוך הפרמטרים של הצורה המצומצמת.
2. זיהוי מדויק : יש רק דרך אחת לחלץ את הפרמטרים המבניים מהפרמטרים של הצורה המצומצמת.
3. זיהוי יתר : יש יותר מדרך אחת לחלץ את הפרמטרים המבניים מתוך הפרמטרים של הצורה המצומצמת.

בכדי להקל על בעיית הזיהוי מומלץ לאמץ את הכלל הבא :  
עבור כל אחת מהמשוואות המבניות יש לחשב :

1.  $g - 1$  : מס' אנדוגניים במשוואה הספציפית פחות 1 ולהשוות עם :
  2.  $K - k$  : מספר אקסוגניים סה"כ בשתי המשוואות כולל חותך  $(K)$  פחות מספר אקסוגניים במשוואה הספציפית כולל חותך  $(k)$ .
- אם  $2 = 1$  זיהוי מדויק ;  $2 > 1$  זיהוי יתר ;  $2 < 1$  אין זיהוי.

## שיטות לפתרון משוואות סימולטניות:

1. שיטת ריבועים פחותים עקיפה (ILS):

- א. יש להציג את מערכת משוואות המבנה בצורתה המצומצמת.
- ב. יש לאמוד בשיטת OLS את הפרמטרים של המשוואות בצורה המצומצמת.
- ג. יש לחלץ מן הפרמטרים של המערכת המצומצמת את הפרמטרים של הצורה המבנית.

משום שתהליך החילוץ איננו ליניארי האומדים המבניים המתקבלים הם מוטים אך עקיבים.  
 כאשר הזיהוי מדויק: האומדים יהיו גם אסימפטוטית יעילים (במדגמים גדולים).  
 כאשר הזיהוי הוא יתר: האומדים לא יהיו יעילים.

2. שיטת ריבועים פחותים בשני שלבים (2SLS):

- א. אמידת משוואות הצורה המצומצמת בשיטת OLS ושימוש בתוצאות האמידה כדי לחשב את המשתנים האנדוגניים (המסבירים).
- ב. הצבת המשתנים האנדוגניים שהתקבלו במשוואות המבנה ואומדתם ב-OLS.

אם משוואות המבנה מזוהות בדיוק או ביתר – האומדים שיתקבלו יהיו אמנם מוטים אבל עקיבים ויעילים אסימפטוטית. האומדים שיתקבלו יהיו זהים לאומדים שהתקבלו בשיטת הריבועים הפחותים העקיפה.  
 כאשר אין זיהוי: אין אקסוגניים ולכן אין משתנים מסבירים בצורה המצומצמת או שכל האקסוגניים בצורה המצומצמת כבר קיימים במשוואה המקורית ולכן החלפת  $x$  ב- $\hat{x}$  תיצור בעיה של מולטיקוליניאריות מלאה.

3. שיטת משתני העזר (IV):

משתנה עזר הוא משתנה שיחליף את המשתנה המסביר האנדוגני במשוואת המבנה ויעזור לאמוד את הקשר בינו לבין התלוי.  
 משתנה העזר צריך להיות:

- א. משתנה אקזוגני או פונקציה ליניארית של משתנים אקזוגניים:  $\text{cov}(Z, u) = 0$ .
- ב. מתואם עם המשתנה האנדוגני אותו הוא מחליף:  $\text{cov}(Z, X) \neq 0$ .

ככל שהמתאם גבוה יותר, האומד שיתקבל באמצעותו יהיה טוב יותר.  
 הבעיה: אומדני OLS שיתקבלו יהיו מוטים, לא עקיבים ולא יעילים.  
 הפתרון בשיטת IV: אמידת ההשפעה של  $Y$  על  $X$  עם משתנה אקסוגני שלא קיים במערכת שמתואם עם  $Y$  (אותו הוא מחליף) אך לא עם  $u$ .

אם יש יותר ממשתנה עזר אחד המקיימים את התנאים הנ"ל, האומדים שיתקבלו יהיו כולם מוטים אך עקיבים (ניתן להשתמש בהם במדגמים גדולים). משתנה העזר היחיד שיניב אומד יעיל יהיה בעל המתאם הגבוה ביותר עם המשתנה האנדוגני אותו הוא בא להחליף. משתנה עזר זה יהיה אומדן לאנדוגני שהתקבל מאמידת משוואת הצורה המצומצמת בשלב הראשון של 2SLS.

משתנה לא יוכל לשמש כמשתנה עזר :  
אם נוסחתו מכילה רק משתנים אקזוגניים המצויים במשוואת המבנה בה הוא משמש כמשתנה עזר, שכן אז תיווצר בעיית מולטיקוליניאריות מלאה. במילים אחרות, נוסחת משתנה העזר צריכה להיות מורכבת מלפחות משתנה אקזוגני אחד שלא מופיע במשוואה כדי שהמשתנה יוכל לשמש כמשתנה עזר.

משתני עזר שונים יכולים להניב את אותם האומדים לפרמטרים :  
נבדוק זאת בצורה הבאה : נמחק מהנוסחאות של משתני העזר את המשתנים האקסוגניים המופיעים במשוואה. אם נשארנו עם שני ביטויים שהם מכפלה אחד של השני, יתקבלו אותם האומדים.

### סיכום תוצאות אמידה של משוואות סימולטניות:

מס' האומדים שיתקבלו בשלושת השיטות ותכונותיהם תלויים בזיהוי של המשוואה :  
אם המשוואה לא מזוהה : לא ניתן להשתמש באף אחת מהשיטות.  
כאשר המשוואה מזוהה (בדיוק או ביתר) : האומדים שיתקבלו בשלושת השיטות יהיו תמיד מוטים אך עקיבים.

תכונת היעילות ומס' האומדים האפשרי מסוכמים בטבלה הבאה :

| מזוהה בדיוק                                                                                               | מזוהה ביתר                              |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
| אומד אחד לפרמטר<br>יעיל                                                                                   | יתכן יותר מאומד אחד לפרמטר<br>לא יעילים | שיטת ILS  |
| אומדן אחד למשתנה האנדוגני<br>יעיל                                                                         |                                         | שיטת 2SLS |
| אינסוף משתני עזר<br>אם משתנה העזר זהה לאומדן לאנדוגני המתקבל בשלב הראשון<br>בשיטת – 2SLS הוא יהיה גם יעיל |                                         | שיטת IV   |

כאשר הזיהוי מדויק יתקבל אותו אומד מוטה אך עקיב ויעיל בשלושת השיטות :  
ILS, 2SLS ו-IV (במידה ומשתנה העזר הוא  $\hat{X}_i$  מהשלב הראשון של 2SLS).

**משתנים בפיגור ומשוואות סימולטניות:**

אם  $X_t$  אקסוגני אז גם המשתנים בפיגור  $X_{t-p}$  בוודאות אקסוגניים.  
 אם  $Y_t$  אנדוגני אז מעמדם של המשתנים בפיגור תלוי בקיומו של מתאם סדרתי:  
 אם יש מתאם סדרתי:  $\text{cov}(Y_{t-1}, u_t) \neq 0$ , אז  $Y_{t-1}$  אנדוגני.  
 אם אין מתאם סדרתי:  $\text{cov}(Y_{t-1}, u_t) = 0$ , אז  $Y_{t-1}$  אקסוגני.

**מבחנים סטטיסטיים לבחינת אנדוגניות ולחוזק משתנה עזר:**

מבחן האוזמן (Hausman Test):

מבחן המשמש אותנו לבחינת אנדוגניות של משתנה מסוים.

- השלב הראשון לביצוע מבחן האוזמן הוא הרצת המשוואה המצומצמת – כלומר, המשתנה שחושדים שהוא אנדוגני כתלוי על כל האקסוגניים.
- מאמידה זו נשמור את סידרת השאריות הנאמדות ( $\hat{v}$ ).
- כעת נאמוד את המודל המקורי (משוואת המבנה) ונוסיף לו את  $\hat{v}$  כמשתנה מסביר חדש.
- לפי תוצאות האמידה – אם המקדם של  $\hat{v}$  מובהק נסיק כי המשתנה הוא אכן משתנה אנדוגני במודל.

מבחן לחוזק IV:

מבחן שמתבצע על המשוואה המצומצמת שבה נעשה שימוש במשתני העזר. בודקים:

- האם משתנה העזר לניבוי המשתנה התלוי מובהק באוכ' באמצעות מבחן  $t$  למובהקות מקדם הרגרסיה. אם כן- ניתן להסיק כי המשתנה האקסוגני, המשמש כמשתנה עזר, מתואם עם האנדוגני אותו הוא אמור להחליף.
- אולם בכדי לבדוק האם משתני העזר חזקים מספיק נבצע מבחן  $F$  למובהקות כל משתני העזר המוצעים במשוואה המצומצמת. כלל אצבע-רק אם:  
 $F_{stat} > 10$  נוכל להסיק כי משתני העזר חזקים מספיק בכדי שנוכל לקבל תוצאות אמינות כאשר אנו משתמשים בהם.

## שאלות:

## זיהוי משוואות המבנה:

- 1) חוקר רצה לאמוד את פונקציית הביקוש ואת פונקציית ההיצע לתות שדה. הוא אסף נתונים עבור 30 תקופות:
- $P_t$  - מחיר קופסא בש"ח בתקופה  $t$ .
  - $Q_t$  - כמות נקנית בק"ג בתקופה  $t$ .
  - $Z_t$  - מחיר פרי תחליפי ב-ש בתקופה  $t$ .
  - $INCOME_t$  - הכנסת הצרכנים באלפי ש בתקופה  $t$ .
  - $L_t$  - מחיר שעת עבודה ב-ש בתקופה  $t$ .
- א. החוקר מניח שהכמות המבוקשת היא פונקציה של מחיר התות שדה, של מחיר הפרי התחלפי ושל הכנסת הצרכנים, והכמות המוצעת היא פונקציה של מחיר התות שדה ושל מחיר העבודה.
- נסחו את המודל הסימולטני, תחת ההנחה שהגמישויות קבועות. הציגו גם את תנאי הסדר וקבעו עבור כל משוואה אם היא מזוהה במדויק, ביתר או בחסר.
- ב. עיינו במודל 1 שבדפי הפלט (ראו סרטון) והשיבו: איזו פונקציה נאמדה, והאם תוצאות האמידה שהתקבלו מתיישבות עם התיאוריה הכלכלית? נמקו.
- ג. עיינו בדפי הפלט המתאימים (ראו סרטון) והשיבו: אם העלות של שעת עבודה תעלה באחוז אחד, מהם השינויים הצפויים בכמות ובמחיר של שווי משקל?
- ד. בתקופה מסוימת אנו צופים שמחיר המוצר התחלפי יהיה 10 ש, ההכנסה תהיה 50 אלף ש, מחיר שעת עבודה 25 ש. מה יהיה מחיר שווי המשקל של תות השדה? האם ניתן גם לאמוד את כמות שווי המשקל?

## להלן הפלטים:

## Model 1: TSLS estimates using the 30 observations 1-30

Dependent variable:  $I\_Q$ Instruments:  $I\_L$ 

| VARIABLE    | COEFFICIENT | STDERROR | T STAT | P-VALUE     |
|-------------|-------------|----------|--------|-------------|
| const       | -1.83485    | 1.14385  | -1.604 | 0.10869     |
| $I\_P$      | -1.34898    | 0.645690 | -2.089 | 0.03669 **  |
| $I\_Z$      | 1.72145     | 0.467875 | 3.679  | 0.00023 *** |
| $I\_income$ | 0.984145    | 0.483543 | 2.035  | 0.04182 **  |

Mean of dependent variable = 2.8776

Standard deviation of dep. var. = 0.300322

Sum of squared residuals = 2.67757

Standard error of residuals = 0.32091

Unadjusted R-squared = 0.222881

Adjusted R-squared = 0.133214

F-statistic (3, 26) = 2.48564 (p-value = 0.0829)

**Model 3: OLS estimates using the 30 observations 1-30**

Dependent variable: I\_Q

| VARIABLE | COEFFICIENT | STDERROR | T STAT | P-VALUE     |
|----------|-------------|----------|--------|-------------|
| const    | 0.499595    | 0.630065 | 0.793  | 0.43500     |
| I_L      | -0.611731   | 0.163450 | -3.743 | 0.00091 *** |
| I_income | 0.395076    | 0.142590 | 2.771  | 0.01019 **  |
| I_Z      | 0.937441    | 0.197381 | 4.749  | 0.00007 *** |

Mean of dependent variable = 2.8776

Standard deviation of dep. var. = 0.300322

Sum of squared residuals = 0.834357

Standard error of residuals = 0.179139

Unadjusted R-squared = 0.681008

Adjusted R-squared = 0.644201

F-statistic (3, 26) = 18.5023 (p-value &lt; 0.00001)

Log-likelihood = 11.1662

(Log-likelihood for Q = -75.1618)

**Model 4: OLS estimates using the 30 observations 1-30**

Dependent variable: I\_P

| VARIABLE | COEFFICIENT | STDERROR  | T STAT | P-VALUE     |
|----------|-------------|-----------|--------|-------------|
| const    | -1.73053    | 0.419481  | -4.125 | 0.00034 *** |
| I_L      | 0.453478    | 0.108821  | 4.167  | 0.00030 *** |
| I_income | 0.436678    | 0.0949326 | 4.600  | 0.00010 *** |
| I_Z      | 0.581185    | 0.131411  | 4.423  | 0.00015 *** |

Mean of dependent variable = 2.99427

Standard deviation of dep. var. = 0.314761

Sum of squared residuals = 0.369832

Standard error of residuals = 0.119266

Unadjusted R-squared = 0.871281

Adjusted R-squared = 0.856428

F-statistic (3, 26) = 58.6632 (p-value &lt; 0.00001)

Log-likelihood = 23.3704

(Log-likelihood for P = -66.4576)

## שיטת ILS:

(2) נניח שאנו מתכוונים לאמוד את המשוואות:

$$C_t = \alpha + \beta Y_t + u_t$$

$$Y_t = C_t + Z_t$$

כאשר:

 $C_t$  - הוצאות לתצרוכת פרטית. $Y_t$  - הכנסה לאומית. $u_t$  - הפרעה אקראית.

א. מהי הבעיה באמידת המשוואות בשיטת הריבועים הפחותים?

מהן תכונות אר"פ?

ב. האם המשוואות מזוהות?

ג. אמדו את מערכת המשוואות בצורתה המצומצמת באופן ידני.

ד. מהו הפתרון של המשוואות המצומצמות בשיטת ILS?

להלן תוצאות אמידת מערכת המשוואות בצורה המצומצמת:

## Dependent Variable: C

| Parameter Estimates |    |           |          |             |         |
|---------------------|----|-----------|----------|-------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
|                     |    | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | 14848.38  | 2568.8   | 5.78027     | 0.000   |
| Z                   | 1  | -0.087066 | 0.3036   | -0.2867     | 0.776   |

## Dependent Variable: Y

| Parameter Estimates |    |           |          |             |         |
|---------------------|----|-----------|----------|-------------|---------|
| Variable            | DF | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
|                     |    | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | 14848.38  | 2568.8   | 5.78027     | 0.0000  |
| Z                   | 1  | 0.912934  | 0.3036   | 3.00699     | 0.0049  |

ה. חשבו את האומדים המבניים.

## שיטת 2SLS:

(3) תאר את תהליך האמידה בשני שלבים (2SLS) של משוואות המבנה:

$$C_t = \alpha + \beta Y_t + u_t$$

$$Y_t = C_t + Z_t$$

כאשר:

$C_t$  - הוצאות לתצרוכת פרטית.

$Y_t$  - הכנסה לאומית.

$u_t$  - הפרעה אקראית.

א. מה ניתן יהיה לומר על האומדים שהתקבלו בשיטה זו?

ב. מה יהיה ערכם של האומדים  $\hat{\beta}$  ו-  $\hat{\alpha}$ ?

להלן תוצאות האמידה בשיטת 2 השלבים:

Dependent variable: C

| Parameter Estimates |    |           |          |             |         |
|---------------------|----|-----------|----------|-------------|---------|
|                     |    | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
| Variable            | DF | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | 16264.47  | 8221.233 | 1.978349    | 0.0520  |
| y                   | 1  | -0.095370 | 0.364274 | -0.261808   | 0.7943  |

Dependent variable: Y

| Parameter Estimates |    |           |          |             |         |
|---------------------|----|-----------|----------|-------------|---------|
|                     |    | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
| Variable            | DF | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEP            | 1  | -9.95E-09 | 3.52E-09 | -2.828212   | 0.0062  |
| C                   | 1  | 1.00000   | 2.08E-13 | 4.80E+12    | 0.0000  |
| Z                   | 1  | 1.00000   | 1.99E-13 | 5.04E+12    | 0.0000  |

(4) לפניך המודל הסימולטני הבא :

$$Q_t^D = \alpha_0 + \alpha_1 P_t + \alpha_2 Z_t + u_t \quad \text{משוואת הביקוש}$$

$$Q_t^S = \beta_0 + \beta_1 P_t + v_t \quad \text{משוואת ההיצע}$$

$$P_t \quad \text{- מחיר המוצר בתקופה } t$$

$$Q_t^D \quad \text{- כמות מבוקשת בתקופה } t$$

$$Q_t^S \quad \text{- כמות מוצעת בתקופה } t$$

$$Z_t \quad \text{- מחיר המוצר התחלפי בתקופה } t$$

$$Z_t \quad \text{הוא משתנה אקסוגני.}$$

א. רשום את המשוואות המצומצמות וקבע את התכונות של אומדי OLS למשוואות אלה.

ב. היעזר בשיטת ILS לאמידת הפרמטרים של המשוואה שניתן לזהות, אם התקבלו המשוואות המצומצמות הבאות :

$$\hat{Q}_t = 2 + 3Z_t$$

$$\hat{P}_t = 1 + 4Z_t$$

ג. באם ננסה לאמוד את משוואת הביקוש בשיטת TSLS :

האם ניתן יהיה לאמוד מספרית את המשוואה של השלב הראשון? נמק.

האם ניתן יהיה לאמוד מספרית את המשוואה של השלב השני? נמק.

ד. החוקר מנסה לאמוד את משוואת ההיצע בשיטת TSLS.

למה שווה האומדן שיתקבל ל- $\beta_1$ ?

#### שיטת IV:

(5) נתונות המשוואות הבאות :

$$1. Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \alpha_2 Z_{1t} + \alpha_3 Z_{2t} + \varepsilon_t$$

$$2. X_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Z_{1t} + \omega_t$$

נתון כי :  $T_t$ ,  $X_t$  משתנים אנדוגניים ו- $Z_{1t}$ ,  $Z_{2t}$  משתנים אקסוגניים.

חוו דעתכם על כל אחת מהטענות הבאות, והסבירו :

א. ניתן להשתמש ב- $Z_{1t}$  כמשתנה עזר לאמידת משוואה מס' 1.

ב. ניתן להשתמש ב- $\frac{Z_{1t} + Z_{2t}}{2}$  כמשתנה עזר לאמידת משוואה מס' 2.

ג. יתכנו מספר אומדים עקיבים שונים זה מזה ל- $\beta_2$  במשוואה מס' 2.

ד. שימוש ב- $Z_2$  כמשתנה עזר לאמידת משוואה מס' 2 יניב אומדים עקיבים וגם יעילים.

ה. משתנה העזר  $Z_{1t} + Z_{2t}$  יניב אומדים זהים לאלו שהתקבלו בסעיף ב'.

ו. משתנה העזר  $3Z_{1t} + 5Z_{2t}$  יניב אותם אומדים כמו משתנה העזר בסעיף ד'.

ז. משתנה העזר  $7Z_{1t} + 5Z_{2t}$  יניב אומדים זהים לאלו שהתקבלו בסעיף ב'.

## מבחן האוזמן:

- (6) נניח שאתם מעוניינים לאמוד את הקשר בין כלכלה לפיתוח פוליטי. לכל מדינה  $i$  נסמן ב- $Y_i$  את הרמה הנאמדת של ההכנסה, נסמן ב- $s_i$  את שיעור החיסכון במדינה  $i$  וב- $D_i$  את האיתנות הנאמדת של השלטון הדמוקרטי. אתם שוקלים לאמוד מודל ליניארי של הכנסה ושיעור החיסכון על איתנות הממשל דמוקרטי:  $D_i = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \beta_3 s_i + \varepsilon_i$ . אבל אתם חוששים ש- $\text{cov}(Y_i, \varepsilon_i) \neq 0$ . הסבירו כיצד תשתמשו ב- $Hausman Test$  כדי לבחון את ההשערה:  $H_0 : \text{cov}(Y_i, \varepsilon_i) = 0$ ?

## מבחן לחוזק IV:

- (7) נתונה מערכת המשוואות הסימולטניות הבאות:
- $$Y_{1i} = \gamma Y_{2i} + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_i$$
- $$Y_{2i} = \delta Y_{1i} + \beta_3 X_{3i} + v_i$$
- כאשר:  $X_1, X_2, X_3$  הינם משתנים אקסוגנים. להלן מערכת המשוואות של הצורה המצומצמת:
- $$Y_{1i} = \pi_{11} X_{1i} + \pi_{12} X_{2i} + \pi_{13} X_{3i} + \tilde{u}_i$$
- $$Y_{2i} = \pi_{21} X_{1i} + \pi_{22} X_{2i} + \pi_{23} X_{3i} + \tilde{v}_i$$
- תארו כיצד בודקים ש- $X_{1i}$  ו- $X_{2i}$  אינם משתני עזר חלשים ל- $Y_{1i}$  במשוואה השנייה?

## תרגילים מסכמים:

(1) נתונות המשוואות הבאות:

$$1. Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \alpha_2 Z_{1t} + \alpha_3 Z_{2t} + \alpha_4 Z_{3t} + \alpha_5 Z_{4t} + u_t$$

$$2. X_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Z_{1t} + \beta_3 Z_{2t} + \beta_4 Z_{5t} + v_t$$

נתון כי:  $\text{cov}(Z_j, u_t) = 0$  עבור  $j = 1, \dots, 5$  (כלומר ה-Z ים אקסגוניים).

א. אמידת כל אחת מהמשוואות תניב אומדים:

i. מוטים נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת.

ii. עקיבים נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת.

ב. משוואה 1 מזוהה בדיוק/ מזוהה ביתר/בלתי מזוהה

משוואה 2 מזוהה בדיוק/ מזוהה ביתר/ בלתי מזוהה

ג. חווה דעתך על הטענות הבאות:

i. תוך שימוש בשיטת ILS

ניתן לאמוד את משוואה 1

באופן עקיב וחד ערכי: נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת

ii. תוך שימוש בשיטת ILS

ניתן לאמוד את משוואה 2

באופן עקיב וחד ערכי: נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת

ד. משוואות הצורה המצומצמת הן:

$$Y_t = \lambda_0 + \lambda_1 Z_{1t} + \lambda_2 Z_{2t} + \lambda_3 Z_{3t} + \lambda_4 Z_{4t} + \lambda_5 Z_{5t} + \varepsilon_{1t}$$

$$X_t = \mu_0 + \mu_1 Y_t + \mu_2 Z_{2t} + \mu_3 Z_{3t} + \mu_4 Z_{4t} + \mu_5 Z_{5t} + \varepsilon_{2t}$$

נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת.

ה. אמידת משוואות הצורה המצומצמת

ב-OLS תניב אומדים חסרי הטיה,

עקיבים ועילים: נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

ו. להלן רשימה של משתני עזר פוטנציאליים:

i.  $Z_5$ ii.  $\frac{Z_1 + Z_5}{2}$ iii.  $2Z_1 + 3Z_2 + Z_3$ iv.  $Z_3 + Z_4$ v.  $3Z_3 + 4Z_4$ vi.  $3Z_3 + 3Z_4$ vii.  $Z_1$ 

עבור כל משתנה רשום באיזה משוואה ניתן להשתמש בו אם בכלל.

ז. איזה מבין משתני העזר הבאים יניבו את אותם האומדים עבור אותה המשוואה (תתכן יותר מתשובה אחת נכונה):

i. i-ii.

ii. iv-vi.

iii. v-vi.

iv. iv-v.

ח. האם משתנה עזר  $(Z_5)$  יניב אומדים יעילים?

ט. אם ידוע כי אין מתאם סדרתי, האם  $X_{t-1}$ ,  $Y_{t-1}$  הם אנדוגניים או אקסוגניים?

י. האם הוספה של משתנה אקסוגני נוסף למשוואה 1 תשנה את הזיהוי של משוואה 2?

יא. האם הוספה של משתנה אקסוגני נוסף למשוואה 2 תשנה את הזיהוי של משוואה 1?

יב. הנח כי הוטלו המגבלות הבאות על הפרמטרים המבניים:  $\alpha_2 = \beta_2 = 0$ . האם ניתן כעת לזהות את יתר הפרמטרים במודל?

(2) היצע העבודה של נשים נשואות היה נושא מרכזי במחקר הכלכלי.

לצורך אמידת היצע זה נבחר המודל הבא:

$$HOURS = \beta_1 + \beta_2 WAGE + \beta_3 EDUC + \beta_4 AGE + \beta_5 KIDSL6 + \beta_6 KIDS618 + \beta_7 NWIFEINC + \varepsilon$$

כאשר:

$HOURS$  - היצע העבודה בשעות.

$WAGE$  - שכר לשעה.

$EDUC$  - מספר שנות הלימוד.

$AGE$  - גיל.

$KIDSL6$  - מספר הילדים בבית מתחת לגיל 6.

$KIDS618$  - מספר הילדים בגיל 6-18.

$NWIFEINC$  - הכנסת משק הבית ממקורות שאינם בעבודתה של האישה.

א. מהם הסימנים שתצפו לקבל בכל אחד מהמקדמים?

ב. הסבירו מדוע לא ניתן לאמוד את משוואת ההיצע הנ"ל בשיטת הריבועים הפחותים.

ג. הניחו כי אנחנו משתמשים בניסיון של האישה בשוק העבודה ( $EXPER$ ) ובריבועו ( $EXPER^2$ ) כמשתני עזר למשתנה  $WAGE$ . הסבירו מדוע משתני העזר הללו עונים על הדרישות שלנו ממשתני עזר.

ד. תארו את השלבים (לא בפקודות מחשב) שתבצעו כדי לקבל את האומדים בשיטת TSLS.

(3) נתונה מערכת המשוואות הסימולטניות הבאה :

$$Y_{1i} = \gamma Y_{2i} + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_i$$

$$Y_{2i} = \delta Y_{1i} + \beta_3 X_{3i} + v_i$$

כאשר  $X_1, X_2, X_3$  הינם משתנים אקסוגניים.

- א. חלצו את מערכת המשוואות המצומצמת (Reduced Form Equations) של  $Y_1$  ו-  $Y_2$  (ז"א פתרו את המערכת המבנית עבור שני המשתנים האנדוגניים  $Y_1$  ו-  $Y_2$  על מנת לקבל את הצורה המצומצמת. כתבו את המקדמים והשאריות במערכת המצומצמת למטה כפונקציות של הפרמטרים והשאריות במערכת המבנית).
- ב. הראו שבהינתן אומדים עקיבים ל-  $\pi_{11}, \dots, \pi_{23}$  ניתן למצוא אומד עקיב ל-  $\gamma$ .
- ג. האם  $\gamma$  ניתן לזיהוי כאשר  $\beta_3 = 0$ ?
- ד. אילו תנאים צריכים  $X_{1i}$  ו-  $X_{2i}$  לקיים בכדי להיות משתני עזר ל-  $Y_{1i}$  במשוואה השנייה?
- ה. תארו כיצד בודקים ש-  $X_{1i}$  ו-  $X_{2i}$  אינם משתני עזר חלשים ל-  $Y_{1i}$  במשוואה השנייה?

- (4) נניח שאתם מעוניינים לאמוד את הקשר בין כלכלה לפיתוח פוליטי. לכל מדינה  $i$  נסמן ב-  $Y_i$  את הרמה הנאמדת של ההכנסה וב-  $D_i$  את האיתנות הנאמדת של השלטון הדמוקרטי. אתם שוקלים לאמוד מודל ליניארי של הכנסה על ממשל דמוקרטי:  $D_i = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i$ , אבל אתם חוששים ש-  $\text{cov}(Y_i, \varepsilon_i) \neq 0$ .
- א. הסבירו מדוע החשש שההכנסה מתואמת עם השגיאה במשוואה הנ"ל הגיוני?
- ב. האם אומד הריבועים הפחותים של  $\beta_2$  הינו חסר הטיה?
- ג. נסמן ב-  $S_i$  את שיעור החיסכון במדינה  $i$ . הסבירו אלו תנאים צריך משתנה עזר ( $iv$ ) לקיים. נמקו מדוע  $S_i$  מתאים או לא מתאים לשמש כמשתנה עזר.
- ד. הסבירו כיצד תשתמשו בשיטת 2SLS כדי לאמוד את  $\beta_2$ . האם האומד המתקבל עקיב?
- ה. הסבירו כיצד תשתמשו ב-  $Hausman Test$  כדי לבחון את ההשערה:  $H_0 : \text{cov}(Y_i, \varepsilon_i) = 0$ .

## תשובות סופיות:

$$\ln Q_t^D = \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_t + \alpha_2 \ln Z_t + \alpha_3 \ln INCOME_t + u_t \quad \text{א. (1)}$$

$$\ln Q_t^S = \beta_0 + \beta_1 \ln P_t + \beta_2 \ln L_t + v_t$$

$$Q_t^D = Q_t^S$$

משוואת הביקוש מזוהה במדויק.

משוואת ההיצע מזוהה ביתר.

ב. פונקציית הביקוש, התוצאות מתיישבות.

ג. הכמות תרד ב-0.61173%, המחיר יעלה ב-0.453478%.

$$\hat{P} = 16.05, \hat{Q} = 9.34 \quad \text{ד.}$$

$$\hat{C}_t = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 Z_t, \hat{Y}_t = \hat{\gamma}_3 + \hat{\gamma}_4 Z_t \quad \text{א. ראו סרטון. ב. מזוהות בדיוק. ג. (2)}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\gamma}_0}{\hat{\gamma}_4} = \frac{\hat{\gamma}_3}{\hat{\gamma}_4}, \hat{\beta} = \frac{\hat{\gamma}_1}{\hat{\gamma}_4} \quad \text{ד.} \quad \hat{\alpha} = 16,264.46, \hat{\beta} = -0.09537 \quad \text{ה.}$$

א. מוטים אך עקיבים ויעילים במדגמים גדולים. (3)

$$\hat{\beta} = -0.09537, \hat{\alpha} = 16,264.47 \quad \text{ב.}$$

$$\text{BLUE}, Q_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 - \beta_1} - \frac{\beta_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 - \beta_1} \cdot Z_t + \frac{\beta_1 (u_t - v_t)}{\alpha_1 - \beta_1} + v_t \quad \text{א. (4)}$$

$$\hat{\beta}_0 = 1.25, \hat{\beta}_1 = 0.75 \quad \text{ב.} \quad \text{ג. שלב ראשון: ניתן, שלב שני: לא ניתן.}$$

$$0.75 \quad \text{ד.}$$

$$\text{א. לא נכון. ב. נכון. ג. נכון. ד. נכון. ה. נכון. (5)}$$

$$\text{ו. נכון. ז. לא נכון.}$$

$$\text{ראו סרטון. (6)}$$

$$\text{ראו סרטון. (7)}$$

## תרגילים מסכמים:

$$\text{א. i. נכון. ii. לא נכון. (1)}$$

ב. משוואה 1: מזוהה בדיוק, משוואה 2: מזוהה ביתר.

ג. i. נכון. ii. לא נכון. ד. נכון. ה. נכון.

ו. i. 1. ii. 1. iii. 2. iv. 2. v. 2.

vii. 2. i. נכון. ii. נכון. iii. לא נכון. iv. לא נכון.

ח. כן. ט. אקסוגניים. י. לא. יא. כן.

יב. משוואה 1 מזוהה בדיוק ומשוואה 2 מזוהה ביתר.

א. מקדם wage חיובי, מקדם educ לא ניתן לדעת, מקדם age יכול להיות חיובי (2)

או שלילי, מקדם kidsl6 שלילי, מקדם kids618 חיובי, מקדם nwifeinc שלילי.

ב. ראו סרטון. ג. ראו סרטון. ד. ראו סרטון.

$$\pi_{11} = \frac{\beta_1}{1 - \delta\gamma}, \pi_{12} = \frac{\beta_2}{1 - \delta\gamma}, \pi_{13} = \frac{\beta_3\gamma}{1 - \delta\gamma} \quad \text{א. (3)}$$

$$\pi_{21} = \frac{\beta_1\delta}{1 - \delta\gamma}, \pi_{22} = \frac{\beta_2\delta}{1 - \delta\gamma}, \pi_{23} = \frac{\beta_3}{1 - \delta\gamma}$$

$$\tilde{u}_i = \frac{u_i + \gamma v_i}{1 - \delta\gamma}, \quad \tilde{v}_i = \frac{v_i + \delta u_i}{1 - \delta\gamma}$$

ב. מכיוון ש- $\gamma = \frac{\pi_{13}}{\pi_{23}}$ , ניתן לקבל אומד עקיב ל- $\gamma$  ע"י  $\hat{\gamma} = \frac{\hat{\pi}_{13}}{\hat{\pi}_{23}}$ .

ג. לא. ד. צריכים להיות מתואמים עם  $y_{1i}$  ובלתי מתואמים עם  $v_i$ .

ה. ראו סרטון.

4 א. טעות מדידה במשתנה המוסבר, משתנה מושמט, משוואות סימולטניות.

ב. לא. ג. ראו סרטון. ד. עקיב. ה. ראו סרטון.

# אקונומטריקה

פרק 18 - סיכום תכונות ארפ

תוכן העניינים

1. כללי ..... 113

## סיכום תכונות אר"פ:

## רקע:

אם המודל שאותו אנו אומדים מנסח נכון את הקשר המתמטי בין המשתנים וכולל את כל המשתנים הרלוונטיים להסבר התופעה ורק אותם ולא קיים קשר חזק או מלא בין המשתנים הבלתי תלויים במודל וכל ההנחות הקלאסיות מתקיימות, אזי האומדים שאותם נקבל הם א.ח.ה, הם BLUE (יעילים) והם עקיבים.

| הבעיה במודל               | כולל את כל המשתנים הרלוונטיים | לא כולל משתנים שאינם רלוונטיים | אין קשר חזק או מלא בין ה"ב" | כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות | פגיעה בתכונות אר"פ                              |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| אין בעיה                  | ✓                             | ✓                              | ✓                           | ✓                           | אין פגיעה                                       |
| השמטת משתנים רלוונטיים    | ×                             | ✓                              | ✓                           | ✓                           | פגיעה בכל התכונות - מוטים, לא יעילים ולא עקיבים |
| הוספת משתנים לא רלוונטיים | ✓                             | ×                              | ✓                           | ✓                           | אין פגיעה                                       |
| מולטיקוליניאריות חלקית    | ✓                             | ✓                              | ×                           | ✓                           | אין פגיעה                                       |
| מולטיקוליניאריות מלאה     | ✓                             | ✓                              | ×                           | ✓                           | אר"פ אינם מוגדרים                               |
| הטרוסקדסטיות              | ✓                             | ✓                              | ✓                           | ×                           | יעילות                                          |
| מתאם סדרתי                | ✓                             | ✓                              | ✓                           | ×                           | יעילות                                          |
| מודלים דינמיים            | ✓                             | ✓                              | ✓                           | ×                           | מוטים היעילות והעקיבות תלויים בקיום מתאם סדרתי  |
| משוואות סימולטניות        | ✓                             | ✓                              | ✓                           | ×                           | **אומדים מוטים אך עקיבים. היעילות תלויה בשיטה.  |

\*אלא אם אין מתאם בין המשתנה ה"ב" שהושמט לאלו המצויים במודל.  
 \*\*בהנחה שהמשוואות מזוהות.

# אקונומטריקה

פרק 19 - רגרסיה לוגיסטית

תוכן העניינים

1. רגרסיה לוגיסטית..... 114

## הגרסיה לוגיסטית:

### רקע:

#### מתי נבצע רגרסיה לוגיסטית?

כאשר המשתנה המנובא הוא דיכוטומי (Binary Logistic):  
 יכול לקבל ערכים של 0 או 1.  
 הפונקציה הלוגיסטית מתארת את הסיכויים לקבל "1" במשתנה התלוי כתלות במשתנים הב"ת.

#### הלוגיקה בניתוח רגרסיה לוגיסטית:

השוואת ניבוי Y ללא המשתנים המנבאים במודל לניבוי Y במודל הכולל את המשתנים המנבאים (סטטיסטי  $\chi^2$ ).

#### טיב מודל הרגרסיה ("Goodness of fit"):

1. מובהקות המודל:

Omnibus Tests of Model Coefficients

|        |       | Chi-square | df | Sig. |
|--------|-------|------------|----|------|
| Step 1 | Step  | 12.225     | 4  | .016 |
|        | Block | 12.225     | 4  | .016 |
|        | Model | 12.225     | 4  | .016 |

מבחן  $\chi^2$  - תחת שורת ה-model נמצא את חי בריבוע ואת מובהקות המודל.

2. אחוז שונות מוסברת:

Model Summary

| Step | -2 Log likelihood | Cox & Snell R Square | Nagelkerke R Square |
|------|-------------------|----------------------|---------------------|
| 1    | 96.524            | .139                 | .189                |

$R^2$  Nagelkerke – מקביל ל- $R^2$  כללי ברגרסיה. אחוז שונות Y המוסברת ע"י כל המנבאים יחד (בטווח מוכר של 0-1).

## 3. דיוק בניבוי :

Classification Table<sup>a</sup>

| Observed           |                                       |     |  | Predicted                             |     | Percentage Correct |
|--------------------|---------------------------------------|-----|--|---------------------------------------|-----|--------------------|
|                    |                                       |     |  | whether mom believes course will help |     |                    |
|                    |                                       |     |  | no                                    | yes |                    |
| Step 1             | whether mom believes course will help | no  |  | 46                                    | 5   | 90.2               |
|                    |                                       | yes |  | 17                                    | 14  | 45.2               |
| Overall Percentage |                                       |     |  |                                       |     | 73.2               |

a. The cut value is .500

סגוליות (true negative) – ביחס ל-  $Y=0$  במדגם, כמה המודל דייק בניבוי (90.2%).  
 רגישות (true positive) – ביחס ל-  $Y=1$  במדגם, כמה המודל דייק בניבוי (45.2%).  
 אחוז הניבוי הכללי – בכמה בסה"כ המודל מדייק בניבוי (73.2%).

## מושגים חשובים להבנת טבלת המקדמים :

: ODDS

"הסיכוי להתרחשות אירוע מסוים" – ההסתברות שהאירוע יקרה לעומת ההסתברות

$$ODDS = \frac{p}{1-p} \quad \text{שאותו אירוע לא יקרה :}$$

ODDS=1 – הסיכוי שהאירוע יתרחש שווה לסיכוי שהוא לא יתרחש  $(\frac{0.5}{0.5})$ .

ODDS>1 – הסיכוי שהאירוע יתרחש גבוה מהסיכוי שלא יתרחש (למשל-  $(\frac{0.75}{0.25})$ ).

ODDS<1 – הסיכוי שהאירוע יתרחש נמוך מהסיכוי שלא יתרחש (למשל-  $(\frac{0.25}{0.75})$ ).

: ODDS RATIO (OR)

$$OR = \frac{ODDS_{(A)}}{ODDS_{(B)}} \quad \text{יחס בין סיכויים -}$$

כיצד משתנה ההסתברות במעבר מקבוצה A לקבוצה B.

OR=1 – הסיכוי להתרחשות האירוע שווה בין שתי הקבוצות- אין קשר בין המב"ת למ"ת.

OR>1 – הסיכוי להתרחשות האירוע בקבוצה A גבוה מאשר בקבוצה B – קשר חיובי.

OR<1 – הסיכוי להתרחשות האירוע בקבוצה A נמוך מאשר בקבוצה B – קשר שלילי.

## טבלת המקדמים – תרומות ייחודיות של כל מנבא:

(מקביל לטבלת Coefficients בגרסיות לינאריות)

| Variables in the Equation |          | B     | S.E.  | Wald  | df | Sig. | Exp(B) |
|---------------------------|----------|-------|-------|-------|----|------|--------|
| Step<br>1 <sup>a</sup>    | EDU_YRS  | -.107 | .138  | .603  | 1  | .438 | .898   |
|                           | AGE      | -.029 | .020  | 2.078 | 1  | .149 | .971   |
|                           | SATISFAC | .118  | .175  | .457  | 1  | .499 | 1.126  |
|                           | BIRTH#   | .882  | .321  | 7.530 | 1  | .006 | 2.415  |
|                           | Constant | .001  | 1.796 | .000  | 1  | .999 | 1.001  |

a. Variable(s) entered on step 1: EDU\_YRS, AGE, SATISFAC, BIRTH#.

1. מבחן WALT למובהקות המשתנים:  
מבטא את מובהקות המשתנה מבחינת תרומתו הייחודית לניבוי Y.
2. B – מקדמי המשתנים ב-log odds:  
בטא חיובית – עלייה ב-log odds של Y כפונקציה של עליה ביחידה אחת של X.  
בטא שלילית – ירידה ב-log odds של Y כפונקציה של עליה ביחידה אחת של X.
3. משוואת הרגרסיה:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \hat{\beta}_4 x_{4i}$$

$$p = \frac{1}{1+e^{-\log odds}} : (p) \text{ חישוב הניבוי במונחי הסתברות}$$

$$ODDS = e^{\log odds} : (ODDS) \text{ חישוב הניבוי במונחי סיכויים}$$

4. Exp (B) - יחס הסיכויים (Odds Ratio):  
מבטא את העלייה (אם גדול מ-1) או את הירידה (אם קטן מ-1) בסיכויים להיות בעלי ערך '1' ב-Y כאשר הערך במשתנה המנבא גדל ביחידה אחת.

$$\log \text{Exp}(B) = B ; e^B = \text{Exp}(B) : \text{Exp}(B) \text{ - ל-B היחס בין } B$$

## שאלות:

- 1) חוקרת בחוג למגדר ביקשה לבדוק האם מגדר משפיע על תעסוקה. היא התבססה על סקר של הלמ"ס שדגם 826 מבוגרים בגילאי העבודה המרכזיים (25-55). היא הגדירה את המשתנים באופן הבא:  
 WOMEN - "1" = אישה ; "0" = גבר.  
 WORKING - "1" = כן ; "0" = לא.  
 מהצלבה של שני המשתנים התקבלה הטבלה הבאה :

| working * women Crosstabulation |      |       |      |       |
|---------------------------------|------|-------|------|-------|
|                                 |      | women |      | Total |
|                                 |      | .00   | 1.00 |       |
| working                         | .00  | 13    | 130  | 143   |
|                                 | 1.00 | 338   | 345  | 683   |
| Total                           |      | 351   | 475  | 826   |

- על סמך הטבלה חשבו :
- מה ההסתברות של אישה לעבוד?
  - מה הסיכוי של אישה לעבוד?
  - מה ההסתברות של גבר לעבוד?
  - מה הסיכוי של גבר לעבוד?
  - מה יחס הסיכויים (OR) של נשים לעבוד לעומת גברים?
  - מה הלוגריתם של יחס הסיכויים?
  - מה יהיה ערך מקדם השיפוע B בגרסיה הלוגיסטית לניבוי תעסוקה על פי מגדר ומה משמעותו?
  - מה יהיה ערך  $\text{Exp}(B)$  בגרסיה הלוגיסטית ומה משמעותו?

(2) במחקר ביקשו לבדוק כיצד מצב משפחתי וגובה המשכורת משפיעים על בעלות על דירה.

משתני המחקר:

apartm - בעלות על דירה: "1" - כן; "0" - לא.

status - מצב משפחתי: status (0) - רווק; status (1) - בזוגיות;

status (2) - בזוגיות עם ילדים; status(3) - פרוד או גרוש.

incom - הכנסה (בעשרות אלפי שקלים).

התקבלו הממצאים הבאים:

| Classification Table <sup>a</sup> |            |           |      |                    |
|-----------------------------------|------------|-----------|------|--------------------|
| Observed                          |            | Predicted |      |                    |
|                                   |            | apartm    |      | Percentage Correct |
|                                   |            | .00       | 1.00 |                    |
| Step 1                            | apartm .00 | 22        | 11   | 66.7               |
|                                   | 1.00       | 10        | 22   | 68.8               |
| Overall Percentage                |            |           |      | 67.7               |

a. The cut value is .500

| Omnibus Tests of Model Coefficients |       |            |    |      |
|-------------------------------------|-------|------------|----|------|
|                                     |       | Chi-square | df | Sig. |
| Step 1                              | Step  | 10.218     | 4  | .037 |
|                                     | Block | 10.218     | 4  | .037 |
|                                     | Model | 10.218     | 4  | .037 |

Model Summary

| Step | -2 Log likelihood   | Cox & Snell R Square | Nagelkerke R Square |
|------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1    | 79.876 <sup>a</sup> | .145                 | .194                |

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than .001.

| Variables in the Equation |        |       |       |    |      |        |
|---------------------------|--------|-------|-------|----|------|--------|
|                           | B      | S.E.  | Wald  | df | Sig. | Exp(B) |
| Step 1 <sup>a</sup>       |        |       |       |    |      |        |
| Status                    |        |       | .682  | 3  | .877 |        |
| Status(1)                 | -.498  | .713  | .487  | 1  | .485 | .608   |
| Status(2)                 | -.520  | .784  | .441  | 1  | .507 | .594   |
| Status(3)                 | -.180  | .748  | .058  | 1  | .810 | .835   |
| income                    | .000   | .000  | 8.580 | 1  | .003 | 2.536  |
| Constant                  | -2.734 | 1.079 | 6.417 | 1  | .011 | .065   |

a. Variable(s) entered on step 1: Status, income.

- א. האם ניתן לדחות את השערת האפס הטוענת כי אין קשר בין בעלות על דירה להכנסה ולסטטוס משפחתי?
- ב. כמה אחוזים מצליחים המשתנים הב"ת להסביר מהשונות של המשתנה "בעלות על דירה"?
- ג. באיזה אחוז מצליח המודל לנבא באופן מדויק בעלות על דירה מתוך כלל המקרים?
- ד. באיזה מידה מצליח המודל לנבא בהצלחה בעלות על דירה מתוך בעלי הדירה במדגם? כיצד נקרא המדד המתאים?
- ה. באיזה מידה מצליח המודל לנבא בהצלחה אי-בעלות על דירה מתוך אלו שאינם בעלי דירה במדגם? כיצד נקרא המדד המתאים?
- ו. מהי המשוואה לניבוי בעלות על דירה על סמך המשתנים הב"ת?
- ז. לאיזה מהמשתנים הב"ת יש תרומה ייחודית מובהקת לניבוי בעלות על דירה? מהי משמעות מקדם B ו- $\text{Exp}(B)$  של משתנה זה?
- ח. על כל עליה ב-10,000 ₪ בהכנסה, בכמה אחוזים יעלה הסיכוי לבעלות על דירה?
- 53.6%
  - 253.6%
  - 153.6%
  - 93%
- ט. על כל עליה של 20,000 ₪ בהכנסה, בכמה אחוזים יעלה הסיכוי לבעלות על דירה?
- 307%
  - 423%
  - 542%
  - 642%
- י. מה ההסתברות של רווק המשתכר 20,000 ₪ להיות בעלים של דירה?
- יא. האם ההסתברות של אותו רווק להיות בעל דירה גבוהה / שווה / קטנה מההסתברות שלו לא להיות בעל דירה?
- יב. מהם הסיכויים (ODDS) שלו להיות בעל דירה?
- יג. עבור איזה משכורת הסיכוי (ההסתברות) של רווק להיות בעל דירה עולה על הסיכוי שלו לא להיות בעל דירה?
- יד. במידה ומשתנה ההכנסה היה נמדד באלפי שקלים (ולא בעשרות אלפי שקלים), כיצד הדבר היה משפיע על ההשפעה השולית של מקדם ההכנסה, אם בכלל?

- (3) חוקרים בחנו את המאפיינים שעשויים לנבא את הביצוע של חניכים במבחן הסיום של קורס פקחי טיסה.
- הביצוע במבחן נמדד על סולם של הצלחה/כשלון והמשתנים הבלתי תלויים כללו מין (1-זכר 0-נקבה), השכלה קודמת (0-ריאלית, 1-לא ריאלית) וביצוע במהלך הקורס (1-7).
- להלן תוצאות ניתוח הרגרסיה:

| Omnibus Tests of Model Coefficients |       |            |    |      |
|-------------------------------------|-------|------------|----|------|
|                                     |       | Chi-square | Df | Sig. |
| Step 1                              | Step  | 20.982     | 3  | .000 |
|                                     | Block | 20.982     | 3  | .000 |
|                                     | Model | 20.982     | 3  | .000 |

Model Summary

| Step | -2 Log likelihood   | Cox & Snell R Square | Nagelkerke R Square |
|------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1    | 17.209 <sup>a</sup> | .503                 | .699                |

a. Estimation terminated at iteration number 7 because parameter estimates changed by less than .001.

| Variables in the Equation |         |       |       |    |      |        |
|---------------------------|---------|-------|-------|----|------|--------|
|                           | B       | S.E.  | Wald  | df | Sig. | Exp(B) |
| Step 1 <sup>a</sup> מין   | 4.445   | 2.611 | 2.897 | 1  | .089 | 85.161 |
| השכלה קודמת               | -.146   | 2.054 | .005  | 1  | .943 | .864   |
| ביצוע במהלך הקורס         | 2.283   | .944  | 5.846 | 1  | .016 | 9.810  |
| Constant                  | -19.284 | 8.056 | 5.731 | 1  | .017 | .000   |

a. Variable(s) entered on step 1: מין, השכלה, הקורס, הביצוע במהלך הקורס.

- האם למודל הכולל את שלושת המנבאים יכולת הסבר משמעותית?
- כמה אחוזים מתוך השונות של Y מצליח המודל להסביר?
- מהי משוואת הניבוי?
- לאיזה מן המשתנים הב"ת תרומה מובהקת לניבוי?
- הסבירו את משמעות המקדמים (b) שהתקבלו עבור המשתנים הב"ת: מגדר, השכלה קודמת והביצוע במהלך הקורס.
- בטאו את המקדמים במונחי הסיכויים להצלחה בקורס (odds) והסבירו אותם.
- הועלתה הטענה כי ההסתברות ההצלחה של נשים בקורס היא נמוכה ביותר, גם אם הן בעלות השכלה ריאלית ושביצוען במהלך הקורס מקסימאלי. אנא בדקו את הטענה.
- עבור זכר, בעל השכלה ריאלית, מהי ההשפעה השולית של עליה ביחידה אחת בדירוג הביצוע במהלך הקורס על הסיכוי להצליח בקורס?

(4) לפי מדגם של 20 זוגות נשואים, נאספו נתונים על המשתנה  $Y$  השווה ל-1 אם הזוג נוהג לצאת למסעדה לפחות פעם בשבוע ו-0 אחרת.

$$\text{נאמד המודל: } p = \frac{1}{1+e^{-z}} \text{ כאשר } p = P(Y=1).$$

התקבלו התוצאות הבאות:  $z = -9.456 + 0.368INCOM - 1.207BABY$ .  
 $INCOM$  - ההכנסה של שני בני הזוג (באלפים). ההכנסה במדגם נעה בין 17 אלף ל-44 אלף.

$BABY$  - משתנה דמי המקבל את הערך '1' אם הזוג צריך להיעזר בשמרטפית ו-'0' אחרת.

ענה נכון/לא נכון:

- א. זוג הנעזר בשמרטפית ומשתכר 30.5 אלף, יוצא למסעדה לפחות פעם בשבוע בהסתברות גבוהה מ-0.5.
- ב. עבור זוג שאינו נעזר בשמרטפית, עליה של אלף שח בהכנסה, מעלה את ההסתברות לצאת למסעדה ב-0.368.
- ג. כל אחד מערכי  $P$  הנאמדים כאן איננו גבוה יותר מ-0.99.
- ד. הסיכוי של זוג, שהכנסתו עלתה ב-3000 שח, לצאת למסעדה יעלה ב-200% בערך.
- ה. המשכורת שצריך להרוויח זוג, אשר אינו נעזר בשמרטפית, כדי שהסיכוי שלו לצאת למסעדה יהיה שווה לסיכוי שלא לצאת למסעדה הוא 27,000.
- ו. זוג, שלא נעזר בשמרטפית, צריך להרוויח יותר מ-28,000 שח כדי שהסיכוי שלו לצאת למסעדה יהיה גבוה פי 3 מהסיכוי שלו לא לצאת למסעדה.
- ז. עבור odds ratio של משתנה "שמרטפות" התקבל רווח בר סמך הבא:  
 $[0.123; 1.01]$  ברמת ביטחון של 95%.
- לפיכך ניתן לומר כי למשתנה "שמרטפות" תרומה מובהקת לניבוי הסיכוי לצאת למסעדה.

(5) בשנה מסוימת הוגשו 750 בקשות לקבלת משכנתא ורק חלק מהן אושר. המשתנה התלוי  $Y=1$  אם הבקשה למשכנתא אושרה ול-0 אם נדחתה. המנבאים:

$S$  משתנה דמי השווה ל-1 אם מבקש המשכנתא הוא רווק ול-0 אחרת.  
 $AGE$  = גיל בשנים.

$$\text{המודל הנאמד הינו: } p = \frac{1}{1+e^{-z}} \text{ כאשר } p = P(Y=1).$$

$$z = \alpha + \beta_1 age + \beta_2 age^2 + \beta_3 S$$

$$\text{תוצאות אמידת המודל: } z = -9.3 + 0.52age - 0.006age^2 - 0.314S$$

א. הסבירו את השפעת הגיל והמצב המשפחתי על ההסתברות לאישור המשכנתא.

ב. מה ההסתברות שתאושר משכנתא לרווק בן 30?

ג. עבור איזה גיל ההסתברות של אדם נשוי לקבל משכנתא היא מקסימאלית?

- 6) משרד הקבלה של האוניברסיטה רצה לבדוק באיזה מידה ניתן לחזות את ההצלחה של הסטודנט בקורס בסטטיסטיקה על סמך נתונים של מבחן פסיכומטרי, ציון ממוצע של תעודת בגרות וסוג תעודת הבגרות: ריאלית או לא ריאלית.
- במדגם של 50 סטודנטים נאספו נתונים על המשתנה  $Y$  השווה ל-1 אם הסטודנט הצליח במבחן בסטטיסטיקה ו-0 אם נכשל.
- כמו כן נרשמו עבור כל סטודנט ציון הפסיכומטרי, ממוצע הבגרות וסוג הבגרות (1 - בגרות ריאלית, 0 - לא ריאלית).
- להלן התוצאות שהתקבלו:

|              | B       | S.E.   | Wald  | df | Sig. |
|--------------|---------|--------|-------|----|------|
| פסיכומטרי    | .090    | .046   | 3.723 | 1  | .054 |
| ציון בגרות   |         | 2.070  | 1.089 | 1  | .297 |
| בגרות ריאלית | 4.535   | 2.519  | 3.241 | 1  | .072 |
| Constant     | -84.892 | 42.858 | 3.923 | 1  | .048 |

- באיזה שיטת ניתוח הייתם ממליצים להשתמש ומדוע?
- נתון כי ההסתברות להצליח בקורס בסטטיסטיקה עבור סטודנט שעשה בגרות הומנית, קיבל 690 בפסיכומטרי וציון 9 בבגרות הינה: 0.034. ההסתברות של סטודנט שקיבל אותו ציון בפסיכומטרי, עם בגרות הומנית אבל ציונו בבגרות הוא 10 הינה: 0.233. על סמך הנתונים הללו השלם את הערך החסר בפלט המקדמים.
- לאיזה משתנים השפעה מובהקת על הסיכוי להצליח במבחן לסטטיסטיקה? (אלפא 10%)
- מה ההסתברות של סטודנט להצליח במבחן אם קיבל 680 בפסיכומטרי, ציון 10 בבגרות ולמד במגמה ריאלית?
- מהו השינוי בסיכויים (odds) להצליח במבחן בסטטיסטיקה כפונקציה של שינוי ביחידה אחת בפסיכומטרי?
- מהי ההשפעה השולית של נקודה נוספת בציון הבגרות על הסיכוי להצליח במבחן בסטטיסטיקה עבור סטודנט שקיבל 640 בפסיכומטרי ולמד במגמה ריאלית?
- רותי שיפרה את הפסיכומטרי שלה ב-20 נקודות. בכמה יעלה הסיכוי שלה להצליח בקורס בסטטיסטיקה?
- אם החוקר היה מחליט לקודד בגרות שאינה ריאלית כ-1 ובגרות ריאלית כ-0, האם הדבר היה משפיע על ערכו של  $\text{Exp}(b)$  של סוג בגרות ועל המשמעות שלו?

## תשובות סופיות:

- (1) א. 0.73 ב. 2.7 ג. 0.96 ד. 0.24 ה. 0.11  
 ו. -2.207 ז.  $B = -2.207$  ח.  $\text{Exp}(B) = 0.11$
- (2) א. כן. ב. 19.4% ג. 67.7% ד. רגישות = 68.8%  
 ה. סגוליות = 66.7%
- ו.  $\ln(odds) = -2.734 - 0.498\text{status}(1) - 0.52\text{status}(2) - 0.18\text{status}(3) + 0.93 \cdot incom$   
 ז. משתנה "הכנסה"  
 ח. 3 י. 0.3  
 יא. קטנה יב. 0.42 יג. 29,400 יד. 0.093
- (3) א. כן. ב. 69.9% ג.  $\log(odds) = -19.284 + 4.445x_{1i} - 0.146x_{2i} + 2.283x_{3i}$   
 ד. המשתנה – "ביצוע במהלך הקורס". ה. ראו סרטון.  
 ו. מגדר -  $\text{Exp}(b) = 85.19$ , השכלה קודמת -  $\text{Exp}(b) = 0.864$   
 ז. הטענה נכונה ( $p = 0.035$ ).  
 ח.  $\text{Exp}(b) = 9.81$
- (4) א. נכון. ב. לא נכון. ג. לא נכון. ד. נכון. ה. לא נכון.  
 ו. נכון. ז. לא נכון.
- (5) א. ראו סרטון. ב. 0.533 ג. 40
- (6) א. רגרסיה לוגיסטית. ב.  $B = 2.16$  ג. "פסיכומטרי" ו-"בגרות ריאלית".  
 ד. 0.914 ה. 1.09 ו. 8.67 ז. 504% ח. ראו סרטון.

# אקונומטריקה

פרק 20 - שאלות חזרה למבחן מבוססות על תוכנת STATA

תוכן העניינים

1. כללי ..... 124

## שאלות חזרה למבחן מבוססות על תוכנת STATA:

### שאלות:

- 1) כדי לבדוק האם יש קשר בין שכר המורים וההוצאה לתלמיד בבי"ס ציבוריים נאמד המודל הבא:  $Pay_i = \beta_1 + \beta_2 Spend + u_i$ . כאשר pay הוא שכר המורים ו-Spend מייצג את ההוצאה לתלמיד שנמדדו בדולרים לשנה:

```
. reg pay spending
```

| Source   | SS        | df | MS         | Number of obs = | 51     |
|----------|-----------|----|------------|-----------------|--------|
| Model    | 608555015 | 1  | 608555015  | F( 1, 49) =     | 112.60 |
| Residual | 264825250 | 49 | 5404596.94 | Prob > F =      | 0.0000 |
|          |           |    |            | R-squared =     | 0.6968 |
|          |           |    |            | Adj R-squared = | 0.6906 |
| Total    | 873380265 | 50 | 17467605.3 | Root MSE =      | 2324.8 |

| pay      | Coef.    | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|----------|----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| spending | 3.307585 | .3117043  | 10.61 | 0.000 | 2.681192 3.933978    |
| _cons    | 12129.37 | 1197.351  | 10.13 | 0.000 | 9723.204 14535.54    |

- א. פרשו את הרגרסיה (רמז: משמעות האומדים לפרמטרים, האם התוצאות מובהקות?). האם יש הגיון כלכלי לתוצאות שהתקבלו?
- ב. מצאו תחזית נקודתית לשכר בממוצע אם ההוצאה לתלמיד היא \$5000.
- ג. נבדקו מדדים תיאוריים לגבי המשתנה הב"ת:

```
. su spending
```

| Variable | Obs | Mean     | Std. Dev. | Min  | Max  |
|----------|-----|----------|-----------|------|------|
| spending | 51  | 3696.608 | 1054.761  | 2297 | 8349 |

- ד. הסבירו את משמעות ההנחות הקלאסיות במונחי המשתנים.
- ה. האם ההוצאה הממוצעת לתלמיד מסבירה הרבה משונות שכר המורים?
- ו. מהו הפער החזוי בשכר המורים בין שני בתי ספר שהפער בהוצאה לתלמיד ביניהם הוא \$20?
- ז. האם ניתן לומר על סמך התוצאות כי המודל מובהק? אם כן, באיזה רמת מובהקות?
- ח. חוקר ביצע מבחן שמטרתו לבדוק האם המודל יוצא מראשית הצירים:
- השערת האפס וההשערה האלטרנטיבית לבדיקת המבחן.
  - ערך t סטטיסטי לבדיקת המבחן.
  - מסקנת המבחן: דוחים/לא דוחים את  $H_0$  ברמת סמך של 95%.

- ט. חוקר ביצע מבחן שמטרתו לבדוק כי עבור עליה בדולר אחד בהוצאה השנתית הממוצעת לתלמיד שכר המורים הממוצע עולה בלפחות 3 דולר:
- השערת האפס וההשערה האלטרנטיבית לבדיקת המבחן.
  - ערך  $t$  סטטיסטי לבדיקת המבחן.
  - ערך  $t$  קריטי לבדיקת המבחן.
  - מסקנת המבחן: דוחים/לא דוחים את  $H_0$  ברמת ביטחון של 95%.
- י. חשבו רווח בר סמך לאמידת השיפוע ברמת סמך של 90%.
- יא. חוקר רצה לאמוד את המשוואה בשקלים במקום בדולרים ולכן אמד את המשוואה הבאה:  $\hat{pay}_1 = \alpha_0 + \alpha_1 spend_1$ .
- הניחו כי שער הדולר עומד על 3.5 ₪.
- מהי הפקודה ב-stata ליצירת המשתנים החדשים?
  - מה יהיה האומדן ל- $\alpha_1$ ? מה יהיה האומדן לסטיית התקן של  $\alpha_1$ ?
- על אותם הנתונים נאמדה גם המשוואה הבאה:
- $$Pay_i = \beta_0 + \beta_1 Spend + \beta_2 Spend^2 + u_i$$
- כאשר:  $spend_2 = spend^2$ .
- יב. כתוב את הפקודה ב-STATA ליצירת המשתנה החדש.
- יג. מתוצאות האמידה התקבל ש:
- $$\hat{pay}_i = 23128.44 + 1.223spend_i - 0.0000635spend_2$$
- (9.55) (10.55) (8.78)
- הערכים בסוגריים הם ערכי  $t$  סטטיסטי.
- השערת האפס לבדיקה האם יש השפעה ליניארית של ההוצאה על התשלום למורים?  $T$  סטטיסטי?
- מסקנת הבדיקה: דוחים/לא דוחים את  $H_0$ .
- יד. מהי הפקודה ב-STATA לבדיקת המתאם בין שני המשתנים הב"ת?
- טו. בהינתן תוצאות המודל כיצד נראה פרופיל השכר כפונקציה של ההוצאה על התלמיד (אין צורך בציור מדויק רק במגמה).
- טז. מהי ההוצאה לתלמיד שאחריה שכר המורים מתחיל לרדת?
- יז. התקבל מתאם של 0.97 בין שני המשתנים הב"ת. לנוכח המתאם הגבוה החוקר טען כי האומדים במשוואה (3) הם מוטים.
- הטענה נכונה/הטענה אינה נכונה.
- יח. לאור תוצאות האמידה של משוואה (3) ניתן להסיק כי האומדים של משוואה (1) הינם מוטים.
- הטענה נכונה/הטענה אינה נכונה.
- יט. הניחו כי יש הטרוסקדסטיות במשוואה (3).
- מה יהיו ההשלכות לגבי האומדים של המשוואה:
- האומדים יהיו חסרי הטיה ויעילים.
  - האומדים יהיו חסרי הטיה אך לא יעילים.
  - האומדים יהיו מוטים אך יעילים.
  - האומדים יהיו מוטים ולא יעילים.

(2) נתונים 2 המודלים הבאים :

$$1. Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$$

$$2. Y_t = \beta X_t + u_t$$

- א. בהנחה כי  $R^2$  של המודל הראשון גבוה מזה של המודל השני, האם ניתן לומר שהמודל הראשון טוב יותר?  
הניחו כי מודל (1) הוא המודל האמיתי.
- ב. מהן תכונות האומדן לשיפוע של מודל (2)? מוטת/חסר הטיה?
- ג. האם ניתן לומר כי האומדן הינו עקיב?
- ד. חוו דעתכם על הטענה: "על סמך משפט גאוס מרקוב, ניתן להסיק כי אומדן הריבועים הפחותים של משוואה (1) הינו יעיל יותר מאומדן הריבועים הפחותים של משוואה (2)". הסבירו את תשובתכם.
- ה. חשבו את שונות האומדן.
- ו. לאיזה משני המודלים יהיה אומדן לשיפוע גבוה יותר? לראשון/לשני/לא ניתן לדעת.

(3) על מנת לאמוד את הקשר שבין השכלה (בשנים) להכנסה (באלפי שקלים) נאמדו שני המודלים הבאים :

. reg wage educ

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = 1000   |  |  |
|----------|------------|-----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 7888.51144 | 1   | 7888.51144 | F( 1, 998) = 253.20    |  |  |
| Residual | 31092.9858 | 998 | 31.1552964 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |     |            | R-squared = 0.2024     |  |  |
|          |            |     |            | Adj R-squared = 0.2016 |  |  |
| Total    | 38981.4972 | 999 | 39.0205177 | Root MSE = 5.5817      |  |  |

| wage  | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| educ  | 1.138517  | .0715497  | 15.91 | 0.000 | .998112              | 1.278922  |
| _cons | -4.912181 | .9667875  | -5.08 | 0.000 | -6.80935             | -3.015011 |

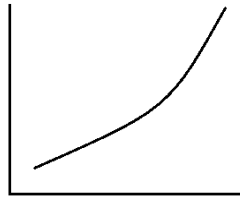
. reg lwage educ

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = 1000   |  |  |
|----------|------------|-----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 65.5213155 | 1   | 65.5213155 | F( 1, 998) = 272.72    |  |  |
| Residual | 239.767622 | 998 | .240248118 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |     |            | R-squared = 0.2146     |  |  |
|          |            |     |            | Adj R-squared = 0.2138 |  |  |
| Total    | 305.288937 | 999 | .305594532 | Root MSE = .49015      |  |  |

| lwage | Coef.    | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |          |
|-------|----------|-----------|-------|-------|----------------------|----------|
| educ  | .1037608 | .0062831  | 16.51 | 0.000 | .0914313             | .1160904 |
| _cons | .7883743 | .0848975  | 9.29  | 0.000 | .6217761             | .9549724 |

א. ידוע כי ניתן לתאר את הקשר בין שכר להשכלה על ידי הגרף הבא :



באיזה מודל כדאי לבחור? תנו 3 נימוקים לבחירתכם.

ב. מהי התשואה להשכלה על סמך המודל הנבחר?

ג. על פי מודל (1), מהי גמישות השכר ביחס להשכלה בנקודת הממוצעים : (7,12)?

ד. על בסיס נתוני המדגם חושב השכר הממוצע עבור התצפיות שלהן 16 שנות השכלה.

```
. su wage if educ==16
```

| Variable | Obs | Mean     | Std. Dev. | Min  | Max   |
|----------|-----|----------|-----------|------|-------|
| wage     | 186 | 13.30328 | 7.575015  | 2.54 | 60.19 |

הממוצע הוא 13.303.

שימו לב : סימן ה- "=" משמש להשוואה בין משתנים

(למשל :  $price\_new = price * 1.2$ ), לעומת זאת, סימן ה- "==" משמש להגדרת ערך משתנה ( $educ == 8$  if  $educ == 8$ ).

i. מהי התחזית לשכר לעובד עם 16 שנות השכלה עבור כל אחד מהמודלים?

ii. איזה מהמודלים נותן תחזית נקודתית מדויקת יותר :

המודל הראשון/המודל השני/ לא ניתן להשוות.

ה. איזה מודל מסביר חלק גדול יותר של השונות של המשתנה התלוי :

המודל הראשון/המודל השני/ לא ניתן להשוות.

ו. לפי האומדים בפלט (לא לפי מבחן סטטיסטי) התשואה להשכלה חיובית בהכרח : נכון/לא נכון.

ז. רצו לבחון כיצד השכר מושפע גם מוותק העובד ולכן הכניסו את

המשתנה  $\log(vetek)$ . מה משמעות מקדם השיפוע של המשתנה החדש במודל הראשון ובמודל השני.

ח. בהתייחס למודל השני תוצאות האמידה מראות כי הן התשואה להשכלה

והן גמישות הוותק אינם מובהקים. יחד עם זאת הרגרסיה עם שני

המשתנים הב"ת יצאה מובהקת. כיצד ניתן להסביר זאת? האם מומלץ להשמיט את שני המשתנים ביחד מהמודל (לאמוד את השכר באמצעות משתנים אחרים)? האם מומלץ לאמוד את המודל ללא משתנה הוותק?

- (4) על מנת לבחון את פונקציית הייצור של אורז נאמד המודל הבא :
- $$\ln(PROD) = \beta_1 + \beta_2 \ln(AREA) + \beta_3 \ln(LABOR) + \beta_4 \ln(FERT) + \varepsilon_i$$
- כאשר :  
 $PROD$  - כמויות אורז מדושן (נמדד בטונות).  
 $AREA$  - גודל החלקות בהם האורז נשתל (נמדד בעשרות דונמים).  
 $LABOR$  - סה"כ ימי עבודה של עובדים ובני משפחה (של החקלאי).  
 $FERT$  - כמויות דשן בשימוש (נמדד בק"ג).  
 להלן תוצאות האמידה :

```
. reg lprod larea llabor lfert
```

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = 352    |  |  |
|----------|------------|-----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 226.084875 | 3   | 75.361625  | F( 3, 348) = 646.51    |  |  |
| Residual | 40.5653554 | 348 | .116567113 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |     |            | R-squared = 0.8479     |  |  |
|          |            |     |            | Adj R-squared = 0.8466 |  |  |
| Total    | 266.65023  | 351 | .759687266 | Root MSE = .34142      |  |  |

|        | lprod | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| larea  |       | .3617359  | .0639678  | 5.65  | 0.000 | .2359237             | .4875481  |
| llabor |       | .4328479  | .0668825  | 6.47  | 0.000 | .301303              | .5643928  |
| lfert  |       | .2095023  | .0382654  | 5.47  | 0.000 | .1342417             | .2847628  |
| _cons  |       | -1.546786 | .2556536  | -6.05 | 0.000 | -2.049607            | -1.043966 |

- א. בחנו את ההשערה כי גמישות הייצור ביחס לגודל החלקות (AREA) שווה לגמישות ביחס לימי העבודה (LABOR). השתמשו ברמת מובהקות של 5%, נסחו את ההשערה בצורה פורמאלית ודווחו את התוצאות תוך שימוש בפלט הבא :

```
. test larea= llabor
```

```
( 1) larea - llabor = 0
```

```
F( 1, 348) = 0.34
Prob > F = 0.5592
```

- ב. כתבו את הפקודות ב-STATA לאמידת הרגרסיה המוגבלת מהסעיף הקודם.  
 ג. כעת, בחנו את ההשערה המורכבת מההשערה של סעיף א' + ההשערה כי פונקציית הייצור מקיימת תק"ל ( $\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1$ ), תוך שימוש בפלט הבא :

```
. gen l_pr_fe=log( prod/ fert)
. gen l_ar_la_fe=log( area* labor/fert^2)
. reg l_pr_fe l_ar_la_fe
```

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = 352    |  |  |
|----------|------------|-----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 51.0075377 | 1   | 51.0075377 | F( 1, 350) = 439.63    |  |  |
| Residual | 40.6079092 | 350 | .116022598 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |     |            | R-squared = 0.5568     |  |  |
|          |            |     |            | Adj R-squared = 0.5555 |  |  |
| Total    | 91.6154469 | 351 | .261012669 | Root MSE = .34062      |  |  |

|            | l_pr_fe | Coef.     | Std. Err. | t      | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|------------|---------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| l_ar_la_fe |         | .3940824  | .018795   | 20.97  | 0.000 | .3571172             | .4310477  |
| _cons      |         | -1.402958 | .0913195  | -15.36 | 0.000 | -1.582562            | -1.223354 |

- באיזה מבחן אתם משתמשים?  
 נסחו את ההשערה, את הסטטיסטי והקריטי.  
 מהי מסקנתכם?

(5) חוקרים ביקשו לאמוד את פונקציית החיסכון המצרפי במשק הישראלי. מפתח שמות משתנים :

$GDS87$  - חסכון מקומי גולמי.

$GDP87$  - תוצר מקומי גולמי.

$GC87$  - הוצאות הממשלה.

כל הנתונים הינם במיליוני ₪ במחירים קבועים של שנת 1987.

נאמדו 2 המודלים הבאים :

. reg gds87 gdp87

| Source   | SS         | df | MS         | Number of obs = 26     |  |  |
|----------|------------|----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 268713647  | 1  | 268713647  | F( 1, 24) = 106.04     |  |  |
| Residual | 60820138.1 | 24 | 2534172.42 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |    |            | R-squared = 0.8154     |  |  |
|          |            |    |            | Adj R-squared = 0.8077 |  |  |
|          |            |    |            | Root MSE = 1591.9      |  |  |
| Total    | 329533785  | 25 | 13181351.4 |                        |  |  |

| gds87 | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| gdp87 | .1852456  | .0179896  | 10.30 | 0.000 | .1481169             | .2223742  |
| _cons | -2624.027 | 1018.32   | -2.58 | 0.017 | -4725.737            | -522.3182 |

. reg gds87 gdp87 gc87

| Source   | SS         | df | MS         | Number of obs = 26     |  |  |
|----------|------------|----|------------|------------------------|--|--|
| Model    | 307085221  | 2  | 153542611  | F( 2, 23) = 157.31     |  |  |
| Residual | 22448563.7 | 23 | 976024.509 | Prob > F = 0.0000      |  |  |
|          |            |    |            | R-squared = 0.9319     |  |  |
|          |            |    |            | Adj R-squared = 0.9260 |  |  |
|          |            |    |            | Root MSE = 987.94      |  |  |
| Total    | 329533785  | 25 | 13181351.4 |                        |  |  |

| gds87 | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| gdp87 | .2955591  | .0208369  | 14.18 | 0.000 | .2524547             | .3386635  |
| gc87  | -.7784411 | .1241513  | -6.27 | 0.000 | -1.035268            | -.5216146 |
| _cons | 4217.674  | 1260.961  | 3.34  | 0.003 | 1609.177             | 6826.171  |

א. כתבו את המודל האקונומטרי שנאמד בכל אחת מהאמידות.

ב. איזה מבין שני המודלים הקודמים הייתם מעדיפים? למה?

ג. מהו ההבדל בין המשמעות של האומדן למקדם המשתנה  $GDP87$  בשני המודלים?

ד. ביחס לאומד במשוואה 2 האומד  $\hat{\alpha}_2$  במשוואה 1 יהיה :

מוטה כלפי מעלה/מוטה כלפי מטה/ חסר הטיה/לא ניתן לדעת

ה. ביחס לאומד במשוואה 3 האומד  $\hat{\alpha}_2$  במשוואה 1 יהיה :

יעיל/לא יעיל/ לא ניתן לדעת

ו. בהינתן תוצאות משוואה 1 הקורלציה בין שני המשתנים ה"ב"ת היא : חיובית/שלילית/אפס/לא ניתן לדעת

ז. החוקר החליט להוסיף משתנה המודד את הצריכה הממשלתית במיליוני

דולרים במקום בשקלים :  $GC87$  ואמד את המשוואה :

$$GDS87_t = \beta_1 + \beta_2 GDP87_t + \beta_3 GC87_t + \beta_4 GC87 + u_t \quad 3.$$

האומדים של משוואה 3 יהיו :

חסרי הטיה ויעילים/מוטים ולא יעילים/חסרי הטיה אך לא יעילים/לא מוגדרים.

ח. החוקר החליט להוסיף מדד נוסף לתוצר המקומי. כתוצאה מהוספת המדד הנוסף משתנה התוצר המקומי הפך להיות לא מובהק. כיצד ניתן להסביר זאת:

- i. מולטיקוליניאריות מלאה.
- ii. מולטיקוליניאריות חלקית.
- iii. הוספת משתנה לא רלוונטי.
- iv. השמטת משתנה רלוונטי.

ט. החוקר טען כי: "אם נוסיף משתנה נוסף לרגרסיה כלשהי אז האומדן ל- $\sigma^2$  לעולם לא יעלה". נכון/לא נכון?

י. החוקר טוען כי "אם נוסיף משתנה נוסף לרגרסיה, אז האומדן ל- $\bar{R}^2$  יעלה בהכרח". נכון/לא נכון.

6) מידע שנאסף לאחרונה על מכירות של 880 בתים בסטוקטון, קליפורניה, נמצא

בקובץ *Stockton2*.

המשתנים הם:

*PRICE* - מחיר בית בדולרים.

*SQFT* - גודל הבית (square feet).

*BEDS* - מספר חדרי שינה.

*BATHS* - מספר חדרי שירותים.

*AGE* - גיל הבית.

*STORIES* - הקומה של הבית.

*VACANT* - משתנה דמי המקבל 1 אם הבית היה פנוי בזמן מכירתו ו-0 אחרת.

להלן תוצאות אמידה המתבססת על המשתנים הנ"ל:

```
. gen price1000= price/1000
. gen lprice1000=ln( price1000)
. gen sqft100= sqft/100
. reg lprice1000 sqft100 age beds baths stories vacant
```

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 880    |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Model    | 92.5168833 | 6   | 15.4194805 | F( 6, 873) =    | 420.24 |
| Residual | 32.0322735 | 873 | .03669218  | Prob > F =      | 0.0000 |
| Total    | 124.549157 | 879 | .141694149 | R-squared =     | 0.7428 |
|          |            |     |            | Adj R-squared = | 0.7410 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | .19155 |

| lprice1000 | Coef.     | Std. Err. | t      | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| sqft100    | .0637441  | .0020353  | 31.32  | 0.000 | .0597495 .0677387    |
| age        | -.0024514 | .000366   | -6.70  | 0.000 | -.0031698 -.0017331  |
| beds       | -.0848595 | .0133702  | -6.35  | 0.000 | -.1111011 -.058618   |
| baths      | .0089069  | .0181165  | 0.49   | 0.623 | -.02665 .0444638     |
| stories    | -.0182728 | .0219074  | -0.83  | 0.404 | -.06127 .0247245     |
| vacant     | -.0803092 | .0132448  | -6.06  | 0.000 | -.1063045 -.0543138  |
| _cons      | 3.994605  | .037782   | 105.73 | 0.000 | 3.920451 4.068759    |

א. מהי משוואת הרגרסיה שנאמדה?

ב. פרשו את תוצאות האמידה. דונו בסימנים ובמשמעויות של כל אחד מהמשתנים.

ג. מה ההבדל במחיר הממוצע בין בית פנוי בזמן מכירתו לבין בית המאוכלס בזמן מכירתו?

- ד. חוקר אחר הגדיר את משתנה VACANT = משתנה דמי המקבל 1 אם הבית היה מאוכלס בזמן מכירתו ו-0 אחרת.  
האם יש צורך לחשב מחדש את משוואת הרגרסיה? כן/לא.
- ה. נניח כי רצו לתרגם את תוצאות המודל מ-sqrft למטרים מרובעים.  
יחידה אחת של sqrft שווה ל-0.093 מטר רבוע. מה יהיה הערך של  $\beta_1$  במודל החדש? מה יהיה ערך t סטטיסטי לדחיית  $H_0$  של המשתנה החדש?
- ו. מה הפער החזוי בין מחיר של בגודל 130 מטר בת 15 שנה לבין דירה בגודל 115 מטר בת 20 שנה, בהינתן שכל שאר המשתנים נותרים קבועים?
- ז. מהי רמת הסמך הנמוכה ביותר עבורה ניתן לדחות את הטענה כי  $\beta_5 = 0$ ?
- ח. החוקר החליט לאמוד את המשוואה ללא משתנה VACANT כמשתנה מסביר. להלן תוצאות האמידה:

```
. reg lprice1000 sqft100 age beds baths stories
```

|          |            |     |            |                 |        |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 880    |
| Model    | 91.1678763 | 5   | 18.2335753 | F( 5, 874) =    | 477.40 |
| Residual | 33.3812805 | 874 | .038193685 | Prob > F =      | 0.0000 |
|          |            |     |            | R-squared =     | 0.7320 |
|          |            |     |            | Adj R-squared = | 0.7304 |
| Total    | 124.549157 | 879 | .141694149 | Root MSE =      | .19543 |

| lprice1000 | Coef.     | Std. Err. | t      | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| sqft100    | .0654365  | .0020569  | 31.81  | 0.000 | .0613995 .0694734    |
| age        | -.0021886 | .0003708  | -5.90  | 0.000 | -.0029163 -.0014608  |
| beds       | -.0823237 | .0136344  | -6.04  | 0.000 | -.1090837 -.0555638  |
| baths      | .0062791  | .0184781  | 0.34   | 0.734 | -.0299876 .0425459   |
| stories    | -.0260982 | .0223123  | -1.17  | 0.242 | -.0698901 .0176938   |
| _cons      | 3.925237  | .0367376  | 106.85 | 0.000 | 3.853132 3.997341    |

- כיצד השמטת המשתנה השפיעה על משוואת הרגרסיה ועל מקדמיה?
- ט. בנוסף אמדו על בסיס המדגם הנוכחי את שתי הרגרסיות הבאות:

```
. reg lprice1000 sqft100 age beds baths stories if vacant==0
```

|          |            |     |            |                 |        |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 415    |
| Model    | 50.040644  | 5   | 10.0081288 | F( 5, 409) =    | 233.63 |
| Residual | 17.5202976 | 409 | .042836913 | Prob > F =      | 0.0000 |
|          |            |     |            | R-squared =     | 0.7407 |
| Total    | 67.5609416 | 414 | .16319068  | Adj R-squared = | 0.7375 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | .20697 |

| lprice1000 | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| sqft100    | .0684748  | .0030057  | 22.78 | 0.000 | .0625662 .0743833    |
| age        | -.001996  | .0005387  | -3.70 | 0.000 | -.003055 -.000937    |
| beds       | -.0977677 | .019958   | -4.90 | 0.000 | -.1370009 -.0585346  |
| baths      | .0193179  | .0251737  | 0.77  | 0.443 | -.030168 .0688038    |
| stories    | -.0654738 | .033737   | -1.94 | 0.053 | -.1317933 .0008457   |
| _cons      | 3.979725  | .0554426  | 71.78 | 0.000 | 3.870737 4.088713    |

```
. reg lprice1000 sqft100 age beds baths stories if vacant==1
```

|          |            |     |            |                 |        |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 465    |
| Model    | 37.2518359 | 5   | 7.45036717 | F( 5, 459) =    | 242.82 |
| Residual | 14.0830841 | 459 | .030682101 | Prob > F =      | 0.0000 |
|          |            |     |            | R-squared =     | 0.7257 |
| Total    | 51.33492   | 464 | .110635603 | Adj R-squared = | 0.7227 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | .17516 |

| lprice1000 | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| sqft100    | .0593134  | .0027696  | 21.42 | 0.000 | .0538708 .0647561    |
| age        | -.0028851 | .0004996  | -5.78 | 0.000 | -.0038668 -.0019034  |
| beds       | -.0678451 | .0178018  | -3.81 | 0.000 | -.1028283 -.0328619  |
| baths      | -.0103401 | .026461   | -0.39 | 0.696 | -.0623399 .0416596   |
| stories    | .0265265  | .0284661  | 0.93  | 0.352 | -.0294135 .0824665   |
| _cons      | 3.924588  | .0472086  | 83.13 | 0.000 | 3.831817 4.01736     |

השוו את תוצאות האמידה של שתי הרגרסיות הנ"ל.

י. ערכו מבחן Chow לבדיקת שקילות (יציבות) המקדמים בשתי הרגרסיות מהסעיף הקודם.

(7) חוקר מעוניין ללמוד על הקשר בין הכנסה של משפחה לבין מספר שנות הלימוד של הבעל, מספר שנות הלימוד של האישה והימצאות ילדים קטנים בבית. להלן מפתח שמות המשתנים:

FAMINC - הכנסת המשפחה (דולרים בשנה).

HEDU - מספר שנות הלימוד של הבעל.

WEDU - מספר שנות הלימוד של האישה

$$KID6 = \begin{cases} 1 & \text{אם יש ילדים מתחת לגיל 6} \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases}$$

הוא אמד שלוש רגרסיות וקיבל את התוצאות הבאות:

. \*/ Table 1

. reg faminc Heduc Weduc k16

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 428    |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Model    | 1.4725e+11 | 3   | 4.9082e+10 | F( 3, 424) =    | 30.43  |
| Residual | 6.8384e+11 | 424 | 1.6128e+09 | Prob > F =      | 0.0000 |
| Total    | 8.3109e+11 | 427 | 1.9463e+09 | R-squared =     | 0.1772 |
|          |            |     |            | Adj R-squared = | 0.1714 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | 40160  |

| faminc | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval]    |
|--------|-----------|-----------|-------|-------|-------------------------|
| Heduc  | 3211.526  | 796.7026  | 4.03  | 0.000 | 1645.547 4777.504       |
| Weduc  | 4776.907  | 1061.164  | 4.50  | 0.000 | 2691.111 6862.704       |
| k16    | -14310.92 | xxxxxxx   | xxxxx | xxxx  | xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx |
| _cons  | -7755.331 | 11162.93  | -0.69 | 0.488 | -29696.91 14186.25      |

. \*/ Table 2

. reg faminc Heduc Weduc

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 428    |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Model    | 1.3405e+11 | 2   | 6.7027e+10 | F( 2, 425) =    | 40.87  |
| Residual | 6.9703e+11 | 425 | 1.6401e+09 | Prob > F =      | 0.0000 |
| Total    | 8.3109e+11 | 427 | 1.9463e+09 | R-squared =     | 0.1613 |
|          |            |     |            | Adj R-squared = | 0.1574 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | 40498  |

| faminc | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|--------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| Heduc  | 3131.509  | 802.908   | 3.90  | 0.000 | 1553.344 4709.674    |
| Weduc  | 4522.641  | 1066.327  | 4.24  | 0.000 | 2426.711 6618.572    |
| _cons  | -5533.631 | 11229.53  | -0.49 | 0.622 | -27605.97 16538.71   |

. \*/ Table 3

. reg faminc Heduc

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs = | 428    |
|----------|------------|-----|------------|-----------------|--------|
| Model    | 1.0455e+11 | 1   | 1.0455e+11 | F( 1, 426) =    | 61.30  |
| Residual | 7.2654e+11 | 426 | 1.7055e+09 | Prob > F =      | 0.0000 |
| Total    | 8.3109e+11 | 427 | 1.9463e+09 | R-squared =     | 0.1258 |
|          |            |     |            | Adj R-squared = | 0.1237 |
|          |            |     |            | Root MSE =      | 41297  |

| faminc | Coef.    | Std. Err. | t    | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|--------|----------|-----------|------|-------|----------------------|
| Heduc  | 5155.484 | 658.4573  | 7.83 | 0.000 | 3861.254 6449.713    |
| _cons  | 26191.27 | 8541.108  | 3.07 | 0.002 | 9403.308 42979.23    |

- א. פרשו את משמעויות המקדמים ברגרסיה בטבלה הראשונה, התייחסו למובהקות המקדמים (אין צורך בבדיקה פורמאלית של מובהקות).
- ב. התקבל כי ממוצע משתנה  $KL6$  במדגם הוא 0.432. מה משמעות נתון זה?
- ג. חשבו את סטית התקן הנאמדת של אומד הריבועים הפחותים ל- $\beta_{KL6}$  מהמודל הנאמד בטבלה הראשונה. הראו את החישובים שלכם ואת הנוסחאות עליהן אתם מתבססים.
- רמז: השתמשו באינפורמציה שניתן לבדוק מובהקות המקדם הנ"ל ביותר מדרך אחת.
- ד. הסבירו את הסיבה להבדל המשמעותי בין אומדני  $\beta_{HEDU}$  בשלוש הטבלאות? איך אפשר להסביר את העדר השוני (כמעט העדר שוני) באומדני  $\beta_{HEDU}$  ו- $\beta_{WEDU}$  בטבלה הראשונה והשנייה?
- (8) הורצו 2 רגרסיות על מדגם בן 400 תצפיות והתקבלו התוצאות הבאות:

$$1. \hat{CM}_i = 263.6416 - 0.0056 \cdot PGNP_i - 2.2316 \cdot FLR_i$$

$$(s.e) \quad (11.5932) \quad (0.0019) \quad (0.2099) \quad R^2 = 0.7077$$

$$2. \hat{CM}_i = 168.3067 - 0.0055 \cdot PGNP_i - 1.768 \cdot FLR_i + 12.8686 \cdot TFR_i$$

$$(s.e) \quad (11.5932) \quad (0.0019) \quad (0.2099) \quad (?) \quad R^2 = 0.7474$$

כאשר:

$CM = \text{Child Mortality}$  - מס' מקרי המוות של ילדים מתחת לגיל 5 לכל 1000 לידות חיים.

$PGNP = \text{Per Capita GNP}$  - תוצר לנפש במחירים קבועים בדולרים.

$FLR = \text{Female Literacy Rate}$  - אחוז נשים שיודעות לקרוא ולכתוב.

$TFR = \text{Total Fertility Rate}$  - מס' הלידות הממוצע לאישה במדינה.

הנתונים הם עבור 64 מדינות.

- א. כיצד ניתן לפרש את המקדם למשתנה  $TFR$ ? אפריורית, האם תצפו לקשר חיובי/שלילי בין  $CM$  ל- $TFR$ ? הסבירו.
- ב. האם ערכי המקדמים של המשתנים  $PGNP, FLR$  מרגרסיה 1 שונים מאלו ברגרסיה 2? אם כן, מה יכולה להיות הסיבה/ות לשינוי זה?
- ג. חוו דעתכם על הטענה הבאה: "כיוון ש:  $FLR$  ו- $TFR$  כל כך מתואמים אין לשים אותם באותה הרגרסיה".
- ד. באיזה מודל תבחרו מבין השניים? באיזה מבחן סטטיסטי יש להשתמש כדי לענות על שאלה זו? הראו חישובכם. (רמז: הביעו את הסטטיסטי של מבחן  $F$  במונחי  $R^2$ ).
- ה. האם תוכלו לחשב את סטיית התקן הנאמדת של המקדם למשתנה  $TFR$ ? (רמז: היזכרו בקשר בין התפלגות  $T$  להתפלגות  $F$ ).

- ו. האם ניתן להשוות את מקדם ההסבר של שתי הרגרסיות? האם ניתן להשוות את מקדם ההסבר המתוקנן? אם כן, השוו ודווחו על התוצאות.
- ז. ענו על השאלות התיאורטיות הבאות:
  - i. איזה מן הגורמים הבאים יכול לגרום לכך שאומדי OLS יהיו מוטים:
    1. הטרוסקדסטיות.
    2. השמטת משתנה מסביר רלוונטי.
    3. מקדם מתאם גבוה מאוד בין שני משתנים מסבירים במודל.
  - ii. איזה מהגורמים הנ"ל יכול לגרום לכך שסטטיסטי t של OLS לא יהיה תקף?
    - iii. התייחסו לטענה הבאה: "אם האומדים הינם עקיבים הם יהיו בהכרח גם חסרי הטיה". נכון/לא נכון.
    - iv. אם נתון ש-u לא מתפלג נורמאלית אז אמידת המשוואה בשיטת OLS תניב אומדים שאינם עקיבים. נכון/לא נכון.

9) חוקרת רצתה לבדוק עונתיות במחירי הירקות. לשם כך הגדירה את משתני הדמי הבאים:

- $D_1$  יקבל את הערך 1 אם מדובר באביב ו-0 אחרת.
  - $D_2$  יקבל את הערך 1 אם מדובר בקיץ ו-0 אחרת.
  - $D_3$  יקבל את הערך 1 אם מדובר בסתיו ו-0 אחרת.
  - $D_4$  יקבל את הערך 1 אם מדובר בחורף ו-0 אחרת.
- כאשר:

$V_t$  - מדד מחירי הירקות.

$p_t$  - מדד המחירים לצרכן.

לשם כך אמדה את הרגרסיה הבאה על פני 30 שנה:

$$V_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \alpha_3 D_{3t} + \alpha_4 \cdot P_t + u_t$$

א. מדוע לא הכניסה החוקרת למשוואת הרגרסיה את משתנה  $D_4$ ?

תוצאות האמידה שהתקבלו הן:

$$V_t = 1379.11 + 99.18 D_{1t} + 2209.47 D_{2t} - 476.56 D_{3t} + 489.92 \cdot P_t, \quad R^2 = 0.0844$$

נאמדה בנוסף גם המשוואה הבאה:  $V_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot P_t + \varepsilon_t$ .

$$V_t = 11114.14 + 536.36 \cdot P_t, \quad R^2 = 0.0670$$

תוצאות האמידה שהתקבלו:

ב. על סמך התוצאות שהתקבלו, דרגו את העונות לפי רמת המחיר הבסיסית שלהן. הציגו לכל עונה את המיקום שלה ואת רמת המחיר הבסיסית כפי שבא לידי ביטוי במודל.

ג. בדקו את ההשערה כי עונתיות לא משפיע על מחיר הירקות.

ד. כתבו את ההשערות הבאות:

- i. מדד מחירי הירקות זהה בחורף ובאביב.
- ii. מדד מחירי הירקות גבוה בקיץ מאשר בחורף ביותר מ-600.

ה. האם יש הבדל בין עונות השנה בתוספת למחיר הירקות בגין המחיר לצרכן (בהנחה שהמחיר ההתחלתי של הירקות זהה בין עונות השנה)?

**10** חוקר רצה לבדוק את הטענה שסוג הכביש משפיע על מס' תאונות הדרכים בקטעי כביש בינעירוניים, בהינתן נפח התנועה. החוקר בדק האם הפונקציה של מס' התאונות בהינתן נפח התנועה, שונה בין כבישים מהירים לבין כבישים שאינם מהירים. לשם כך אמד החוקר את המשוואות הבאות:

$$1. \text{NUM}_t = \gamma_3 + \delta_3 \cdot \text{AVGD}_t + \varepsilon_{3t}$$

$$2. \text{NUM}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{TYPE}_t + \beta_2 \times \text{AVGD}_t + \beta_3 \times (\text{AVGD} \times \text{TYPE})_t + U_t$$

כאשר:

$\text{NUM}_t$  - מס' תאונות הדרכים הקטלניות בקטע כביש t בשנה.

$\text{AVGD}_t$  - נפח התנועה בקטע כביש t ליום באלפים.

$\text{TYPE}_t$  - משתנה דמי המקבל את הערך 1 כאשר הכביש מהיר, ו-0 כאשר הכביש לא מהיר.

תוצאות אמידת המשוואות מוצגות להלן:

$$1. \text{NUM}_t = 0.739 + 0.0233 \cdot \text{AVGD}_t$$

$$2. \text{NUM}_t = 0.14978 + 1.40311 \cdot \text{TYPE}_t + 0.002877 \cdot \text{AVGD}_t - 0.008 \cdot (\text{AVGD} \cdot \text{TYPE})_t$$

$$1. \text{ESS} = 20963, Pt_{\hat{\alpha}} = 0.0019; Pt_{\hat{\beta}} = 0.0001$$

$$2. \text{ESS} = 20759, Pt_{\hat{\alpha}} = 0.6534; Pt_{\hat{\beta}_1} = 0.0067; Pt_{\hat{\beta}_2} = 0.0001; Pt_{\hat{\beta}_3} = 0.1283$$

א. בדקו את טענת החוקר.

ב. מהו האומדן הנקודתי למס' התאונות בכביש מהיר כאשר נפח התנועה עומד על 4 אלפי מכוניות ליום בקטע הכביש האמור?

ג. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?

ד. הרגרסיה המוגבלת "תחת"  $H_0$  למבחן F (WALD) הינה:

$$Z_0 = \gamma_0 + \gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3 + \gamma_4 Z_4 + v$$

כאשר:

$$Z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

**11** ברשותכם נתונים על מחירי ארוחת ביג מק במסעדות מקדונלדס ברחבי הארץ ב-1/1/2008 וב-1/1/2009. חלק מהחנויות מנוהלות ע"י הרשת והשאר מנוהלות ע"י זכיינים. אתם מעוניינים לבדוק את השפעתה של פסיקת בית משפט מ-7/2008 אשר מאפשרת לרשת לקבוע מחיר מקסימום עבור מוצרים הנמכרים בחנויות המנוהלות ע"י זכיינים.

לפניך הנתונים הבאים:

Price - מחיר ארוחת ביג-מק.

$$D_{2009} = \begin{cases} 0 & \text{year} = 2008 \\ 1 & \text{year} = 2009 \end{cases}$$

$$D_{Franchise} = \begin{cases} 0 & \text{חנות רשת} \\ 1 & \text{חנות זכיון} \end{cases}$$

נתון המודל הבא המתאר את המחיר:

$$Price_i = \beta_1 + \beta_2 D_{2009} + \beta_3 D_{Franchise} + \beta_4 D_{2009} * D_{Franchise} + \varepsilon_i$$

א. מה המקדם שמגלם את הפרש השכר הצפוי בין חנות רשת לחנות זכיון כשכל יתר המשתנים מוחזקים קבוע?

ב. נסחו את  $H_0$  ו- $H_1$  לבדיקת ההשערות הבאות:

- i. מחיר ארוחת ביג מק ב-2008 היה זהה בחנויות המנוהלות ע"י הרשת ובחנויות המנוהלות ע"י זכיינים.
- ii. פסיקת בית המשפט שינתה את פער המחירים בין חנויות המנוהלות ע"י הרשת לבין חנויות המנוהלות ע"י זכיינים בין השנים 2008 ו-2009.
- ג. הגדירו את משתנה האינטראקציה על ידי הגדרת 4 הקבוצות הבאות:

$D_1$  - רשת לפני 2009.

$D_2$  - רשת אחרי 2009.

$D_3$  - זכיון לפני 2009.

$D_4$  - זכיון אחרי 2009.

i. מהי הפקודה הרלוונטיות ב-STATA ליצירת  $D_1$ ?

ii. כמה ממשתני הדמי יש להכניס לתוך הרגרסיה?

iii. כתבו את משוואת הרגרסיה.

iv. נסחו שוב את ההשערות של סעיף א'.

v. חוקר טוען כי התוצאות שהתקבלו בבדיקת ההשערות על ידי הגדרת משתני הדמי בשני האופנים יהיו זהות. נכון/לא נכון.

**12) היצע העבודה של נשים נשואות היה נושא מרכזי במחקר הכלכלי.**

לצורך אמידת היצע זה נבחר המודל הבא :

$$HOURS_i = \beta_1 + \beta_2 WAGE_i + \beta_3 EDUC_i + \beta_4 AGE_i + \beta_5 KIDSL6 + \beta_6 KIDS618 + \beta_7 NWIFEINC_i + u_i$$

כאשר :

$HOURS$  - היצע העבודה בשעות.

$WAGE$  - שכר לשעה.

$EDUC$  - מספר שנות הלימוד.

$AGE$  - גיל.

$KIDSL6$  - מספר הילדים בבית מתחת לגיל 6.

$KIDS618$  - מספר הילדים בגילאים 6-18.

$NWIFEINC$  - הכנסת משק הבית ממקורות שאינם מעבודתה של האישה.

א. מהם הסימנים שתצפו לקבל בכל אחד מהמקדמים?

ב. הסבירו מדוע לא ניתן לאמוד את משוואת ההיצע הנ"ל בשיטת

הריבועים הפחותים. איזה מתכונות אר"פ עלולות להיפגע?

ג. אם כתוצאה מאמידת המשוואה בשיטת OLS התקבל כי  $\hat{\beta}_2 > 0$ , האם

ניתן להסיק כי  $cov(wage_i, hours_i) > 0$  במדגם?

ד. החוקר טען שכדאי להשמיט את משתנה ה- $wage$  בשל היותו מתואם עם

הטעויות במודל. לטענתו, השמטתו תאפשר לאמוד את המשוואה ב-OLS

ולקבל אומדים חסרי הטיה. חוו דעתכם על טענתו.

ה. הניחו כי אנחנו משתמשים בניסיון של האישה בשוק העבודה ( $EXPER$ )

ובריבועו ( $EXPER^2$ ) כמשתני עזר למשתנה  $WAGE$ . הסבירו מדוע משתני

העזר הללו עונים על הדרישות שלנו ממשתני עזר וכיצד ניתן לבדוק זאת.

ו. האם ניתן לאמוד את משוואת ההיצע על ידי שימוש במשתני העזר הנ"ל?

הסבירו.

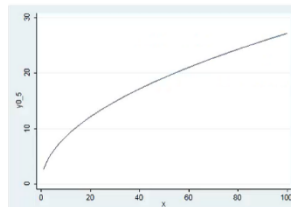
ז. תארו את השלבים (לא בפקודות מחשב) שתבצעו כדי לקבל את

האומדים בשיטת TSLS.

ח. כתבו את פקודת המחשב לביצוע TSLS ב-STATA.

## תשובות סופיות:

- (1) א. משמעות: ראו סרטון, תוצאות: מובהקות, היגיון כלכלי: יש.  
 ב.  $\hat{p}ay = 28,666.87$  . ג.  $\hat{p}ay = 24,355.9$  . ד. ראו סרטון.  
 ה. כן. ו. 66.15 . ז. כן,  $p_v = 0.00$  .  
 ח. i.  $H_0: \beta_1 = 0$  . ii.  $t = 10.13$  . iii. דוחים.  
 ט. i.  $H_0: \beta_2 = 3$  . ii.  $t = 0.98$  . iii.  $t_{(0.05,48)} = 2$  . iv. לא דוחים.  
 י.  $(2.90 < \beta_2 < 3.71)$  . יא. i.  $gen\ pay_1 = pay * 3.5$  . ii. אין שינוי.  
 יב.  $gen\ spend_2 = spend * spend$  . יג.  $t = -8.78$  ,  $H_0: \beta_2 = 0$  , דוחים.  
 יד.  $Corr\ spend\ spend_2$  . טו.  $X^* = 9,629.92$  . טז.



- יז. אינה נכונה. יח. נכונה. יט. ii. ד. ראו סרטון.  
 (2) א. לא ניתן להשוות. ב. מוטה. ג. לא. ד. ראו סרטון.  
 ה.  $V(\hat{\beta}) = \frac{\sigma_u^2}{\sum X_t^2}$  . ו. לשני.  
 (3) א. במודל השני. ב. ראו סרטון. ג.  $\eta_{y,x} = 1.95$  .  
 ד. i.  $WAGE_F = 11.571$  ,  $WAGE = 13.304$  . ii. המודל הראשון.  
 ה. לא ניתן להשוות. ו. לא נכון. ז. ראו סרטון.  
 ח. לא מומלץ.  
 (4) א. מבחן WALT:  $prob(F - ST) = 0.5592 > 0.05$  , לא דוחים.  
 ב.  $Gen\ Z_1 = \ln(AREA) + \ln(LABOR)$  .  
 ג.  $Reg\ \ln(PROD)Z_1\ \ln(FERT)$  .  
 ד. מבחן F.  
 השערה:  $H_0: \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1, \beta_2 = \beta_3 \Leftrightarrow \beta_4 = 1 - 2\beta_2, \beta_2 = \beta_3$  .  
 $H_1: else$  .  
 סטטיסטי:  $F - st = 0.1825$  .  
 (5) א. המודל הראשון:  $GDS87_t = \alpha_1 + \alpha_2 GDP87_t + \varepsilon_t$  .  
 המודל השני:  $GDS87_t = \beta_1 + \beta_2 GDP87_t + \beta_3 GC87_t + u_t$  .  
 ב. המודל השני. ג. ראו סרטון. ד. מוטה כלפי מטה.

- ה. לא יעיל. ו. שלילית. ז. לא מוגדרים.  
ח. ii. ט. לא נכון. י. לא ניתן לדעת.  
א. (6)

$$\ln(PRICE1000) = \beta_0 + \beta_1 sqft100 + \beta_2 age + \beta_3 beds + \beta_4 baths + \beta_5 stories + \beta_6 vacant + \varepsilon_i$$

- ב. ראו סרטון. ג.  $e^{-0.080309} = 0.9228$ . ד. לא.  
ה.  $\frac{sqft}{0.093} = sqft1$ , לא ישתנה. ו. 0.957. ז. 0.404.  
ח. ראו סרטון. ט. ראו סרטון. י. ראו סרטון.  
א. ראו סרטון. ב. פרופורציה. ג.  $se(\hat{\beta}_{KL6}) = 5003.818$ . (7)

- ד. ראו סרטון.  
א. ראו סרטון, חיובי. ב. שונים, מולטיקולינאריות. ג. ראו סרטון. (8)  
ד. השני, מבחן F. ה. כן. ו. מקדם ההסבר: אין טעם להשוות,  
מקדם ההסבר המתוקן: כן. ז. i. 2. ii. 1 ו-2.

- iii. לא נכון. iv. ראו סרטון.  
א. הייתה נוצרת מולטיקולינאריות מלאה. (9)  
ב. סתיו (902.58), חורף (1379.11), אביב (1478.29) וקיץ (3588.58).

- ג. אין עדות. ד. i.  $H_0: \alpha_1 = 0$ . ii.  $H_0: \alpha_2 = 600$ .  
iii.  $H_0: \alpha_1 \neq 0$ . iv.  $H_0: \alpha_2 > 600$ .

ה. לא ניתן לבדוק.

- א. ראו סרטון. ב.  $NUM_t = 1.532398$ . ג.  $H_0: \beta_2 + \beta_3 = 2 \cdot \beta_2$ .  
ד.  $H_0: \beta_3 = \beta_2$ . (10)

$$Z_0 = NUM_t$$

$$Z_1 = TYPE_t$$

$$Z_2 = (AVGD_t + AVGD \cdot TYPE_t)$$

$$Z_4 = 0$$

- א.  $\beta_3: D_{franchise}$ . ב. i.  $H_0: \beta_3 = 0$ . ii.  $H_0: \beta_4 = 0$ .  
iii.  $H_1: \beta_4 \neq 0$ . iv.  $H_1: \beta_3 \neq 0$ . (11)

$$genD_1 = 1 \text{ if } D_{franchise} = 0 \text{ and } D_{2009} = 0$$

$$replace D_1 = 0 \text{ if } D_1 =$$

$$Price = \alpha_1 + \alpha_2 D_1 + \alpha_3 D_2 + \alpha_4 D_3 + u_i$$

- ii. 3. iii.  $H_0: \alpha_3 - \alpha_2 - \alpha_4 = 0$ . iv.  $H_0: \alpha_2 - \alpha_4 = 0$ .  
v. נכון. vi.  $H_1: \alpha_3 - \alpha_2 - \alpha_4 \neq 0$ . vii.  $H_1: \alpha_2 - \alpha_4 \neq 0$ .

א. (12)  $wage$  חיובי,  $educ$  לא ניתן לדעת,  $age$  חיובי או שלילי תלוי במדגם,  $kidsl6$  שלילי,

- $kids618$  חיובי,  $nwifeinc$  שלילי. ב. ראו סרטון.  
ג. לא. ד. שגויה. ה. ראו סרטון.  
ו. כן. ז. ראו סרטון.  
ח.

$$. Ivreg HOURS EDUC AGE KIDSL6 KIDSS618 NWIFEINC (WAGE = EXPER, EXSPER^2)$$

# אקונומטריקה

פרק 21 - מבחן 1

תוכן העניינים

1. כללי ..... 140

## מבחן 1:

## שאלות:

- (1) חוקר רצה לבדוק את השפעת התל"ג על ההשקעה במשק לפי המודל הבא:  $\ln I_t = \alpha + \beta \ln Y_t + u_t$ , כאשר:  $I_t$  היא ההשקעה באלפי שקלים,  $Y_t$  הוא התוצר באלפי שקלים, וההרעה האקראית,  $u_t$ , מקיימת את כל ההנחות הקלאסיות. באמידה התקבל הפלט הבא:

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | 1   | 0.38523        | 0.38523     | 72.14   | <.0001 |
| Error   | 199 | 1.06266        | 0.00534     |         |        |
| C Total | 200 | 1.44789        |             |         |        |

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| Root MSE | 0.073075 | R-square | 0.733936 |
| Dep Mean | 10.01722 | Adj R-sq | 0.732104 |
| C.V.     | 0.729494 |          |          |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T | 95% conf. lim. |
|-----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|----------------|
| INTERCEPT | 1  | 3.472013           | 0.85463        | 4.06259               | 0.0002  | 1.79 – 5.15    |
| lnY       | 1  | 0.570042           | 0.06452        | 8.493526              | 0.0000  | ---- - ----    |

- מהו Pvalue לבדיקת מובהקות המודל ע"י מבחן F?
  - אם נגדיל את התוצר ב-1% בכמה תגדל ההשקעה?
  - מהו רווח הסמך ל- $\alpha$ ? מהו רווח הסמך ל- $\beta$ ?
  - הועלתה הטענה כי הגמישות שווה ל-0.4. מהן ההשערות לבדיקת הטענה?
  - מהי הרגרסיה המוגבלת למבחן WALT תחת  $H_0$ ?
  - מהו הסטטיסטי של WALT למבחן זה (אם ניתן לחישוב)?
  - אם ההשקעה נמדדת בשקלים במקום באלפי שקלים:
- המקדם של  $\ln Y$  לא ישתנה. נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
  - החותך לא ישתנה. נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

- iii. הסטטיסטי  $t$  לבדיקת המובהקות של  $\beta$   
לא ישתנה.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- iv. הסטטיסטי  $F$  לבדיקת מובהקות המודל  
לא ישתנה.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- v.  $R^2$  לא ישתנה.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

החוקר טען כי גם גודל האוכלוסייה,  $P$ , משפיע על ההשקעה לפי המודל  
הבא:  $\ln I_t = \alpha + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln P_t + u_t$ .  
ח. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?

התקבל הפלט הבא:

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter | Standard | T for H0:   |         |
|-----------|----|-----------|----------|-------------|---------|
|           |    | Estimate  | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEPT | 1  | 1.131853  | 1.43547  | 0.788489    | 0.4435  |
| lnY       | 1  | 1.035467  | 0.25756  | 4.020294    | 0.0004  |
| lnP       | 1  | -1.77456  | 0.94657  | -1.874727   | 0.0736  |

- ט. באיזו רמת מובהקות נקבל את טענת החוקר?  
י.  $R^2$  של המשוואה החדשה קטן מזה של  
המשוואה המקורית.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

- במשוואה החדשה הועלתה הטענה כי סכום הגמישויות שווה ל-0.  
יא. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?  
יב. מהו הסטטיסטי  $t$  לבדיקת ההשערה? (נתון כי:  $\text{cov}(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2) = -0.25$ ).  
יג. האם ניתן לדחות את השערת האפס?

(2) ענה על הסעיפים הבאים:

- א. ברגרסיה מרובה, כמו ברגרסיה חד משתנית,  
מבחן  $F$  למובהקות המודל שווה לריבוע של  
מבחן  $t$  למובהקות של  $\beta$ .  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ב. אם הערך 0 נמצא בתוך רווח הסמך ל- $\beta$ ,  
אזי  $\beta$  מובהקת.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ג. בהוספת משתנה לא רלוונטי למודל האומד  
המתוקן לפרופורציית השונות המוסברת  
ירד בהכרח.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

- ד. אומדי הריבועים הפחותים אינם חסרי הטיה אם ידוע שהשונות של  $u_t$  אינה קבועה (הפרה של הנחה קלאסית).  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ה. אם דוחים  $H_0$  ברמת מובהקות מסוימת, אזי דוחים  $H_0$  בכל רמות המובהקות הקטנות יותר.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ו. אומד חסר הטיה הוא אינו בהכרח אומד עקיב.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

$$(3) \quad \tilde{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T X_t Y_t}{S_{XX}} \quad \text{נתון מודל ללא חותך: } Y_t = \beta X_t + u_t, \text{ ונתון האומד:}$$

- א. האומד  $\tilde{\beta}$  הוא אר"פ.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ב. האומד  $\tilde{\beta}$  הוא אומד חסר הטיה.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ג. האומד  $\tilde{\beta}$  הוא אומד לינארי.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ד. אר"פ יעיל יותר מ- $\tilde{\beta}$ .  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ה. מהי השונות של  $\tilde{\beta}$ ?

$$(4) \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T X_t Y_t}{\sum_{t=1}^T X_t^2} \quad \text{נתון מודל ללא חותך: } Y_t = \beta X_t + u_t, \text{ ונתון האומד:}$$

- א. האומד  $\hat{\beta}$  הוא אר"פ.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ב. האומד  $\hat{\beta}$  הוא אומד חסר הטיה.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ג. האומד  $\hat{\beta}$  הוא אומד לינארי.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ד. מהי השונות של  $\hat{\beta}$ ?
- ה. האומד  $\hat{\beta}$  הוא אומד עקיב.  
 נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

## תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } PF = 0.0001 \quad \text{ב. } 0.57\% \quad \text{ג. } p(1.79 \leq \alpha \leq 5.15) = 0.95$$

$$\begin{aligned} & \text{ד. } \begin{aligned} H_0: \beta &= 0.4 \\ H_1: \beta &\neq 0.4 \end{aligned} \quad \text{ה. } p(0.026 \leq \beta \leq 1.11) = 0.95 \end{aligned}$$

$$\text{ו. } WALD_{stat} = 7.054 \quad \text{ז. } \ln I_t - 0.4 \ln Y_t = \alpha + u_t$$

$$\text{ח. } H_0: \beta_2 = 0 \quad \text{ט. } Pt_{\hat{\beta}} = 0.0736 \quad \text{י. לא נכון.} \quad \text{יא. } H_0: \beta_1 + \beta_2 = 0$$

$$(2) \quad \begin{aligned} & \text{יב. } t = -1.089 \quad \text{יג. אין סיבה מספקת.} \\ & \text{יד. לא נכון.} \quad \text{טו. לא נכון.} \quad \text{טז. לא נכון.} \quad \text{יז. לא נכון.} \quad \text{יח. לא נכון.} \quad \text{יט. לא נכון.} \quad \text{יא. לא נכון.} \end{aligned}$$

$$(3) \quad \begin{aligned} & \text{א. לא נכון.} \quad \text{ב. לא נכון.} \quad \text{ג. נכון.} \quad \text{ד. לא ניתן לדעת.} \end{aligned}$$

$$\text{ה. } V(\tilde{\beta}) = \frac{\sum X_t^2 \sigma^2}{S_{xx}^2}$$

$$(4) \quad \begin{aligned} & \text{א. נכון.} \quad \text{ב. נכון.} \quad \text{ג. נכון.} \quad \text{ד. } V(\tilde{\beta}) = \frac{\sigma_u^2}{\sum X_t^2} \end{aligned}$$

$$\text{ה. נכון.}$$

# אקונומטריקה

פרק 22 - מבחן 2

תוכן העניינים

1. כללי ..... 144

## מבחן 2:

## שאלות:

- (1) חוקר בדק את השפעת שעות העבודה בשבוע (HOURS) על השכר החודשי ברוטו בשקלים (SALARY) לפי המודל:  $SALARY_t = \alpha + \beta \cdot HOURS_t + u_t$ . הסטייה המקרית מקיימת את כל ההנחות הקלאסיות. השלם את הפלט הבא, אם ידוע כי:  $S_{xx} = 35079$ ,  $\bar{X} = 46.040873$ :

## Analysis of Variance

| Source   | DF   | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|----------|------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model    | 1    | ---            | ---         | ---     | ---    |
| Error    | 401  | 402271435      | ---         |         |        |
| C Total  | ---  | 449757359      |             |         |        |
| Root MSE | ---  |                | R-square    | ---     |        |
| Dep Mean | 1580 |                | Adj R-sq    | ---     |        |
| C.V.     | ---  |                |             |         |        |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|-----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEPT | 1  | ---                | ---            | ---                   | 0.7476  |
| HOURS     | 1  | 36.06745           | ---            | ---                   | 0.0001  |

א. מהו Pvalue לבדיקת מובהקות המודל ע"י מבחן F?

ב. מהו האומדן לשכר התחלתי?

החוקר רצה לבדוק את הטענה כי אם יעבוד שעה אחת נוספת בשבוע, שכרו יגדל ב-40 ₪.

ג. מהן ההשערות לבדיקת הטענה?

ד. מהו הסטטיסטי t למבחן?

ה. מהו הסטטיסטי WALT למבחן?

ו. מהי התחזית לשכר של עובד העובד 55 שעות בשבוע?

ז. החוקר טען כי יש לבדוק את הקשר בין השכר לשעות העבודה ע"י שימוש בנתונים שנתיים, כלומר, שכר שנתי (בהנחה שהשכר החודשי קבוע כל השנה) ושעות עבודה שנתיות (בהנחה ששעות העבודה קבועות בכל 52 השבועות בשנה). שימוש בנתונים שנתיים:

- i. ישנה את הסטטיסטי  $t$  לבדיקת המובהקות של  $\alpha$ .  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- ii. יכפיל את האומד של  $\beta$  ב-0.23.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- iii. יכפיל את סטית התקן של  $\hat{\beta}$  ב-0.23.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת
- iv. ישנה את Pvalue לבדיקת מובהקות המודל.  
נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

החוקר טען כי יש להוסיף למשוואה גם את השפעת הגיל (AGE) ומספר שנות הלימוד (SCL). לשם כך הוא אמד את המשוואה הבאה:

$$SALARY_t = \alpha + \beta_1 \cdot HOURS_t + \beta_2 \cdot AGE_t + \beta_3 \cdot SCL_t + u_t$$

- ח. מהי השערת האפס לבדיקת הטענה?
- ט. מהו הנתון הנדרש כדי לחשב את הסטטיסטי של WALT לבדיקת טענת החוקר?
- י. בפלט האמידה של המשוואה החדשה לא היה ברור אם ערכו של נתון זה הוא 315968434 או 515968434 (בשל בעיה במדפסת). מהו הסטטיסטי של WALT לבדיקת טענת החוקר?
- יא. מהם הנתונים הנדרשים לחישוב הסטטיסטי  $t$ ?

החוקר רוצה לבדוק את הטענה כי השפעת ההשכלה על השכר גדולה פי 8 מהשפעת הגיל על השכר.

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter  | Standard | T for H0:   |         |
|-----------|----|------------|----------|-------------|---------|
|           |    | Estimate   | Error    | Parameter=0 | Prob> T |
| INTERCEPT | 1  | -1995.0275 | 331.7857 | -6.013      | 0.0001  |
| HOURS     | 1  | 36.408461  | 4.710021 | 7.730       | 0.0001  |
| AGE       | 1  | 13.674254  | 3.816426 | 3.583       | 0.0004  |
| SCL       | 1  | 109.93799  | 10.63745 | 10.335      | 0.0001  |

- יב. הנתונים בפלט אינם מספיקים לבדיקת ההשערה לפי מבחן  $t$ .  
מהו הנתון החסר? באיזה פלט של SAS ניתן למצוא אותו?
- יג. בהנחה שנתון זה הוא 8.3969, חשב את הסטטיסטי  $t$  לבדיקת הטענה.  
מהי מסקנתך לגבי נכונות הטענה?

יד. אם תרצה לבדוק את הטענה לפי מבחן WALD, יהיה המודל המוגבל:

$$Z_0 = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot Z_1 + \gamma_2 \cdot Z_2 + v$$

$$Z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

טו. אם יש מספיק נתונים, חשב את הסטטיסטי של WALD לבדיקת הטענה?

(2) נתון המודל:  $Y_t = \alpha + \beta \cdot X_t + u_t$ . ידוע כי כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

$$\text{נתון האומד: } \tilde{\beta} = \frac{S_{XY}}{\sum_{t=1}^T X_t^2}$$

א. אומד זה הוא הפתרון של המשוואות

$$\text{הנורמליות: } \sum_{t=1}^T \hat{u}_t = 0, \sum_{t=1}^T \hat{u}_t X_t = 0$$

נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

ב. התוחלת של  $\tilde{\beta}$  היא:

$$\text{i. } \beta$$

$$\text{ii. } \frac{\beta \cdot \sum_{t=1}^T X_t}{S_{XX}}$$

$$\text{iii. } \frac{\beta \cdot \sum_{t=1}^T X_t^2}{S_{XX}}$$

$$\text{iv. } \frac{\beta \cdot S_{XX}}{\sum_{t=1}^T X_t^2}$$

v. כל התשובות אינן נכונות.

ג. הטענה כי:  $E(\tilde{\beta}) < \beta$ :

i. תמיד נכונה.

ii. אינה נכונה.

iii. נכונה אם ורק אם:  $\bar{X} > 0$ .

iv. נכונה אם ורק אם:  $\bar{X} \neq 0$ .

v. כל התשובות אינן נכונות.

ד. אם  $\bar{X} = 0$  אז השונות של  $\tilde{\beta}$  היא:

$$i. \frac{\sigma^2}{\left(\sum_{t=1}^T X_t\right)^2}$$

$$ii. \frac{\sigma^2}{S_{XX}}$$

$$iii. \frac{\sigma^2 \sum_{t=1}^T X_t^2}{S_{XX}}$$

$$iv. \frac{\sigma^2}{S_{XX}}$$

v. כל התשובות אינן נכונות.

ה. אם  $\bar{X} = 0$ , אז  $\tilde{\beta}$  הינו האומד הלינארי

חסר ההטיה בעל השונות הקטנה ביותר. נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

(3) נתון המודל:  $Y_t = \alpha + \beta \cdot X_t + u_t$ . ידוע כי כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

נתון כי  $\tilde{\beta}$  הוא אומד לינארי וחסר הטיה ל- $\beta$ , אך איננו אומד עקיב ל- $\beta$ .

מאחר ש- $\tilde{\beta}$  אינו אומד עקיב, לא נוכל להשתמש במשפט גאוס מרקוב ולקבוע

כי:  $\hat{\beta} = \frac{S_{XY}}{S_{XX}}$  (ארי"פ) הינו אומד יעיל יותר.

נכון / לא נכון / לא ניתן לדעת

## תשובות סופיות:

- (1) א.  $PF = 0.00$  ב.  $\hat{\alpha} = -80.5246$  ג.  $H_0 : \beta = 40$   
 $H_1 : \beta \neq 40$  ד.  $t_{\hat{\beta}} = -0.75$  ה.  $WALD_{stat} = 0.5625$  ו.  $SALARY_t = 1903.16$   
 ז. i. לא נכון. ii. נכון. iii. נכון. iv. לא נכון.  
 ח.  $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = 0$  ט.  $SSE$  י.  $WALD_{stat} = 54.49$  יב. Covariance of Estimates,  $S^2_{\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3}$  יא. לא ניתן לחשב.  
 $Z_0 = SALARY_t$  יג. נכונה. יד.  $Z_1 = HOURS_t$  טו.  $WALD_{stat} = 0.000324$   
 $Z_2 = AGE_t + 8 \cdot SCL_t$  (2) א. לא נכון. ב. ה. ג. ה. ד. ה. ה. לא נכון.  
 (3) לא נכון.

# אקונומטריקה

פרק 23 - מבחן 3

תוכן העניינים

1. רשימת שאלות.....149

## מבחן 3:

## שאלות:

1) על מנת לאמוד את פונקציית הייצור נאספו נתונים על 150 פירמות בשנת 2007 ונאמדה המשוואה הבאה:

$$1. \ln(Y_t) = \alpha + \beta_1 \cdot \ln(L)_t + U_t$$

כאשר:

$\ln(Y)_t$  - תפוקה שנתית באלפי ₪ בלוגים.

$\ln(L)_t$  - מספר העובדים בלוגים.

$U_t$  - הטעות המקרית המקיימת את כל ההנחות הקלאסיות.

משוואה מס' 1 נאמדה בפלט מס' 1.

Dependent Variable:  $\ln Y$

## Analysis of Variance

| Source          | DF           | Sum of Squares  | Mean Squares | F Value | Prob>F |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|---------|--------|
| Model           | 1            | 8.54211         |              |         | 0.0001 |
| Error           | 35969        | 40.42584        |              |         |        |
| <b>C. Total</b> | <b>35970</b> | <b>48.96795</b> |              |         |        |
| Root MSE        | 0.52264      |                 | R-square     | 0.1744  |        |
| Dep Mean        | 5.54003      |                 | Adj R-sq     | 0.1689  |        |
| C. V.           | 9.43380      |                 |              |         |        |

## Parameter Estimates

| Variable | D F | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|-----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1   | 4.389949           | 0.21003743     | 20.901                | 0.0001  |
| $\ln L$  | 1   | 0.257487           | 0.04767276     |                       | 0.0001  |

א. סטטיסטי F לבדיקת מובהקות המודל:

i. לא ניתן לחשב את סטטיסטי F בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_

ב. סטטיסטי t לבדיקת מובהקות המודל:

i. לא ניתן להשתמש בסטטיסטי t בהשערה מסוג זה

ii. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

iii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_

הועלתה הטענה כי עליה ב-1% במס' העובדים תגדיל את התפוקה בפחות מ-1%.

ג. ההשערות לבדיקת הטענה הן:  $H_0$ : \_\_\_\_\_  
 $H_1$ : \_\_\_\_\_

ד. הסטטיסטי לבדיקת הטענה הינו:

i. לא ניתן לחשבו בנתונים הקיימים.

ii. 5.5

iii. -5.5

iv. -15.5

v. 15.5

ה. הסטטיסטי של WALT לבדיקת הטענה:

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_

ו. לאור התשובות לסעיפים הקודמים,

אחוז התפוקה קטן ככל שאחוז מס'

העובדים גדל: נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

החוקרת טענה כי יש משתנים נוספים המסבירים את תפוקת הפירמה ואמדה את המשוואה הבאה:

$$\ln(Y_t) = \alpha + \beta_1 \cdot \ln(L)_t + \beta_2 \cdot \ln(K)_t + \beta_3 \cdot \ln(PY)_t + U_t \quad 2.$$

כאשר:

$\ln(K)_t$  - מלאי ההון של הפירמה באלפי ש"ח בלוגים.

$\ln(PY)_t$  - הוצאות למחקר ופיתוח באלפי ש"ח בלוגים.

משוואה מס' (2) נאמדה בפלט מס' 2.

Dependent Variable: lnY

#### Analysis of Variance

| Source   | DF  | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F |
|----------|-----|----------------|--------------|---------|--------|
| Model    | 3   | 15.63370       | 5.21123      | 22.825  | 0.0001 |
| Error    | 146 | 33.33425       | 0.22832      |         |        |
| C Total  | 149 | 48.96795       |              |         |        |
| Root MSE |     | 0.47783        | R-square     | 0.3193  |        |
| Dep Mean |     | 5.54003        | Adj R-sq     | 0.3053  |        |
| C. V.    |     | 8.62496        |              |         |        |

#### Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 0.542062           | 1.66317350     | 0.326                 | 0.7450  |
| lnL      | 1  | 0.267771           | 0.08146608     | 3.287                 | 0.0013  |
| lnK      | 1  | 0.405694           | 0.09700769     | 4.182                 | 0.0001  |
| lnPY     | 1  | 0.406149           | 0.30781185     | 1.319                 | 0.1891  |

ז. ההשערות לבדיקת הטענה הינן:  $H_0$ : \_\_\_\_\_  
 $H_1$ : \_\_\_\_\_

ח. הסטטיסטי של WALD לבדיקת הטענה הינו:

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים

ii. ניתן לחישוב וערכו: \_\_\_\_\_

ט. הסטטיסטי של  $t$  לבדיקת הטענה הינו:

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים

ii. לא ניתן לחשב סטטיסטי  $t$  לטענה מסוג זה

iii. ניתן לחישוב וערכו: \_\_\_\_\_

החוקרת טענה כי השפעת הוצאות למחקר ופיתוח אינה מובהקת ולכן יש  
 לאמוד את המשוואה הבאה:

$$\ln(Y_t) = \alpha + \beta_1 \cdot \ln(L)_t + \beta_2 \cdot \ln(K)_t + U_t \quad 3.$$

כאשר:

משוואה מס' (3) נאמדה בפלט מס' 3.

Dependent Variable: lnY

#### Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F |
|---------|-----|----------------|--------------|---------|--------|
| Model   | 2   | 15.23620       | 7.61810      | 33.199  | 0.0001 |
| Error   | 147 | 33.73175       | 0.22947      |         |        |
| C Total | 149 | 48.96795       |              |         |        |

|          |         |          |        |
|----------|---------|----------|--------|
| Root MSE | 0.47903 | R-square | 0.3111 |
| Dep Mean | 5.54003 | Adj R-sq | 0.3018 |
| C. V.    | 8.64667 |          |        |

#### Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 2.681787           | 0.37024512     | 7.243                 | 0.0001  |
| lnL      | 1  | 0.177813           | 0.04470595     | 3.977                 | 0.0001  |
| lnK      | 1  | 0.465154           | 0.08612163     | 5.401                 | 0.0001  |

#### Covariance of Estimates

| COVB     | INTERCEP     | lnL          | lnK          |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| INTERCEP | 0.1370814505 | -0.003289697 | -0.02723683  |
| lnL      | -0.003289697 | 0.0019986217 | -0.001270417 |
| lnK      | -0.02723683  | -0.001270417 | 0.0074169359 |

י. ההשערות לבדיקת הטענה הינן :  $H_0$  : \_\_\_\_\_  
 $H_1$  : \_\_\_\_\_

יא. הסטטיסטי של WALD לבדיקת הטענה הינו :

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים

ii. ניתן לחישוב וערכו : \_\_\_\_\_

הועלתה הטענה כי גמישות התפוקה ביחס להון גדולה פי 2 מגמישות התפוקה ביחס לעבודה.

בדקו את הטענה במשוואה (3).

יב. השערת האפס לבדיקת הטענה היא :  $H_0$  : \_\_\_\_\_

יג. הסטטיסטי t לבדיקת הטענה הינו :

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחישוב וערכו : \_\_\_\_\_

יד. הרגרסיה המוגבלת כאשר  $H_0$  נכונה ("תחת  $H_0$ ") למבחן WALD

$$Z_0 = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot Z_1 + V$$

כאשר :

$$Z_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

טו. הסטטיסטי של WALD לבדיקת הטענה (חשבי ישירות) :

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחישוב וערכו : \_\_\_\_\_

טז. נטען כי אם נמדוד את המשתנים הב"ת

במודל בדולרים במקום בשקלים, האומדים

ל- $\beta$  ול- $\alpha$  יישארו ללא שינוי

(הנח כי שער הדולר הוא 3.5 ₪) : נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

יז. נטען שאם נוריד את משתנה PY מהמודל

ה- $\bar{R}^2$  יעלה : נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

2) ענו על כל השאלות הבאות. כל שאלה בפני עצמה. בכל השאלות מונח

המודל :  $Y = \alpha + \beta X + U$  (ומתקיימות כל ההנחות הקלאסיות).

א. במודל לוגריתמי כפול  $\beta$  מייצגת את

שיעור השינוי השולי : נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

ב. במודל ללא חותך מתקיימת המשוואה

הנורמאלית :  $\sum \hat{u}_i x_i = 0$  בלבד : נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

- ג. כאשר מוסיפים משתנה ב"ת למודל, עליה  
ב-  $\bar{R}^2$  מעידה על כך שהמשתנה שהוסף  
מובהק באוכלוסייה:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ד. אם הנחה מס' 3 ( $E(\hat{u}) = 0$  לכל  $t$ ) איננה מתקיימת,  
האומדים של המודל לא יהיו יעילים:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ה. ככל ש-  $S_{xx}$  גדול יותר, קל יותר לדחות  
את  $H_0$  למובהקות ה-  $\beta$ :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ו.  $R^2 > \bar{R}^2$  מתקיים תמיד:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ז. מבחן F למובהקות המודל מהווה מקרה  
פרטי של מבחן  $t$  למובהקות ה-  $\beta$ :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ח. ככל שגודל המדגם גדל כך האומד יהיה  
יעיל יותר לפרמטר באוכלוסייה:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ט. ה- PVALUE גדל ביחס הפוך לרמת  
המובהקות של המבחן (ה-  $\alpha$ ):  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- י. אם דחינו את  $H_0$  במבחן  $t$  למובהקות ה-  $\beta$  כאשר  
האומד חיובי, נדחה אותה בהכרח גם ביחס להשערה  
כי מקדם השיפוע חיובי באוכלוסייה:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- יא. אם ידוע כי הקשר בין  $X$  ל-  $Y$  מובהק  
באוכלוסייה, הדבר מעיד בהכרח על  
מובהקות המודל:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

$$(3) \quad \text{נתון המודל: } Y_t = \beta X_t + U_t$$

$$\text{נתון האומד: } \tilde{\beta} = \frac{\sum (X_t - \bar{X}) Y_t}{\sum (X_t - \bar{X})^2}$$

- א.  $\tilde{\beta}$  הינו אומד חסר הטייה ל-  $\beta$ :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

ב. שונותו של האומד: \_\_\_\_\_.

- ג. על סמך משפט גאוס מרקוב ניתן להסיק  
כי אר"פ הינו אומד יעיל יותר מ-  $\tilde{\beta}$ :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ד. המשוואות הנורמאליות:  $\sum \hat{u}_t = 0$   
ו-  $\sum \hat{u}_t X_t = 0$  הינן המשוואות לאמידת הפרמטרים  
של המודל בשיטת הריבועים הפחותים:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ה. אם נתון ש:  $\bar{X} = 0$  אזי  $\tilde{\beta}$  הינו אומד  
הריבועים הפחותים:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

## תשובות סופיות:

- (1) א. ii,  $F = 31.273$  . ב. iii,  $t = 5.5$  . ג.  $H_0: \beta = 1$  ,  $H_1: \beta < 1$  . ד. iv.
- ה. i. ו. לא נכון. ז. ראו סרטון. ח. ראו סרטון. ט. ראו סרטון. י.  $H_0: \beta_3 = 0$  ,  $H_1: \beta_3 \neq 0$  . יא. ii,  $WALD_{stat} = 1.74$  . יב.  $H_0: \beta_2 = 2 \cdot \beta_1$  . יג. ii,  $t = 0.1417$  . יד.  $Z_0 = \ln(Y)_t$  ,  $Z_1 = \ln(L)_t + 2 \ln(K)_t$  . טו. ii,  $WALD_{stat} = 0.585$  . טז. לא נכונה. יז. לא נכון. יח. לא נכון. יט. לא נכון. כ. לא נכון. כא. לא נכון. כב. לא נכון. כג. לא נכון. כד. לא נכון. כה. לא נכון. כו. לא נכון. כז. לא נכון. כח. לא נכון. כט. לא נכון. כ.  $V(\tilde{\beta}) = \frac{\sigma^2}{S_{xx}}$  . ד. לא נכון. ה. נכון.
- (2) א. לא נכון. ב. נכון. ג. לא נכון. ד. לא נכון. ה. נכון. ו. נכון. ז. נכון. ח. נכון. ט. לא נכון. י. נכון. יא. נכון. יב. נכון. יג. נכון. יד. נכון. טו.  $WALD_{stat} = 0.585$  . טז. לא נכונה. יז. לא נכון. יח. לא נכון. יט. לא נכון. כ. לא נכון. כא. לא נכון. כב. לא נכון. כג. לא נכון. כד. לא נכון. כה. לא נכון. כו. לא נכון. כז. לא נכון. כח. לא נכון. כט. לא נכון. כ.  $V(\tilde{\beta}) = \frac{\sigma^2}{S_{xx}}$  . ד. לא נכון. ה. נכון.
- (3) א. נכון. ב.  $V(\tilde{\beta}) = \frac{\sigma^2}{S_{xx}}$  . ג. נכון. ד. לא נכון. ה. נכון.

# אקונומטריקה

פרק 24 - מבחן 4

תוכן העניינים

1. רשימת שאלות..... 155

## מבחן 4:

## שאלות:

- (1) בנק מעוניין לאמוד את סך הפעילות בכרטיסי אשראי של לקוחותיו. לשם כך אסף נתונים על 35,971 מלקוחותיו ואמד את המשוואה הבאה:

$$CREDIT_t = \alpha + \beta \cdot SAVINGS_t + U_t \quad 1.$$

כאשר:

$CREDIT_t$  - סך הפעילות בכרטיסי אשראי ב- $t$ .

$SAVINGS_t$  - סך הפעילות בחשבונות חיסכון ב- $t$ .

$U_t$  - סטיה מקרית המקיימת את כל ההנחות הקלאסיות.

משוואה (1) נתונה בפלט מס' 1.

Dependent Variable: credit

## Analysis of Variance

| Source   | DF         | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F  |
|----------|------------|----------------|--------------|---------|---------|
| Model    | ---        | ---            | ---          | ---     | <0.0001 |
| Error    | ---        | ---            | ---          |         |         |
| C Total  | ---        | ---            |              |         |         |
| Root MSE | 43859      | R-square       | 0.0106       |         |         |
| Dep Mean | 7433.60809 | Adj R-sq       | 0.0106       |         |         |
| C. V.    | 589.99662  |                |              |         |         |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: | Prob> T | 95% Confidence |        |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------|---------|----------------|--------|
| INTERCE  |    |                    |                |           |         |                |        |
| P        | 1  | 11151.91516        | 394.35144      | 2.92      | 0.0035  | 378.97         | 1924.8 |
| savings  | 1  | 0.56719            | 0.02884        | 19.67     |         | 0.51           | 0.623  |

א. סטטיסטי F לבדיקת מובהקות המודל הינו:

- לא ניתן לחשב את סטטיסטי F בעזרת הנתונים הקיימים.
- ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

ב. PVALUE של סטטיסטי t לבדיקת מובהקות ה- $\beta$ :

- לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.
- לא ניתן להשתמש בסטטיסטי t בהשערה מסוג זה.
- ניתן לחשבו וערכו: \_\_\_\_\_.

הבנק טען שאם יגדילו לקוחותיו את הפעילות בחשבונות חיסכון שלהם אפילו בשקל אחד, הפעילות בכרטיסי אשראי תגדל ביותר מ 40 אגורות.

ג. ההשערות לבדיקת הטענה הינן :  
 $H_0$  : \_\_\_\_\_  
 $H_1$  : \_\_\_\_\_

ד. הסטטיסטי לבדיקת טענת הבנק הינו :

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. הסטטיסטי לבדיקת הטענה צריך להיות שלילי.

iii. 19.67

iv. 5.797

ה. הסטטיסטי של WALD לבדיקת טענת הבנק :

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו : \_\_\_\_\_

ו. ברמת ביטחון של 95% מהו טווח הגידול בפעילות בכרטיסי אשראי, על כל שקל נוסף בפעילות בחשבונות חיסכון?

ז. ברמת ביטחון 95% מהו האומד לתוחלת פעילות בכרטיסי אשראי עבור סך פעילות בחשבונות חיסכון של 50,000 ₪?

ח. אם פעילות כרטיסי האשראי של כל לקוח תגדל ב- 1000 ₪ :

i. האומד של  $\alpha$  ישתנה : נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

ii. האומד של  $\beta$  ירד : נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

iii. סטטיסטי F לבדיקת מובהקות

המודל לא ישתנה : נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

נטען שסה"כ פעילות הלקוח בחשבונות חיסכון איננו המשתנה המשפיע על הפעילות בכרטיסי האשראי, אלא הרכב החסכונות.  
 לשם כך נאמדה המשוואה הבאה :

$$2. \text{CREDIT}_t = \alpha + \beta_1 \cdot \text{PIKADON1}_t + \beta_2 \cdot \text{PIKADON2}_t + U_t$$

כאשר :

$\text{PIKADON1}_t$  - סה"כ הפקדה לפקדונות יומיים ב- $t$ .

$\text{PIKADON2}_t$  - סה"כ הפקדה לפקדונות חודשיים ב- $t$ .

משוואה (2) נאמדה בפלט מס' 2.

Dependent Variable: lnY

## Analysis of Variance

| Source   | DF         | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F |
|----------|------------|----------------|--------------|---------|--------|
| Model    | 2          | 1.00791E12     | 5.003955E11  | 261.10  | 0.0001 |
| Error    | 35968      | 6.893195E13    | 1916479937   |         |        |
| C Total  | 35970      | 6.993274E13    |              |         |        |
| Root MSE | 43778      |                | R-square     | 0.0143  |        |
| Dep Mean | 7433.68809 |                | Adj R-sq     | 0.0143  |        |
| C. V.    | 588.90847  |                |              |         |        |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 1259.36230         | 379.00751      | 3.32                  | 0.0009  |
| Pikadon1 | 1  | 0.07552            | 0.05539        | 1.36                  | 0.1728  |
| Pikadon2 | 1  | 0.72350            | 0.03199        | 22.62                 | 0.0001  |

## Covariance of Estimates

| COVB     | INTERCEP     | Pikadon1     | Pikadon2     |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| INTERCEP | 143646.69097 | -8.178835194 | -9.154578973 |
| Pikadon1 | -8.176835154 | 0.0030678685 | 0.0003564263 |
| Pikadon2 | -9.15457897  | 0.0003564263 | 0.0010231462 |

ט. השערת האפס לבדיקת הטענה הינה:  $H_0$ : \_\_\_\_\_.

י. הסטטיסטי של WALD לבדיקת הטענה:

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו: \_\_\_\_\_.

יא. הסטטיסטי של  $t$  לבדיקת הטענה:

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. לא ניתן להשתמש בסטטיסטי  $t$  בהשערה מסוג זה.

iii. ניתן לחישוב וערכו: \_\_\_\_\_.

נטען שהגדלת הפעילות בחשבונות חיסכון של הלקוח על ידי העברה לפקדונות חודשיים משפיעה על הפעילות בכרטיסי אשראי פי 10 מאשר הגדלת הפעילות בחשבונות חיסכון על ידי העברה לפקדונות יומיים.

יב. השערת האפס לבדיקת הטענה הינה:  $H_0$ : \_\_\_\_\_.

יג. הסטטיסטי  $t$  לבדיקת הטענה הינו:

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

יד. PVALUE של סטטיסטי  $t$  מהסעיף הקודם:

i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

טו. הרגרסיה המוגבלת כאשר  $H_0$  נכונה למבחן WALT

$$D_0 = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot D_1 + \gamma_2 \cdot D_2 + v \quad \text{הינה:}$$

$$D_0 : \underline{\hspace{2cm}}$$

$$D_1 : \underline{\hspace{2cm}} \quad \text{כאשר:}$$

$$D_2 : \underline{\hspace{2cm}}$$

טז. על פי משוואה מס' 2, כל שקל שיועבר

לפיקדון הראשון יוסיף כ-0.07552 ₪

לסה"כ הפעילות בכרטיסי אשראי:

נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

(2) ענו על השאלות הבאות (כל שאלה בפני עצמה, בכל שאלה מונח המודל:  $Y = \alpha + \beta \cdot X + U$  ומתקיימות כל ההנחות הקלאסיות).

- א. אם המודל מובהק אזי שיפוע הרגרסיה מובהק בהכרח:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ב. הגמישות במודל חצי לוגריתמי היא קבועה:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ג. אם  $X_2$  מהווה קומבינציה ליניארית של  $X_1$  לא ניתן לאמוד את הרגרסיה המרובה:  $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + U$ :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ד.  $\bar{R}^2 > R^2$  רק בתנאי שהמודל מובהק:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ה. ליניאריות וחוסר הטיה של האומדים מהווים תנאי הכרחי לעקיבותם:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ו. נתון כי רווח הסמך לאמידת  $\beta$  ברמת סמך של 95% הוא: [-2, -5]. מכך ניתן להסיק כי שיפוע הרגרסיה מובהק ברמת מובהקות של 5%:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ז. ככל שפיזור  $U_i$  גדול יותר כך קשה יותר לדחות את  $H_0$  למובהקות המודל:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ח. מודלים לא ליניאריים מתארים קשרים שאינם ליניאריים בין המשתנה המסביר למוסבר:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ט. אם הנחה 5 (שונויות קבועה) לא מתקיימת, אומדי הריבועים הפחותים אינם חסרי הטיה:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- י. אם דחינו את  $H_0$  לבדיקת הטענה כי שיפוע הרגרסיה הוא שלילי בוודאי שמודל הרגרסיה הוא מובהק:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

(3) נתון המודל:  $Y_t = \beta \cdot X_t + U_t$ , כאשר כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

נתון האומד:  $\tilde{\beta} = \frac{\sum Y_t}{S_{xx}}$ .

א.  $E(\tilde{\beta}) = \underline{\hspace{2cm}}$ .

- ב. על סמך משפט גאוס מרקוב אומד זה יעיל פחות מאומד הריבועים הפחותים: נכון/ לא נכון/ אי אפשר לדעת
- ג. אומד  $\tilde{\beta}$  מוגדר רק כאשר  $S_x^2 \neq 0$ : נכון/ לא נכון/ אי אפשר לדעת
- ד. חשבו את השונות של  $\tilde{\beta}$  עבור מודל שבו  $\alpha \neq 0$ .
- ה. שונות האומד (שחושבה בסעיף הקודם) הינה גדולה משונות המודל הנתון: נכון/ לא נכון/ אי אפשר לדעת

## תשובות סופיות:

- (1) א. ii,  $F = 386.9089$ , ב. iii,  $PF < 0.0001 = Pt$ , ג.  $H_0: \beta = 0.4$ ,  $H_1: \beta > 0.4$ .  
 ד. iv, ה. i, ו.  $p(0.51 \leq \beta \leq 0.623) = 0.95$ , ז.  $p(-32,387,174.83 \leq E(Y) \leq 32,458,197.67) = 0.95$ .  
 ח. i. נכון, ii. לא נכון, iii. נכון, ט.  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$ , י. i, ii,  $H_0: \beta_2 = 10 \cdot \beta_1$ , יג. ii,  $t = -0.0574$ .  
 $D_0: CREDIT_t$   
 יד. ii,  $PVALUE > 0.1$ , טו.  $D_1: SAVINGS_t$   
 $D_2: PIKADON1_t + 10 \cdot PIKADON2_t$   
 טז. נכון.  
 (2) א. נכון, ב. לא נכון, ג. נכון, ד. לא נכון.  
 ה. לא נכון, ו. נכון, ז. נכון, ח. לא נכון.  
 ט. לא נכון, י. לא נכון.  
 (3) א.  $E(\tilde{\beta}) = \frac{\beta \sum X_t}{S_{xx}}$ , ב. לא ניתן לדעת, ג. נכון.  
 ד.  $V(\tilde{\beta}) = \frac{T\sigma^2}{S_{xx}^2}$ , ה. לא נכון.

# אקונומטריקה

פרק 25 - מבחן 5

תוכן העניינים

1. רשימת שאלות ..... 161

## מבחן 5:

## שאלות:

1) על מנת לאמוד את הקשר בין רמת המחירים במשק (P) לכמות הכסף (M), נאספו נתונים חודשיים בשנים 86-94 (סה"כ 105 תצפיות) ונאמדה המשוואה הבאה:

$$1. M_t = e^\alpha + p^\beta + e^u$$

כאשר:

m - כמות הכסף במשק לחודש (מזומנים + עו"ש).

p - מדד המחירים לצרכן במשק.

$U_t$  - סטיה מקרית המקיימת את כל ההנחות הקלאסיות.

משוואה מס' (1) נאמדה בפלט מס' 1.

Dependent Variable: ln m

## Analysis of Variance

| Source   | DF      | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F  |
|----------|---------|----------------|--------------|---------|---------|
| Model    | 1       |                |              |         | <0.0001 |
| Error    | 103     |                |              |         |         |
| C Total  | 104     | 44.91976       |              |         |         |
| Root MSE | 0.09251 |                | R-square     | 0.9804  |         |
| Dep Mean | 8.53854 |                | Adj R-sq     | 0.9802  |         |
| C. V.    | 1.08344 |                |              |         |         |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCE  |    |                    |                |                       |         |
| P        | 1  | 1.49372            | 0.09862        | 15.15                 | <.0001  |
| ln p     | 1  | 1.69267            | 0.02360        |                       | <.0001  |

א. כתבו את המשוואה בצורה ליניארית בעזרת הטרנספורמציה המתאימה.

ב. האומדן למשוואה (1) הינו: \_\_\_\_\_.

ג. המשמעות הכלכלית של  $\beta$  היא: \_\_\_\_\_.

ד. גבולות רווח-סמך ברמת סמך של 95% עבור  $\beta$  הינם:

גבול תחתון: \_\_\_\_\_.

גבול עליון: \_\_\_\_\_.

ה. ערך t לחישוב מובהקות ה- $\beta$  הינו:

i. לא ניתן לחשב ערך זה בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

ו. אם נגדיל את מדד המחירים לצרכן ביחידה אחת, כמות הכסף במשק תגדל ב:

i. 71.7233

ii. 1.69267

iii. 169.267

iv. 1.69267%

v. אף תשובה איננה נכונה.

הועלתה הטענה שתוספת של אחוז אחד במדד המחירים לצרכן תגדיל את כמות הכסף במשק ביותר מאחוז אחד.

ז. ההשערות לבדיקת הטענה: \_\_\_\_\_.

ח. סטטיסטי  $t$  לבדיקת הטענה הינו:

i. לא ניתן לחשבו באמצעות הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

ט. על פי התשובות לסעיפים הקודמים ניתן להסיק כי ערכו של סטטיסטי  $F$  לבדיקת מובהקות המודל הינו:

i. לא ניתן לחשב את ערכו של סטטיסטי  $F$  על סמך סטטיסטי  $t$ .

ii. 861.4225

iii. 5144.23

iv. 71.7233 4

י. אם נוציא שורש ריבועי למדד המחירים לצרכן במשק:

i. האומד של  $\alpha$  ישתנה: נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

ii. האומד של  $\beta$  יעלה: נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

iii. סטטיסטי  $F$  לבדיקת מובהקות המודל לא ישתנה: נכון/לא נכון/ אי אפשר לדעת

הועלתה הטענה כי יש צורך להוסיף למשוואה גם את הפעילות הכלכלית במשק (Y) כמשתנה מסביר, ולכן יש לאמוד את המשוואה הבאה:

$$LN(M)_t = \alpha + \beta_1 \cdot LN(P)_t + \beta_2 \cdot LN(Y)_t + U_t \quad 2.$$

משוואה (2) נתונה בפלט מס' 2.

Dependent Variable: lnm

## Analysis of Variance

| Source  | DF  | Sum of Squares | Mean Squares | F Value | Prob>F  |
|---------|-----|----------------|--------------|---------|---------|
| Model   | 2   | 44.05069       | 22.02535     | 2585.05 | <0.0001 |
| Error   | 102 | 0.86907        | 0.00852      |         |         |
| C Total | 104 | 44.91976       |              |         |         |

|          |         |          |        |
|----------|---------|----------|--------|
| Root MSE | 0.09231 | R-square | 0.9807 |
| Dep Mean | 8.53854 | Adj R-sq | 0.9803 |
| C. V.    | 1.08104 |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP | 1  | 0.78242            | 0.59739        | 1.31                  | 0.1932  |
| lnp      | 1  | 1.63491            | 0.05332        | 30.66                 | <.0001  |
| lny      | 1  | 0.20001            | 0.16568        | -----                 | 0.2302  |

## Covariance of Estimates

| COVB     | INTERCEP | lnp      | lny      |
|----------|----------|----------|----------|
| INTERCEP | 0.35687  | 0.025884 | -0.09762 |
| lnp      | 0.02588  | 0.002843 | -0.00792 |
| lny      | -0.09762 | -0.00792 | 0.02745  |

יא. סטטיסטי t לבדיקת הטענה הינו :

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא : \_\_\_\_\_.

יב. על פי התשובה לסעיף הקודם, ניתן להסיק

את ערכו של סטטיסטי F למובהקות המודל. נכון/ לא נכון/ אי אפשר לדעת

יג. על פי התשובה לסעיף יא' ניתן להסיק את

ערכו של סטטיסטי WALD לבדיקת הטענה. נכון/ לא נכון/ אי אפשר לדעת

הועלתה הטענה כי הגמישות ביחס למחיר גבוהה פי 10 מהגמישות ביחס לפעילות הכלכלית במשק.

יד. סטטיסטי WALD לבדיקת הטענה הינו :

i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.

ii. ניתן לחשבו וערכו הוא : \_\_\_\_\_.

טו. הרגרסיה המוגבלת כאשר  $H_0$  נכונה למבחן WALD הינה : \_\_\_\_\_

כאשר :  $D_0$  : \_\_\_\_\_  
 $D_1$  : \_\_\_\_\_

טז.

i. איזה מבין המודלים המוצעים  
במשוואות 1 ו-2 עדיף?

משוואה 1/משוואה 2/אין הבדל בין המודלים

ii. אם משתנה רמת המחירים במשק היה  
מובהק במשוואה מס' 1, הוא יהיה מובהק  
בהכרח גם במשוואה מס' 2 :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

(2) ענו על השאלות הבאות (כל שאלה בפני עצמה, בכל שאלה מונח  
המודל:  $Y = \alpha + \beta \cdot X + U$  ומתקיימות כל ההנחות הקלאסיות).

- א.  $\bar{R}^2 < R^2$  מתקיים תמיד :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ב. אם דוחים  $H_0$  במבחן חד צדדי ברמת  
מובהקות  $\alpha$ , אזי בהכרח גם נדחה  $H_0$   
במבחן הדו צדדי באותה רמת מובהקות :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ג. אם ערך האומד ל- $\beta$  גבוה, השערת האפס  
למובהקות השיפוע תידחה בוודאות :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ד. הוספת משתנה מסביר למשוואת הרגרסיה  
עשויה להקטין את  $R^2$  :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ה. אם דוחים  $H_0$  במבחן דו צדדי ברמת  
מובהקות  $\alpha$ , אזי בהכרח גם נדחה  $H_0$   
במבחן החד צדדי באותה רמת מובהקות :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ו. אם רווח בר סמך לשיפוע כולל את הערך  
אפס, ניתן לומר כי השערת האפס למובהקות  
השיפוע מתקבלת בהכרח :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ז. האומדים היעילים ביותר לפרמטרים באוכלוסייה  
יהיו בהכרח אומדי הריבועים הפחותים :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ח. בהוספת משתנה מסביר מובהק למודל,  
ערך  $\bar{R}^2$  יעלה בהכרח.  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- ט. מבחן WALD הוא מקרה פרטי של מבחן F  
למובהקות המודל :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.
- י. שיטת הריבועים הפחותים מביאה  
למקסימום את  $\bar{R}^2$  :  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת.

(3) נתון המודל:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + U_t$ .

נתון כי אר"פ למודל זה הינו:  $\hat{\beta} = \frac{S_{XY}}{S_{XX}}$ .

א. הוכיחו כי  $\hat{\beta}$  אומד ליניארי וחסר הטיה של  $\beta$ .

ב. חשבו את  $VAR(\hat{\beta})$ .

ג. נתון האומד:  $\tilde{\beta} = \frac{\sum X_t Y_t}{\sum X_t^2}$ .

הוכיחו כי  $\tilde{\beta}$  אומד ליניארי אך איננו חסר הטיה ל- $\beta$ .

ד. מהם התנאים בהם מתקיים:  $E(\tilde{\beta}) = \beta$ ?

## תשובות סופיות:

- (1) א.  $LN(M)_t = \alpha + \beta \cdot LN(P)_t + U_t$  . ב.  $LN(M)_t = 1.49372 + 1.69267 \cdot LN(P)_t$  . ג. גמישות.  
ד. גבול תחתון: 1.64527 , גבול עליון: 1.73987.

ה. ii,  $t_{\beta=0} = 71.7233$  . ו. v. ז.  $H_0: \beta = 1$  ,  $H_1: \beta > 1$  .

- ח. ii,  $t = 29.35$  . ט. i. י. לא ניתן לדעת.  
ii. אי אפשר לדעת. iii. אי אפשר לדעת. יא. ii,  $t = 1.2$  . יב. לא נכון. יג. נכון. יד. ii,  $WALD = 0.048$  .

טו.  $D_0 = LN(M)_t$  ,  $D_1 = 10 \cdot LN(P)_t + LN(Y)_t$  . טז. i. משוואה 1.

- ii. לא נכון. (2) א. נכון. ב. לא נכון. ג. לא נכון. ד. לא נכון.  
ה. לא נכון. ו. לא נכון. ז. לא נכון. ח. נכון.  
ט. לא נכון. י. נכון.

(3) א. הוכחה. ב.  $V(\hat{\beta}) = \frac{\sigma^2}{S_{xx}}$  . ג. הוכחה.

ד. ראו סרטון.

# אקונומטריקה

פרק 26 - מבחן 6

תוכן העניינים

1. כללי ..... 167

## מבחן לדוגמא מס' 2:

### שאלות:

לשם חישובים הנח כי ערך  $t$  הינו 2 וערך  $F$  הינו 4.

- (1) הנח כי הקשר באוכל' בין  $X$  ל- $Y$  נתון על ידי המשוואה הבאה:  $Y_t = \beta \cdot X_t + U_t$ , כאשר כל ההנחות הקלאסיות מתקיימות.

$$\text{נתון האומד: } \tilde{\beta} = \frac{\sum Y_t}{S_{XX}}.$$

- א. האם האומד ליניארי?
- ב. האם האומד חסר הטיה?
- ג. אומד זה יעיל פחות מאומד הריבועים הפחותים:
- ד. האם אומד זה הוא blue?
- ה. אומד  $\tilde{\beta}$  מוגדר רק כאשר:  $S_X^2 \neq 0$ : נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת
- ו. חשבו את השונות של  $\beta$  עבור מודל שבו  $\alpha \neq 0$ .
- ז. שונות האומד (שחושבה בסעיף הקודם) הינה גדולה משונות המודל הנתון: נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

- (2) על סמך מדגם של 60 משפחות שלכל אחת 3 ילדים נאמדו המשוואות הבאות:

$$1. \hat{y}_i = 15 + 0.7x_{1i} + 0.35x_{2i} + 0.20x_{3i} \quad R^2 = 0.85$$

$$2. y_i = 2 + 0.1z_i \quad R^2 = 0.25$$

$$3. z_i = x_{1i} - x_{2i} + 2x_{3i}$$

כאשר  $y_i$  הינן הוצאות משק הבית על חינוך הילדים ואילו  $x_{ji}$  הינו גילו של הילד  $j$ .

א. ההשערה שניתן לבדוק באמצעות המשוואות הנתונות הינה:

$$i. H_0: \beta_1 = \beta_2; \beta_1 = 2\beta_3$$

$$ii. H_0: \beta_1 = -\beta_2 = 2\beta_3$$

$$iii. H_0: \beta_2 = -\beta_1; \beta_3 = 2\beta_1$$

iv. לא ניתן לדעת.

ב. סטטיסטי המבחן שניתן לבדוק באמצעות המשוואות הנתונות שווה בקירוב ל:

$$i. 56$$

$$ii. 57$$

$$iii. 112$$

$$iv. 74.66$$

(3) כלכלן הציע את המודלים הבאים :

$$1. y_i = \beta_1 \ln(x_i) + \beta_2 \ln(0.5x_i) + u_i$$

$$2. y_i = \beta_1 \ln(x_i) + \beta_2 \ln(x_i^{0.5}) + u_i$$

האם ניתן לאמוד את המודלים בשיטת OLS?

א. אין בעיה לאמוד את שני המודלים.

ב. לא ניתן לאמוד את המודל הראשון בלבד.

ג. לא ניתן לאמוד את המודל השני בלבד.

ד. לא ניתן לאמוד את שני המודלים.

(4) כלכלן אמד את המודל הבא :  $y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(x_i) + u_i$  וקיבל את האומדנים :

$$\hat{\alpha}_0 = 10 \text{ ו- } \hat{\alpha}_1 = 6$$

על אותו המדגם אמד חברו את המודל הבא :  $y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_i^2) + u_i$  . מכאן ש :

$$א. \hat{\beta}_1 = 3 \text{ ו- } \hat{\beta}_0 = 5$$

$$ב. \hat{\beta}_1 = 3 \text{ ו- } \hat{\beta}_0 = 10$$

$$ג. \hat{\beta}_1 = 6 \text{ ו- } \hat{\beta}_0 = 5$$

ד. כל התשובות שגויות.

(5) על סמך מדגם של 95 תצפיות נאמד המודל הבא :  $y_i = 2 + 0.5x_{1i} + 0.3x_{2i}$  :  $R^2 = 0.73$

(1) (2)

הערכים שבסוגריים הם סטיות התקן של המקדמים.

א. בדוק האם המודל מובהק.

ב. בדוק האם מקדמי השיפוע מובהקים.

ג. מה תוכל להסיק מסעיפים א' ו-ב'?

(6) על סמך מדגם של 52 תצפיות נאמדו המשוואות הבאות :

$$1. \hat{y}_i = 4 + 0.1x_{1i} + 0.8x_{2i} \quad R^2 = 0.84$$

$$2. \hat{y}_i = 2 + 0.8x_{1i} \quad R^2 = 0.7$$

$$3. \hat{y}_i = 7 + 0.23x_{2i} \quad R^2 = 0.25$$

$$4. \hat{y}_i = 3 + 0.23z_i \quad R^2 = 0.55$$

כאשר  $x_{1i}$  ו-  $x_{2i}$  הם השכלת הבעל והאישה בהתאמה במשפחה  $i$  ו-  $y_i$  הכנסת משק בית  $i$ .

כמו כן נתון כי :  $z_i = x_{1i} + 2.2x_{2i}$

א. בדוק את ההשערה כי להשכלה אין השפעה על הכנסות המשפחה.

ב. איזה השערה ניתן לבדוק תוך שימוש במשוואות (1) ו-(4)? בדוק אותה.

ג. חשב את סטית התקן של המקדם  $x_{1i}$  ברגרסיה (1).

(7) חוקר מעוניין לאמוד את המודל:  $y_i = \alpha + u_i$ .

- א. חשב את נוסחת אומד הריבועים הפחותים ל- $\alpha$  על ידי פיתרון בעיית המינימיזציה של סכום ריבועי הסטיות.  
 ב. חשב את נוסחת שונותו של האומד.

(8) על סמך מדגם של 45 תצפיות נאמדו המודלים הבאים:

1.  $R^2 = 0.75 \quad y_i = 5.4 + 1.2x_{2i} + 4.4x_{3i} + u_i$
2.  $R^2 = 0.65 \quad y_i = 6.3 + 5.8x_{3i} + u_i$
3.  $R^2 = 0.70 \quad y_i = 5.7 + 1.2x_{2i} + u_i$
4.  $R^2 = 0.56 \quad y_i = 3.9 + 3.4\ln(x_{2i}) + u_i$
5.  $\ln(y_i) = 2.4 + 1.8x_{2i} + 2.7x_{3i}^2 + 4.2x_{4i}^2 + u_i$
6.  $y_i = 1.3 + 3.1x_{2i} + 0.5x_{3i} + 4.8x_{4i}^2 + 1.5x_{5i}^2 + u_i$

- א. דרג את הרגרסיות על פי מדד ההסבר (מהנמוך לגבוה).  
 ב. בדוק את ההשערות של משתנים  $X_2$  ו- $X_3$  ביחד אין השפעה על  $Y$  במודל (1).  
 ג. בדוק בהסתמך על מודל (2) האם המשתנה  $X_2$  מובהק ברגרסיה (1).  
 ד. ברגרסיה (1) נתונים כעת אומדי הטעויות הסטנדרטיות (סטיות התקן) של מקדמי  $X_2$  ו- $X_3$  0.5 ו-2.5 בהתאמה. בדוק עבור כל אחד מהמקדמים הנ"ל האם מובהק ומה אפשר ללמוד מרגרסיה (1).  
 ה. איזו השערה ניתן לבדוק תוך שימוש במשוואות (6) ו-(3)?

(9) על מנת לאמוד השפעת מגדר ומצב משפחתי על השכר, נאמדה המשוואה הבאה:

$$WAGE = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot GENDER + \alpha_2 \cdot FS + \alpha_3 \cdot (GENDER \cdot FS) + \beta_1 \cdot EDUC + \beta_2 \cdot AGE + U$$

כאשר:

- $GENDER$  = מגדר: 1=גבר, 0=אישה.  
 $FS$  = מצב משפחתי: 1=נשואים, 0=לא נשואים.  
 $EDUC$  = מס' שנות לימוד של העובד.  
 $AGE$  = גיל העובד.  
 $WAGE$  = שכר העובד.  
 משוואה (1) נאמדה בפלט מס' 1.  
 בנוסף נאמד גם פלט מס' 2.

- א. החוקרת הניחה כי פערי השכר, באים לידי ביטוי בשכר ההתחלתי בלבד:  
 נכון/ לא נכון/ לא ניתן לדעת.  
 ב. החוקרת הניחה כי הפערים בין נשים לגברים בשכר אינם תלויים בגיל:  
 נכון/ לא נכון/ לא ניתן לדעת.  
 ג. השערת האפס לבדיקת הטענה היא: \_\_\_\_\_.

- ד. המשתנה המוסבר ברגרסיה מס' 2 הינו: \_\_\_\_\_  
(כתבו את המודל שבו מחושב המשתנה המוסבר).  
ה. הסטטיסטי של LM לבדיקת הטענה:  
i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.  
ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.  
ו. המקדם של GENDER בפלט מס' 2 הינו: \_\_\_\_\_.

הועלתה הטענה כי הפערים בין גברים לנשים בקרב העובדים הנשואים גבוהים ביותר מ-1500 ₪ מאשר הפערים בקרב העובדים שאינם נשואים.

- ז. ההשערות לבדיקת הטענה הינן: \_\_\_\_\_.  
ח. הסטטיסטי לבדיקת הטענה:  
i. לא ניתן לחשב את הסטטיסטי בעזרת הנתונים הקיימים.  
ii. ניתן לחשבו וערכו הוא: \_\_\_\_\_.  
ט. ההשערות לבדיקת הטענה הן: \_\_\_\_\_.  
י. המודל המוגבל לבדיקת הטענה הוא: \_\_\_\_\_.  
יא. הסטטיסטי לבדיקת הטענה:  
i. לא ניתן לחשבו בעזרת הנתונים הקיימים.  
ii. ניתן לחישוב וערכו הוא: \_\_\_\_\_.

### פלט מס' 1 - משוואה 1:

**Dependent variable: WAGE**

**Number of observations used: 17495**

#### Analysis of Variance

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | 5     | 1.504815E11    | 30096294654 | 646.42  | <.0001 |
| Error   | 17489 | 8.142567E11    | 46556220    |         |        |
| C Total | 17494 | 9.647382E11    |             |         |        |

|          |            |          |        |
|----------|------------|----------|--------|
| Root MSE | 6823.35843 | R-square | 0.1560 |
| Dep Mean | 7286.58004 | Adj R-sq | 0.1557 |
| C.V.     | 93.64281   |          |        |

#### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|-----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP  | 1  | -3642.10108        | 260.72351      | -13.97                | <.0001  |
| GENDER    | 1  | 2006.13583         | 187.64224      | 10.69                 | <.0001  |
| FS        | 1  | 899.68055          | 159.19316      | 5.65                  | <.0001  |
| GENDER*FS | 1  | 1964.31810         | 227.43348      | 8.64                  | <.0001  |
| EDUC      | 1  | 428.20041          | 12.45434       | 34.38                 | <.0001  |
| AGE       | 1  | 64.72379           | 4.43948        | 14.58                 | <.0001  |

## פלט מס' 2 - מבחן LM:

Dependent variable :

Number of observations used: 17495

## Analysis of Variance

| Source  | DF    | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F |
|---------|-------|----------------|-------------|---------|--------|
| Model   | 5     | 66653745252    | 13330749050 | 286.32  | <.0001 |
| Error   | 17489 | 8.142567E11    | 46558220    |         |        |
| C Total | 17494 | 8.809105E11    |             |         |        |

|          |             |          |        |
|----------|-------------|----------|--------|
| Root MSE | 6823.35843  | R-square | 0.0757 |
| Dep Mean | 2.29222E-12 | Adj R-sq | 0.0754 |
| C.V.     | 2.97675E17  |          |        |

## Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | T for H0: Parameter=0 | Prob> T |
|-----------|----|--------------------|----------------|-----------------------|---------|
| INTERCEP  | 1  | -1244.40187        | 260.72351      | -4.77                 | <.0001  |
| GENDER    | 1  |                    |                |                       |         |
| FS        | 1  | 899.68055          | 159.19316      | 5.65                  | <.0001  |
| GENDER*FS | 1  | 1964.31810         | 227.43348      | 8.64                  | <.0001  |
| EDUC      | 1  | 23.18457           | 12.45434       | 1.86                  | 0.0627  |
| AGE       | 1  | -38.13257          | 4.43948        | -8.59                 | <.0001  |

## 10) ענה על הסעיפים הבאים :

- א. במודל דינאמי עם מתאם סדרתי האומדים מוטים אך עקיבים :  
נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ב. בהשמטת משתנה רלוונטי, אם נתון שהמתאם בין המשתנים המסבירים חיובי, והשפעת המשתנה שהושמט שלילית, אזי האומד ל- $\beta$  במודל הנאמד בעל הטיה חיובית :  
נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ג. המודל הבא נאמד במדגם של 1000 תצפיות והתקבלו התוצאות הבאות :

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + U_t$$

(0.2)   (0.8)   (0.6)

$$R^2 = 0.4$$

(המספרים בסוגריים הם ערכי t של המקדמים).

לאור הנתונים שהתקבלו נראה כי במשוואה :

- i. אין כל בעיה סטטיסטית ולכן האומדים המתקבלים הם חסרי הטיה.
- ii. יש בעיה של : \_\_\_\_\_, אך האומדים המתקבלים עדיין חסרי הטיה.
- iii. יש בעיה של : \_\_\_\_\_ והאומדים המתקבלים מוטים.

ד. המודל הבא נאמד במדגם של 1000 תצפיות והתקבלו התוצאות הבאות:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + U_t$$

$$(7.8) \quad (0.2) \quad (-6.3)$$

לאור הנתונים שהתקבלו נראה כי במשוואה:

- i. אין כל בעיה סטטיסטית ולכן האומדים המתקבלים הם חסרי הטיה.
- ii. יש בעיה של: \_\_\_\_\_, אך האומדים המתקבלים עדיין חסרי הטיה.
- iii. יש בעיה של: \_\_\_\_\_ והאומדים המתקבלים מוטים.

**11** נתון המודל:  $Y = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + U_t$

- א. אם קיים מתאם סדרתי מסדר ראשון, אומדי הריבועים הפחותים חסרי הטיה ועקיבים אך לא יעילים:  
נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ב. הוספת המשתנה  $Y_{t-1}$  למשוואה, יכולה לפתור את בעיית המתאם הסדרתי מסדר ראשון:  
נכון/לא נכון/לא ניתן לדעת
- ג. רגרסיית עזר למתאם סדרתי שלישי הינה: \_\_\_\_\_.
- ד. דרגות החופש של הערך הקריטי לבדיקת ההשערה בסעיף ג' הינן: \_\_\_\_\_.

**12** נתון המודל:

$$1. Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + U_t$$

- א. האומדים המתקבלים בשיטת הריבועים הפחותים הם מוטים, אך עקיבים:  
נכון/לא נכון/אי אפשר לדעת

פתרון הבעיה הקיימת במשוואה (1) ייתכן על ידי אמידת המשוואה

$$\text{הבאה: } (Y_t \cdot W_t) = \delta_0 \cdot W_t + \delta_1 \cdot (X_{1t} \cdot W_t) + \delta_2 \cdot (X_{2t} \cdot W_t) + V_t$$

- ב. כאשר  $W_t$  הינו: \_\_\_\_\_.
- ג. משוואה (2) בצורתה המפורשת הינה:  
\_\_\_\_\_ =  $\delta_0 \cdot$  \_\_\_\_\_ +  $\delta_1 \cdot$  \_\_\_\_\_ +  $\delta_2 \cdot$  \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_
- מלאו את החסר במונחי המשתנים של משוואה (1).
- ד. האומד היעיל ל- $\sigma^2$  הינו: \_\_\_\_\_.

## תשובות סופיות:

- (1) א. כן. ב. מוטה. ג. אי אפשר לדעת. ד. לא.
- ה. נכון. ו.  $V(\tilde{\beta}) = \frac{n\sigma^2}{S_{xx}^2}$ . ז. לא נכון.
- (2) א. iii. ב. iii.
- (3) ד'.
- (4) ב'.
- (5) א. מובהק. ב. אינם מובהקים. ג. ראו סרטון.
- (6) א. מובהק. ב.  $H_0: \beta_2 = 2.2\beta_1$ . ג.  $S.E = 0.00743$ .
- (7) א.  $\hat{\alpha} = \bar{y}$ . ב.  $V(\hat{\alpha}) = \frac{\sigma_e^2}{n}$ .
- (8) א.  $6 > 1 > 3 > 2 > 4$ . ב. יש עדות לכך. ג. יש עדות לכך.
- ד.  $X_2$  מובהק,  $X_3$  אינו מובהק. ה.  $H_0: \beta_2 = \beta_4 = \beta_5 = 0$ .
- (9) א. נכון. ב. נכון. ג.  $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$ .
- ד. ראו סרטון. ה. ראו סרטון. ו. ראו סרטון.
- ז.  $H_0: \alpha_3 = 1500$ . ח. ii,  $t_{stat} = 2.04$ . ט.  $H_0: \alpha_1 = \alpha_2$ .
- י.  $H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$ .
- יא. i.
- (10) א. לא נכון. ב. לא נכון. ג. ii, בעיה של מולטיקולינאריות חלקית.
- ד. ii, בעיה של הוספת משתנה לא רלוונטית.
- (11) א. נכון. ב. נכון. ג.  $\hat{u}_t / X_{1t}, X_{2t}; \hat{u}_{t-1}, \hat{u}_{t-2}, \hat{u}_{t-3}$ .
- ד. 3.
- (12) א. לא נכון. ב.  $W_t = \frac{X_{2t}}{X_{1t}}$ .
- ג.  $\frac{Y_t \cdot X_{2t}}{X_{1t}} = \delta_0 \cdot \frac{X_{2t}}{X_{1t}} + \delta_1 \cdot X_{2t} + \delta_2 \cdot \frac{X_{2t}^2}{X_{1t}} + \frac{u_t X_{2t}}{X_{1t}}$ .
- ד.  $S^2 = \frac{ESS}{T-k}$ .