# ביוסטטיסטיקה חלק א

## פרק 27 - המשתנה המקרי הדו ממדי הבדיד - שאלות מסכמות

תוכן העניינים

1. שאלות מסכמות ..... 1

# המשתנה המקרי הדו ממדי הבדיד – שאלות מסכמות:

## רקע:

### משתנים בלתי תלויים:

יהיו משתנים $X$ ו- $Y$. הם יהיו משתנים בלתי תלויים אם עבור כל $X$ ו- $Y$ אפשריים מתקיים: $p(x=k,y=l)=p(x=k)\cdot p(y=l)$.

### מקדם המתאם:

מגדירים את מקדם המתאם: $\rho=\frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x\cdot\sigma_y}$.

### שונות משותפת:

מגדירים את השונות המשותפת:

$$\text{cov}(x,y)=E\left[(x-\mu_x)(y-\mu_y)\right]=E(x\cdot y)-E(x)\cdot E(y)$$

תכונות של השונות המשותפת:

1. $\text{cov}(X,Y)=\text{cov}(Y,X)$.
2. $\text{cov}(X,X)=\text{var}(X)$.
3. $\text{cov}\left[(aX+b),(cY+d)\right]=a\cdot c\cdot\text{cov}(X,Y)$.

### משתנים בלתי מתואמים:

משתנים בלתי מתואמים הם משתנים שמקדם המתאם שלהם אפס וכדי שדבר כזה יקרה השונות המשותפת צריכה להתאפס.


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**השפעת טרנספורמציה לינארית על מקדם המתאם:**

$$\rho\left[(aX+b),(cY+d)\right]=\begin{cases}\rho(X,Y) & \text{if} \quad a\cdot c>0\\ -\rho(X,Y) & \text{if} \quad a\cdot c<0\end{cases}$$

**תוחלת ושונות של סכום משתנים:**

$$E(X+Y)=E(X)+E(Y)\;V(X+Y)=V(X)+V(Y)+2\cdot\operatorname{cov}(X,Y)$$

**קומבינציות לינאריות:**

נגדיר קומבינציה ליניארית כללית באופן הבא: $W=(aX+b)+(cY+d)$.
אזי מתקיים:

$$E(W)=E\left((aX+b)+(cY+d)\right)=aE(X)+b+cE(Y)+d$$
$$V(W)=V\left((aX+b)+(cY+d)\right)=a^2V(X)+c^2V(Y)+2\cdot a\cdot c\cdot\operatorname{cov}(X,Y)$$


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

## שאלות:

**1)** יש ליצור סיסמה בת 3 תווים. כל תו יכול להיבחר רק מתוך כלל התווים הבאים: $A$ , $B$ , $C$ , $1$ , $2$ . יהי $X$ מספר הפעמים שהספרה 1 מופיעה בסיסמה, ויהי $Y$ מספר הפעמים שהספרה 1 מופיעה בקצה הסיסמה (שני הקצוות).

א. זהו את ההתפלגויות השוליות של $X$ ו- $Y$ כהתפלגויות מיוחדות.

ב. מצאו את ההתפלגות המשותפת של $X$ ושל $Y$.

ג. מצאו את מקדם המתאם בין $X$ ל- $Y$.

ד. מהו המתאם בין $2X$ ל- $3Y+5$?

**2)** במסיבת סוף שנה ישנו ארגז קרח ובתוכו 7 בקבוקי בירה: 4 "מכבי", 2 "גולדסטאר" ו-1 "טובורג".
קרן לקחה 3 בקבוקי בירה באקראי מתוך ארגז הקרח.
נסמן ב- $X$ את מספר בקבוקי "מכבי " שנלקחו על ידי קרן,
ונסמן ב- $Y$ את מספר בקבוקי "טובורג" שנלקחו על ידי קרן.

א. בנו את פונקציית ההסתברות המשותפת של $X$ ושל $Y$.

ב. חשבו את התוחלת והשונות של $X$ ושל $Y$ .

ג. מצאו את השונות המשותפת של $X$ ושל $Y$.

ד. נגדיר את $W$ כמספר בקבוקי ה"גולדסטאר" שנלקחו על ידי קרן.
בטאו את $W$ באמצעות $X$ ו- $Y$, וחשבו את התוחלת והשונות של $W$ על סמך התוצאות שהתקבלו בשני הסעיפים הקודמים בלבד.

ה. מהו מקדם המתאם בין מספר בקבוקי "מכבי" שנלקחו על ידי קרן, למספר בקבוקים שאינם "מכבי" שנלקחו על ידי קרן?

**3)** במגירה 6 זוגות נעליים. יהודה הוציא מהמגירה 4 נעליים (לא בהכרח זוגות) באקראי. נסמן ב- $W$ את מספר זוגות הנעליים שהוציא יהודה, ונסמן ב- $R$ את מספר הנעליים השמאליות שהוציא יהודה.

א. מצא את ההתפלגות המשותפת של המשתנים שהוצגו.

ב. האם המשתנים שהוצגו בלתי תלויים?

ג. מצא את התפלגות מספר הנעליים השמאליות שהוצאו אם בסך הכול הוצא זוג נעלים יחיד על ידי יהודה.

ד. אם ידוע שהוצאו לפחות 3 נעליים שמאליות מה הסיכוי שהוצא לכל היותר זוג אחד?


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**4)** בכד 5 כדורים כחולים, 4 כדורים לבנים ו-3 כדורים ירוקים. בוחרים באקראי וללא החזרה 3 כדורים. נגדיר את המשתנים הבאים:

$X$ - מקבל את הערך 1 אם נבחר לפחות כדור אחד כחול, ו-0 אחרת.

$Y$ - מספר הכדורים הלבנים שנבחרו.

א. חשבו את $P(X=1)$.

ב. בנו את פונקציית ההסתברות המשותפת של $X$ ו- $Y$.

ג. מה התוחלת של $Y$, אם ידוע שלא הוצאו כדורים כחולים?

ד. מה השונות של $X$, אם ידוע שהוצא לכל היותר כדור לבן אחד?

**5)** ביום ההולדת הרביעי של טל הוא מחלק שלושה פרסים שונים באקראי ל-5 ילדים. בכל פעם שטל מחלק פרס הוא בוחר באקראי ילד מתוך ה-5 באופן אקראי ובלתי תלוי בבחירות הקודמות. נגדיר את המשתנים הבאים:

$X$ - מספר הפרסים שקיבלה יוליה.

$Y$ - מספר הילדים שלא קיבלו פרס.

א. בנו את פונקציית ההסתברות המשותפת והשוליות של $X$ ו- $Y$.

ב. האם $X$ ו- $Y$ הם משתנים בלתי מתואמים?

ג. מצאו את התוחלת של $X \cdot Y^2$.

ד. מה מקדם המתאם בין מספר הפרסים שקיבלה יוליה, למספר הילדים שקיבלו פרס?

**6)** קבעו אילו מהטענות הבאות נכונות. נמקו.

א. אם שני משתנים הם מתואמים, אזי הם תלויים.

ב. אם שני משתנים הם תלויים, אזי הם מתואמים.

ג. אם שני משתנים הם בלתי תלויים, אזי הם בלתי מתואמים.

ד. אם שני משתנים הם בלתי מתואמים, אזי הם בלתי תלויים.

**7)** במקום עבודה 50 עובדים מתוכם 25 גברים ו-25 נשים. כל עובד נתבקש לבחור מתנה לחג. לכל עובד מוצגות 5 אופציות, מתוכן הוא צריך לבחור אחת. העובדים בוחרים מתנה באקראי ובאופן בלתי תלוי זה בזה.

נסמן $X_i$ - מספר הגברים שבחרו במתנה $i$.

נסמן $Y_i$ - מספר הנשים שבחרו במתנה $i$.

א. האם $X_1$ ו- $Y_1$ הם משתנים בלתי תלויים? אין צורך לחשב רק להסביר.

ב. האם $X_1$ ו- $X_2$ הם משתנים בלתי תלויים? אין צורך לחשב רק להסביר.

ג. מהי ההתפלגות של $X_1 + X_2$?

ד. האם המתאם בין $X_1$ ו- $X_2$ מלא או חלקי? חיובי או שלילי? אין צורך לחשב רק להסביר.


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**8)** הוכיחו את הזהות הבאה עבור שלושת המשתנים: $X$ , $Y$ ו- $Z$:
$\cov(X+Y,Z)=\cov(X,Z)+\cov(Y,Z)$.

**9)** מספר העלים שנושרים בסתיו מהעץ בגינה מתפלג פואסונית עם תוחלת של 50 עלים בדקה. נסמן ב- $Y$ את מספר העלים שנושרים מהעץ בין 12:00 ל-12:10, ונסמן ב- $Q$ את מספר העלים שנושרים בין 12:05 ל-12:30.

א. חשבו את: $\cov(4Y,Q+6)$.

ב. מה המתאם בין $Y$ ל- $Q$?

**10)** בסל יש 20 כדורים אדומים, 20 ירוקים ו-20 כחולים. מוציאים באקראי מהסל 20 כדורים. מצאו את מקדם המתאם בין מספר הכדורים האדומים שהוצאו למספר הכדורים הירוקים שהוצאו.

**11)** נתון ש: $Y\sim B(1,p)$ כאשר $0<P<1$.

הוכיחו שאם מתקיים: $P(X=x|Y=0)=P(X=x|Y=1)$ לכל $X$ ,
אז $X$ ו- $Y$ הם משתנים בלתי תלויים.

**12)** נתון ש- $X\sim B(n,p)$ וכן: $Y\sim B(m,p)$ , שאינם תלויים זה בזה.

הוכיחו שמתקיים: $X\mid X+Y=k\sim HG(n+m,n,k)$.


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

## תשובות סופיות:

**1)** א. $X \sim B\left(3,\frac{1}{5}\right)$ , $Y \sim B\left(2,\frac{1}{5}\right)$ .

ב. להלן טבלה: ג. 0.816. ד. 0.816.

| $X/Y$ | 0 | 1 | 2 | 3 | $P_Y$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $\frac{64}{125}$ | $\frac{16}{125}$ | 0 | 0 | $\frac{80}{125}$ |
| 1 | 0 | $\frac{32}{125}$ | $\frac{8}{125}$ | 0 | $\frac{40}{125}$ |
| 2 | 0 | 0 | $\frac{4}{125}$ | $\frac{1}{125}$ | $\frac{5}{125}$ |
| $P_X$ | $\frac{64}{125}$ | $\frac{48}{125}$ | $\frac{12}{125}$ | $\frac{1}{125}$ | 1 |

**2)** א. להלן טבלה: ב. $E(Y)=\frac{3}{7}$ , $V(Y)=\frac{12}{49}$ , $E(X)=\frac{12}{7}$ , $V(X)=\frac{24}{49}$ .

| $X/Y$ | 0 | 1 | 2 | 3 | $P_Y$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $\frac{3}{35}$ | $\frac{12}{35}$ | $\frac{4}{35}$ | $\frac{20}{35}$ |
| 1 | $\frac{1}{35}$ | $\frac{8}{35}$ | $\frac{6}{35}$ | 0 | $\frac{15}{35}$ |
| $P_X$ | $\frac{1}{35}$ | $\frac{12}{35}$ | $\frac{18}{35}$ | $\frac{4}{35}$ | 1 |

ג. $-\frac{8}{49}$ . ד. $E(W)=\frac{6}{7}$ , $V(W)=\frac{20}{49}$ . ה. -1.

**3)** א. להלן טבלה: ב. המשתנים תלויים.

| $R/W$ | 0 | 1 | 2 | $P_R$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | $\frac{15}{495}$ | 0 | 0 | $\frac{15}{495}$ |
| 1 | $\frac{60}{495}$ | $\frac{60}{495}$ | 0 | $\frac{120}{495}$ |
| 2 | $\frac{90}{495}$ | $\frac{120}{495}$ | $\frac{15}{495}$ | $\frac{225}{495}$ |
| 3 | $\frac{60}{495}$ | $\frac{60}{495}$ | 0 | $\frac{120}{495}$ |
| 4 | $\frac{15}{495}$ | 0 | 0 | $\frac{15}{495}$ |
| $P_W$ | $\frac{240}{495}$ | $\frac{240}{495}$ | $\frac{15}{495}$ | 1 |


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

ג. להלן טבלה:

ד. 1.

| $R/w=1$ | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $P(R/w=1)$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ |

**4)** א. $\frac{185}{220}$. ב. להלן טבלה: ג. 1.714. ד. 0.071.

| $X/Y$ | 0 | 1 | $P_Y$ |
|---|---|---|---|
| 0 | $\frac{1}{220}$ | $\frac{55}{220}$ | $\frac{56}{220}$ |
| 1 | $\frac{12}{220}$ | $\frac{100}{220}$ | $\frac{112}{220}$ |
| 2 | $\frac{18}{220}$ | $\frac{30}{220}$ | $\frac{48}{220}$ |
| 3 | $\frac{4}{220}$ | 0 | $\frac{4}{220}$ |
| $P_X$ | $\frac{35}{220}$ | $\frac{185}{220}$ | 1 |

**5)** א. להלן טבלה: ב. $X$ ו-$Y$ בלתי מתואמים.

| $X/Y$ | 0 | 1 | 2 | 3 | $P_Y$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | $\frac{24}{125}$ | $\frac{36}{125}$ | 0 | 0 | $\frac{60}{125}$ |
| 3 | $\frac{36}{125}$ | $\frac{12}{125}$ | $\frac{12}{125}$ | 0 | $\frac{60}{125}$ |
| 4 | $\frac{4}{125}$ | 0 | 0 | $\frac{1}{125}$ | $\frac{5}{125}$ |
| $P_X$ | $\frac{64}{125}$ | $\frac{48}{125}$ | $\frac{12}{125}$ | $\frac{1}{125}$ | 1 |

ג. 4.128. ד. 0.

**6)** א. נכון. ב. לא נכון. ג. נכון. ד. לא נכון.


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**7)** א. בלתי תלויים. ב. תלויים. ג. $x_1 + x_2 \sim B\left(n = 25, p = \frac{2}{5}\right)$.

ד. חלקי ושלילי.

**8)** שאלת הוכחה.

**9)** א. 1000. ב. 0.316.

**10)** -0.5.

**11)** שאלת הוכחה.

**12)** שאלת הוכחה.


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל