

# מבוא להסתברות להנדסה רפואית

פרק 41 - קונבולוציה - התפלגות סכום משתנים בלתי תלויים

תוכן העניינים

1. קונבולוציה - התפלגות סכום משתנים בלתי תלויים.....1

## קונבולוציה – התפלגות סכום משתנים בלתי תלויים:

**רקע:**

יהיו  $X$  ו- $Y$  שני משתנים מקריים בלתי תלויים ונתעניין בהתפלגות סכומם:  
 $T = X + Y$  - שגם הוא משתנה מקרי.  
 אם מדובר במשתנים מקריים רציפים עם פונקציות צפיפות  $f_X$  ו- $f_Y$ , פונקציית הצפיפות של  $T = X + Y$ , תינתן על ידי נוסחת הקונבולוציה הבאה:

$$f_{X+Y}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_X(t-y) \cdot f_Y(y) dy$$

**דוגמה (פתרון בהקלטה):**

נתון:  $X \sim \exp(1)$  וכן:  $Y \sim \exp(2)$ . מצאו את פונקציית הצפיפות של:  $T = X + Y$ .

## שאלות:

- (1) נתון ש- $Y, X \sim \exp(\lambda)$ . כמו כן ידוע ש- $X$  ו- $Y$  בלתי תלויים. מצאו את פונקציית הצפיפות של  $X + Y$ .
- (2) נתון ש- $X$  ו- $Y$  משתנים בלתי תלויים המתפלגים נורמלית סטנדרטית. הוכיחו ש- $T = X + Y$  מתפלג נורמלית עם תוחלת 0 ושונות 2.
- (3) סוללה מסוג A בעלת אורך חיים המתפלג אחיד בין 1 ל-3 שעות. כמו כן נתונה סוללה מסוג B בעלת אורח חיים המתפלג מעריכית עם תוחלת חיים של שעה. מכשיר מופעל על ידי סוללה A וברגע שהסוללה מתרוקנת אוטומטית מופעלת סוללה B. נסמן ב- $Z$  את הזמן הכולל של פעילות המכשיר. א. מצאו את פונקציית הצפיפות של  $Z$ . ב. מה הסיכוי שהמכשיר יפעל פחות מ-4 שעות?
- (4)  $X$  ו- $Y$  משתנים מקריים רציפים ובלתי תלויים בעלי פונקציות הצפיפות הבאות:  $f_x(x) = \frac{1}{4}$   $-2 \leq x \leq 2$ ,  $f_y(y) = \begin{cases} y+1 & -1 \leq y \leq 0 \\ 1-y & 0 \leq y \leq 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$ . מצאו את פונקציית הצפיפות של  $X + Y$ .
- (5) יהיו  $X$  ו- $Y$  משתנים מקריים רציפים ובלתי תלויים בעלי התפלגות אחידה:  $X \sim U(2,3)$   $Y \sim U(1,5)$ . א. מהי ההתפלגות של סכום המשתנים הללו? ב. מה הרבעון העליון של סכום המשתנים?
- (6) יהיו  $X, Y$  ו- $Z$  מתפלגים אחיד רציף באופן בלתי תלוי בין 0 ל-1. מצאו את פונקציית הצפיפות של:  $X + Y + Z$ .
- (7) הוכיחו את נוסחת הקונבולוציה עבור המקרה הרציף. (רמז: היעזרו בפונקציית הצפיפות המשותפת ובהגדרה של משתנים מקריים רציפים בלתי תלויים).

## תשובות סופיות:

$$f_T(t) = \lambda^2 \cdot e^{-\lambda t} \cdot t \quad t \geq 0 \quad (1)$$

(2) שאלת הוכחה.

$$f_z(z) = \begin{cases} \frac{1}{2}(1 - e^{1-z}) & 1 \leq z \leq 3 \\ \frac{1}{2}(e^{3-z} - e^{1-z}) & z > 3 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad \text{א. ב. 0.841} \quad (3)$$

$$f_T(t) = \begin{cases} \frac{1}{8}(t+3)^2 & -3 \leq t \leq -2 \\ \frac{1}{8}(2 - (t+1)^2) & -2 < t < -1 \\ \frac{1}{4} & -1 \leq t \leq 1 \\ \frac{1}{8}(2 - (t-1)^2) & 1 < t < 2 \\ \frac{1}{8}(t-3)^2 & 2 \leq t \leq 3 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

$$f_T(t) = \begin{cases} \frac{t-3}{4} & 3 \leq t \leq 4 \\ \frac{1}{4} & 4 < t < 7 \\ \frac{8-t}{4} & 7 \leq t \leq 8 \end{cases} \quad \text{א. ב. 4.5} \quad (5)$$

$$f_w(w) = \begin{cases} \frac{w^2}{2} & 0 \leq w \leq 1 \\ -w^2 + 3w - 1.5 & 1 < w < 2 \\ \frac{(3-w)^2}{2} & 2 \leq w \leq 3 \end{cases} \quad (6)$$

(7) שאלת הוכחה.