מבוא להסתברות להנדסה רפואית

פרק 29 - המשתנה המקרי הרציף - התפלגויות כלליות ללא אינטגרלים

תוכן העניינים

1. כללי 1

המשתנה המקרי הרציף – התפלגויות כלליות ללא אינטגרלים:

רקע:

בפרק זה נעסוק בהתפלגות של משתנים מקריים רציפים (גובה אדם אקראי, זמן תגובה וכו').

משתנים רציפים הם משתנים שבתחום מסוים מקבלים רצף אינסופי של ערכים אפשריים בניגוד למשתנים בדידים.

נתאר את המשתנה המקרי הרציף על ידי פונקציה הנקראת פונקציית צפיפות.
באופן כללי נסמן פונקציית צפיפות של משתנה רציף כלשהו ב- $f(x)$.

השטח שמתחת לפונקציית הצפיפות נותן את ההסתברות.

פונקציית צפיפות חייבת להיות לא שלילית והשטח הכולל שמתחת לפונקציה יהיה תמיד 1.

בקורס הנוכחי לא נבצע אינטגרציה כדי לחשב את השטחים, אלא נשתמש בצורות הנדסיות מקובלות.

ריענון מתמטי:

<u>נוסחאות לחישוב שטחים</u>:

שטח משולש: גובה (h) כפול הבסיס (a) חלקיי 2: $S_{triangle}=\frac{h\cdot a}{2}$.

שטח מלבן: אורך (a) כפול רוחב (b): $S_{rectangle}=a\cdot b$.

<u>משוואת קו ישר</u>:

$y=mx+n$.

m - שיפוע.

n - נקודת החיתוך עם ציר ה- y.

שיפוע של ישר העובר דרך שתי נקודות: $(X_1,Y_1),(X_2,Y_2)$: $m=\frac{Y_2-Y_1}{X_2-X_1}$.

משוואת ישר שעובר דרך נקודה ספציפית (X_1,Y_1) ושיפועו ידוע m:
$y-Y_1=m(x-X_1)$.

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

פונקציית התפלגות מצטברת:

היא פונקציה הנותנת במשתנה רציף את הסיכוי ליפול מתחת לערך מסוים:

$$\boxed{F(t)=p(X\le t)}$$

כמו כן:

$$\boxed{p(X>t)=1-F(t)} \qquad \boxed{p(a<X<b)=F(b)-F(a)}$$

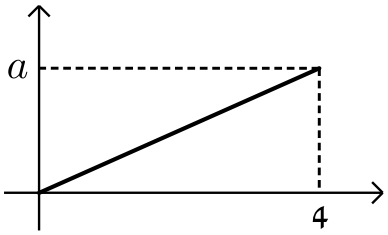
אחוזונים:

האחוזון ה- P הוא ערך (נסמן אותו: x_p) שהסיכוי ליפול מתחתיו הוא P.

כלומר: $\boxed{p(X\le x_p)=p}$

דוגמה (פתרון בהקלטה):

בשרטוט שלפניכם נתונה פונקציית הצפיפות של המשתנה X.
X הינו זמן ההמתנה למענה קולי בדקות.



א. מצאו את ערכו של a.

ב. רשום את נוסחת פונקציית הצפיפות.

ג. חשבו את הסיכוי שזמן ההמתנה נמוך מ-2 דקות.

ד. בנו את פונקציית ההתפלגות המצטברת.

ה. מהו האחוזון ה-80 של ההתפלגות?

תשובות:

א.
$$S_{\Delta}=\frac{a\cdot h}{2}=\frac{4\cdot a}{2}=2a$$
$$2a=1\rightarrow a=\frac{1}{2}$$

ב.
$$f(x)=\begin{cases}\frac{1}{8}\cdot x & 0\le x\le 4\\ 0 & \text{אחרת}\end{cases}$$

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

ג. $p(x<2)=\frac{2\cdot\frac{1}{4}}{2}=\frac{1}{4}=p(x\le 2)$

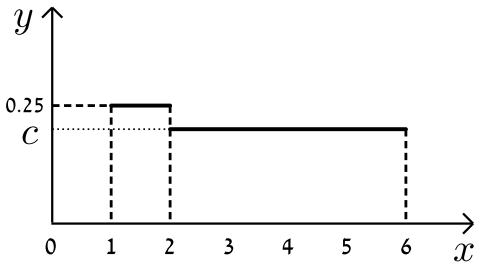
ד. $p(x\le t)=f(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ t\cdot\frac{t}{8}=\frac{t^2}{16} & 0\le t\le 4\\ 1 & t>4\end{cases}$

ה. $p(x<2)=f(2)=\frac{2^2}{16}=\frac{1}{4}$

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

שאלות:

1) X הינו משתנה רציף עם פונקציית צפיפות כמוצג בשרטוט:



א. מצא את ערכו של c.

ב. בנה את פונקציית ההתפלגות המצטברת.

ג. חשבו את ההסתברויות הבאות:

i. $P(x<4)$.

ii. $P(x>1.5)$.

iii. $P(1.5<x<5)$.

iv. $P(5<x<10)$.

ד. מצא את החציון של המשתנה.

2) נתון משתנה מקרי רציף X שפונקציית הצפיפות שלו היא:

$$f(x)=\begin{cases} cx & 0\le x\le b \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases}$$

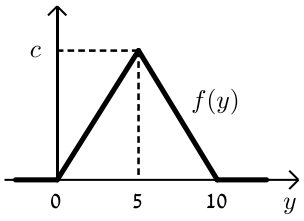
ידוע ש- $P(0<X<1)=\frac{1}{4}$.

א. מצאו במפורש את פונקציית הצפיפות של X.

ב. מצאו את החציון של X.

ג. מה הסיכוי ש-X קטן מ-0.5?

3) נתונה פונקציית צפיפות של משתנה מקרי Y:



א. מצאו את c.

ב. מצאו את פונקציית ההתפלגות המצטברת של Y.

ג. חשבו את ההסתברויות:

i. $P(Y=7.0)$.

ii. $P(Y\le 3.0)$.

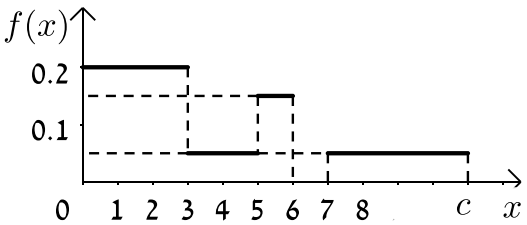
iii. $P(7.5\le Y\le 15.5)$.

iv. $P(Y>4)$.

ד. מצאו את העשירון התחתון: $y_{0.1}$, הרבעון התחתון: $y_{0.25}$ והחציון של Y.
הסיקו מהו העשירון עליון: $y_{0.9}$.

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

4) נתונה פונקציית צפיפות של משתנה מקרי X:



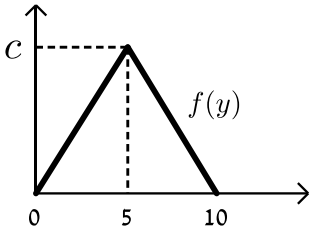
א. מצאו ערך c שעבורו תתקבל פונקציית צפיפות.

ב. מצאו את פונקציית ההתפלגות המצטברת.

ג. חשבו את ההסתברויות הבאות:

$P(X \geq 4)$, $P(X \geq -2.0)$, $P(1.0 < X \leq 5.0)$.

5) נתונה פונקציית הצפיפות הבאה:



א. מה ערכו של c?

ב. מצא אינטרוול (תחום) סימטרי סביב הערך 5 שהסיכוי ליפול בו הינו $\frac{1}{2}$.

6) זמן ההמתנה בדקות של לקוח בתור למכולת השכונתית מתפלג עם פונקציית ההתפלגות המצטברת הבאה: $F(t)=1-e^{-0.2t}$.

א. מה הסיכוי שזמן ההמתנה יהיה לפחות רבע שעה?

ב. אם חיכיתי בתור 10 דקות מה ההסתברות שאאלץ לחכות בסך הכל פחות מרבע שעה?

ג. מה הזמן ש-90% מהלקוחות מחכים מתחתיו?

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

תשובות סופיות:

1) א. $\frac{3}{16}$. ב. $f(t)=\begin{cases}0 & t>1\\ (t-1)\cdot 0.25 & 1\le t\le 2\\ 0.25+(t-2)\cdot\frac{3}{16} & 2<t\le 6\\ 1 & t>6\end{cases}$. ג. i. $\frac{5}{8}$.

ii. $\frac{7}{8}$. iii. $\frac{11}{16}$. iv. $\frac{3}{16}$. ד. $3\frac{1}{3}$.

2) א. $f(x)=\begin{cases}\frac{1}{2}\cdot x & 0\le x\le 2\\ 0 & \text{אחרת}\end{cases}$. ב. 1.41. ג. $\frac{1}{16}$.

3) א. 0.2.

ב. $f(t)=p(y\le t)=\begin{cases}0 & t<0\\ \frac{t\cdot 0.04t}{2}=0.02t^2 & 0\le t\le 5\\ 1-\frac{(10-t)(-0.04(t-10))}{2}=1-0.02(t-10)^2 & 5<t\le 10\\ 1 & t>10\end{cases}$

ג. i. 0. ii. 0.18. iii. 0.125. iv. 0.32.

ד. $Y_{0.5}=5$, $Y_{0.25}=3.54$, $Y_{0.9}=7.76$, $Y_{0.1}=2.24$.

4) א. 10. ב. $f(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ 0.2t & 0<t\le 3\\ 0.6+(t-3)\cdot 0.05 & 3<t\le 5\\ 0.7+(t-5)\cdot 0.15 & 5<t\le 6\\ 0.85 & 6<t\le 7\\ 0.85+(t-7)\cdot 0.05 & 7<t\le 10\\ 1 & t>10\end{cases}$

ג. $P(1<x<5)=0.5$, $P(x\ge -2)=1$, $P(x\ge 4)=0.35$.

5) א. 0.2. ב. 5 ± 1.46.

6) א. 0.0498. ב. 0.6321. ג. 115.13.

© כל הזכויות שמורות לברק קנדל