תרגול 9 - ניתוח פלט

ניתוח פלט - מוטיבציה

עד עכשיו למדנו לבנות סימולציה ולהריץ אותה.

ניתוח פלט - מוטיבציה

עד עכשיו למדנו לבנות סימולציה ולהריץ אותה.

אבל בסוף ההרצה אנחנו לא מקבלים "את האמת".

ניתוח פלט - מוטיבציה

עד עכשיו למדנו לבנות סימולציה ולהריץ אותה.

אבל בסוף ההרצה אנחנו לא מקבלים "את האמת".

אנחנו מקבלים **תצפית אקראית** מתוך ניסוי אקראי.

ניתוח פלט - מוטיבציה

עד עכשיו למדנו לבנות סימולציה ולהריץ אותה.

אבל בסוף ההרצה אנחנו לא מקבלים "את האמת".

אנחנו מקבלים **תצפית אקראית** מתוך ניסוי אקראי.

איך הופכים פלט אקראי למסקנה סטטיסטית?

ניתוח פלט - מוטיבציה

עד עכשיו למדנו לבנות סימולציה ולהריץ אותה.

אבל בסוף ההרצה אנחנו לא מקבלים "את האמת".

אנחנו מקבלים **תצפית אקראית** מתוך ניסוי אקראי.

איך הופכים פלט אקראי למסקנה סטטיסטית?

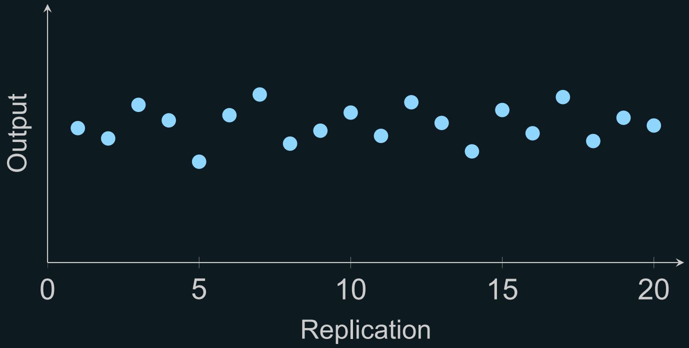
הרעיון המרכזי:

נריץ את הסימולציה מספר פעמים כדי להגביר את הבטחון שלנו בתוצאות.

פלט של סימולציה

נניח שהרצנו את אותה סימולציה n פעמים בלתי תלויות.

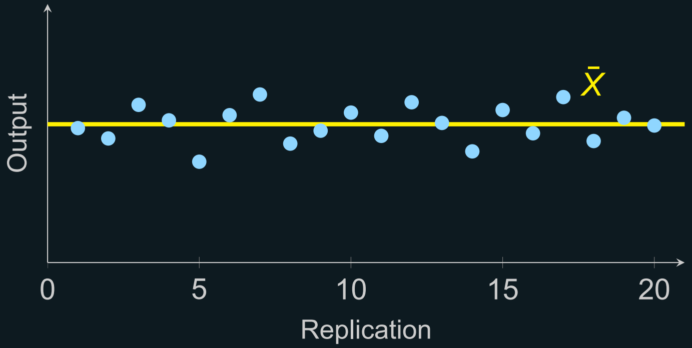
X_j = התוצאה של הריצה ה-j



פלט של סימולציה

נניח שהרצנו את אותה סימולציה n פעמים בלתי תלויות.

$X_j = j -$ התוצאה של הריצה ה



רווח סמך

נקבל תוצאות מ-n ריצות בלתי תלויות:

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

רווח סמך

נקבל תוצאות מ-n ריצות בלתי תלויות:

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

לפי משפט הגבול המרכזי :

עבור מדדים ממוצעים ניתן להניח נורמליות.

רווח סמך

נקבל תוצאות מ-n ריצות בלתי תלויות:

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

לפי משפט הגבול המרכזי :

עבור מדדים ממוצעים ניתן להניח נורמליות.

עבור רווח סמך 2δ **ברמת ביטחון** $1-\alpha$

$$\bar{X}(n) \pm t_{n-1,1-\alpha/2} \frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

רווח סמך

נקבל תוצאות מ-n ריצות בלתי תלויות:

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

לפי משפט הגבול המרכזי :

עבור מדדים ממוצעים ניתן להניח נורמליות.

עבור רווח סמך 2δ **ברמת ביטחון** $1-\alpha$

$$\bar{X}(n) \pm t_{n-1,1-\alpha/2} \frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

בהסתברות של $1-\alpha$ נסיק כי $\Rightarrow \mu \in [\bar{X}(n) - \delta,\ \bar{X}(n) + \delta]$

כאשר:

$$\bar{X}(n) = \frac{\sum_{j=1}^{n} X_j}{n}, \qquad S^2(n) = \frac{\sum_{j=1}^{n} (X_j - \bar{X}(n))^2}{n-1}$$

רווח סמך

נקבל תוצאות מ-n ריצות בלתי תלויות:

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

לפי משפט הגבול המרכזי :

עבור מדדים ממוצעים ניתן להניח נורמליות.

עבור רווח סמך 2δ **ברמת ביטחון** $1-\alpha$

$$\bar{X}(n) \pm t_{n-1,1-\alpha/2} \frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

בהסתברות של $1-\alpha$ נסיק כי $\Rightarrow \mu \in [\bar{X}(n)-\delta,\ \bar{X}(n)+\delta]$

כאשר:

$$\bar{X}(n) = \frac{\sum_{j=1}^{n} X_j}{n}, \qquad S^2(n) = \frac{\sum_{j=1}^{n}(X_j - \bar{X}(n))^2}{n-1}$$

עבור מדדים שאינם ממוצע לא ניתן להניח נורמליות.

יש לבדוק ולנתח בהתאם.

ניתוח מספר מדדים ביחד

- עבור מדד בודד נקבע רמת ביטחון: $1-\alpha$

ניתוח מספר מדדים ביחד

- עבור מדד בודד נקבע רמת ביטחון: $1-\alpha$
- עבור k מדדים, ע״פ אי שוויון בונפרוני:

$$\Pr(\text{לפחות רווח סמך אחד שגוי}) \leq \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

ניתוח מספר מדדים ביחד

- עבור מדד בודד נקבע רמת ביטחון: $1-\alpha$
- עבור k מדדים, ע״פ אי שוויון בונפרוני:

$$\Pr(\text{לפחות רווח סמך אחד שגוי}) \leq \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

$$\Pr\left(\exists\, i \in [1,k] \text{ for which } \mu_i \notin I_i\right) \leq \sum_{i=1}^{k} \Pr(\mu_i \notin I_i) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

ניתוח מספר מדדים ביחד

- עבור מדד בודד נקבע רמת ביטחון: $1-\alpha$
- עבור k מדדים, ע״פ אי שוויון בונפרוני:

$$\Pr(\text{לפחות רווח סמך אחד שגוי}) \leq \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

$$\Pr\left(\exists i \in [1,k] \text{ for which } \mu_i \notin I_i\right) \leq \sum_{i=1}^{k} \Pr(\mu_i \notin I_i) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

ולכן:

$$\Pr\left(\forall i \in [1,k] \text{ it holds that } \mu_i \in I_i\right) \geq 1 - \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

ניתוח מספר מדדים ביחד

- עבור מדד בודד נקבע רמת ביטחון: $1-\alpha$
- עבור k מדדים, ע״פ אי שוויון בונפרוני:

$$\Pr(\text{לפחות רווח סמך אחד שגוי}) \leq \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

$$\Pr\left(\exists i \in [1,k] \text{ for which } \mu_i \notin I_i\right) \leq \sum_{i=1}^{k} \Pr(\mu_i \notin I_i) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

ולכן:

$$\Pr\left(\forall i \in [1,k] \text{ it holds that } \mu_i \in I_i\right) \geq 1 - \sum_{i=1}^{k} \alpha_i$$

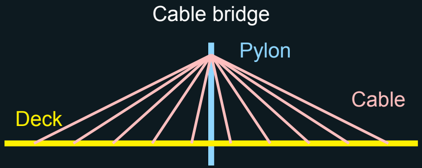
עבור כמה חלופות נחלק את α במספר האי-שוויונים:

מספר מדדים$\times$מספר חלופות.

רווחי סמך לכמה מדדים

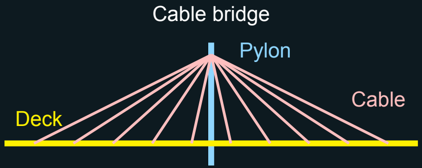
- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.

רווחי סמך לכמה מדדים



- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.

רווחי סמך לכמה מדדים

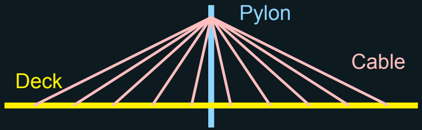


- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.
- עבור כל רכיב נבנה רווח סמך לשיעור הכשל:

$\mu_D, \quad \mu_P, \quad \mu_C$

רווחי סמך לכמה מדדים

Cable bridge



$I_D = [0.08, 0.12]$ $I_P = [0.015, 0.025]$ $I_C = [0.04, 0.06]$

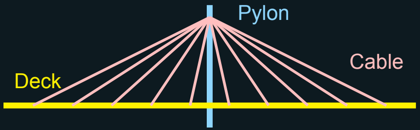
- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.
- עבור כל רכיב נבנה רווח סמך לשיעור הכשל:

$$\mu_D, \quad \mu_P, \quad \mu_C$$

- כל רווח סמך בנפרד נבנה ברמת ביטחון $1 - \alpha_i = 0.95$.

רווחי סמך לכמה מדדים

Cable bridge



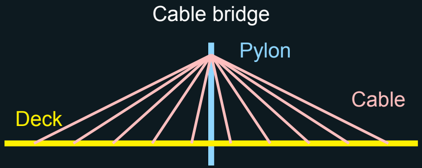
$I_D = [0.08, 0.12]$ $I_P = [0.015, 0.025]$ $I_C = [0.04, 0.06]$

- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.
- עבור כל רכיב נבנה רווח סמך לשיעור הכשל:

$$\mu_D, \quad \mu_P, \quad \mu_C$$

- כל רווח סמך בנפרד נבנה ברמת ביטחון $1 - \alpha_i = 0.95$.
- באיזו הסתברות שלושת רווחי הסמך נכונים בו זמנית?

רווחי סמך לכמה מדדים



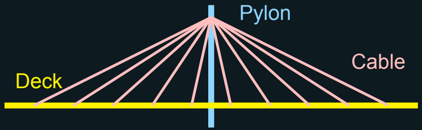
$I_D = [0.08, 0.12]$ $I_P = [0.015, 0.025]$ $I_C = [0.04, 0.06]$

- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.
- עבור כל רכיב נבנה רווח סמך לשיעור הכשל:

$$\mu_D, \qquad \mu_P, \qquad \mu_C$$

- כל רווח סמך בנפרד נבנה ברמת ביטחון $1 - \alpha_i = 0.95$.
- באיזו הסתברות שלושת רווחי הסמך נכונים בו זמנית? אם נניח אי תלות $0.95^3 \approx 0.86$

רווחי סמך לכמה מדדים



$\boxed{I_D = [0.08,\ 0.12]}$ $\boxed{I_P = [0.015,\ 0.025]}$ $\boxed{I_C = [0.04,\ 0.06]}$

- נרצה לאמוד את שיעור הכשל של שלושה רכיבים קריטיים בגשר כבלים.
- עבור כל רכיב נבנה רווח סמך לשיעור הכשל:

$$\mu_D, \quad \mu_P, \quad \mu_C$$

- כל רווח סמך בנפרד נבנה ברמת ביטחון $1 - \alpha_i = 0.95$.
- באיזו הסתברות שלושת רווחי הסמך נכונים בו זמנית? אם נניח אי תלות $0.95^3 \approx 0.86$

נרצה רמת ביטחון כוללת של 95%, לכן לפי בונפרוני נבחר:

$$\alpha_{\text{total}} = 0.05 \quad \alpha_i = \frac{0.05}{3}$$

ואז:

$$\Pr(\mu_D \in \widehat{I}_D,\ \mu_P \in \widehat{I}_P,\ \mu_C \in \widehat{I}_C) \geq 0.95$$

חישוב מספר חזרות

חצי רוחב רווח הסמך δ הוא:

$$\delta(n,\alpha) = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

חישוב מספר חזרות

חצי רוחב רווח הסמך δ הוא:

$$\delta(n,\alpha) = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

דיוק מוחלט
עבור שגיאה של $|\bar{x}-\mu| \leq \beta$ נחפש מספר הרצות מינימלי n המקיים:

$$\delta(n,\alpha) \leq \beta$$

חישוב מספר חזרות

חצי רוחב רווח הסמך δ הוא:

$$\delta(n, \alpha) = t_{n-1,1-\alpha/2} \frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

דיוק מוחלט
עבור שגיאה של $|\bar{x} - \mu| \leq \beta$ נחפש מספר הרצות מינימלי n המקיים:

$$\delta(n, \alpha) \leq \beta$$

דיוק יחסי
עבור שגיאה של $\frac{|\bar{x}-\mu|}{\mu} \leq \gamma$ נחפש מספר הרצות מינימלי n המקיים:

$$\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{x}} \leq \frac{\gamma}{1+\gamma}$$

חישוב מספר חזרות

חצי רוחב רווח הסמך δ הוא:

$$\delta(n,\alpha) = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

דיוק מוחלט

עבור שגיאה של $|\bar{x}-\mu| \leq \beta$ נחפש מספר הרצות מינימלי n המקיים:

$$\delta(n,\alpha) \leq \beta$$

דיוק יחסי

עבור שגיאה של $\frac{|\bar{x}-\mu|}{\mu} \leq \gamma$ נחפש מספר הרצות מינימלי n המקיים:

$$\frac{\delta(n,\alpha)}{\bar{x}} \leq \frac{\gamma}{1+\gamma}$$

שיטת קירוב גסה יותר

$n = n_0 \cdot \left(\frac{\delta_0}{\delta_t}\right)^2$ כאשר δ_t הוא הרווח הדרוש ו $\delta_0 = \delta(n_0,\alpha)$ הינו רווח סמך התחלתי.

דוגמה - תכנון מספר חזרות

מפעל לייצור פלדה רוצה לבדוק את יכולתה של מערכת ייצור חדשה לשפר שני מדדים חשובים למפעל:

- אחוז הפגומים במערכת
- רמות הזיהום הנפלטות כתוצאה מן הייצור.

במפעל בוצע מחקר סימולציה בו מודלו המצב הקיים והמערכת החדשה.

כל 15 ריצות הסימולציה הן בלתי תלויות.

דוגמה - נתוני הסימולציה

כחלק מהמחקר נאספו הנתונים הבאים:

אחוז הפגומים			רמת הזיהום		
מספר ריצה	מצב קיים	מערכת חדשה	מספר ריצה	מצב קיים	מערכת חדשה
1	0.053	0.053	1	21.54	19.11
2	0.060	0.042	2	20.26	19.45
3	0.053	0.053	3	21.73	20.95
4	0.060	0.040	4	15.37	19.57
5	0.053	0.050	5	19.61	20.00
6	0.057	0.046	6	18.35	18.66
7	0.060	0.048	7	16.13	19.36
8	0.057	0.041	8	16.52	18.29
9	0.057	0.042	9	17.76	18.43
10	0.057	0.054	10	17.36	18.46
11	0.051	0.042	11	21.13	19.16
12	0.055	0.054	12	16.66	20.48
13	0.057	0.045	13	19.41	20.66
14	0.054	0.043	14	16.21	18.51
15	0.053	0.047	15	15.10	20.07
ממוצע	0.056	0.047	**ממוצע**	18.21	19.411
סטיית תקן	0.003	0.005	**סטיית תקן**	2.266	0.867

סעיף א'

המפעל מעוניין בדיווח תוצאות של כל מערכת בודדת עם דיוק יחסי של 0.05. מה מספר הריצות הנדרש ברמת מובהקות של 0.20?

חישוב דיוק יחסי:

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{\text{total}}}{\text{Num of Comparisons}}$$

$$\frac{\gamma}{1+\gamma} = \frac{0.05}{1.05} = 0.0476, \quad \alpha_{\text{total}} = 0.2, \quad \alpha_i = \frac{0.2}{4} = 0.05, \quad t_{15-1,1-\frac{0.05}{2}} = 2.145$$

	מדד הזיהוה	אחוז הפגומים
מצב קיים	$\frac{\delta}{\bar{X}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \frac{2.265}{\sqrt{15}}}{18.210} = 0.0688$	$\frac{\delta}{\bar{X}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \frac{0.003}{\sqrt{15}}}{0.056} = 0.0296$
מערכת חדשה	$\frac{\delta}{\bar{X}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \frac{0.869}{\sqrt{15}}}{19.411} = 0.0247$	$\frac{\delta}{\bar{X}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \frac{0.005}{\sqrt{15}}}{0.047} = 0.0589$

הדרישה היא $\frac{\delta}{\bar{X}} \leq 0.0476$. לכן שתי החלופות המסומנות באדום אינן עומדות בדרישת הדיוק היחסי.

סעיף א'

המפעל מעוניין בדיווח תוצאות של כל מערכת בודדת עם דיוק יחסי של 0.05. מה מספר הריצות הנדרש ברמת מובהקות של 0.20?

חישוב דיוק יחסי:

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{\text{total}}}{\text{Num of Comparisons}}$$

$$\frac{\gamma}{1+\gamma} = \frac{0.05}{1.05} = 0.0476, \quad \alpha_{\text{total}} = 0.2, \quad \alpha_i = \frac{0.2}{4} = 0.05, \quad t_{15-1,1-\frac{0.05}{2}} = 2.145$$

	מדד הזיהום	אחוז הפגומים
מצב קיים	$\frac{\delta}{\bar{\bar{X}}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}}\frac{2.265}{\sqrt{15}}}{18.210} = 0.0688$	$\frac{\delta}{\bar{\bar{X}}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}}\frac{0.003}{\sqrt{15}}}{0.056} = 0.0296$
מערכת חדשה	$\frac{\delta}{\bar{\bar{X}}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}}\frac{0.869}{\sqrt{15}}}{19.411} = 0.0247$	$\frac{\delta}{\bar{\bar{X}}} = \frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}}\frac{0.005}{\sqrt{15}}}{0.047} = 0.0589$

הדרישה היא $\frac{\delta}{\bar{\bar{X}}} \leq 0.0476$. לכן שתי החלופות המסומנות באדום אינן עומדות בדרישת הדיוק היחסי.

סעיף א - המשך

ניתן לראות ששתי החלופות לא עומדות בדרישת הדיוק היחסי.
נשערך את מספר הריצות הנדרש באמצעות דיוק גס:

$$n = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\delta_t}\right)^2 = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\bar{X} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma}}\right)^2$$

מצב קיים:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{2.265}{\sqrt{15}}}{18.210 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 31.416 \rceil = 32$$

מערכת חדשה:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{0.005}{\sqrt{15}}}{0.047 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 22.981 \rceil = 23$$

סעיף א - המשך

ניתן לראות ששתי החלופות לא עומדות בדרישת הדיוק היחסי.
נשערך את מספר הריצות הנדרש באמצעות דיוק גס:

$$n = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\delta_t}\right)^2 = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\bar{X} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma}}\right)^2$$

מצב קיים:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{2.265}{\sqrt{15}}}{18.210 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 31.416 \rceil = 32$$

מערכת חדשה:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{0.005}{\sqrt{15}}}{0.047 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 22.981 \rceil = 23$$

לכן מספר ההרצות הכולל הנדרש הוא 32, כלומר יש לבצע עוד 17 הרצות.

סעיף א - המשך

ניתן לראות ששתי החלופות לא עומדות בדרישת הדיוק היחסי.
נשערך את מספר הריצות הנדרש באמצעות דיוק גס:

$$n = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\delta_t}\right)^2 = n_0 \left(\frac{\delta_0}{\bar{X} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma}}\right)^2$$

מצב קיים:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{2.265}{\sqrt{15}}}{18.210 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 31.416 \rceil = 32$$

מערכת חדשה:

$$n = 15 \left(\frac{t_{15-1,\,1-\frac{0.05}{2}} \cdot \frac{0.005}{\sqrt{15}}}{0.047 \cdot 0.0476}\right)^2 = \lceil 22.981 \rceil = 23$$

לכן מספר ההרצות הכולל הנדרש הוא 32, כלומר יש לבצע עוד 17 הרצות.
אם מריצים בנפרד אז עוד 8 הרצות למערכת החדשה ו-17 הרצות לישנה.

מערכת מסתיימת מול מערכת לא-מסתיימת

Terminating

מערכת עם תנאי סיום טבעי ומוגדר.

דוגמאות:

- סניף בנק הפתוח בין 8:00 ל-16:00.
- ייצור הזמנה של 1000 יחידות תוך 20 חודשים.

מה קובעים?

- מספר חזרות בלתי תלויות.
- אורך הריצה נקבע לפי תנאי הסיום.

Non Terminating

מערכת ללא תנאי סיום טבעי.

דוגמאות:

- מפעל העובד ברצף לאורך זמן.
- תהליך ייצור מתמשך.

מה קובעים?

- זמן חימום.
- משך ריצה לאחר זמן החימום.
- שיטת ניתוח: Replication/deletion או Batch means.

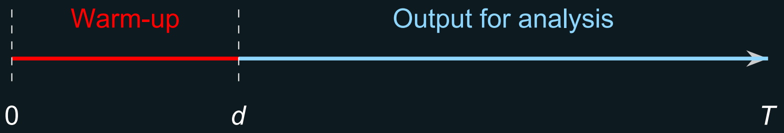
ההבדל המרכזי:

במערכת לא-מסתיימת צריך להחליט איזה חלק מהפלט מייצג מצב יציב.

זמן חימום

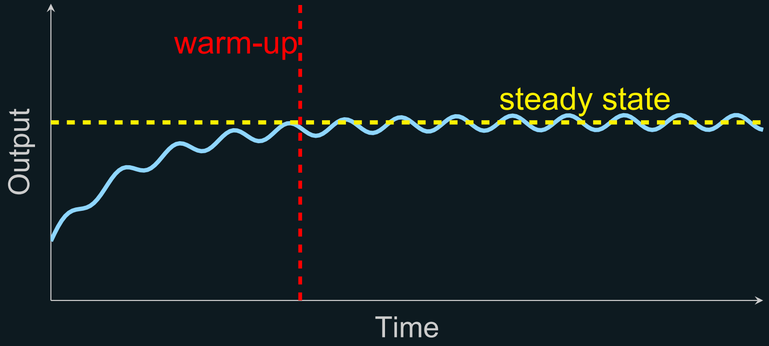
במערכת לא מסתיימת, תנאי ההתחלה עלולים להטות את המדדים.

לכן נריץ את המערכת, אבל נזרוק את החלק הראשון של הפלט.



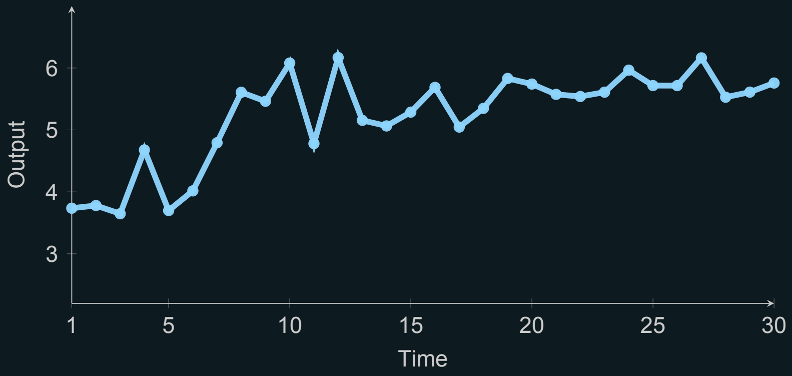
השאלה: כמה זמן צריך לזרוק?

זמן חימום

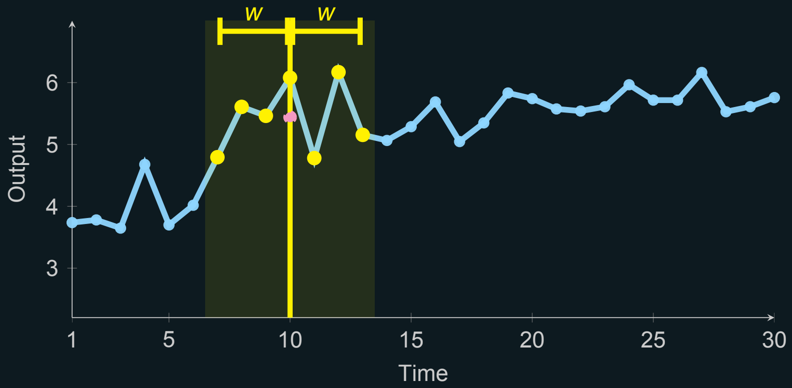


בפועל הפלט יהיה רועש, ולכן נרצה להחליק את הגרף.

שיטת Welch



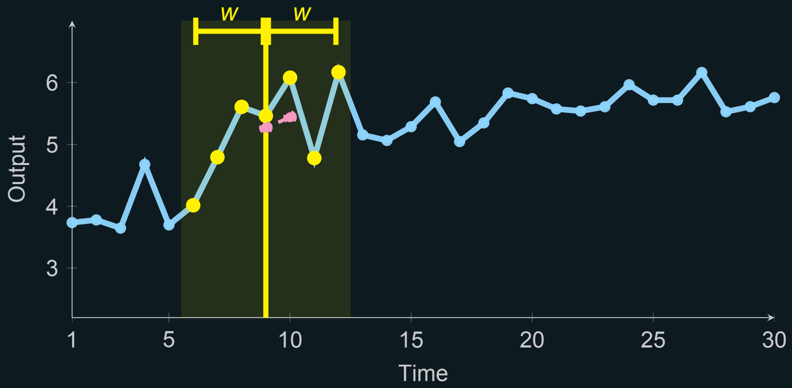
שיטת Welch



$$\bar{Y}_{10}(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{10+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

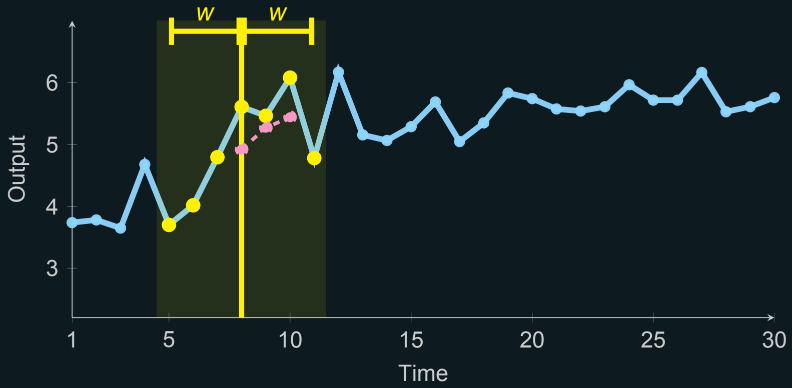
שיטת Welch



$$\bar{Y}_9(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{9+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

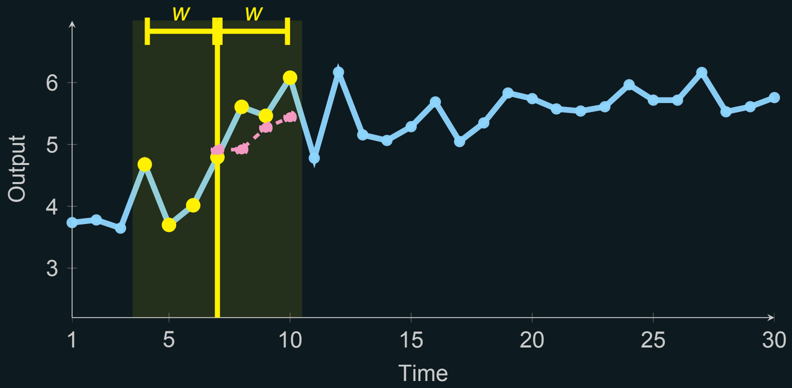
שיטת Welch



$$\bar{Y}_8(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{8+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

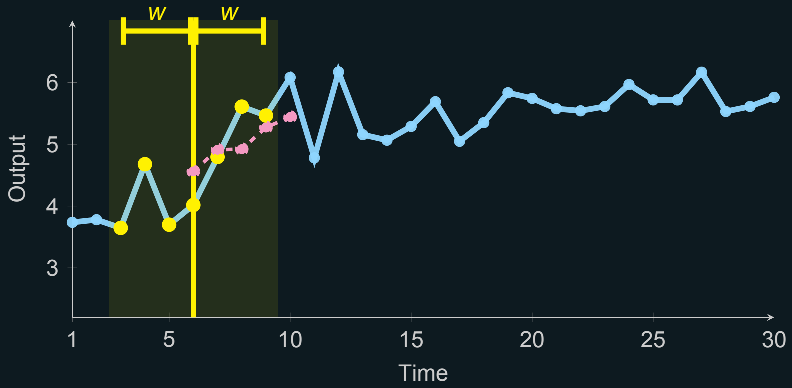
שיטת Welch



$$\bar{Y}_7(3) = \frac{1}{7} \sum_{s=-3}^{3} Y_{7+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1} \sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

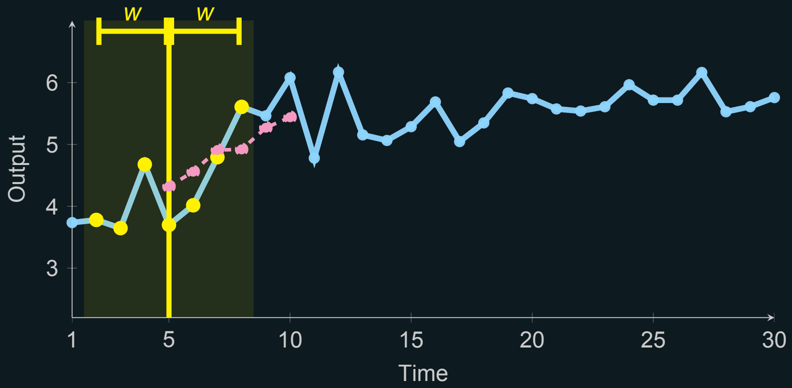
שיטת Welch



$$\bar{Y}_6(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{6+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

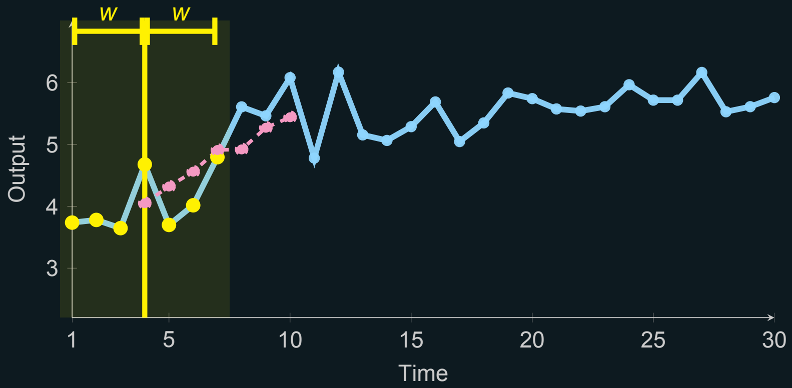
שיטת Welch



$$\bar{Y}_5(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{5+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

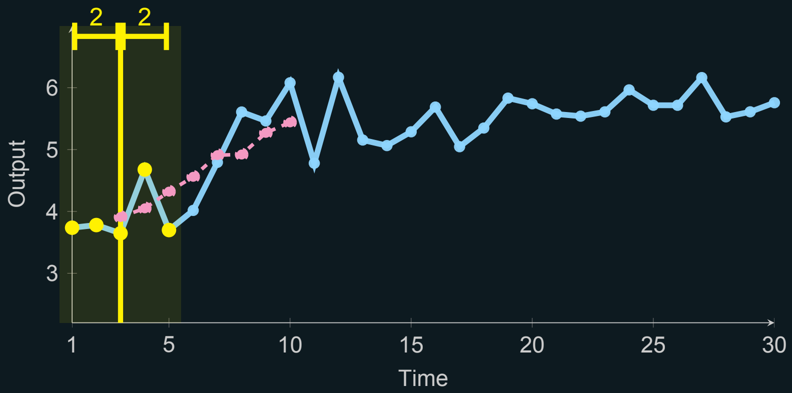
שיטת Welch



$$\bar{Y}_4(3) = \frac{1}{7}\sum_{s=-3}^{3} Y_{4+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1}\sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

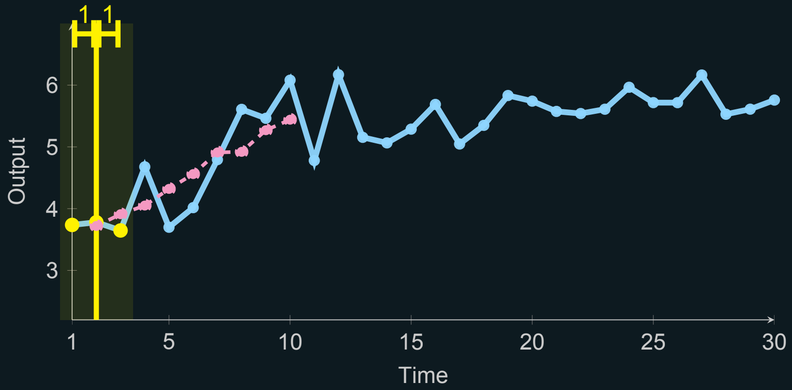
שיטת Welch



$$\bar{Y}_3(3) = \frac{1}{5}\sum_{s=-2}^{2} Y_{3+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2j-1}\sum_{s=-(j-1)}^{j-1} Y_{j+s}$$

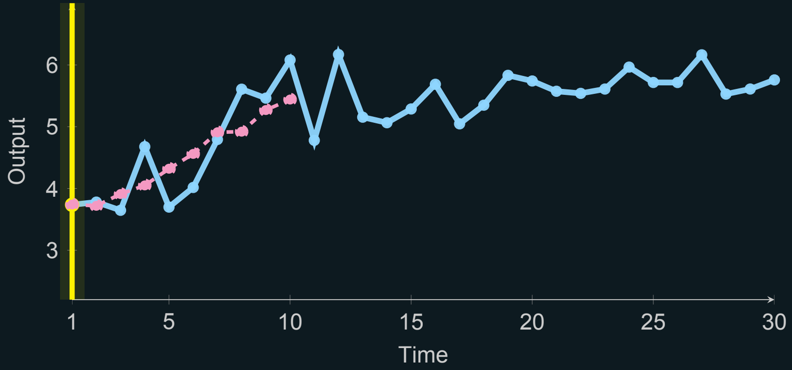
שיטת Welch



$$\bar{Y}_2(3) = \frac{1}{3}\sum_{s=-1}^{1} Y_{2+s}$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2j-1}\sum_{s=-(j-1)}^{j-1} Y_{j+s}$$

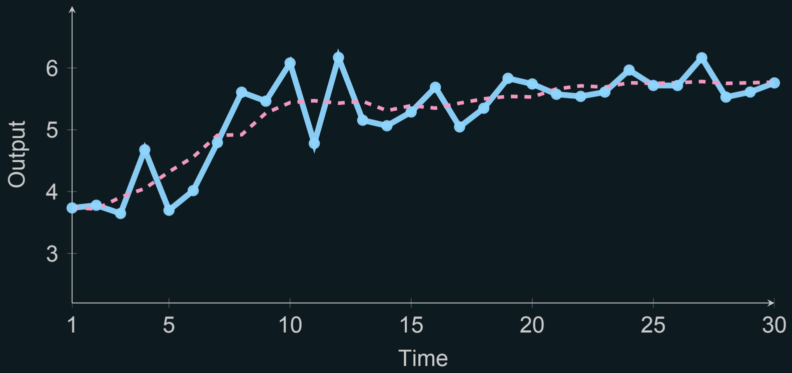
שיטת Welch



$$\bar{Y}_1(3) = Y_1$$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2j-1} \sum_{s=-(j-1)}^{j-1} Y_{j+s}$$

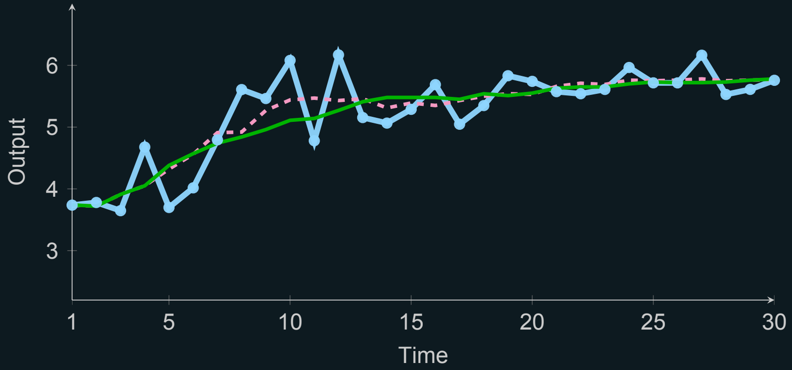
שיטת Welch



$w = 3$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1} \sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

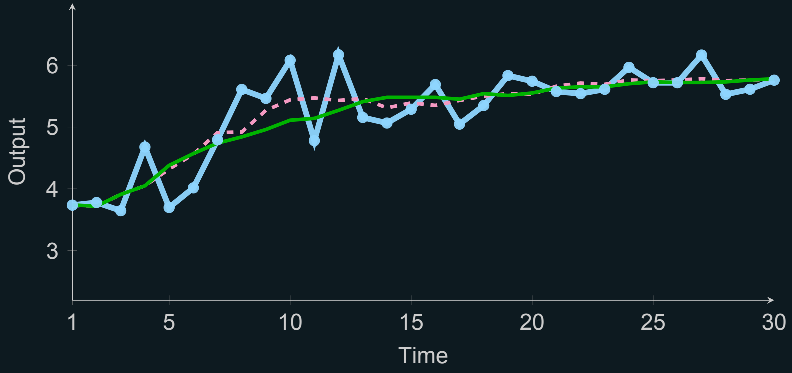
שיטת Welch



$w \uparrow$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1} \sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

שיטת Welch



$w \uparrow$

$$\bar{Y}_j(w) = \frac{1}{2w+1} \sum_{s=-w}^{w} Y_{j+s}$$

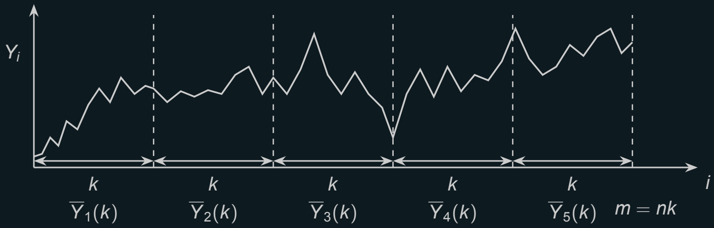
ככלל אצבע, זמן הסימולציה גדול פי 7 מזמן החימום.

מערכת לא-מסיימת

בחינת אופן ההרצה

Replication / deletion:

Batch means:



מערכת לא-מסיימת

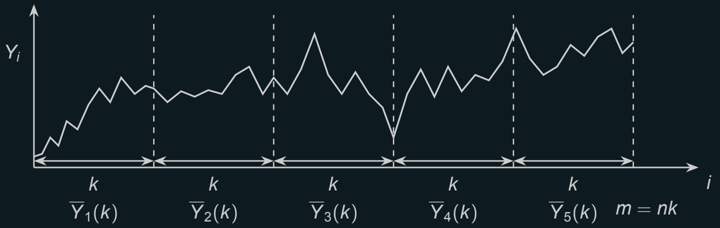
בחינת אופן ההרצה

:Replication / deletion

הרבה ריצות "קצרות" שבכולן נזרוק זמן חימום.

:Batch means

ריצה אחת ארוכה שבה נזרוק את זמן החימום, ונחלק את שאר הזמן כאילו היו מספר הרצות שונות.



מערכת לא-מסיימת

בחינת אופן ההרצה

:Replication / deletion

הרבה ריצות "קצרות" שבכולן נזרוק זמן חימום.

יתרון: אי תלות בין ריצות

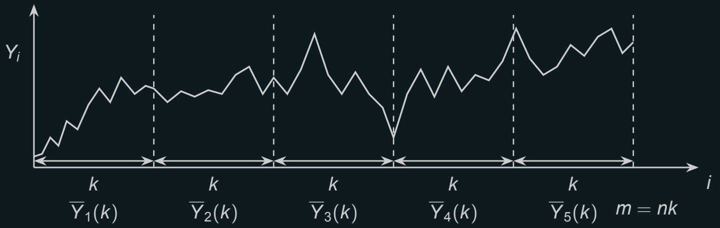
חסרון: יקר חישובית

:Batch means

ריצה אחת ארוכה שבה נזרוק את זמן החימום, ונחלק את שאר הזמן כאילו היו מספר הרצות שונות.

יתרון: זול יותר חישובית

חסרון: תלות בין ריצות



סיכום

- פלט של סימולציה הוא תוצאה אקראית - לא תשובה מוחלטת.
- כדי להסיק מסקנות נשתמש במספר חזרות ורווחי סמך.
- במערכת לא מסתיימת צריך לקבוע זמן חימום ואורך ריצה:
  - שיטת Welch עוזרת לבחור זמן חימום מתוך גרף מוחלק.
  - כמו כן נבחר אופן הרצה Replications או Batch.
- לאחר מכן כמו במערכת מסתיימת:
  - כשיש כמה מדדים או כמה חלופות, צריך לתקן את רמת המובהקות הכוללת.
  - נבצע מספר הרצות מספיק כדי להשיג את רמת המובהקות הדרושה.
  - נמצא את הממוצעים ואת רווחי הסמך שלהם.

מימוש ב-Python

https://colab.research.google.com/drive/1A3yQ8KeA7GFlBipPdkPYxlnTQRu-8Hhm?authuser=1