



ניהול התפעול והיצור

פרק 1 – רקע ומושגי יסוד

ד"ר אורן נחום

ניהול התפעול והייצור

- **ניהול התפעול והייצור** (בקצרה **ניהול התפעול**) – אוסף הפעילויות הקשורות בתכנונם של תהליכי הייצור השונים הקיימים בארגון, בהפעלתם, בפיקוחם ובשינויים. (גלוברזון, 1980)
- **תהליך יצור** – הפעילויות השונות שהארגון מבצע כדי להפוך את התשומות לתפוקות.
- תהליך הייצור קיים הן אם מדובר בארגון תעשייתי והן אם מדובר בארגון המספק שירותים.
- ביצוע יעיל של הפעילויות השונות מתאפשר באמצעות שימוש באוסף טכניקות הקשורות זו בזו.

ניהול התפעול - היסטוריה

- ראשית הפיתוח של ניהול התפעול, כדיסציפלינה מדעית, משויך לטיילור (1911).
- טיילור טוען שניתן לקבוע באופן מדעי את התפוקה שאליה העובד יכול להגיע, ומטרת ההנהלה היא למצוא את אותה התפוקה ולוודא שהיא תבוצע.
- טיילור תאר בספרו תיאור מפורט ראשוני של חלק מהשיטות המקובלות בניהול שכבר היו בשימוש, אך לא זכו לתשומת לב פורמאלית.
- ספרו של טיילור עודד פיתוח של טכניקות מדידת עבודה ושיפור שיטות עבודה.
- בשנים 1927-1932 נערכו מספר מחקרים, הידועים בשם ניסויי האותורן, שמטרתם לבדוק כיצד משפיעים גורמים שונים (כגון עוצמת אור) על תפוקת העובד.

ניהול התפעול - היסטוריה

□ ניסויי האותורן:



ניהול התפעול - היסטוריה

- תוצאות הניסויים שפכו אור על השפעתם העצומה של גורמים פסיכולוגיים וסוציולוגיים על תפוקת העובד, ובהתאם הפסיכולוגיה והסוציולוגיה התעשייתית התפתחו מאד.
- מלחמת העולם השנייה היוותה נקודת מפנה נוספת בפיתוחם של כלי ניהול מדעיים, כגון:
 - סטטיסטיקה לצורך בקרת איכות
 - תורת התורים לאופטימיזציה של הקצאת משאבים
 - תורת הרשתות לצורך פיקוח על ניהול פרויקטים
 - ...

ניהול התפעול - היסטוריה

- נושא נוסף שהתפתח בתקופת מלחמת העולם השנייה הוא הארגונומיקה – הכרת המגבלות והאפשרויות של האדם בביצוע מטלות שונות, ובהתאם תכנון סביבת עבודה טובה יותר.
- היום יש שימוש בכלים מתמטיים יחד עם הקניית תשומת לב רבה להשפעת האינטראקציה שבין אדם לטכנולוגיה.
- חקר ביצועים הינו טכניקה מקובלת ביותר לצורך תכנון אופטימאלי של הקצאת משאבים.
- סימולציה של מערכות מורכבות, בכדי ללמוד איך הן מתנהגות במצבים שונים.
- ...
- אתגר - איך לשלב את הטכנולוגיה המתקדמת עם האדם המפעיל אותה, תוך התחשבות למגבלות ואפשרויות השונות, באופן הטוב ביותר.

מקומו של ניהול התפעול במערכת הארגונית

□ ברוב הארגונים ניתן להבחין בארבע פונקציות עיקריות:

□ שיווק ומכירות

□ תכנון

□ תפעול / ייצור

□ מימון

□ הפונקציות השונות קשורות זו לזו ואל ההנהלה.

מקומו של ניהול התפעול במערכת הארגונית

- להלן דוגמה לקשרים הקיימים בין הגופים השונים בייצור מוצר חדש:
- איסוף אינפורמציה על מוצר / שרות חדש ע"י פונקציית השיווק / מכירות.
- ניתוח פיננסי של ההצעה ע"י מחלקת המימון.
- תכנון המוצר החדש ע"י פונקציית התכנון.
- תכנון הייצור וייצור המוצר ע"י פונקציית התפעול.
- פיקוח על הייצור (השוואה בין רצוי ומצוי).
- הזרמת המוצר ללקוחות ע"י מחלקת השיווק.
- איסוף אינפורמציה על קליטת המוצר ודרישות לשינויים ע"י מחלקת השיווק.
- הכנסת שינויים ע"י פונקציית התכנון בתאום עם השיווק והמימון.

גישת המערכות בתכנון

- **מערכת** – קבוצה של אלמנטים, הקשורים ופועלים זה לצד זה לשם השגת מטרות מסוימות.
- כל מערכת ניתנת לחלוקה למערכות קטנות יותר – תת-מערכות.
- מסיבה זו, כאשר מתכננים (תת-)מערכת, וקובעים את מדיניות השימוש בה (בכדי לנצל את משאביה בצורה הטובה ביותר), יש לוודא שקביעה זו לא פוגעת במערכת הכללית.
- מושג מקובל בהקשר זה הוא מערכת אדם-מכונה (Man-Machine System), המתייחסת למערכת שבה קיימת אינטראקציה של אדם ושל ציוד לצורך השגת מטרה מסוימת. בתכנון מערכת כזו יש להתייחס הן בשיקולים טכנולוגיים והן בשיקולים אנושיים.
- מערכת מקובלת נוספת היא מערכת טכנו-חברתית (Socio-Technical System), שבה יש אינטראקציה בין קבוצת אנשים לטכנולוגיה.

שלבים בגישת המערכות

- איך לתכנן מערכת שתענה באופן אופטימאלי על כל הדרישות ?
- אין תשובה חד-משמעית, אך קיימות מספר גישות:
 - ניסוי וטעייה
 - צוות מומחים
 - גישת המערכות
 - ...
- סביר שהתוצאות של כל אחת מהשיטות תהיינה שונות.

שלבים בגישת המערכות

□ Nutt מצא שגישת המערכות היא האפקטיבית ביותר.

□ הגישה מושתת על השלבים הבאים:

□ הגדרת הבעיה.

□ פיתוח מדרג (הירארכי) למטרות וקביעת רמת מטרה שהפתרון ישאף לקיים.

□ יצירת פתרונות כלליים ואידאליים, שיקיימו את רמת המטרה שנקבעה כמתאימה ולמערכת הנמצאת בתכנון.

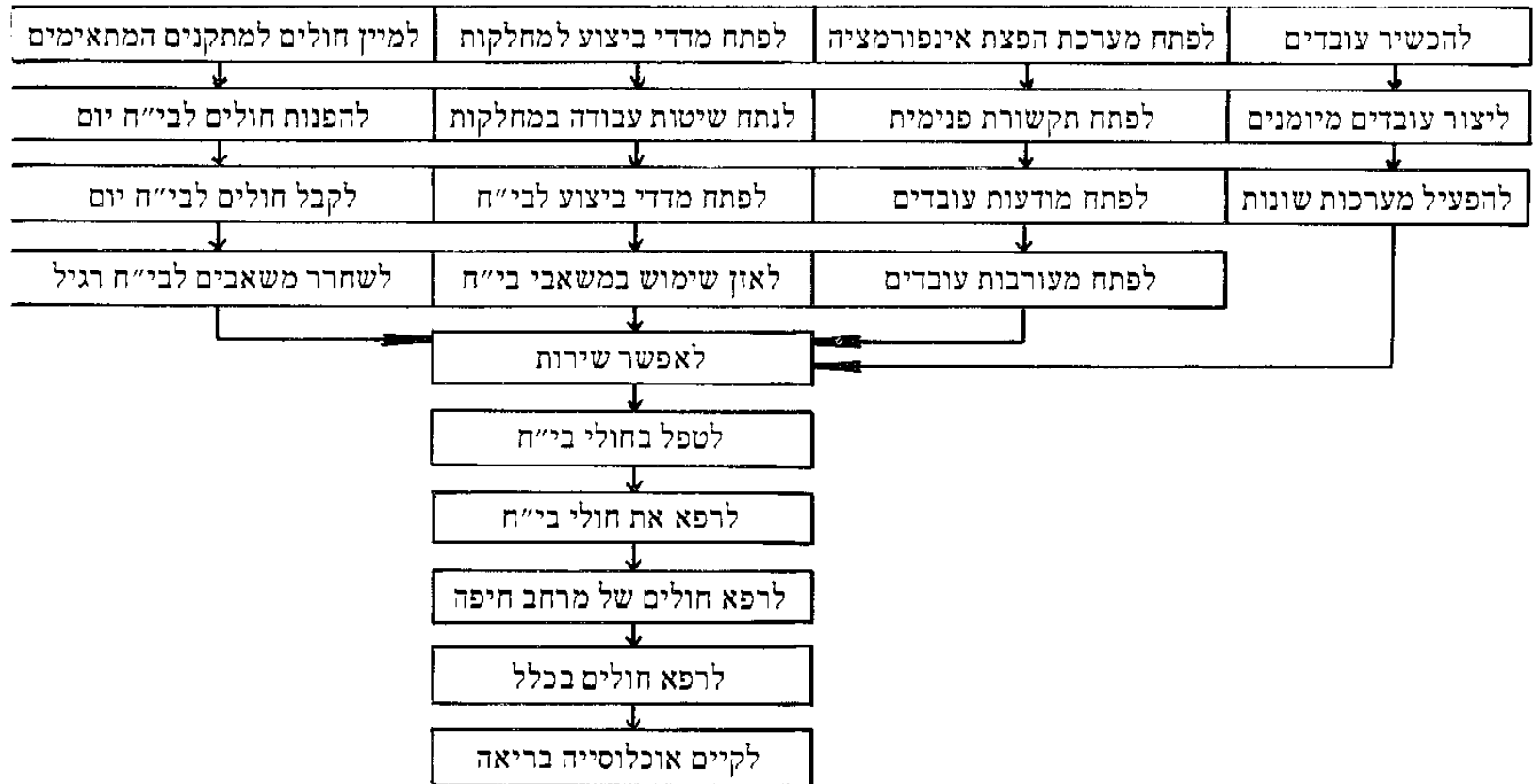
□ עיבוד פתרון אפשרי, המתמקד בעיקר ומתעלם מחריגים.

□ איתור החריגים הקיימים, איתור אילוצים ושילוב החריגים בפתרון.

□ תיאור הפתרון באמצעות "טבלת" המערכת.

□ מימוש הפתרון שנבחר

שלבים בגישת המערכות



מדרג אפשרי של מטרות, העומדות בפני בית-חולים

תיאור מערכת בעזרת טבלה

- ניתן לתאר מערכת בעזרת טבלה, שבה העמודה הראשונה מייצגת את המערכת כולה, ויתר העמודות מייצגות את תתי-המערכות. כל שורה מייצגת מאפיין כללי, שניתן להתייחס אליו בכל תת-מערכת או במערכת כולה.
- חלוקת המערכת לתתי-מערכות מתבססת על הקריטריון של מידת הקלות בהפעלת תתי-המערכות ובפיקוח עליהן האופן עצמאי.
- רשימת המאפיינים מאלצת את המתכנן להתייחס בגורמים השונים בעת תכנון המערכת, ומכאן הקטנת הסיכוי של השמטת פרטים חשובים.

תיאור מערכת בעזרת טבלה

משמעות המאפיין	תת-מערכת בארגון*				הארגון כולו	המערכת המאפיין
	תפעול	תכנון	מימון	שיווק		
תיאור מטרות						מטרות
ציון הדברים הנכנסים למערכת והעוברים תהליך שינוי						קלט
ציון התוצרים של המערכת						פלט
תיאור התנאים הסביבתיים, שבהם המ-ערכת פועלת						סביבה
תיאור תהליך ההעברה מקלט לפלט						תהליך
קביעת הקריטריונים, שעל פיהם נבחנת הצלחת ההפעלה של המערכת						מדדי ביצוע
קביעת רמות ביצוע, המוגדרות כמשביעות רצון עבור מדדי הביצוע השונים						סטנדרטים
קביעת הציוד הדרוש לצורך ביצוע התהליך						ציוד
קביעת כוח האדם הדרוש; סוגי המיומנויות והכמויות						כוח-אדם
תיאור הקשרים הקיימים בין המערכת הנדונה למערכות אחרות						זיקה
קביעת מנגנון הפיקוח והבקרה על הפעלת התהליך						חלישה

תיאור מערכת בעזרת טבלה

מדדי יעילות ופריון

□ לכל ארגון יש מטרה או מטרות, אשר לשמן הוא הוקם.

□ בכדי לבחון את ביצועי הארגון יש לפתוח מדדים, המאפשרים לבחון את מידת הצלחת הארגון בהשגת מטרותיו.

□ דוגמאות למדדים: רווחיות, קצב גידול, רמת שרות ...

□ כל ארגון מפתח מדדים רלוונטיים למטרותיו.

□ קביעת המדדים ברלוונטיים נעשית מורכבת כאשר מדובר בארגונים שאינם למטרת רווח. ארגונים כאלו מספקים שרות. הצלחת הארגון נמדדת באיכות השרות הניתן.

□ מכיוון שאנו רוצים לתת רמת שרות גבוהה ככל הניתן, בעלות מינימאלית, אנו צריכים לכמת הן את רמת השרות והן המשאבים הנדרשים לצורך כך.

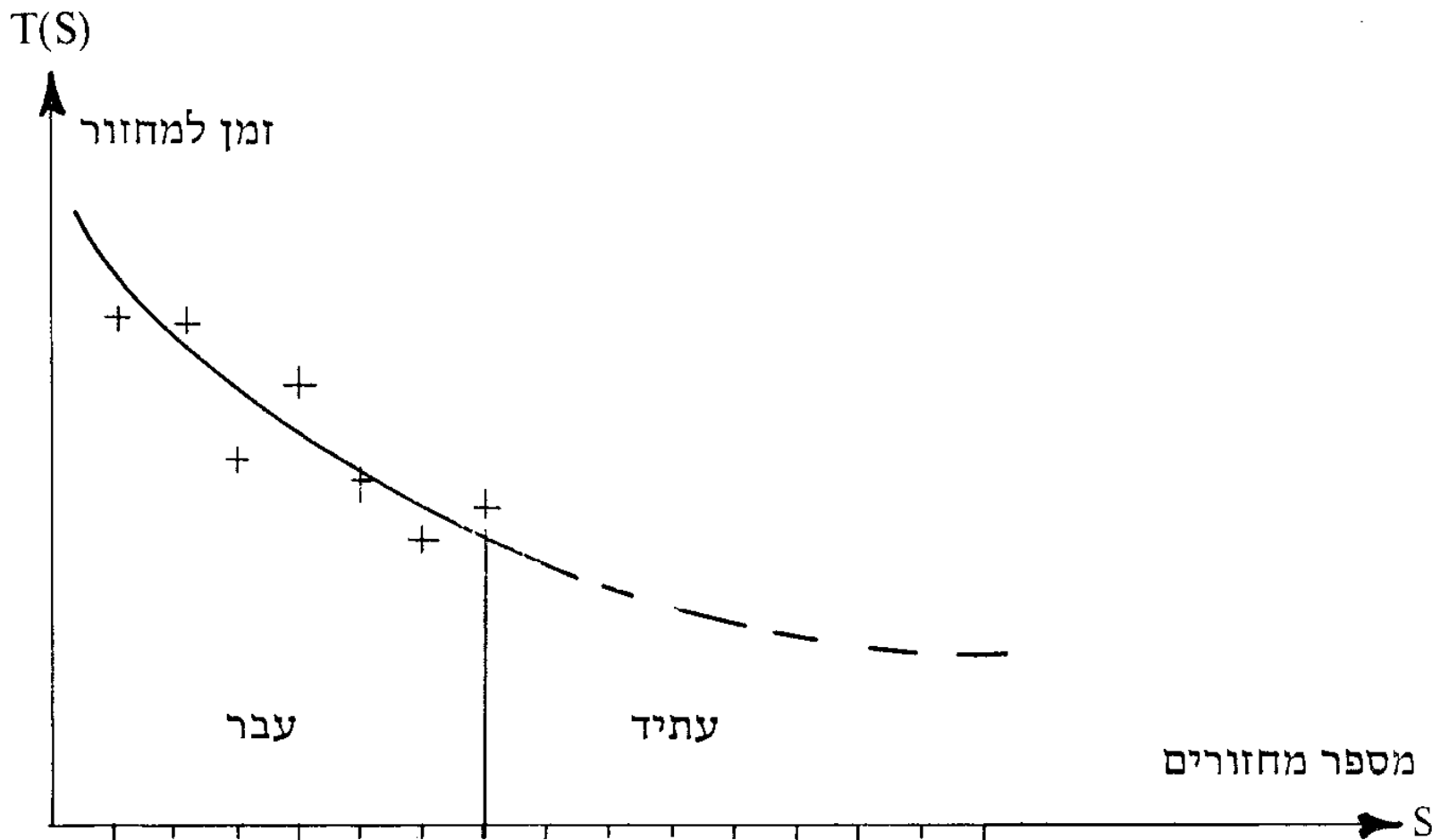
מדדי יעילות ופריון

- ❑ כימות משאבים היא בעיה פשוטה יחסית. אפשר להשתמש במדדים שונים כמו: שעות עבודה, עלות חומרים, הון דרוש וכו'.
- ❑ לגבי רמת שרות אין זה כך.
- ❑ עבור רמת שרות, ישנם גורמים שמשתנים עם הזמן (כמו זיהום אויר עבור עיריות), וברוב המקרים מדובר על יותר מגורם אחד (מס' גנים ציבוריים, ניקיון...), שאינם בעלי אותה החשיבות (משקלים שונים לכל גורם).
- ❑ ישנם מדדים שנמצאים בקורלציה עם מדדים אחרים. למשל רווחיות והוצאות יצור (הרווחיות גדלה ככל שההוצאות קטנות).
- ❑ כאשר מתייחסים לממדי יעילות של משאגים, מקובל לכנות אותם מדדי פריון.
- ❑ מדדי הפריון המקובלים מבוטאים במספר יחידות התפוקה שמייצרת יחידת תשומה אחת.

עקומות למידה

- ניתן לצפות שכל מערכת ארגונית שקיים בה אלמנט אנושי תילמד ותשפר את ביצועיה.
- למידה: שינוי מתמיד בהתנהגות שבא כתוצאה מניסיון.
- בכל מערכת ניתן להגדיר מספר אינדיקטורים המתייחסים להתנהגות המערכת, הנקראים מדדי ביצוע. למשל, עלות ליחידה, זמן הדרוש לביצוע יחידה, אחוז פגומים וכו'.
- גם את הניסיון ניתן למדוד במספר צורות. למשל, סך כל הזמן שהמערכת קיימת, מס' הפעמים שהמערכת ביצעה עבודה מסוימת וכו'.
- את הקשר בין הביצוע לניסיון מקובל לתאר באמצעות עקומה, הנקראת עקומת למידה.

עקומות למידה



צורה מקובלת של עקומת למידה

עקומות למידה

- ☐ מהאיור ניתן לראות, שמכוון שעקומת הלמידה היא ניסיון למצוא "עקומה" המתאימה לערכים שהתקבלו במציאות, היא לא בהכרח תהייה מדוייקת באופן אבסולוטי.
- ☐ התאמת העקומה לנתוני העבר מאפשרת לחזות את התנהגות העקומה בעתיד.

שימושי עקומת למידה

- עקומת למידה משמשת לצורך הערכת ביצועים אפשריים בעתיד.
- ניתן להשתמש בהערכות אלו במספר צורות:
 - הערכת הזמן הדרוש לביצוע סדרות עתידיות
 - הערכת ביצועי ההנהלה
 - עדכון מערכות שכר עידוד
 - הערכת עלות אימון עובדים
 - קדם יצור

הערכת הזמן הדרוש לביצוע סדרות עתידיות

□ כאשר מעוניינים להעריך את הזמן הנדרש לביצוע סדרה נוספת של יחידות.

□ לצורך תכנון דינאמי של משימות הארגון

□ עריכת הצעות למכרזים

□ ...

□ חיוני לצורך:

□ קביעת צורכי כוח אדם

□ הערכה תקציבית

□ הערכת הזמן הדרוש לביצוע המשמה

הערכת ביצועי ההנהלה

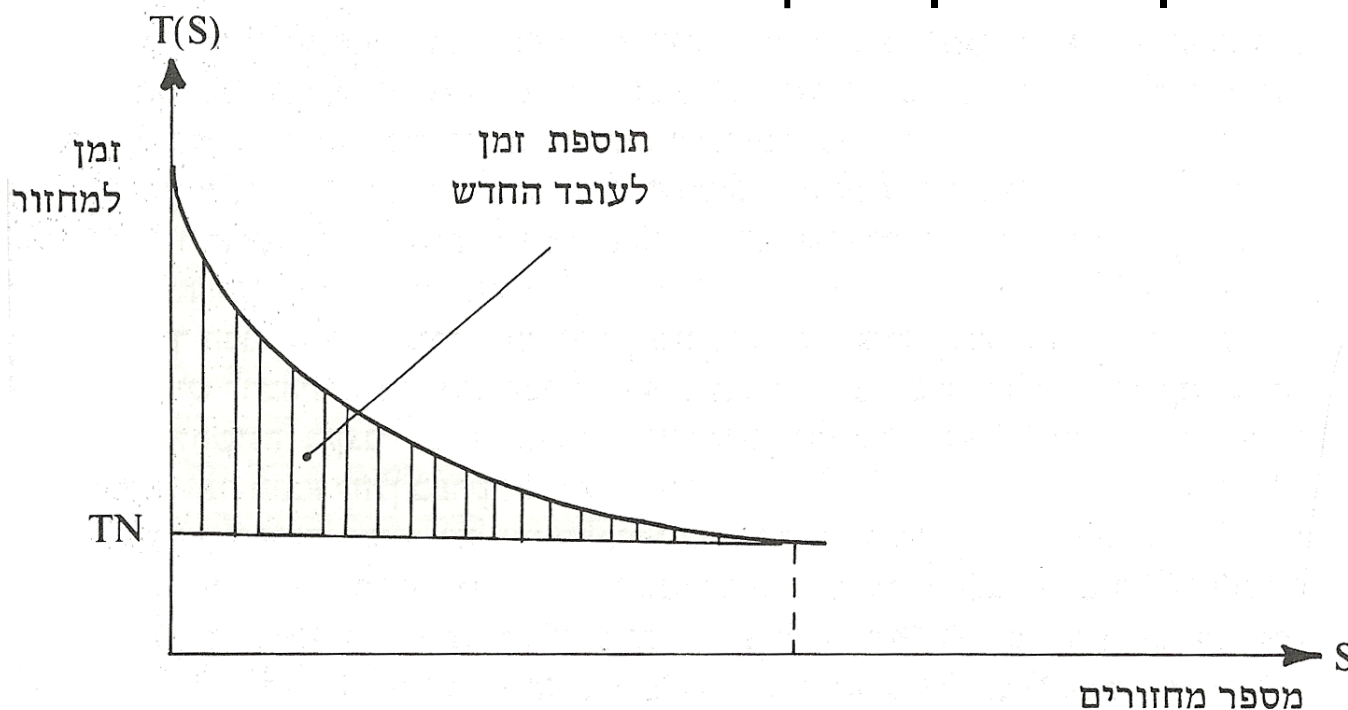
- ניתן להעריך את ביצועי ההנהלה ע"פ מידת השיפור שהם הביאו לארגון.
- עקומת הלמידה מאפשרת להגדיר מטרות שיפור ראליות.

עדכון מערכות שכר עידוד

- בהנחה שמערכת (אדם / ארגון) משתפרת עם הזמן, השקעה של אותם משאבים ביחידת זמן תביא לתוצאות טובות יותר תוך כדי רכישת ניסיון.
- **תפוקה תקנית** – התפוקה שאדם מסוגל להשיג בקצב עבודה נורמאלי בהתחשב בתוספות שונות.
- אם במערכת שכר עידוד מעוניינים לשלם תוספת שער עבור תפוקה מעל התפוקה התקנית, יש צורך לעדכן את התפוקה התקנית באופן דינאמי.

הערכת עלות אימון עובדים

- ניתן להשתמש בעקומת הלמידה על מנת להעריך את הזמן שנדרש לצורך אימון עובד חדש, עד שהוא מגיע לרמה המוגדרת כמשביעת רצון.
- לדוגמה, אם רמת ביצוע משביעת רצון, כפי שמתבטא בזמן בדרוש לביצוע מחזור, הוא TN דקות אז כל השטח הנמצא בין זמן זה לבין עקומת הלמידה מציין את הזמן הנוסף הדרוש לביצוע.

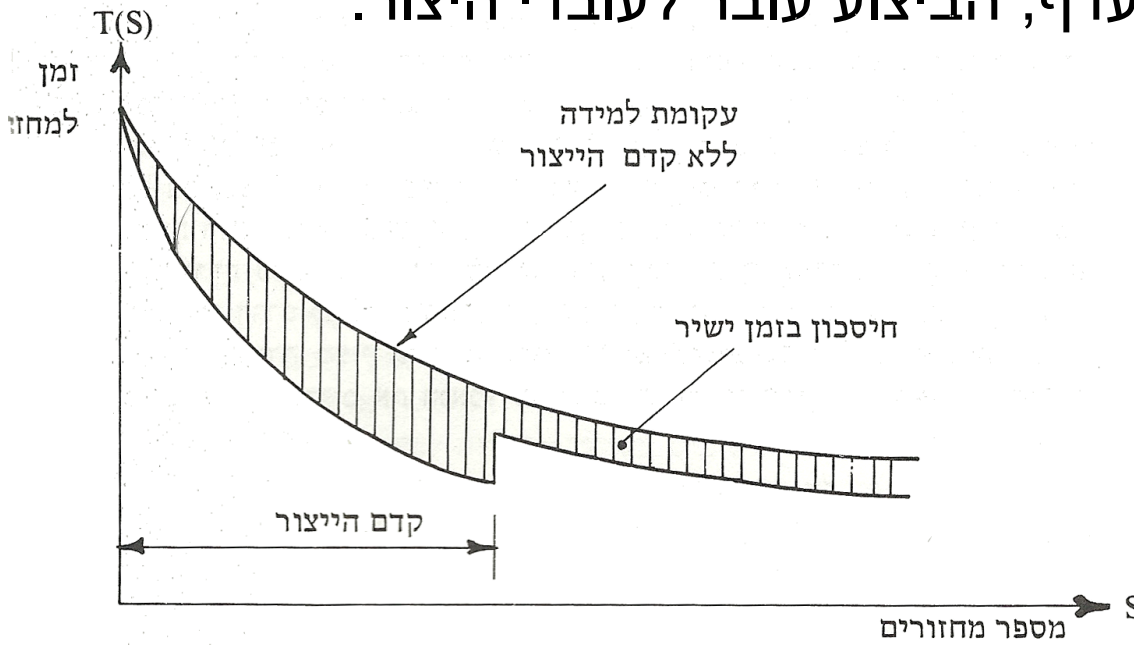


קדם יצור

□ מושג זה טוען שניתן להאיץ את תהליך הלמידה באמצעות מתן תשומת לב מיוחדת לשיפור התהליך במחזורי הייצור הראשונים (תקלות אפשריות ופיתוח שיטות שבעזרתן ניתן להתגבר על תקלות אלו).

□ חיוני כשמדובר על סדרות ייצור גדולות.

□ בד"כ עובדים מיומנים מבצעים את שלב קדם הייצור, ולאחר שנקבע תהליך הייצור המועדף, הביצוע עובר לעובדי הייצור.



תכונות חשובות של עקומת למידה

- רוב עקומות הלמידה המתוארות בספרות הן בעלות אופי מעריכי, כלומר, קצב השינוי קטן עם הזמן.
- עקומת הלמידה מציינת את הממוצע הצפוי, ולכן ניתן לצפות לפיזור מסוים של הנקודות מסביב לקו.
- מקדם השונות הוא 10% בקרוב.

$$CV = \frac{\sigma(s)}{T(s)} = 0.1$$

- כאשר: CV – מקדם השונות, s – מס' המחזור, $T(s)$ – הזמן המחושב לביצוע מחזור s , ו- $\sigma(s)$ – סטיית התקן של הזמן בפועל עבור מחזור s .

תכונות חשובות של עקומת למידה

□ אם נניח שהפילוג בין הזמן המחושב לזמן בפועל הוא נורמאלי, ושהזמן המחושב עבור המחזור ה-1000 הוא $T(1000) = 2.35$, הרי שניתן לחשב את סטיית התקן, וערכה הוא:

$$\sigma(1000) = CV \times T(1000) = 0.1 \times 2.35 = 0.235$$

□ בהתאם לכך, בהנחה שההתפלגות היא נורמאלית, ניתן לחשב רווח בר-סמך עבור רמת מובהקות נתונה, נניח 95%, כלומר $k = 1.96$. ומכאן שזמן הביצוע, בהסתברות של 95% הוא בין 1.89 ל-2.81.

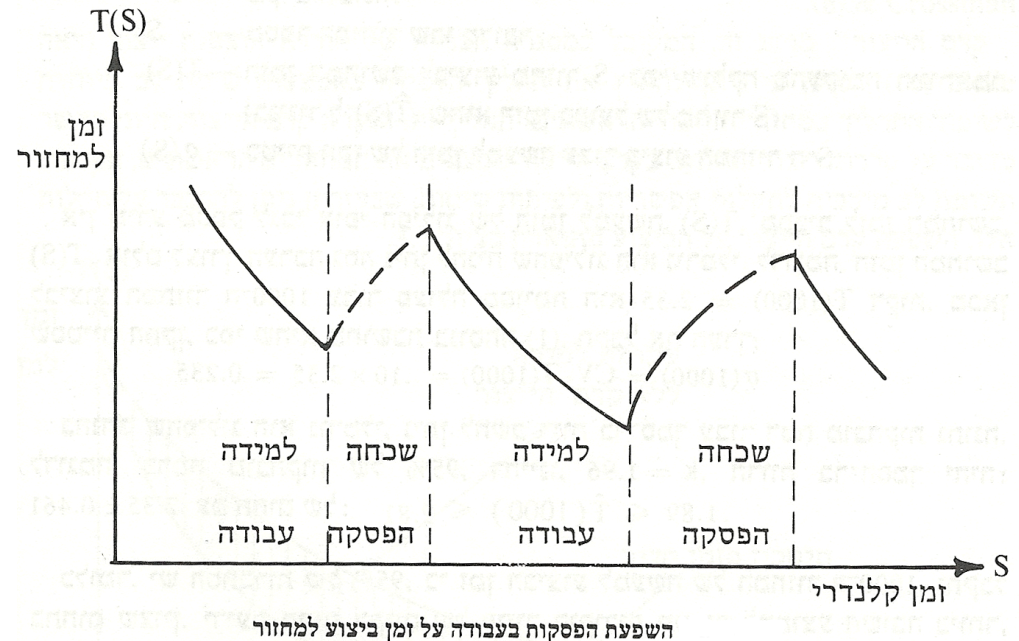
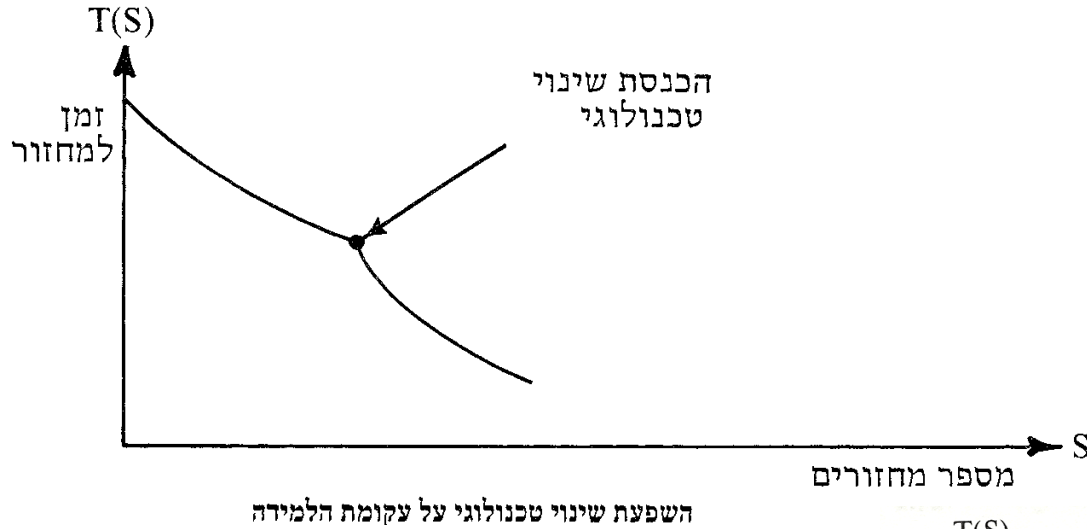
□ השפעת הגורם האנושי על עקומת הלמידה אינה מתבטאת רק בפיזור מסביב לממוצע, אלא גם באופי העקומה. לאנשים שונים יכולות להיות עקומות שונות (למשל קצב ירידה שונה).

□ שינויים טכנולוגיים יכולים להתבטא בשינוי פתאומי בקצב הירידה של העקומה.

תכונות חשובות של עקומת למידה

- הפסקות ביצור גורמות לרגרסיה מסוימת בתהליך ההשתפרות (שכחה).
- עקומת למידה מתארת את הפוטנציאל לשיפור המערכת, אבל ללא מערכת מוטיבציה מתאימה, האדם או הארגון לא "יעקבו" בביצועם אחרי עקומת הלמידה.
- לעיתים אילוצי זמן מכתיבים את הערך האסימפטוטי לזמן ביצוע הפעולה, כלומר, לא ניתן לבצע את הפעולה מפחות מזמן נתון.
- צורת עקומת הלמידה מושפעת גם מכמות הידע שמועברת מתפקידים קודמים.

תכונות חשובות של עקומת למידה



מודלים מקובלים של עקומות למידה

□ המודל החזקתי (אקפוננציאלי):

$$T(s) = T(1) \times s^{-m}$$

□ s – מס' המחזור

□ $T(s)$ – זמן הביצוע של מחזור s .

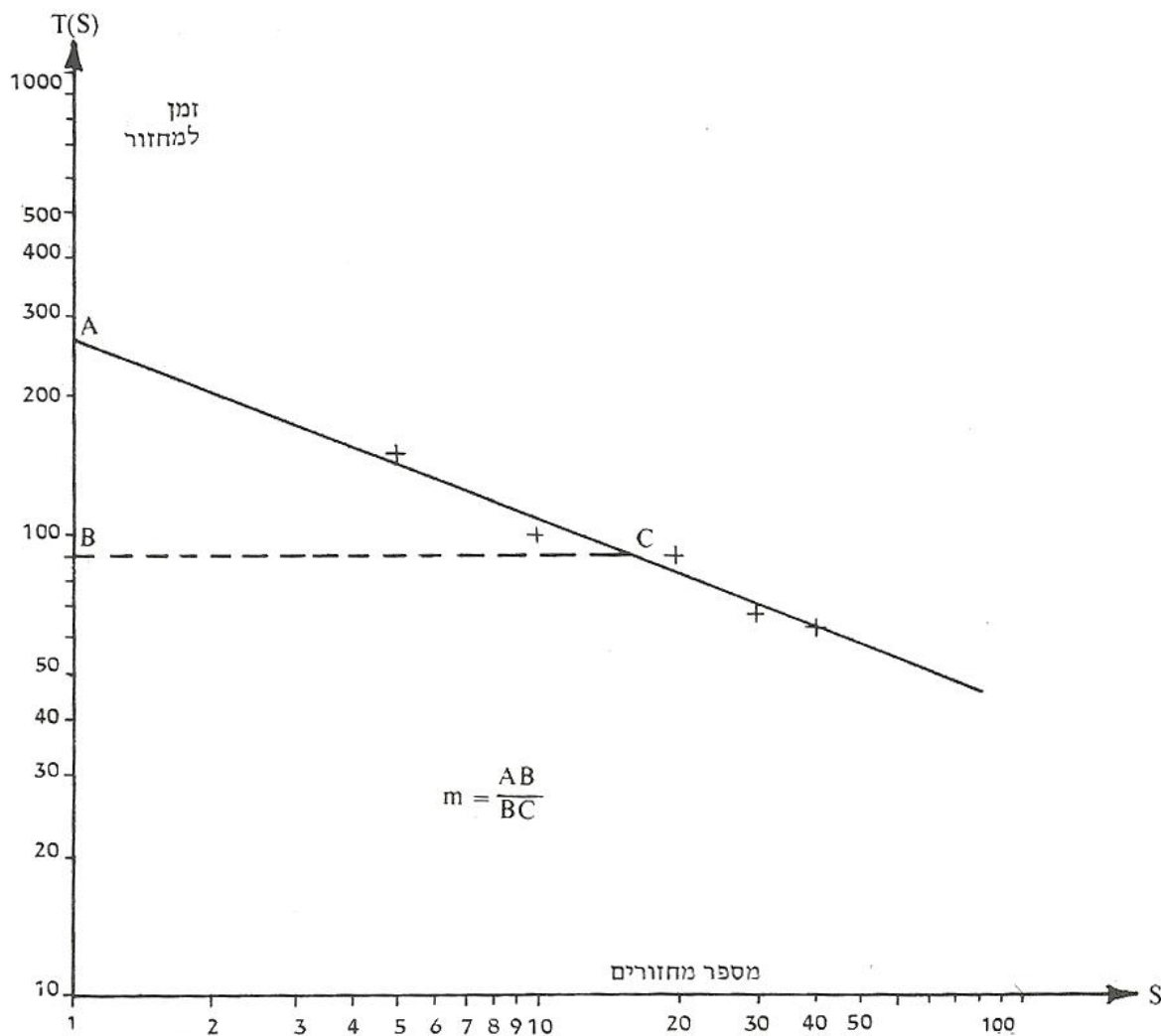
□ $T(1)$ – זמן הביצוע של המחזור הראשון

□ m – מקדם השיפור

□ ניתן לתאר אותו כקו ישר על גבי סקאלה לוגריתמית.

$$\log T(s) = \log T(1) - m \times \log s$$

מודלים מקובלים של עקומות למידה



עקומת למידה חזקתית על נייר לוג-לוג.

מודלים מקובלים של עקומות למידה

□ המודל של דה-יונג:

□ אחד מחסרונותיו של המודל החזקתי הוא שזמן הביצוע שואף ל-0 לאחר אינסוף מחזורים.

$$T(s) = T(1) \times \left(M + \frac{1 - M}{s^m} \right)$$

□ s – מס' המחזור

□ $T(s)$ – זמן הביצוע של מחזור s .

□ $T(1)$ – זמן הביצוע של המחזור הראשון

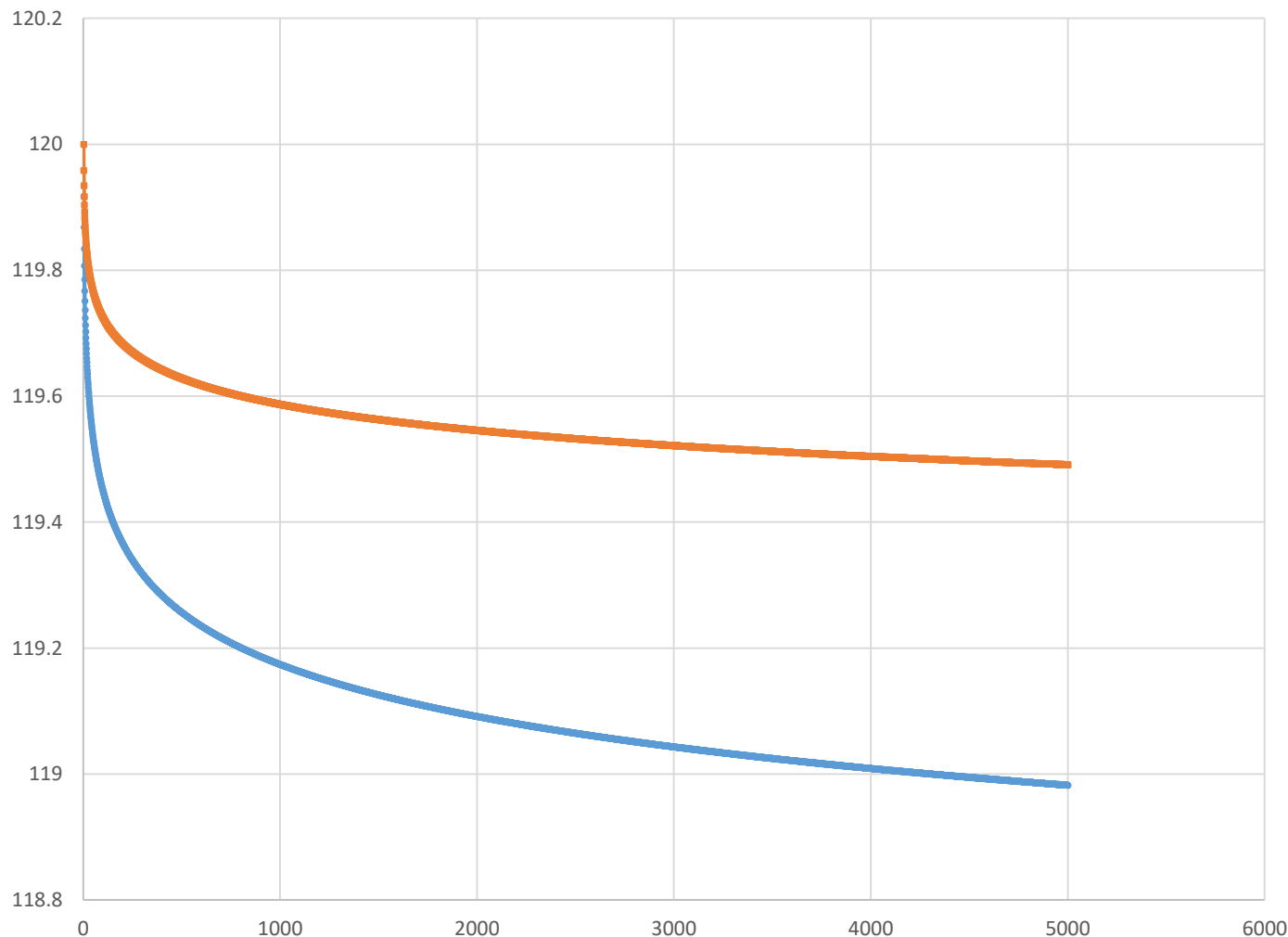
□ m – מקדם השיפור

□ M – מקדם האי-דחיסות, $0 \leq M \leq 1$

מודלים מקובלים של עקומות למידה

- מקדם האי-דחיסות – אותו חלק של זמן המחזור הראשון, שיידרש לביצוע הפעולה לאחר אין-סוף מחזורים.
- מקדם האי-דחיסות מאפיין את הטכנולוגיה ואת התהליך הספציפי שבו אנו דנים.
- ככל שהתהליך אוטומטי יותר, ערכו גבוה יותר, היות שפוטנציאל ההשתפרות של האדם נמוך יותר.

מודלים מקובלים של עקומות למידה



$m = 0.001$ □

$M = 0.5$ □