



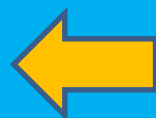
**KIAMISOLUTIONS**  
SMART, INTUITIVE, EFFECTIVE

אתגרי ניהול ידע בגופי אחזקה והנדסה במפעלים  
ואחזקה חזויה

- הוקמה בשנת 2016
- מתמחה במערכות Troubleshooting חכמות למפעלי יצור, ניהול אחזקה ואיכות
- פטנט (WIPO 2005/013016) - אבחון אוטומטי של תקלות במערכות יצור



ניהול אחזקה/ הנדסה



Troubleshooting



ניהול איכות

"אם היו לי 60 דקות לפתור בעיה, הייתי מנצל 55 דקות להגדרת הבעיה ו- 5 דקות לפתור אותה"

אלברט איינשטיין

# אתגרי ניהול ידע בגופי אחזקה, הנדסה ושירות

מהם האתגרים ומה אפשר לעשות "מחר בבקר" כדי להתמודד אתם ביעילות

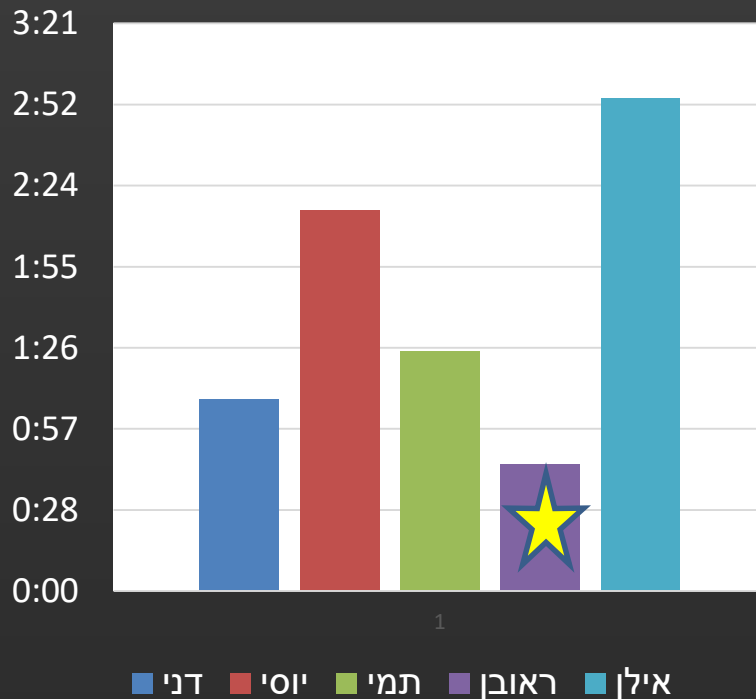


# שונות אדירה בזמני טיפול בתקלות של עובדים שונים

נובע בין השאר מ:

- שונות בהשכלה/ הכשרה
- התמחויות שונות בתוך צוותי התמיכה
- ניסיון ספציפי
- מאפיינים אישיים (לוגיקה וכיו"ב)

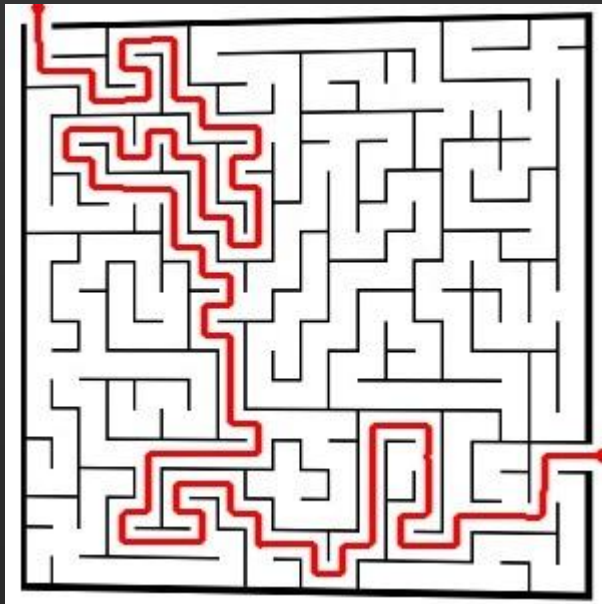
זמן טיפול בתקלת מצלמה



**האתגר: כיצד מביאים את כל צוות האחזקה/ הנדסה לרמת גבוהה של איכות הטיפול**

# אין דרך אחת לפתרון תקלה

- זמן האבחון של גורם התקלה "תופס" חלק מרכזי מזמן הטיפול
- לסדר פעולות הבדיקה השפעה מכרעת על זמן הטיפול
- איפה להתחיל?



# הנטייה "להמציא את הגלגל" במהלך הטיפול

- ממעטים להיעזר בידע קודם וניסיון של עובדים אחרים על תקלות דומות
- מערכות דיווח תקלות לרוב לא מאפשרות אחזור "פשוט" של תקלות דומות
- הידע איננו מאורגן באופן שמאפשר להיעזר בניסיון קודם לטיפול יעיל בתקלה
- ידע רלוונטי כגון שרטוט חשמלי, מדריך למכונה וכיו"ב איננו זמין מידית

**התוצאה: איבוד זמן יקר, הרבה "ניסוי ותעייה", זמני טיפול והשבתה ממושכים**



**פוטנציאל השיפור כאן אדיר: צמצום**

**זמן הטיפול ב- 95% בתקלות מורכבות**

# עומס קריאות לגופי התמיכה על תקלות פשוטות

- לעיתים קרובות גופי היצור פונים לגופי התמיכה על תקלות פשוטות: בעיות שנובעות מטעויות תפעוליות, בעיות SET-UP או בעיות אחזקה פשוטות
- גורר עומס על קבוצות התמיכה
- השבתות מיותרות, בעיקר במשמרות ערב ולילה

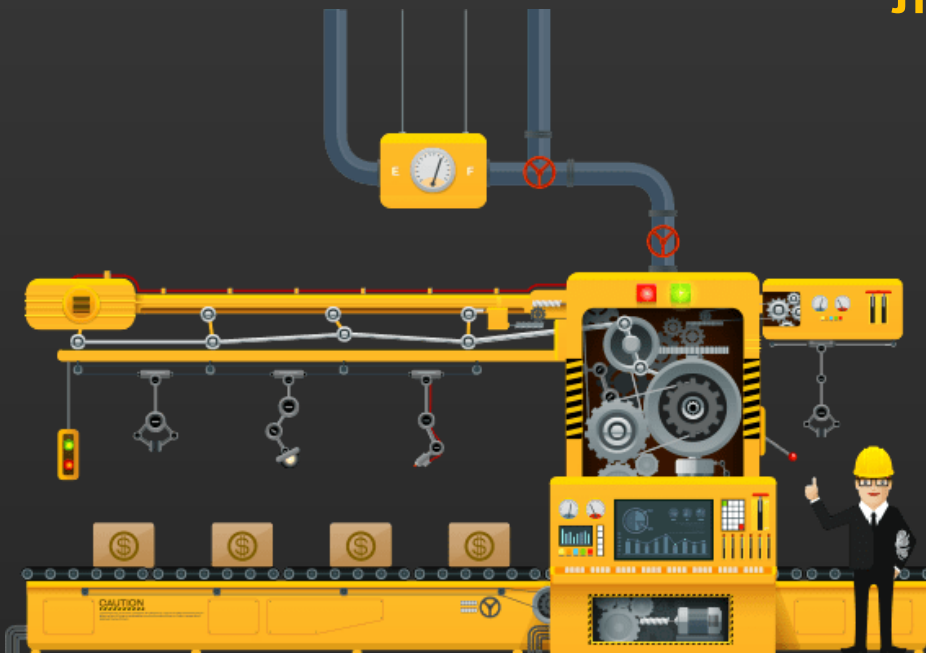
**לטיפול יעיל ע"י צוותי היצור פוטנציאל צמצום הפניות לתמיכה בשיעור 20-50%**



# עקומת לימוד ממושכת לעובדים חדשים

- עקומת הלימוד הנפוצה לעובד חדש במחלקת התמיכה מתחילה מחודשים ועשויה להימשך שנים

האתגר: כיצד מצמצמים את עקומת הלימוד של עובד חדש ומאפשרים לו בזמן קצר לתמוך באופן אפקטיבי בטיפול תקלות





# איבוד ידע בעקבות פרישה/ עזיבה של עובדים מנוסים

- פרישה או עזיבה של עובדים מנוסים גוררת איבוד ידע רב בהקשר לטיפול יעיל במערכות היצור, לעיתים עד לרמה של סיכון החברה

**האתגר: כיצד משמרים ידע "יקר", שהצטבר לאורך שנים של ניסיון**



# קשיים במעבר לתרבות ארגונית של שימור ידע

- לא מעט עובדים חוששים משיתוף ושימור ידע
- חוששים לאבד את יתרונם היחסי, או גרוע מכך את מקום העבודה
- עוסקים כל היום בכיבוי שרפות ולא נשאר זמן לתיעוד
- שיתוף ידע ו-best practice בין אתרי יצור שונים של החברה כמעט ואיננו קיים

**אתגר: כיצד עוברים**

**לתרבות של שיתוף ושימור ניסיון וידע**



# דיון: מה אפשר לעשות "מחר בבקר"

- תיעוד Troubleshooting ו-best-practice ב"קלסר מכונה".
- הגדרה הירארכית, לפי תחומי התמחות (יצור, אחזקה, הנדסה)
- ניתן להיעזר במומחה Troubleshooting מקצועי (למשל מנחם חורב).
- בחינת פתרונות תוכנה ל-Troubleshooting וניהול ידע (פשוטה לתפעול)

תקלה TCU01 לחץ שמן לא יציב

#	קוד	סיבה	טיפול	הודעת שגיאה
<input type="checkbox"/>	TCU0101	אוויר כלוא במערכת	1. לבדוק כי רמת שמן במיכל פיצוי שמן (10-20 ס"מ) 2. בעזרת לחיצה על הכפתור (T) בלוח הבקרה המקומי לשחרר אויר ולוודא אחידות זרימת השמן דרך פתח מילוי השמן.	
<input type="checkbox"/>	TCU0102	משאבה מסתובבת לכיוון ההפוך	בדוק הרכבה נכונה של חוטי חשמל לפי השרטוט החשמלי	pump 0804 err
<input type="checkbox"/>	TCU0103	שסתום FULL-FLO לקוי	החלפת שסתום לפי הנוהל המצורף	
<input type="checkbox"/>	TCU0104	חדירת מים לחלל השמן	יש לסגור מגופי הזנה וסניקה של מי קירור ל TCU	pump 0804 err
<input type="checkbox"/>	TCU0105	משאבת שמן לא תקינה	1. להוריד TCU ל DOWN. 2. להחליף משאבת שמן.	
<input type="checkbox"/>	TCU0106	משאבה לא בונה לחץ	בדוק מתיחות תקינה של הרצועות	

# דיון: מה אפשר לעשות "מחר בבקר"



- עידוד שיתוף ידע: מדידה, הערכה, הוקרה ותגמול

על תיעוד ושיתוף ידע ו-best practice

- הכשרות וקורסים לצוותי התמיכה

- הכשרת נאמני אחזקה: הדרכה והפצת הידע

# אחזקה חזויה: שיטות וכלים



# אחזקה חזויה מול אחזקה מונעת: שתי תפיסות

- אחזקה מונעת – פעולות אחזקה מונעת באינטרוולים קבועים, לרוב עפ"י המלצות יצרן המכונות ו**ללא תלות במצב המכונה** (טיפול שבועי, חודשי, רבעוני, X שעות מנוע וכיו"ב).
- אחזקה חזויה – בהתאם למצב המכונה המשתקף מניתוח נתוני המכונה והתהליך בזמן אמת.

מונחים נפוצים:

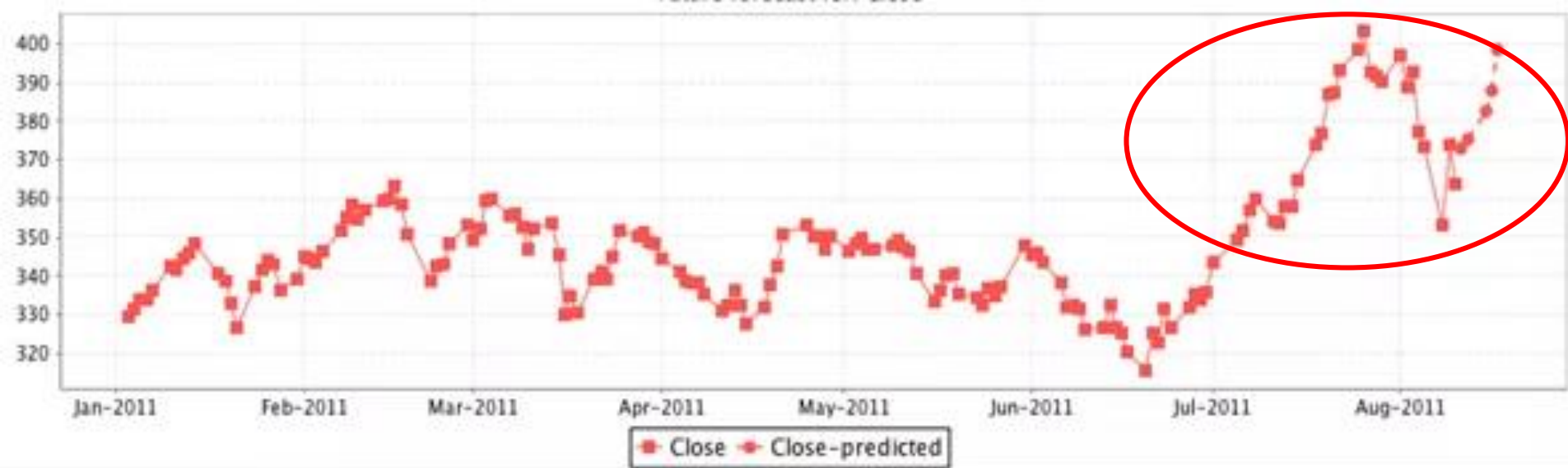
PdM - Predictive maintenance

CBM – Condition based maintenance



# אחזקה חזויה מול אחזקה מונעת: שתי תפיסות

החיזוי מתייחס לשני אלמנטים – זיהוי מגמה/ חריגה בהתנהגות המכונה, ופרק הזמן עד שהתקלה תפגע משמעותית בתפעול



# הנחות מאחורי התפיסה של אחזקה חזויה

- האחזקה המונעת הקלאסית בזבזנית: מובילה להשבתות מיותרות, פעולות אחזקה מיותרות, והחלפת חלפים מיותרת, שעשויה להיות יקרה ולא אופטימלית
- איסוף וניתוח הנתונים בזמן אמת מאפשר חיזוי מהימן של התקלות המתהוות, זמן ניכר לפני שהתקלה גורמת לנזק משמעותי
- לאורך מחזור חיי המכונה הדרישה לטיפולים משתנה

ניתוח ההנחות בהקשר של היצור שלכם משמעותי להבנת כדאיות היישום של מערכת אחזקה חזויה

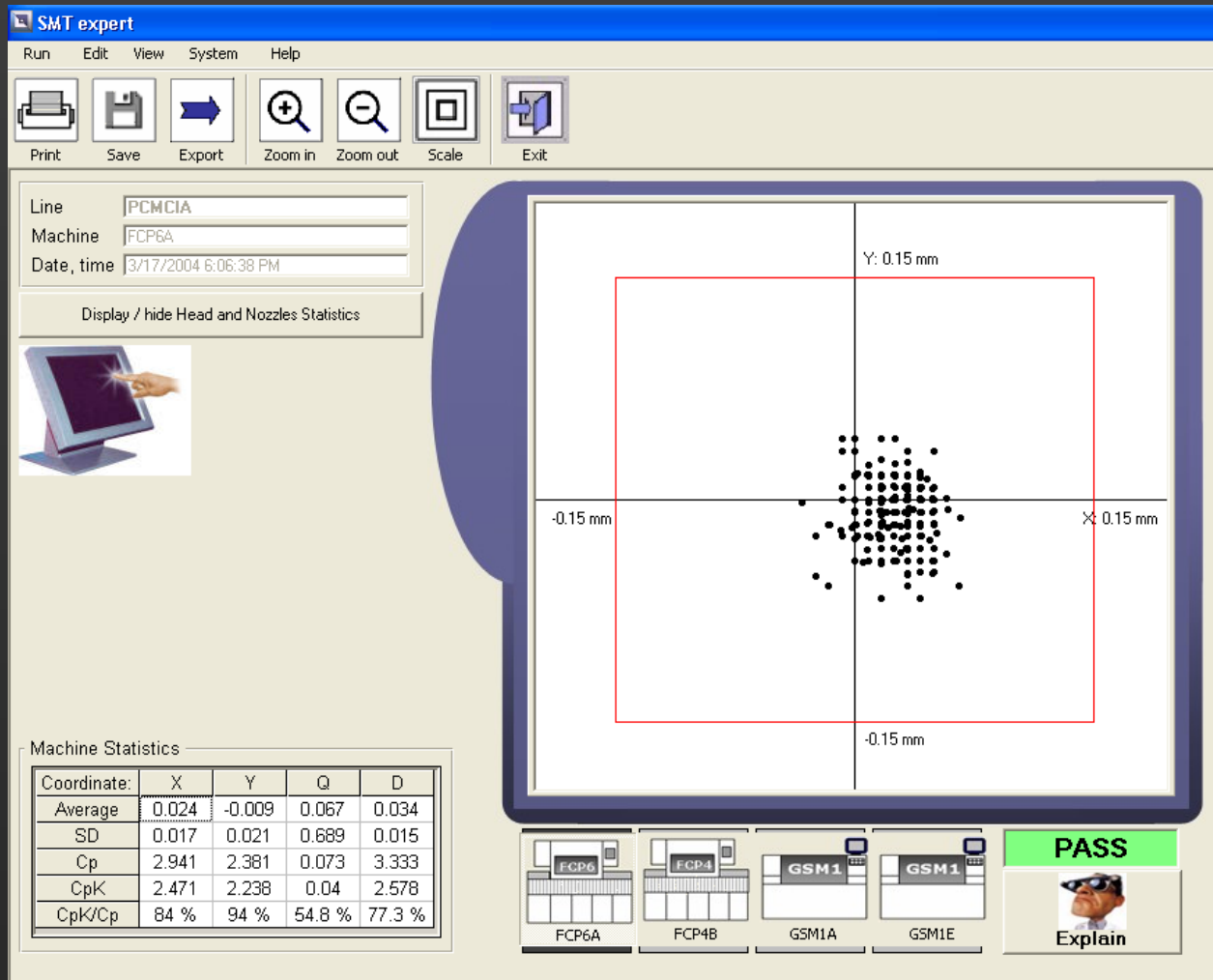




## הגישה המעורבת: גם וגם

- אחזקה מונעת – פעולות אחזקה מונעת באינטרוולים קבועים (או שעות מנוע), ללא תלות במצב המכונה. טיפול שבועי, חודשי, רבעוני, X שעות מנוע וכיו"ב.
- שינוי דינמי של פעולות האחזקה המונעת על-סמך הניסיון המצטבר, ולא רק עפ"י המלצות יצרן המכונה: פעולות אחזקה, חלקי חילוף (להוסיף/ להוריד)
- בקרת תהליכים – פעולות אחזקה בהתאם למצב המכונה המשתקף מניתוח נתוני המכונה והתהליך בזמן אמת. כלי ניתוח: SPC, Cp/ Cpk, למידת מכונה (AI)
- תזמון אחזקה כשנדרש, כשמזהים מגמת הידרדרות (בדומה לאחזקה חזויה)

# דוגמא לבקרת תהליכים



# אחזקה חזויה: האם מגמה חדשה?



לא - ניטור וניתוח פרמטרים ממערכות היצור קיים כבר עשרות שנים

**למה hype כזה גדול היום?**

החומרה היום הרבה יותר זולה, ומאפשרת איסוף, וניתוח נתונים

מהיר. מגמות:

- הרבה מכונות היום אוספות מידע שניתן לאסוף ולנתח (MISS-PICK למשל)
- סנסורים גנריים זולים ופשוטים
- IOT – קישוריות פשוטה ומהירה למכונות הקו
- כלי ניתוח נתונים חדשים זמינים וזולים יחסית - Machine Learning

# מרכיבי אחזקה חזויה: מקורות הנתונים



- מוצרים (למשל תקלות וערכים מדידים מהמוצרים)

- נתוני תהליך (PROCESS CHARACTERIZATION)

כגון גובה משחת הלחמה, סטיות השמה

- מכונות וציוד

- סנסורים במכונה כגון: ניתוח וויברציות, ניתוח קולי, בדיקה תרמית, בדיקת שמן,

בדיקה חשמלית וכיו"ב.

# מרכיבי אחזקה חזויה: שיטות לניתוח הנתונים

- קביעת ערכי סף וניתוח מדדי כשר תהליך – CP, CPK
  - ניתוח מגמות בתרשימי בקרה SPC (Statistical Process Control) המזהים סטייה מגבולות בקרה או חריגה סטטיסטית במבחני ריצה (Western Digital)
  - Machine learning – מאוד תלוי ב"מומחה ידע" לתחום הספציפי.
- לרוב הנתונים צריכים לעבור "טרנספורמציה" כדי לזהות תובנות משמעותיות.
- כמו-כן נדרשים הרבה נתונים ללימוד המערכת.
- לא תמיד המערכת יכולה "להסביר" את המסקנות שלה

חשוב להבין מה הרגישות של המערכת - ה- escaping defects וה- false alarm

# ניתוח כשר תהליך – Cp, Cpk

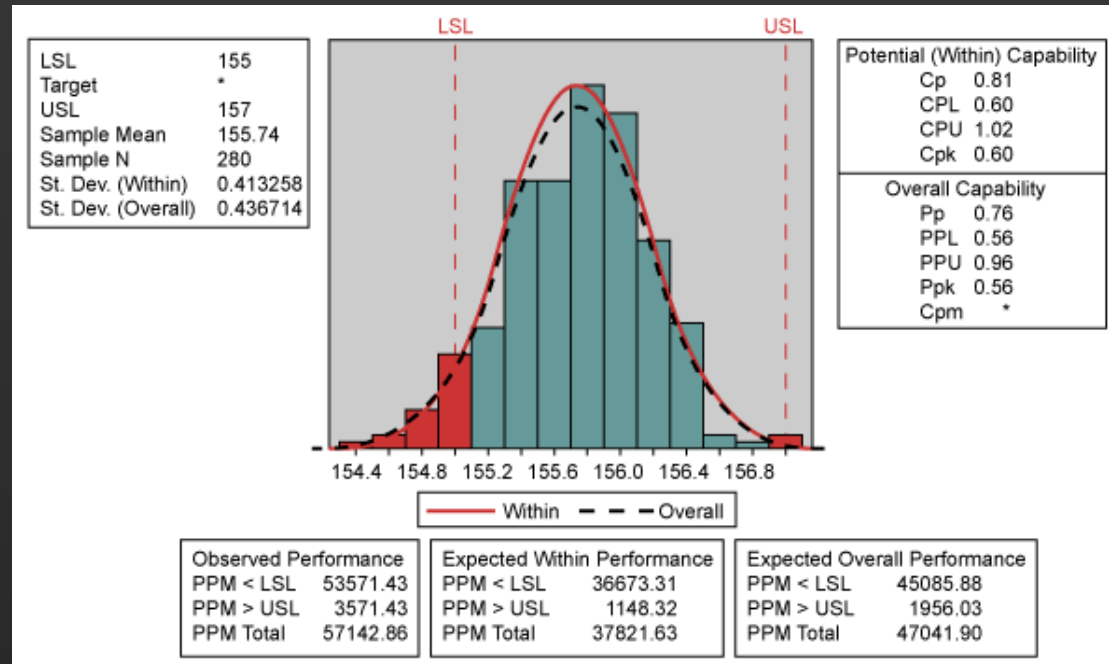
- A statistical way to report process capability (Cp) and process performance (Pp)
- *Enable to estimate the probability to fall outside the standard limits (USL/ LSL)*
- *Example – SMT placement machine*

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \times \hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \min \left( \frac{USL - \mu}{3 \times \hat{\sigma}}, \frac{\mu - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} \right)$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6 \times s}$$

$$P_{pk} = \min \left( \frac{USL - \mu}{3 \times \hat{\sigma}}, \frac{\mu - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} \right)$$



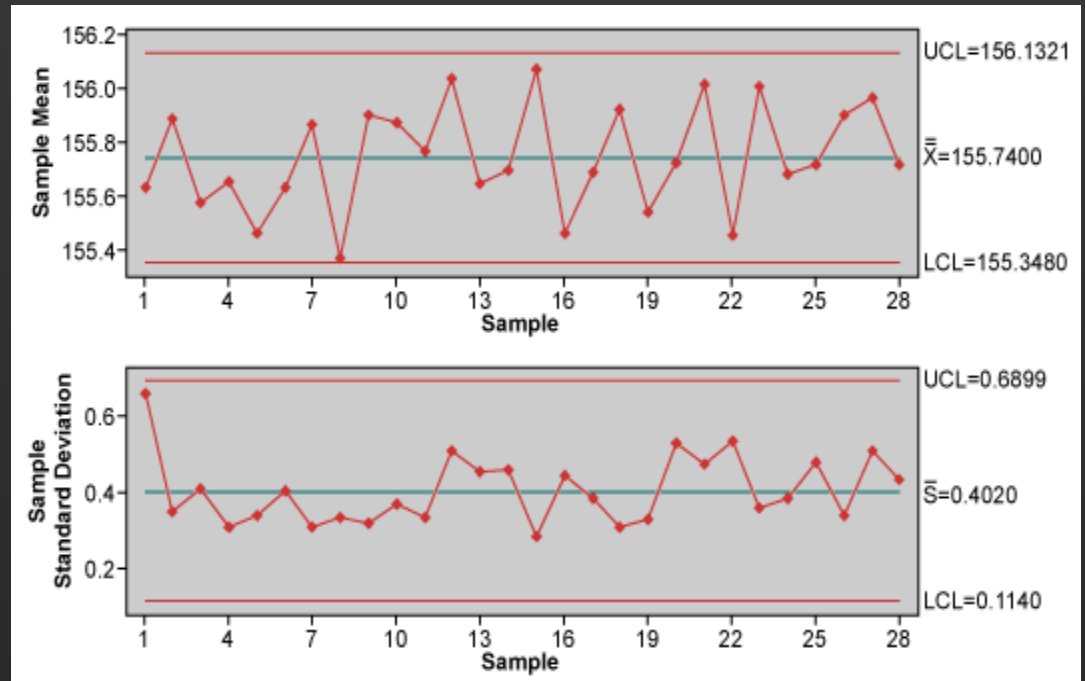
# תרשימי בקרה - SPC

- A statistical way to detect out of control and process trends

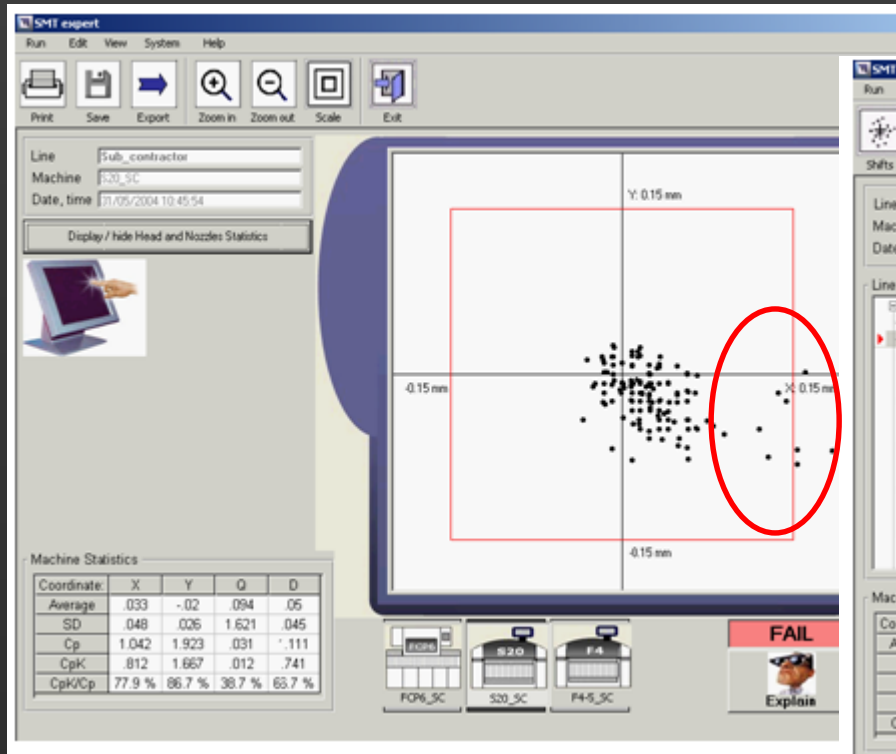
$CL = \text{Process mean} \pm 3 \text{ standard deviation}$

*Anomalies:*

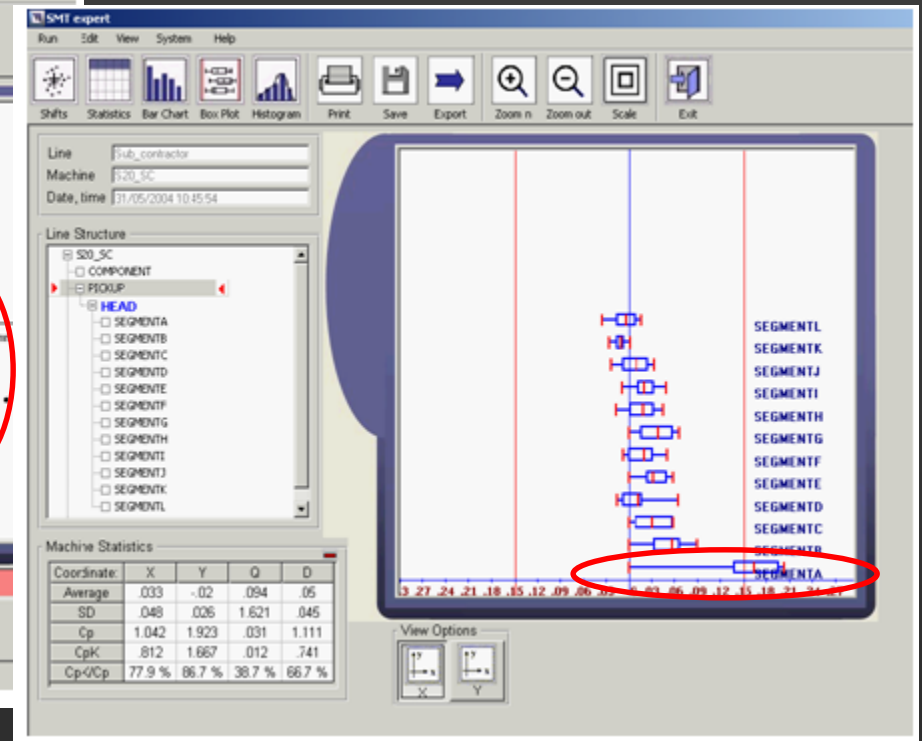
- *Out of control limits*
- *Running tests (WD)*



# כלים גרפיים סטטיסטיים נוספים



Shifting of several machine placements

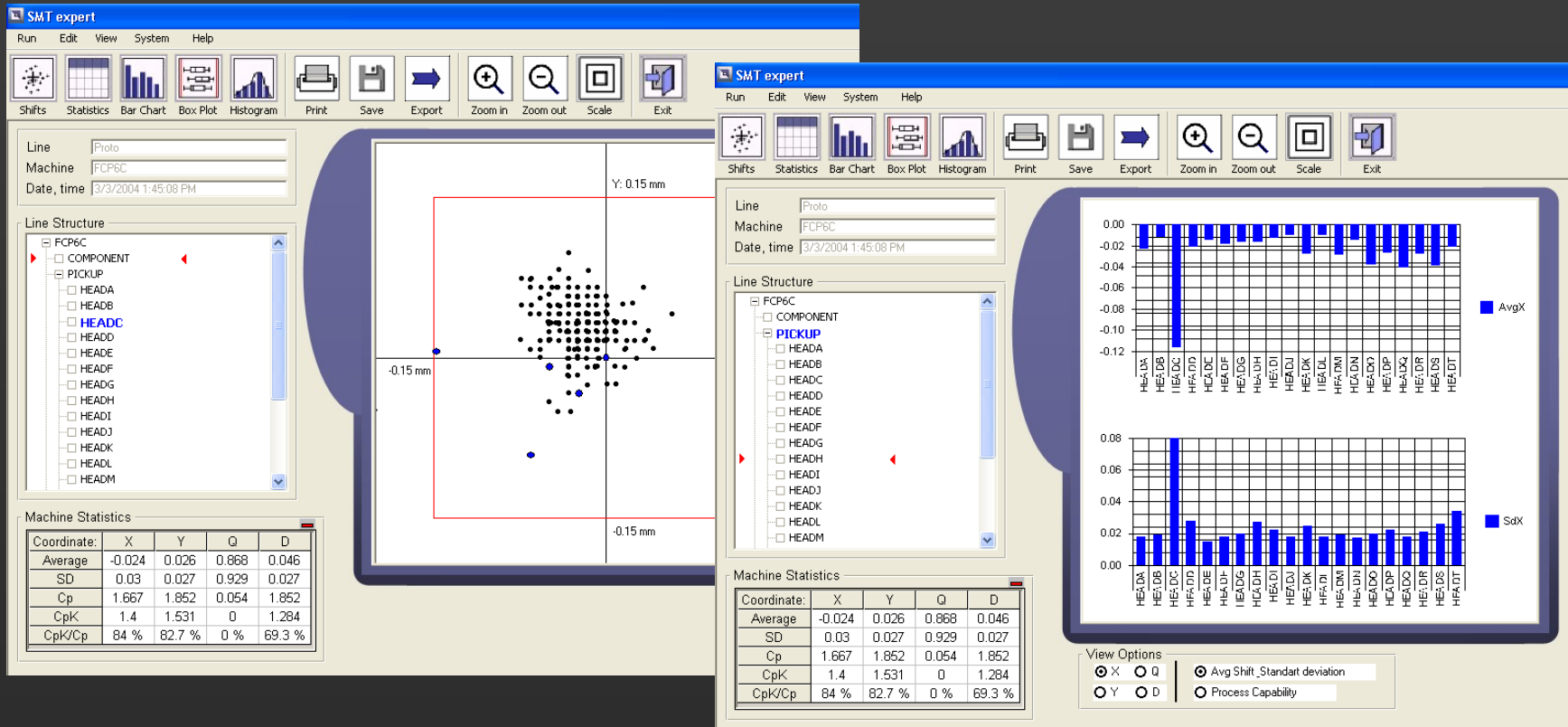


Conclusion: Siemens S20 Segment A failure

- Graphical representation of machine statistics
- Immediate focus on the malfunctioned unit

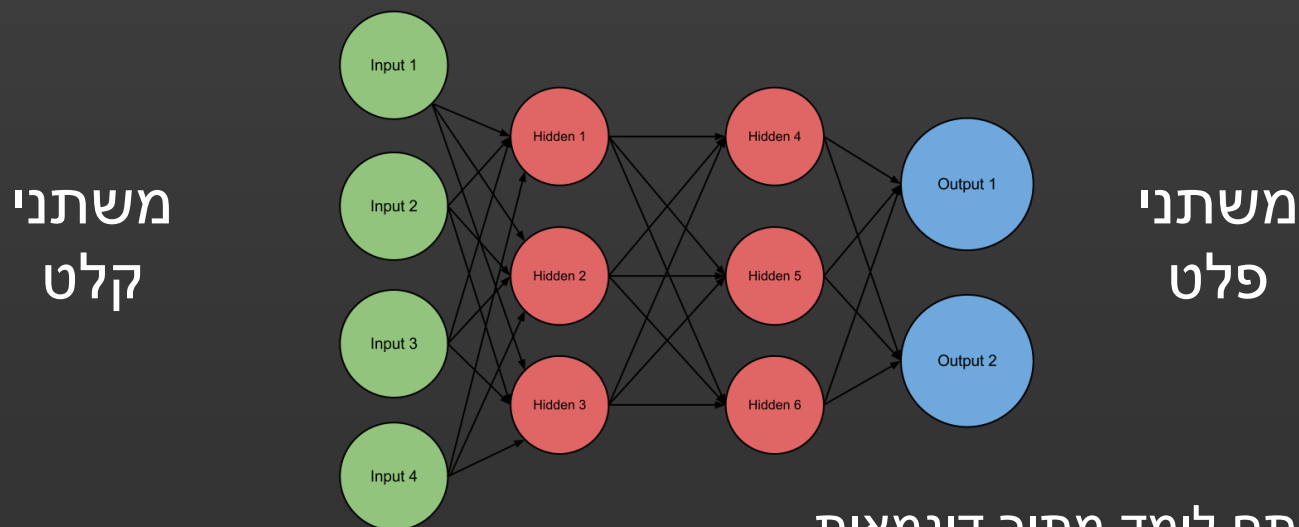


# כלים גרפיים סטטיסטיים נוספים



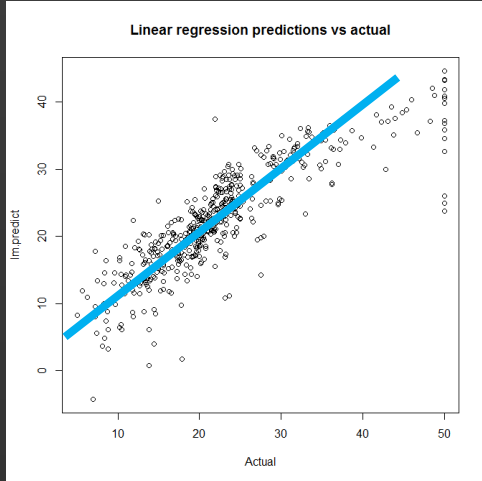
- Highlight malfunctioned machine units placements
- Graphical representation of machine statistics

# אלגוריתם מבוסס Machine Learning



- האלגוריתם לומד מתוך דוגמאות
- לא צריך לדעת מראש את הקשר המתמטי בין הקלט לפלט
- מייצר מודל שהנו "קופסא שחורה", כל עוד הוא עובד (קשה להסביר תוצאה)
- ככל שיש יותר נתונים, הוא נעשה יותר מדויק (כמו רגרסיה)

# אלגוריתם מבוסס Machine Learning



- דומה מעט לתכנון ניסויים (DOE)

- בשונה מ-SPC, מסוגל לטפל באינטראקציות

- מסוגל לטפל בכמות עצומה של נתונים (BIG DATA)

- נדרש עובד שהוכשר לניתוח נתונים (data scientist)

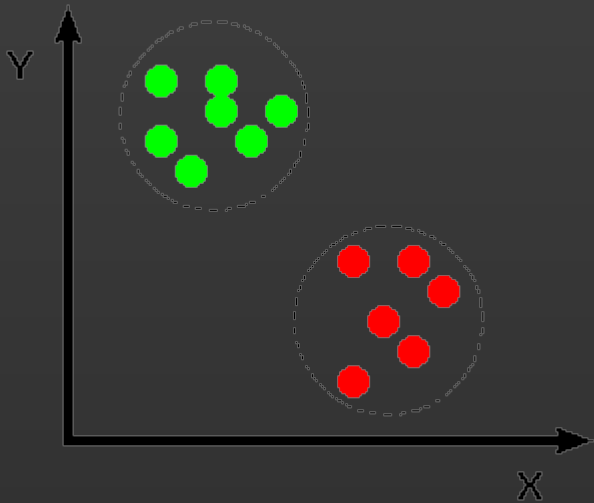
- ועובד עם הבנה מעמיקה של התהליך (בחירה "חכמה" של משתני הקלט ולפעמים

- לבצע "טרנספורמציה" עליהם)

- אימון המערכת עם הרבה מאוד נתונים, בדיקה על השאר

More data beats clever algorithms, but better data beats more data

# בעיות שניתן לפתור באמצעות ML



- חיזוי - regression

- סיווג - Classification

- קיבוץ - Clustering

– סיווג ML

- למידה מפקחת - Supervised Learning

יש לנו מאגר של נתונים ותשובות, ואנו רוצים שהמחשב ינסה לחקות את התשובות

- למידה לא מפקחת - Unsupervised Learning

מנסים לסווג לקבוצות הגיוניות בלי שיש דוגמאות

# תהליך העבודה - ML

- הגדרת הבעיה
  - זיהוי ואיסוף נתונים איכותיים
  - טיוב הנתונים
  - בחירת האלגוריתם המתאים לאופי הבעיה
  - אימון המודל
  - בדיקת המודל - המדד להצלחה – אחוז החיזוי על נתוני הבדיקה
- הבחירה באלגוריתם תשפיע על רמת הדיוק של התוצאה, על מהירות הריצה, על הרגישות לכמות ולאיכות הנתונים ועל קלות הבנת התוצאות

- **אתגרי ניהול ידע** – טיפול בהיבטים הרכים אך חשובים לצוותים.
- פוטנציאל שיפור דרמטי ומידי
- **אחזקה חזויה** – כלים ושיטות לייעול תהליך האחזקה/ ההנדסה
- נשען על כלים מתמטיים סטטיסטיים לחיזוי, תוכנה וצידוד לאיסוף נתונים



# הדגמת מערכת

- הוקמה בשנת 2016
- מתמחה במערכות Troubleshooting חכמות למפעלי יצור, ניהול אחזקה ואיכות
- פטנט (WIPO 2005/013016) - אבחון אוטומטי של תקלות במערכות יצור



ניהול אחזקה



Troubleshooting



ניהול איכות

Engineering,  
Maintenance,  
Operation,  
IT,  
Analyzers



Manual inspection



ATE/ AOI







# ליצירת קשר:

מנכ"ל: אריה מאור

נייד: 054-8885706, [arie.maor@kiami-solutions.com](mailto:arie.maor@kiami-solutions.com)

פיתוח עסקי וקשרי לקוחות: שי נאור

נייד: 050-5408010, [shai.naor@kiami-solutions.com](mailto:shai.naor@kiami-solutions.com)

כתובת: התנופה 7, קריית אריה פתח-תקוה

אתר: [www.kiami-solutions.com](http://www.kiami-solutions.com)

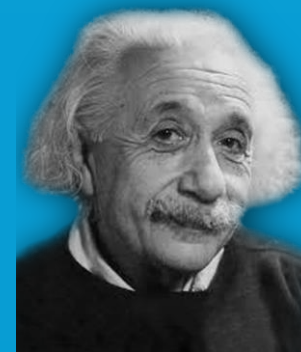
"אם היו לי 60 דקות לפתור בעיה, הייתי מנצל  
55 דקות להגדרת הבעיה ו- 5 דקות לפתור אותה"

אלברט איינשטיין

תודה רבה

KIAMISOLUTIONS

SMART, INTUITIVE, EFFECTIVE



TPM – total productive maintenance

תוכנית המערבת את כל הגורמים, כולל המפעילים, לצמצום השבתות, זמני SETUP, המתנות, האטות יזומות של מכונות, זמני כיוול, תקלות תהליך וכו'.

RCM – reliability centered maintenance

תוכנית לשיפור הזמינות, הבטיחות, והיעילות של מערכות היצור



## מטרות מערכת Troubleshooting

✓ קיצור זמני טיפול והשבתה: לא צריך "להמציא את הגלגל",

לעיתים משעות לדקות

✓ שיפור מדדים תפעוליים: פחת חומרי גלם, איכות ועוד

זמני טיפול ארוכים = זמני השבתה ממושכים,

פחת חומרי גלם,

תקלות במוצרים,

עיכובים ביצור והספקות

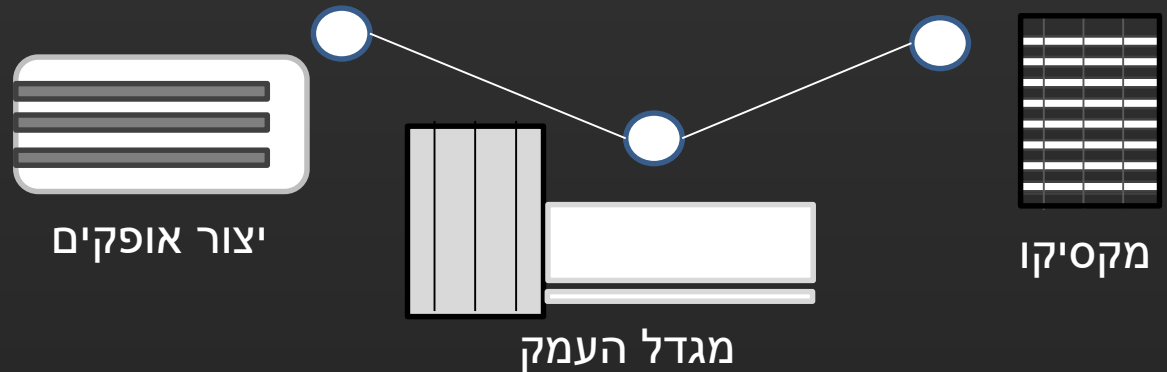


# מטרות מערכת Troubleshooting

✓ שימור ושיתוף ידע בתוך צוותי היצור, האחזקה והתמיכה



✓ שיתוף ידע בין אתרי יצור של החברה





## מטרות מערכת Troubleshooting

✓ צוותי היצור מטפלים במגוון רחב יותר של תקלות שטופלו בעבר ע"י צוותי התמיכה (בעיקר משמרות ערב ולילה)

צמצום העומס על צוותי האחזקה וההנדסה ב-20-50%

✓ קיצור עקומת הלימוד של עובדים חדשים

✓ צמצום הנזק כתוצאה מעזיבת עובדים מנוסים

✓ שיפור תהליך הקליטה של מערכות ותהליכים חדשים

✓ תיעוד Best practice בנושאים חשובים נוספים, כגון DFM,

DFT וכיו"ב

## מערכת ה-Troubleshooting של KIAMI

בסיס-ידע אינטואיטיבי לתהליכים הקריטיים



אלגוריתם "לומד" לאופטימיזציה של הטיפול



אשף מערכת מומחה לטיפול בתקלות מורכבות



ניתוח התקלות לאיתור וחיזוי תקלות אחזקה



המערכת מותקנת בענן, פשוטה מאוד לתפעול מכל מקום ומכל מכשיר, ובכלל זה טאבלטים וניידים.





## תוכן עניינים

- אודות וKIAMI
- אתגרי ניהול ידע בגופי אחזקה והנדסה
- מרכיבי אחזקה חזויה



- הוקמה בשנת 2016
- מתמחה במערכות Troubleshooting חכמות למפעלי יצור, ניהול אחזקה ואיכות
- פטנט (WIPO 2005/013016) - אבחון אוטומטי של תקלות במערכות יצור



ניהול אחזקה/ הנדסה



Troubleshooting



ניהול איכות

Engineering,  
Maintenance,  
Operation,  
IT,  
Analyzers



Manual inspection



ATE/ AOI

