

זמנים סטנדרטיים

רקע

חקר העבודה מייצג גישה אנליטית שמטרתה לקבוע אילו שיטות עבודה יגבירו את פריון הייצור לצד יעול תהליכים קיימים בפועל, חקר העבודה בעיקרו נסמך על שלשה מרכיבים: הנדסת שיטות המתרכזת בייעול, לימוד וניתוח שיטת העבודה לצורך שיפור מבחינה כמותית ויצרנית, מדידת עבודה המיישמת את השיטות והעקרונות המקובלים לקביעת זמני הביצוע הסבירים ושיטות שכר עידוד המיישמת קיום תמריצים להשיא את תפוקת העובד למקסימום האפשרי. בעבודה זו נתמקד במדידת העבודה, אשר נגזר ממנו חקר הזמן, המייצג תהליך בהנדסת תעשייה וניהול בו נמדד ונקבע הזמן הדרוש לביצוע עבודה מסוימת על ידי עובד בעל הכשרה מתאימה בקצב נורמלי, לפי רמת הביצוע שנקבעה מראש. חקר הזמן בעיקרו קובע סטנדרטיים של משך ופועל יוצא משליך על עלות הפרויקט באופן ישיר. התוצר של חקר הזמן הינו פרק הזמן הדרוש לביצוע מטלה באיכות רצויה.

גורמים מרכזיים בתהליך הייצור:

- קביעת זמני תקן לתהליך הייצור-בסיס להערכת ובקרה של תהליך הייצור בארגון או לחלופין בהקשר של פרויקט מסוים, אשר מטרתו העיקרית היא ליצור בסיס הערכה ותגמול של העובדים ע"י הורגים הכירים בארגון.
- קביעת תקן כוח אדם- תכנון וניהול כוח האדם באשר להגדרת עומס העבודה סביר, לצד הקצאת כוח האדם בצורה כזו שתשא את תפוקת המפעל למקס' רווח, משמע מקס' תפוקה במינימום עלות ריאלית.
- עלויות כוח אדם- עלויות עבודה תקניות ניתנות לחישוב על-ידי הכפלת הדקות התקניות ליחידה (נניח 80 כאשר קיימת תוכנית תמריצים), בקצב לשעה בביצועים של 80. העלות לשעה תקנית בפועל תהיה השכר הגולמי מחולק במספר השעות התקניות שעבדו.

שיטות לקביעת זמני התקן

- הערכות- הערכת משך העבודה הנדרש בצורה אישית על-ידי מנהל עבודה או ממונה.
- נתונים היסטוריים- קביעת זמן התקן על סמך נתונים בפועל של מטלות קשורות או דומות בעלי מאפיינים או מטרות דומות. שיטה זו מגדירה את זמן העבודה על בסיס העבודה בפועל לא עפ"י זמן העבודה הנדרש, כך שעובד רציונאלי יעדיף לעבוד לאט

יותר בכדי שזמני התקן העתידיים, שמסתמכים כאמור על נתונים היסטוריים יהיו גדולים ונוחים יותר עבורו.

- טכניקות מדידת עבודה- חקר זמן מחזורי, חקר זמן אקראי, דגימת עבודה, זמני תנועה קבועים (MTM, MOST).

יש לציין כי עם התפתחות הטכנולוגיה לצד התחרות הענפית, גדלה חשיבות חקר הזמן בצורה נמוכה לקביעת זמני תקן כאמור, על מנת להסתמך כמה שפחות על נתוני הייצור ההיסטוריים, בעיקר בגלל העובדה כי הסתכלות על העבר מקבעת את הגישה החדשנית, ויכולה אפוא להשפיע על יעילות הפירמה הן בטווח המידי והן בטווח הקצר.

שיטות למדידת הזמנים

- מדידה ישירה- באמצעות שעון עצר, מתאימה בעיקר לעבודה מחזורית ולמצבים בהם העובד נמדד לבדו.
- דגימת עבודה- שיטה סטטיסטית האומדת את תפוקת העובד בזמן נתון ומשתמשת בכלים הסתברותיים לקביעת פרמטרים נדרשים, מתאימה לפילוח נתונים בהם עובדים בצוות או לחלופין במצבים בהם המדידה בשעון עצר מתגלה כלא אפשרית או קשה במיוחד.
- שיטה סינתטית- מוצגת כפועל יוצא מהמחקר בתחום ומאגדת בצורת טבלה זמנים מקובלים לייצור בענפים שונים תחת מגבלות שונות, חוסכת את החישוב הפרטני ומהווה אומדן התחלתי סביר לתחילת מדידת העבודה.
- **זמני שיטות קבועים מראש**- שיטה סינתטית נוספת, המבוססת גם היא על מחקרים רבים, בדמות טבלאות זמנים מוכנות, בשיה זו מניחים כי ניתן לחלק כל עבודה לאוסף של תנועות בסיס, כאשר נקבע זמן לכל הליך בנפרד, המתהווה לתהליך הייצור הכולל.
- שיטה להערכת זמנים- שיטה זו נפוצה בשם השיטה האנליטית, משמשת תהליך ייצור בהם היקף העבודה לא מספיק גדול או לחלופין מקרים בהם העבודה כוללת השקעה בהון רב, סיכון חיי אדם וכדומה. מבוצעת ע"י הערכות של מומחים בכדי לקבוע זמנים סבירים לביצוע העבודה.

אמצעים לביצוע מדידה וחלוקת העבודה לאלמנטים ברי מדידה

1. כלים למדידת הזמן- שעון עצר, מצלמות ומסרטים המאפשרות קביעת זמנים סבירים בהסתמך על ידיעת מספר הצילומים המבוצעים ביחידת זמן.
2. טופסי רישום- טפסים שונים המאפשרים שימוש בתבניות מוגדרות מראש לדוגמת:
חקר זמן מחזורי ודפים לאיסוף תצפיות בחקר דגימת העבודה.

חלוקת העבודה לאלמנטים מהווה שלב ראשוני ועיקרי בחקר העבודה ובפרט במדידת העבודה וקביעת זמנים סטנדרטים לייצור. כדי שמדידת העבודה תהווה כלי יעיל ואמין על החוקר לקבוע פרמטרים למדידה אשר יכילו בתוכם את המאפיינים הנ"ל:

- פרמטרים ברי זיהוי
- לא קצרים מדי (לא קטנים מ-4-5 מאיות הדקה)
- בעלי נקודת התחלה וסוף מוגדרים
- קל להפרידם מאלמנטים אחרים

כמו כן ניתן להבחין בין האלמנטים על-פי שיוכם כדלקמן:

- **אלמנטים מחזוריים:** מחקרים בתדירות קבועה ומופיעים בכל מחזור של העבודה
- **אלמנטים שאינם מחזוריים:** אלמנטים המופיעים בהפרשי זמן שונים או לחלופין במחזורי עבודה שונים.
- **אלמנטים ידניים:** אלמנטים שעובד מבצע באופן ידני.

הערכת קצב ביצוע העבודה:

הערכת קצב ביצוע העבודה משמעותה הערכת הזריזות שבה בוצעה העבודה הנחקרת על-ידי העובד. בכדי שחקר הזמן יוכל לשמש כלי יעיל ומהימן לקביעת זמנים סבירים לעבודה, נדרש להימנע מביטויים בעלי אופי סובייקטיבי, אשר יוכלו להתפרש באופן שונה על ידי אנשים שונים, זאת בכדי להשיג מדד מוצג אשר יוכל על פניו זמן לנציג נסיגה או התקדמות מהיעד הנקבע.

רמת הזריזות התקנית:

בכדי שרמת הזריזות התקנית תוכל למלא את דרישות החוקרים או בעלי העניין ישנם כמה מאפיינים שחייבים לבוא בהלימה למדידת העבודה, להלן המאפיינים:

- לעובד יש תכונות פיזיות ומנטליות סבירות לביצוע העבודה
- לעובד הכשרה וניסיון לביצוע העבודה
- העובד כפוף לממונה ישיר
- העובד מבצע את עבודתו נאמנה ומתחשב בגורמים לדוגמת: איכות, בריאות, וכדומה.

קצב עבודה של עובד שמתקיימות בו התכונות הנ"ל נרשם כקצב מקסימלי בו יכול העובד להתמיד לאורך משמרת עבודה שלמה, בלי לפגוע בבריאותו. בבואנו לקבוע תהליך בו הזמן הינו זמן סטנדרטי-סביר לביצוע העבודה, לפי תפוקה, נדרש אפוא להביא בחשבון גורמים אנושיים המשפיעים על יכולת הייצור או רציפות התפוקה של

העובד. מכאן ניתן להסיק כי תהליך מדידת זמן העבודה צריך שיתחשב בסוגית אי-רציפות העובד, וכתוצאה מכך נדרש להקציב זמן המכונה תוספת אי-רציפות, כאשר הבסיס להקצבת זמן זה מתייחס לעייפות וירידת פריון העבודה של העובד במהלך משמרת העבודה. בהתאם לכך על מודד העבודה להקציב זמנים מיוחדים לצורך מנוחה והתאוששות אשר אמורות להחזיר לו את כוחותיו וכושר עבודתו, ובכך לשמר את עיקרון מקס' התפוקה המגיע בהלימה לעיקרון מקס' יעילות/רווח.

שיטות סטטיסטיות וקביעת זמן תקן באמצעות זמנים מוכנים מראש

בשיטה זאת מתבססים על שימוש בתקני זמן סטנדרטיים שנקבעו והוכנו מראש לצורך ביצוע עבודות שונות. תקני זמן אלה נרשמים בדרך כלל בטבלאות, וניתן להשתמש בהם לצורך הערכת זמן העבודה. קיימות שתי שיטות של זמנים מוכנים מראש השונות זאת מזאת במידת הפירוט (1) זמנים מוכנים מראש לפעולות יסוד ולתנועות. אחת השיטות הידועות ביותר היא מערכת MTM Method Time Measurement שפותחה ע"י Maynard 1971 הכוללת לוחות זמנים לביצוע הפעולות הפיסיות הבסיסיות ביותר כמו למשל תפיסה ביד, העברה, שחרור הפריט וכדומה. גישה זאת רואה את פעילות האדם כאילו שהוא מכונה. בחקר הזמן המתבצע לפי גישה זאת החוקר מזהה את התנועות הבסיסיות של העבודה הנמדדת, מתאים לכל פעולה בסיסית זמן לפי הטבלאות, מנסל את הזמן של תנועות מיותרות או בטלה ואז סוכם את הזמנים לצורך קביעת הזמן הדרוש לעבודה כולה. נעיר כי אף שכיום לא נוטים להתייחס לעבודת האדם כאילו שהוא מכונה, טכניקה זאת עשויה להיות שימושית לגבי ניתוח עבודה של רובוטים תעשייתיים והערכת ביצועיהם במונחי תפוקה וזמן. (2) זמנים מוכנים מראש למקצועות עיסוקים או עבודות מוגדרות. טבלאות אלה כוללות זמנים מוכנים מראש לקבוצה שלמה של פעילויות, אלמנטים שלמים החוזרים על עצמם בעיסוק מוגדר או "בלוקים" של עבודות. בגישה זאת קובעים שעתון לעבודה מוגדרת בלי להיכנס במפורט לכל מרכיביה. למשל, במוסך מוגדר לפי שעתון היצרן שביצוע של "טיפול 10,000" ברכב כלשהו היא עבודה הדורשת 70 דקות, ותיקון תקר בגלגל (כולל פירוק והרכבה) היא עבודה שדורשת 10 דקות. חיוב הלקוח בתשלום על העבודה שבוצעה נקבע לפי השעתון. הרעיון המרכזי בmtm הוא שכל פעולה ניתן לפרק לתת פעולות המרכיבות אותה עד לרמה בסיסית של תת פעולות שמשכן נתון בטבלאות או נמדד באופן אחר.

Si הזמן הנורמאלי הדרוש לביצוע תת פעולה, זמן שניתן למצוא בטבלאות mtm

Fi מספר פעמים שמופיע פעולה Si במסגרת העבודה כולה

n מספר תת פעולות המרכיבות את העבודה כולה.

מאחר שהתנועות בmtm הם ברמה הבסיסית ביותר, זמני ביצוע לכל הפעולה הם קצרים ביותר. לכן נהוג להשתמש ביחידת זמן קצרה מאוד שהיא החלק ה 1/100,000 של השעה הנקראת tmu - time measure unit. שניה 1 כ-28 tmu

תהליך מציאת זמן התקן בשיטת MTM:

1. פירוק הפעולה לפעולות בסיסיות כפי שמפורט בטבלאות.

2. מציאת הזמן הנורמאלי לביצוע כל אחת מהפעולות לפי הטבלה

3. סכמת כלל הפעולות לכדי תהליך אחד.

4. חישוב אחוז התוספות הנורמאליות וחישוב זמן התקן הכולל.

זמן ב-TMU	קוד MTM	תיאור התנועה
14.2	R12C	הושט יד לאחור
9.1	G4B	תפוסת אגיל
16.9	M14C	הזזת הגליל מקצה
5.6	P1SE	מיקום הגליל בתוך המקבץ
2.0	RL	שחרור האחיזה בגליל
47.8		סך הכל

$$זמן\ תקן = \sum_{i=1}^n Si * Fi$$

התפתחות השיטה:

מערכות מדידת זמן (MTM) אינן מחשיבות גורמים אנושיים לדוגמת מנוחה וזמני המתנה, אלא מחשבות זמנים של פעולות ספציפיות כאמור. ניסיון העבר בא בהלימה עם נטייתם של מתכנני מערכות ייצור להתעלם מגורמים אלה. בהתאם לכך כיום ניתן למצוא שילוב של תהליכים אנושיים בהטמעת שיטת MTM, כך למשל מערכת בשם SAM מחלקת את הפעולות לפי סדר, תוך התחשבות במאמץ השרירים שעובדים בפעולות הנ"ל, וכתוצאה מכך מחשבת את המנוחה הנדרשת לעובד, אם כי במחקרים שנעשו נתגלו אי דיוקים בניית הפעולות. כתוצאה מכך פיתחו בשוודיה שיטה מבוססת SAM הנקראת בשם Ergosam, מטרת שיטה זו הינה להפחית בצורה משמעותית את זמן החישוב והניתוח הנדרשים למיפוי סדר הפעולות בתהליך הייצור, ההבדל בין שתי המערכות נעוץ ביכולת הדיוק של זמן המנוחה הראוי לעובד, לצד העובדה שבשיטות אלא ישנם תהליכים שנסכמים באופן אוטומאטי לצד תהליכים שנשארים באופן עצמאי. למערכת ה Ergosam נדרשת אינפורמציה נוספת באשר לניתוח זמן התקן הכללי, להלן דרישות המערכת:

- האזור ביחס לגוף העובד בו מתבצעת הפעילות או מסתיימת.
- המשקל של העצמים או הכוח המופעל בפעילות.

בנוסף, המידע יכול להינתן על סמך הזמן שהוקצה לעבודה בתחנה הספציפית או ברצף פעולות שנקבעו מראש, כמו כן Ergosam מיושמת כתוכנית מאקרו בתוכנת Microsoft excel.

הפלט של ה-Ergosam מחולק לשלוש סוגי נתונים (תנוחת עבודה, כוח, מחזוריות-רפיטיביות). לפי מודל הקובייה שיוצג בפסקה זו, ניתן לומר ברמת סמך גבוהה כי שילובם של הנתונים וניתוחם ינבא האם העבודה כרוכה בסיכונים של פציעות או של מחלות שרירים ושלד מודל הקובייה פותח כאמצעי להערכה וערכיו נעים בין 1-27 כאשר, מקובל ($i > 5$), מקובל מותנה (9-5), לא מקובל ($i \geq 9$).



מודל הקובייה מחושב כדלהלן:
 ערך=כוח*(1-3)+תנוחה*(1-3)+תדירות*(1-3)
 כאשר הערך המרבי כאמור הינו $27 = 3 * 3 * 3$

להלן דוגמא לניתוח תנועות השריר במודל הקובייה (חברת ייצור המכוניות וולו) בבואנו למצוא זמן תקן מהימן אשר ייטב עם העובדים, יגדיל את פריון הייצור ויפחית פציעות:

Demands on the movement and support organs	Effect of work	Who can do the work?	Load level	Ambition
Great	Bad injurious	Probably strong young men, short period	Very high (not used)	Has to be improved
		Healthy young people with good work technique	High (3.0)	
			Rather high (2.7)	
Medium	Probably not bad	Ordinary healthy men or women	Medium high (2.4) Medium (2.0) Medium low (1.7)	Realistic goal for car production
Small	Not bad	Older people or persons with small function obstacle	Low (1.0)	For older people and for rehab

בשיטה זו נהוג לסכום פעולות פשוטות להבדיל משיטת MTM הראשונית, סך הפעולות כאמור לעיל, נותנות את זמן התקן בניכוי זמני מנוחה והמתנה, לפי טבלת העומס המוצגת לעיל.

Workstation No.	Description of the work	Cycle time [s] (from SAM)
1	Assembly in engine compartment: ABS (Advanced Break System), break pipes etc	279
2	Assembly in engine compartment: gear shift wire	110
3	Assembly in engine compartment: expansion tank, coolant hoses	285
4	Disassembly of door from car body	72
5	Assembly of lock in luggage compartment	124
6	Assembly of wrap guard (plastic protection for the car)	73

סיכום:

בקטע זה נבחן ראשית נושא המאקרו שהינו מדידת עבודה, אשר שימושיו באופן כללי מתכנסים לאספקת בסיס לתוכניות תמריצים, מעקב אחרי ביצועים, סיוע בהכנת תקציבים וכדומה. כאשר הושם דגש על חקר הזמן ובפרט שיטת המדידה- מערכות זמן תנועה קבועה מראש, באמצעות זמנים סטנדרטיים. בקטגוריה זו של חקר הזמן, ישנן כמה שיטות שנגזרות מהשיטות שנבדקו כאן, אם כי שיטת MTM הינה השיטה היעילה ביותר, אשר נגזרותיה הרלוונטיות נבדקו גם הן בהקשר של התפתחות השיטה במהלך השנים (SAM, Ergosam) שיטת MTM באופן כללי המוכרת גם בשם MOST (נפוצה באסיה), הינה שיטה למדידת זמני עבודה בכדי להפיק את המרב מתהליך הייצור תוך שמירה על עקרונות כלכליים בסיסיים לדוגמת מקס' יעילות או מקס' רווח. להבדיל משיטות למדידת זמני עבודה שיטה זו משתמשת בנתונים קיימים אשר חושבו בדיעבד, נתונים אלו מובאים בדמות זמני תקן ליחידת פעולה, כאשר ישנו סיווג ראשי בין השיטות, סכמה של פעולות בסיסיות או לחלופין סכמה של קבוצת פעולות בסיסיות לכדי פעולה מרכזית יותר. יתרונה העיקרי של שיטה זו הוא היכולת לנהל תהליכים מחזוריים או לחלופין דומים במקס' יעילות בעוד שההשקעה הינה חד פעמית, הווה אומר נדרש לחשב פעם אחת (בהנחה שאין שיפור טכנולוגי או שינויים ענפיים) וניתן למצוא את זמני התקן לייצור מוצרים שונים חדשים כישנים, בעזרת החישוב ההיסטורי. עם התפתחות הטכנולוגיה והייצור הובן כי החיסרון הבולט של שיטה זו הינו היכולת שלה להתחשב באופן מדויק בזמני זמנוחה הנדרשים, לפי עומס העבודות השונות, בהתאם לדרישה זו פותחו כמה שיטות שפרטן לעיל, אשר בעיקרן התרכזו במיפוי מדויק של העומס המוטל על העובד, וזאת בכדי להפחית את פציעות העובדים, להגדיל את הייצור לטווח הארוך ולהגדיל את יעילות חישוב זמני התקן הסטנדרטיים, שיטות אלו, לרבות Ergosam מציגות כיום ניתוחים מדויקים של עומס העובד, כאשר תוצאותיהם באות בהלימה עם תוצאות הבדיקות הרפואיות בנוגע לפעילות השרירים. מה שמעיד אפוא על יעילות השיטה מחד ועל תיקון החיסרון העיקרי מאידך.

לכבוד
הרב*

systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.

Karger, D. W., & Bayha, F. H. (1987). *Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial Press Inc..

Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time measurement*.

Zandin, K. B. (2002). *MOST work measurement systems*. CRC press.

(Vol. 73080). Open University of Israel. אבינועם בן אריה. (2004). *מדית עבודה*.

systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.

Karger, D. W., & Bayha, F. H. (1987). *Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial Press Inc..

Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time measurement*.

Zandin, K. B. (2002). *MOST work measurement systems*. CRC press.

(Vol. 73080). Open University of Israel. אבינועם בן אריה. (2004). *מדית עבודה*.

systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.

Karger, D. W., & Bayha, F. H. (1987). *Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial Press Inc..

Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time measurement*.

Zandin, K. B. (2002). *MOST work measurement systems*. CRC press.

(Vol. 73080). Open University of Israel. אבינועם בן אריה. (2004). *מדית עבודה*.

systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.

Karger, D. W., & Bayha, F. H. (1987). *Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial Press Inc..

Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time measurement*.

Zandin, K. B. (2002). *MOST work measurement systems*. CRC press.

אבינועם בן אריה. (2004). *מדית עבודה*. (Vol. 73080). Open University of Israel.

systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.

Karger, D. W., & Bayha, F. H. (1987). *Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial Press Inc..

Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time measurement*.

Zandin, K. B. (2002). *MOST work measurement systems*. CRC press.

(Vol. 73080). Open University of Israel. אבינועם בן אריה. (2004). *מדית עבודה*.