



משרד החינוך  
המנהל לחינוך טכנולוגי

# תכנית לימודים

שם התכנית: **לוגיסטיקה ושיווק ב'**

מקצוע: **ניהול מערכות תפעול**

כיתה: **י"ד**

מהדורה תשע"ג

עדכון תשפ"ד

# ניהול מערכות תפעול

## התפיסה הרעיונית של התכנית

ניהול התפעול עוסק בתכנון ובקרה של כל הפעילויות והתהליכים הדרושים לשם המרה של תשומות לתפוקות, בדרך האפשרית הטובה ביותר. פונקציית התפעול בארגונים אחראית לתכנון, לתאם ולבקר את פעילות שאר הפונקציות בארגון על מנת להבטיח את השגת יעדיו האסטרטגיים של הארגון.

המקצוע ניהול מערכות תפעול מציג את הנושאים העיקריים המרכיבים את פעילות פונקציית התפעול בארגון, והנלמדים בצורה מעמיקה יותר במקצועות אחרים, תוך התמקדות בהצגת הקשרים והממשקים ביניהם.

המקצוע מדגיש את הנושאים הרבים הנכללים בתחום ניהול התפעול ומסייע בהבנת השיבות התחום לניהול, לתכנון ולתיאום התהליכים העיקריים בארגון לשם השגת יעדיו.

## מטרות כלליות

1. הכרת נושא ניהול התפעול כבסיס לתכנון, לתיאום ולבקרה של כלל הפעילות בארגון.
2. שימוש בגישות ובטכניקות מתחום ניהול התפעול לצורך ניהול, תכנון, תיאום ובקרה של הפעילות בארגון ומעקב אחריה.
3. הקניית כלים ליישום גישות וטכניקות מתחום ניהול התפעול בניהול פעילות הארגון.

## מטרות אופרטיביות

עם סיום לימודיהם, התלמידים:

1. יכירו את השיטות של תכנון קיבולת הייצור והמשאבים כחלק מתכנון תהליכים תפעוליים.
2. יכירו את השיטות והטכניקות לתכנון מצרפי.
3. יכירו ויישמו את שיטת התכנון של דרישות חומרים (MRP).
4. יכירו ויישמו טכניקות של הקבצת מנות בתכנון MRP (Lot Sizing).
5. יכירו את השפעת עקומות הלמידה על תכנון תהליכים.

6. יכירו את המערכים השונים בתהליכים תפעוליים ויישמו שיטות לתכנון היעיל.
7. יבחינו בין גישות ה"דחיפה" וה"משיכה" בייצור והשפעתן על תהליכי הייצור והמלאי.
8. יכירו את ההיבטים הייחודיים של תהליכי שירות.
9. יכירו ויישמו שיטות וטכניקות לתכנון זימון והעמסת רצפת ייצור.
10. יכירו ויישמו שיטות וטכניקות של בקרת תהליכים.

### דרכי הוראה/למידה מומלצות

- יש להשתמש בשיטות הוראה ובעזרי הוראה מגוונים, תוך שימת דגש בשימוש בכלים ממוחשבים וביישום הנושאים הנלמדים בפרויקטים המבוצעים על ידי התלמידים, כגון:
1. ליווי היישום של נושאי הלימוד השונים בפרויקט סיום הלימודים המתבצע בד בבד עם לימוד המקצוע, תוך בחינת תחומי התפעול השונים והממשקים ביניהם בפרויקט הגמר.
  2. בחינת תפקידי פונקציית התפעול בארגונים שונים בהתבסס על אירועים ומאמרים מן העיתונות ומן האינטרנט.
  3. הזמנת מרצים אורחים וסיוורים בארגונים שונים לשם הצגת תפקיד פונקציית ניהול התפעול בארגון.

### תכנים

שעות	נושאי לימוד
8	1. תכנון קיבולת
12	2. תכנון מצרפי – מודלים של תכנון משאבים למערכות ייצור ושירות
22	3. תכנון דרישות חומרים
6	4. עקומת למידה
12	5. מערכים ממוקדי תהליך, ממוקדי מוצר, טכנולוגיה קבוצתית
10	6. ניהול התפעול במערכות שירות – תפיסה ועקרונות
20	7. העמסה, זימון ושיבוץ
6	8. בקרת ייצור
<b>96</b>	<b>סה"כ</b>

# פירוט התכנים וחלוקת השעות המוצעת

שעות	נושאי לימוד
8	<p><b>תכנון קיבולת</b></p> <p>1.1 אסטרטגיות תכנון קיבולת</p> <p>– קיבולת מובילה (Lead)</p> <p>– קיבולת מושהית (Lag)</p> <p>– קיבולת ממוצעת (Average)</p> <p>1.2 כלכלות הגודל (Economies of Scale)</p> <p>1.3 השפעת מעבר טכנולוגיה על יכולת הייצור</p> <p>1.4 עלויות קבועות ומשתנות בתכנון קיבולת וחישוב נקודת האיזון</p>
12	<p><b>תכנון מצרפי – מודלים של תכנון משאבים למערכות ייצור ושירות</b></p> <p>2.1 הגדרת התכנון המצרפי</p> <p>2.2 החלופות להתאמת הקיבולת לביקוש מכון הביקוש ומכון הקיבולת</p> <p>2.3 גישות להתאמת הקיבולת לביקוש</p> <p>2.3.1 הייצור האחיד (Level)</p> <p>2.3.2 הביקוש הרודף (Chas)</p> <p>2.3.3 הגישה המשולבת</p> <p>2.4 טכניקות לתכנון מצרפי</p> <p>2.4.1 השיטה הגרפית</p> <p>2.5 התכנון המצרפי בארגוני שירות</p>
22	<p><b>תכנון דרישות חומרים</b></p> <p>3.1 גישות ביקוש מלאי (תלוי ובלתי תלוי) והשלכותיהן</p> <p>3.2 מרכיבי מודל הבקוש התלוי</p> <p>3.2.1 מרכיבים הנדסים (עצי מוצר)</p> <p>3.2.2 מרכיבים שווקיים (הזמנות לקוח, תחזיות והזמנות פנימיות)</p>

שעות	נושאי לימוד
	3.2.3 מרכיבים לוגיסטיים (הזמנות רכש ומלאי לסוגיו)
	3.2.4 משכי ביצוע והזימון לאחור – Backward Scheduling
	3.3 מבנה מטריצת ה MRP וכיצד לבנות אותה על כלל מרכיביה
	3.4 ניהול MRP (Management Resources Planning)
	3.4.1 דינמיקת ה-MRP
	3.4.2 MRP ו- JIT (Just in Time)
	3.5 טכניקות איזון מנות (Lot Sizing)
	3.5.1 מנה למנה (Lot for Lot)
	3.5.2 איזון תקופות חלקים (Part Period Balancing)
	3.5.3 Silver Meal
	3.5.4 עלות היחידה המזערית Least Unit Cost
	3.6 התפתחות מ-MRP ל-ERP
6	<b>פרק 4 עקומת למידה</b> מהות עקומת הלמידה 4.1 מודלים של עקומת הלמידה 4.2 4.2.1 מודל Wright – חישוב והצגה בקובץ Excel 4.2.2 מודל De-Joung 4.3 יישומים של עקומות למידה – חישוב Set-up, שכר עידוד, תמחיר מוצרים ותהליכים 4.4 מגבלות יישום עקומות למידה
12	<b>פרק 5 מערכים ממוקדי תהליך, ממוקדי מוצר, טכנולוגיה קבוצתית</b> סוגי מערכים 5.1 5.1.1 מערך קבוע 5.1.2 מערך ממוקד תהליך 5.1.3 תאי ייצור 5.1.3.1 יתרונות תאי ייצור 5.1.3.2 הטכנולוגיה הקבוצתית ויישומה להגדרת תאים 5.1.4 מערך ממוקד מוצר

שעות	נושאי לימוד	
	5.1.4.1 איזון קווי הרכבה יישום Excel בתכנון מערכים	5.2
10	<b>ניהול התפעול במערכות שירות – תפיסה ועקרונות</b> ייחודיות השירות לעומת הייצור 6.1 התמקדות בלקוח ובמערכות שירות 6.2 מערכות שירות לסוגיהן 6.3 נקודת המגע במערכות שירות 6.4 6.4.1 מהות נקודת המגע במערכות שירות 6.4.2 סיווג שירותים בהתאם לנקודות ממשק 6.4.3 החלטות תפעוליות במערכות שירות במגע הדוק לעומת שירות במגע רופף עתירות עבודה לעומת ההתאמה ללקוחות במערכות שירות 6.5 השתתפות הלקוח במתן שירות 6.6	<b>פרק 6</b>  6.1 6.2 6.3 6.4  6.5  6.6
20	<b>העמסה, זימון ושיבוץ</b> זימון קדימה לעומת זימון לאחור 7.1 קריטריונים לזימון 7.2 7.2.1 מזעור משך זמני הביצוע 7.2.2 מקסום ניצולת משאבים 7.2.3 מזעור מלאי בתהליך 7.2.4 מזעור משך זמן ההמתנה של לקוחות שיטת הקצאת עבודה על בסיס מודל ההקצאה 7.3 קדימויות לשיבוץ עבודה במרכז עבודה יחיד (FCFS, SPT, EDD, Critical Ratio) 7.4 7.4.1 שיבוץ עבודה בשניים ובשלושה מרכזי עבודה – חוק Johnson מגבלות יישום טכניקות שיבוץ עבודה 7.5 שיטות מתקדמות למערכות תכנון וזימון 7.6 7.6.1 זימון סופי לעומת זימון אין-סופי 7.6.2 צווארי בקבוק ועיקרי תורת האילוצים 7.6.3 ייחודיות הזימון באמצעות Kanban	<b>פרק 7</b>  7.1 7.2  7.3 7.4  7.5 7.6  7.6.1 7.6.2 7.6.3

נושאי לימוד		שעות
פרק 8	8.1	6
	8.2	
בקרת ייצור בקרת זימון באמצעות תרשימי גנט (Gantt) בקרת תשומות-תפוקות		
סה"כ		96

### מושגים עיקריים

המושג	הסבר
איזון מנות (Lot sizing)	תהליך וטכניקות המנתחים תפוקות לטובת קביעת מנות אופטימליות או כלכליות.
איזון קווי הרכבה (Line balancing)	1. איזון הקצאת פעילויות למרכזי עבודה, במטרה לצמצם את מספר עמדות העבודה ואת הזמן המבזבז בכל התחנות לטובת רמת תפוקה נתונה. 2. טכניקה לקביעת תמהיל מוצרים בקו ייצור, לצורך אבטחת זרימה שוטפת בין תחנות העבודה בקצב מתוכנן.
איזון תקופות חלקים – PPB (Part Period Balancing)	טכניקת איזון מנות דינמית הדומה במהותה ל LUC, אך בוחנת את הכדאיות של הוספת מנה למכלול המנות משיקולים כלכליים (איזון בין עלות אחזקת המלאי לעלות ההזמנה).
העמסה בקיבולת אין-סופית (Infinite Scheduling)	חישוב הקיבולת הדרושה במרכזי עבודה בתקופות זמן דרושות ללא התייחסות לקיבולת הזמינה לביצוע עבודה זו באותן התקופות.
העמסה בקיבולת סופית (Finite Loading)	למרכז עבודה לא תוקצה עבודה שהוא לא מסוגל לבצע באותה תקופת זמן, עקב מגבלת קיבולת. המונח מתייחס לעתים לטכניקת מחשב המחשבת קדימויות במרכזי עבודה במטרה לאזן העמסה של פעולות במרכז זה.
התאמת קיבולת לפי ייצור אחיד (Level method)	תכנון ייצור השומר על קצב ייצור יציב עם שינוי רמות מלאי, להתאמת מימוש הביקוש.
התאמת קיבולת לפי ביקוש רודף (Chase method)	תכנון ייצור הדוגל בשמירת רמת מלאי קבועה על ידי התאמת משאבי הייצור לביקוש.

המושג	הסבר
זימון אב – MPS (Master Production) (Scheduling)	תכנית הייצור של מוצרים על פי לוחות זמנים למימוש הביקוש ( הזמנות לקוחות ותחזית ), תוך התחשבות במדיניות ניהול הייצור ובאילוץ משאבי הייצור. אחת הטכניקות המיושמות לחישובו היא התכנון המצרפי .
זימון לאחור (Backward Scheduling)	טכניקה לחישוב מועדי התחלה וסיום של פעולות. הזימון מחושב החל ממועד האספה של ההזמנה תוך כדי חישוב לאחור על מנת לקבוע מועד התחלה ומועד סיום הנדרשים לכל פעולה.
זימון מועד אספקה ראשון (First Due Date – FDD)	שיטה לזימון עבודות בתחנות עבודה ולפיה סדר העמסת העבודות הוא על בסיס מועד האספקה הקרוב ביותר.
זימון משך תהליך קצר – SPT (Smallest process Time)	שיטה לזימון עבודות בתחנות עבודה ולפיה סדר העמסת העבודות הוא על בסיס משך התהליך הקצר ביותר.
זימון קדימה (Forward Scheduling)	טכניקת זימון שבמסגרתה המתכנן מתזמן החל ממועד התחלה ידוע ומחשב את מועד הסיום של הזמנה כלשהי, בדרך כלל בחישוב מהפעולה הראשונה לאחורונה. המועדים בטכניקה זו הם בדרך כלל מועדי ההתחלה המוקדמים ביותר לפעולות.
זימון ראשון מגיע ראשון מטופל ( First come first –FCFS served	שיטה לזימון עבודות בתחנות עבודה ולפיה סדר העמסת העבודות היא על בסיס עיתוי הגעת העבודה/הפעילות לארגון.
חוק Johnson	שיטה לזימון עבודות בשתיים או שלוש תחנות עבודה לקבלת סך הכול שעות בטלה מזעריות בתחנות העבודה.
כלכלות הגודל (Economy of scale)	תופעה שבה היקפי ייצור ההולכים וגדלים, מצמצמים את עלות היחידה על ידי פיזור ההוצאות הקבועות לכמויות תפוקה גדולות יותר.
מודל De-Joung	מודל מתמטי בעקומות למידה המנצל "מקדם אי-הדחיסות" התלוי בטכנולוגיה ובאוטומציה, כדי להגביל את השאיפה לאפס של הביצועים באין-סוף לפי מודל Wright: $t_1 = t_n (M + \frac{1-M}{n^{-b}})$



המושג	הסבר
	<p>משך ייצור יחידת ה- <math>t_n = n</math>  משך ייצור יחידת הראשונה <math>t_1</math>  כמות היחידות המיוצרות <math>n</math>  מקדם הצביע על קצב הלמידה <math>b</math>  מקדם אי-הדחיסות <math>M</math></p>
מודל Wright	<p>מודל מתמטי בעקומות הלימוד המלמד כיצד עלות הייצור הישירה ליחידת תוצרת קטנה עם גידל הכמות המיוצרת:</p> $t_n = t_1 n^{-b}$ <p>משך ייצור יחידת ה- <math>t_n = n</math>  משך ייצור יחידת הראשונה <math>t_1</math>  כמות היחידות המיוצרות <math>n</math>  מקדם הצביע על קצב הלמידה <math>b</math></p>
מנה למנה (Lot for Lot – LFL)	טכניקת איזון מנות הדוגלת בתכנון מנות ייצור בכמויות זהות לצרכים נטו בכל תקופה ותקופה.
מערך ממוקד – תהליך Process Layout/Job Shop (Layout)	מערך שבו תהליכים דומים מקובצים יחד וזרימת החומרים, המוצרים, המידע והלקוחות יעברו מתהליך אחד לכמה תהליכים הממוקמים באתרים שונים.
מערך ממוקד - מוצר/קו ייצור Product Layout/Product (Lines)	מערך פיזי הבנוי לטובת קבוצת מוצרים בתהליך דומה, בצורת תחנות עבודה המחוברות ביניהן באמצעי שינוע כמו צנרת, מסועים וכדומה.
מערך קבוע (Fixed Position Layout)	מערך שבו המשאבים הם ניידים ומגיעים לאתר העבודה לביצוע פעילויות כגון הקמת גשר או בניית אונייה.
משרד אחורי (Back Office)	פעילות שירות המתבצעת ברקע ללא מגע עם הלקוח, כגון פעילויות מחקר ציבוריות.
משרד קדמי (Front Office)	פעילות שירות המתבצעת במגע ישיר עם הלקוח, כגון דלפק בסניף דואר
נקודת מגע במערכות שרות	מונח המצביע על קרבת נותן השירות למקבל השירות במהלך מתן השירות.

המושג	הסבר
עלות יחידה מזערית (Least Unit Cost – LUC)	טכניקת איזון מנות דינמית המוסיפה עלות הזמנה ועלות אחזקת מלאי לכל תקופה מחושבת ומחלקת את העלות הכוללת בגודל מנת הייצור. המנה הנבחרת תהיה המנה עם עלות היחידה הנמוכה ביותר.
עץ מוצר (Bill of Material – BOM)	רשימת כל תת-ההרכבות, המכלולים, החלקים והחומרים הנכללים בהרכבה. הרשימה מצביעה על הכמות של כל אחד מהם למימוש ההרכבה. יש תצוגות מגוונות של עצי מוצר וביניהן הרמה היחידנית (Single Level), התרשים ההיררכי, התרשים המודולרי והתרשים הטבלאי.
עקומת למידה (Learning Curve)	עקומה המבטאת את מידת השיפור במיומנות עם הגדלת הכמות המיוצרת. הבסיס לחישוב עקומות למידה הוא שעובדים ייצרו חלקים במהירות גבוהה יותר לאחר שיסתגלו לייצורם.
צוואר בקבוק (Bottleneck)	תחנת "צוואר הבקבוק" היא התחנה שקצב הייצור שלה במערכת הוא הנמוך ביותר ולפיכך היא מעכבת את זרימתו השוטפת של התהליך ומכתיבה את קצב הייצור הכולל שלו, לעתים תוך יצירת מצב של "בזבז" ואי-ניצול הכושר הטכנולוגי של תחנות העבודה האחרות. מוגדרת גם כ"משאב האילוץ".
קיבולת מושהית (Lag Capacity)	אסטרטגיה תפעולית שמרנית הדוגלת ברדיפת צרכי השוק בתכנון הקיבולת, כדי להימנע מסיכון בעודף משאבים על חשבון אפשרות של אי-מימוש צרכי הלקוחות.
קיבולת מובילה (Lead Capacity)	אסטרטגיה תפעולית הדוגלת בתכנון קיבולות ומקדימה את הצרכים של ביקוש השוק. על פי מדיניות זו הארגון מתחזק תמיד קיבולת עודפת במטרה לכבוש פלחי שוק או להתמודד עם חריגות בגידול הביקוש.
קיבולת ממוצעת (Average Capacity)	אסטרטגיה של תכנון קיבולת המאזנת את צרכי השוק בממוצע על ידי שינויים קטנים, הדרגתיים ותכופים כהתאמה לצורכי הביקושים.
קנבן (Kanban)	שיטה המיושמת ב-JIT ומשתמשת במכלים סטנדרטיים או בגודל מנה עם כרטיס המוצמד אליהם. זו גישת "משיכה" שבה מרכזי עבודה מסמנים באמצעות הכרטיס שהם מוכנים לקלוט חומרים או מוצרים

המושג	הסבר
	מספקים או מעמדות אחרות.
תורת האילוצים – TOC (Theory of Constraints)	גישה ניהולית הדוגלת בהתמודדות עם אילוצים בהתאם לצעדים הבאים: 1. זהו את האילוץ או האילוצים של המערכת. 2. החליטו כיצד לנצל את אילוצי המערכת. 3. הכפיפו כל דבר אחר להחלטה לעיל. 4. צמצמו את מגבלות האילוצים של המערכת. 5. אם בצעדיכם הקודמים נשבר האילוץ חזרו לצעד הראשון. אל תתנו לאינרציה להפוך לאילוץ במערכת.
תכנון מצרפי (Aggregate Plan)	תכנון המתבסס על רמות מתוקצבות של מוצרים מוגמרים, מלאי ודחיות ייצור, הקובע ומעדכן את המשאבים התומכים באסטרטגיית הייצור. תהליך התכנון בוחן ומנתח סך הכול מכירות, סך הכול ייצור, מלאי צפוי ופיגורי אספקה ללקוחות לעומת סך הכול תוצרי הארגון.
תכנון משאבי הייצור – MRP Management Resources (Planning)	מכלול טכניקות ממוחשבות לתכנון אמצעי ייצור (חומרים ומשאבים אחרים) על בסיס עצי מוצר, נתוני מלאי וזימון האב.
תרשים גנט (GANTT Chart)	תרשים שנועד להצביע בצורה גרפית על הקשר בין פעילות מתוכננת למבוצעת לאורך זמן. בהעמסת תחנות עבודה התרשים משמש להצגת עומס לעומת קיבולת או התקדמות ביצוע עבודות בתחנה.

## ביבליוגרפיה

1. אביבה בשן ושמעון עדן, **תכנון ופיקוח על הייצור**, לוגיק, 1996.
2. שלמה גלוברזון. **ניהול התפעול ושיפור ביצועים**, צ'ריקובר, 2000.
3. שלמה גלוברזון. **ניהול התפעול והייצור**, צ'ריקובר, 1991.
4. Nicholas L. Aquilano & Richard B. Chase, *Production and Operations Management*, Irwin, 1995.
5. Hiezer J. & Rendel B., *Operations Management*, Prentice-Hall, 2001.
6. Lee J. Krajewski & Larry P. Ritzman, *Operations Management*, Addison-Wesley, 1996.
7. Martin Starr, *Operations Management*, North Carolina OpenMind, 2002.