



ניהול התפעול והיצור

*פרק 3 – מודלים ושיטות של תכנון מצרפי
בניהול ייצור*

ד"ר אורן נחום

תכנון הייצור המצרפי

□ התכנון המצרפי (התכנון הכולל של הייצור) עוסק בסוגיית ההחלטה ביחס למספר העובדים של הארגון להעסיק. בארגון יצרני התכנון המצרפי עוסק בכמות והתמהיל של המוצרים שעל הארגון לייצר.

□ התכנון הכולל מתחיל בחיזוי הביקוש. אולם, החיזוי אינו מושלם ותמיד יכלול מרכיב של אקראיות. לצורך הפשוטות, אנו נניח שהביקוש הוא דטרמיניסטי (קבוע וידוע מראש). ניהול מלאי נכון מנטרל את השפעת האקראיות.

יחידת הייצור המצרפי

- גישת התכנון המצרפי קובעת יחידת יצור מצרפית.
- עבור סוגים דומים של פריטים – יחידת הייצור המצרפי תהייה ה"פריט הממוצע".
- עבור סוגים שונים של פריטים – יחידת הייצור המצרפי תוגדר על-ידי מונחים כללים יותר, כגון משקל (טונה פלדה), נפח (ליטר נפט), כמות עבודה (שנות אדם) או כסף (ערך כספי של המלאי).

יחידת הייצור המצרפי - דוגמה

□ מנהל מפעל של חברה גדולה למוצרי חשמל ביתיים שוקל ליישם מערכת תכנון מצרפי לקביעת כוח העבודה ורמות הייצור במפעל. המפעל מייצר שישה דגמים של מכונות כביסה.

דגם	שעות עבודה	מחיר מכירה	אחוז מכלל המכירות
A5532	4.2	\$285	32%
K4242	4.9	\$345	21%
L9898	5.1	\$395	17%
L3800	5.2	\$425	14%
M2624	5.4	\$525	10%
M3880	5.8	\$725	6%

יחידת הייצור המצרפי - דוגמה

□ המנהל חייב לבחור בשיטת צירוף מוגדרת.

□ אפשרות 1 – להגדיר יחידה מצרפית כתפוקה של דולר אחד. אבל, עבור

A5532 מתקבל $\frac{285}{4.2} = 67.86$ דולר לשעת עבודה, ואילו עבור M3880

מתקבל $\frac{725}{5.8} = 125$ דולר לשעת עבודה, וזאת מכוון ששעות העבודה

המושקעות ביצור כל דגם הינו שונה.

□ אפשרות 2 – להגדיר כיחידת ייצור מצרפית דגם פיקטיבי של מכונה

כביסה הדורש 4.856 שעות עבודה. זהו הממוצע המשוקלל של זמני

היצור של דגמי מכונות הכביסה השונות.

$$0.32 \times 42 + 0.21 \times 4.9 + 0.17 \times 5.1 + 0.14 \times 5.2 + 0.1 \times 5.4 + 0.06 \times 5.8 = 4.856$$

□ מנהל המפעל יכול לחשב את תחזית הביקוש לדגם הפיקטיבי כממוצע

המשוקלל של הביקושים החזויים של כל דגם.

היררכיה של החלטות תכנון הייצור

תחזית של הביקוש המצרפי עבור אופק תכנון של t תקופות

תוכנית ייצור מצרפית
קביעת רמת ייצור וכוח עבודה מצרפיים עבור אופק תכנון של t תקופות

תוכנית אב לייצור
רמות ייצור לפי פריט לפי תקופה

מערכת תכנון דרישת חומרים
לוח זמנים מפורט לייצור והרכבה של רכיבים ומכלולים



סקירה על בעיית התכנון המצרפי

- לאחר שהגדרנו את היחידה המצרפית המתאימה, יש להניח קיומה של תחזית ביקוש לאופק זמן ידוע, D_1, D_2, \dots, D_T , המבוטאת במונחים של יחידת ייצור מצרפית.
- במרבית היישומים תקופת התיכנון היא בת חודש ימים.
- יש להתייחס אל הביקוש כוודאי (אין טעויות בחיזוי).
- מטרת התכנון המצרפי היא קביעת כמויות ייצור מצרפיות ורמות משאבים הדרושים להשגת יעדי הייצור.
- בפועל, קביעת מס' העובדים הנדרש ומס' היחידות המצרפיות אשר ייוצרו בכל אחת מתקופות התיכנון.
- יעודו של התכנון המצרפי הוא מציאת איזון בין היתרון שבייצור בדיוק ברמות הביקוש, לבין חיסרון שבהפרעות הנגרמות עקב שינויים בקצב הייצור ובגודל כל העבודה.

סקירה על בעיית התכנון המצרפי

□ הנושאים העיקריים הקשורים לסוגיית התיכנון המצרפי הם:

□ החלקה – עלויות תכנון הנובעות משינוי בקצב היצור ובשינוי כח העבודה (גיוס/פיטורין) בין תקופה אחת לשניה. התיכנון המצרפי דורש ציון העלויות האלה.

□ בעיית צוואר בקבוק – חוסר היכולת של המערכת להגיב לשינוי פתאומי בביקוש עקב כושר ייצור מוגבל.

□ אופק תיכנון – מספר התקופות שעבורן נחזה הביקוש, ובהתאם מספר התקופות שלגביהן יש לקבוע את היקף כוח העבודה ורמות המלאי.

□ טיפול בביקוש – שיטת התכנון המצרפי מניחה שהביקוש ידוע בוודאות. גישה זו מתעלמת מהאפשרות של חיזוי שגוי ואינו מספק הגנה במקרים אלו.

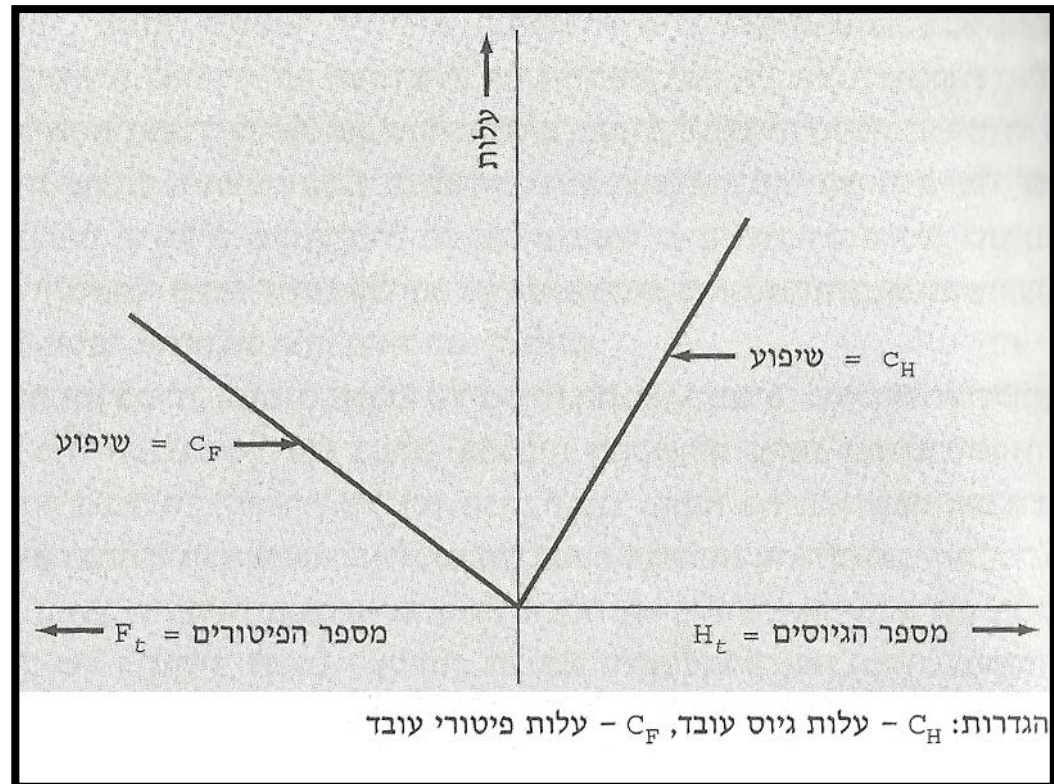
עלויות בתכנון מצרפי

□ המטרה היא לבחור תוכנית מצרפית אשר תמזער עלויות.

□ עלויות החלקה – עלויות הנגרמות ממעבר מרמת יצור אחת לאחרת בין עונה לעונה (למשל בשל שינוי בכח העבודה).

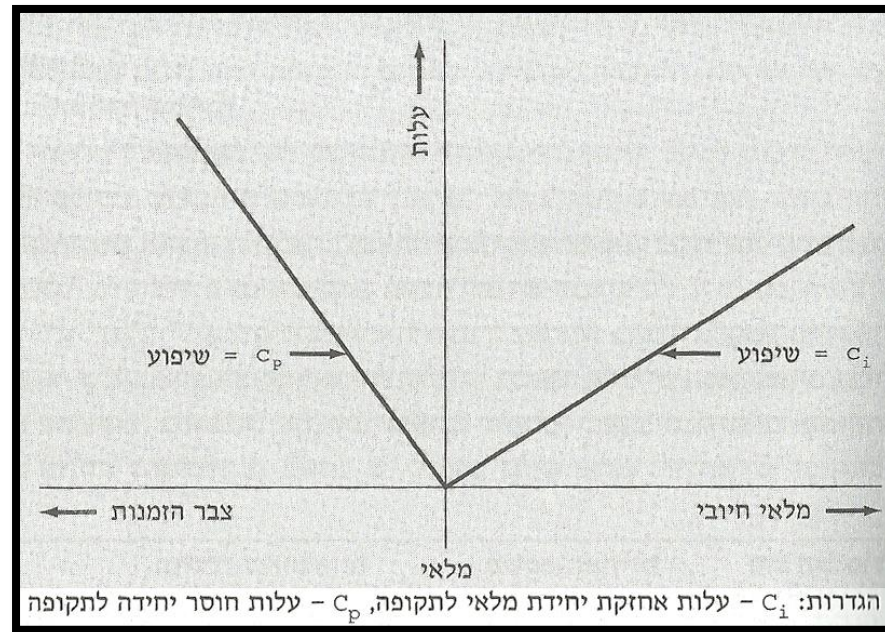
מרבית המודלים מניחים שעלות הגדלת / הקטנת כח האדם היא פונקציה לינארית של מספר העובדים.

הנחה זו הגיונית עד לגבול מסויים. כאשר היצע העובדים הופל לנדיר, יתכנו הוצאות נוספות. וכן, עלות הפיתורים עלולה להיות גבוהה עבור מס' עובדים גדול במיוחד.



עלויות בתכנון מצרפי

□ עלות החזקה – עלות מצטברת כתוצאה מהון הקשור למלאי. הקטנת מלאי, לדוגמה, יאפשר להשקיע את הכסף הנחסך במקום שבו יניב תשואה.



□ עלות חוסר – עלויות חוסר המחוייבות כנגד המלאי המצרפי, כל עוד הוא חיובי. חוסרים נוצרים כאשר תחזית הביקוש גדולה מיכולת הייצור של החברה או שהביקוש גדול מהתחזית. במקרים כאלו יתכן שעודף הביקוש יאבד והלקוח ילך למקום אחר (מכירות אבודות).

עלויות בתכנון מצרפי

- עלויות זמן עבודה רגיל – עלויות הכרוכות בייצור של יחידה אחת במשך שעות העבודה הרגילות. נכללות בזה עלויות שכר עבודה, עלויות חומרים ועלויות ייצור אחרות.
- עלויות שעות נוספות וקבלנות משנה – שעות נוספות מתייחסות לעבודה שנעשת ע"י העובדים הרגילים מעבר לשעות העבודה הרגילות. קבלנות משנה מתייחסת לפריטים שייצרו ע"י יצרן חיצוני.
- עלות זמן בטלה – בעיית תכנון צרפי כוללת עלות של ניצול חסר של כוח אדם או זמן בטלה. לרוב עלות זמן הבטלה היא 0 (הובאה כבר בחשבון שכר העבודה). אולם לזמן הבטלה השלכות אחרות על החברה. למשל, אם מס' היחידות המצרפי הוא תשומה לתהליך אחר, אז זמן בטלה בחלק אחד של התהליך עלול לגרום לעלויות גבוהות יותר בחלק אחר של התהליך. במקרה זה יש לכלול באופן מפורש את חישוב זמן הבטלה.

בעיית הדגמה

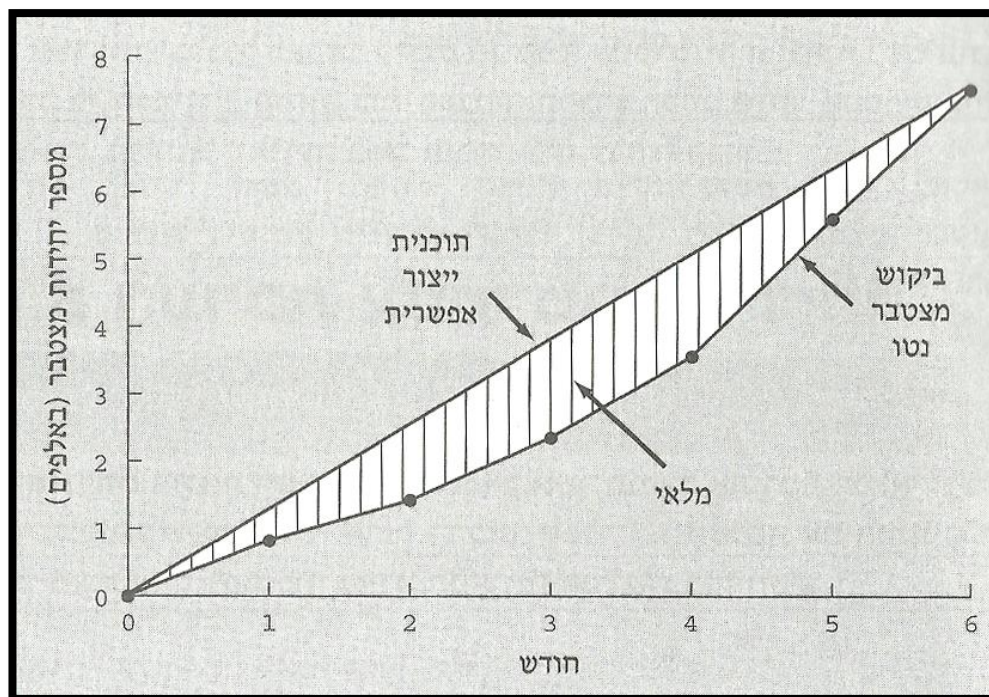
□ חברת דנספאק מתכננת את כח העבודה ואת רמות הייצור לתקופה של שישה חודשים, מינואר ועד יוני. החברה מייצרת קו של כונני דיסקים עבור מחשבים גדולים, המתאימים למספר מחשבים שמייצרים יצרנים גדולים. תחזית הביקוש למשך ששת החודשים הבאים עבור סוג אחד של כוננים המיוצרים במפעל החברה בקליפורניה היא 1280, 640, 900, 1200, 2000 ו-1400. כרגע (בסוף דצמבר) יש במפעל 300 עובדים. המלאי הצפוי בסוף דצמבר הוא 500 יחידות, והחברה מעוניימת שבתום התקופה יהיה מלאי של 600 יחידות.

□ הביקוש הצפוי נטו בינואר הוא $1280 - 500 = 780$. הביקוש הצפוי לחודש יוני הוא $1400 + 600 = 2000$.

□ על-ידי התחשבות בביקוש נטו, נוכל לעשות הנחה פשוטה האומרת, שמלאי התחלתי ומלאי סופי שווים לאפס.

בעיית הדגמה

חודש	ביקוש צפוי נטו	ביקוש מצטבר נטו
ינואר	780	780
פברואר	640	1,420
מרץ	900	2,320
אפריל	1,200	3,520
מאי	2,000	5,520
יוני	2,000	7,520



בעיית הדגמה

□ נניח שיש רק שלושה סוגי עלויות:

$$C_H - \text{עלות גיוס עובד} = \$500 \quad \square$$

$$C_F - \text{עלות פיטורי עובד} = \$1000 \quad \square$$

$$C_I - \text{עלות החזקת יחידת מלאי לחודש אחד} = \$80 \quad \square$$

□ אנו זקוקים לדרך תרגום יצור מצרפי ביחידות לרמת כוח אדם. מאחר שלא בכל החודשים יש אותו מס' ימי עבודה, נשתמש ביום עבודה כיחידה בילתי נתנת לחלוקה ונגדיר ב- K את מספר היחידות הייצור המצרפי שמייצר עובד אחד ביום אחד.

□ בעבר הבחין מנהל המפעל שבמשך 22 ימי עבודה, עם כוח אדם של 76 עובדים, יצרה החברה 245 כונני דיסקים. כלומר,

$$K = \frac{245/22}{76} = 0.14653$$

הערכת אסטרטגיית רדיפה (תוכנית אפס מלאי)

□ נפתח תוכנית שתמזער את רמת המלאי שעל החברה להחזיק בתקופת ששת חודשי אופק התיכנון.

□ הטבלה הבא מסכמת את הנתונים הדרושים לחישוב, ומציגה את רמת כח האדם המזערית הנדרשת בכל חודש.

A חודש	B מס' ימי עבודה	C מס' יחידות מיוצרות לעובד ($B \times 0.14653$)	D תחזית ביקוש נטו	E מס' עובדים מזערי נדרש (מעוגל) (D/C)
ינואר	20	2.931	780	267
פברואר	24	3.517	640	182
מרץ	18	2.638	900	342
אפריל	26	3.810	1200	315
מאי	22	3.224	2000	621
יוני	14	2198	2000	910

הערכת אסטרטגיית רדיפה (תוכנית אפס מלאי)

□ מספר העובדים בסוף חודש דצמבר הוא 300.

□ הטבלה הבאה מתארת תוכנית מצרפית ללא מלאי

A חודש	B מס' עובדים	C מספר מגוייסים	D מס' מפוטרים	E יחידות לעובד	F מס' יחידות שיוצרו ($B \times E$)	G ייצור מצטבר	H ביקוש מצטבר	I מלאי סופי
ינואר	267		33	2.931	783	783	780	3
פברואר	182		85	3.517	640	1423	1420	3
מרץ	342	160		2.638	902	2325	2320	5
אפריל	315		27	3.810	1200	3525	3520	5
מאי	621	306		3224	2002	5527	5520	7
יוני	910	289		2198	2000	7527	7520	7
סה"כ		755	145					30

הערכת אסטרטגיית רדיפה (תוכנית אפס מלאי)

□ העלות הכוללת של התוכנית הזאת שווה לעלות הגיוסים + עלות הפיטורים + עלות האחזקה:

$$755 \times 500 + 145 \times 1000 + 30 \times 80 = 524000\$$$

□ יש להתאים את העלות הזאת על מנת לכלול עלות אחזקה סופית של 600 יחידות שנשאר מהביקוש של יוני.

$$524000 + 600 \times 80 = 572900\$$$

□ מכיוון שמספר העובדים מעוגל כלפי מעלה, יתכן ובנקודת זמן מסויימת יהיה לנו מספיק מלאי שיאפשר להקטין את כח העבודה. בדוגמה שלנו, אפשר להקטין את כוח העבודה בעובד אחד בחודשים מרץ ומאי. העלות של התוכנית המשופרת היא $569540\$$.

הערכת תוכנית כח עבודה קבוע

- עכשיו נניח שהמטרה היא לסלק לחלוטין את הצורך לגייס ולפטר עובדים במשך אופק התיכנון.
- על מנת להבטיח שלא יוצר חוסר באחת מתקופות התיכנון יש צורך לחשב את רמת כוח האדם המיזערי הדרוש בכל חודש באופק התיכנון.

A חודש	B ביקוש מצטבר נטו	C מס' יחידות מיוצרות לעובד במצטבר	D יחס B/C מעוגל
ינואר	780	2.931	267
פברואר	1420	6.448	221
מרץ	2320	9.086	256
אפריל	3520	12.896	273
מאי	5520	16.120	343
יוני	7520	18.318	411

הערכת תוכנית כח עבודה קבוע

□ מספר העובדים המינימאלי הדרוש הוא 411 (הערך המקסימאלי בעמודה D).

□ מאחר שיש 300 עובדים בסוף חודש דצמבר, יש לגייס 111 עובדים בתחילת ינואר.

A חודש	B מס' יחידות שיוצרו לעובד	C יצור חודשי ($B \times 411$)	D ייצור מצטבר	E ביקוש מצטבר נטו	F מלאי סופי (D – E)
ינואר	2.931	1205	1205	780	425
פברואר	3.517	1445	2650	1420	1230
מרץ	2.638	1084	3734	2320	1414
אפריל	3.810	1566	5300	3520	1780
מאי	3.224	1325	6625	5520	1105
יוני	2.198	903	7528	7520	8
סה"כ					5962

הערכת תוכנית כח עבודה קבוע

□ רמת המלאי הסופית היא $6562 = 5962 + 600$ (600 יחידות נוספות נוספו לביקוש ביוני).

□ עלות המלאי הכוללת בתוכנית זו היא $524960\$ = 6562 \times 80$.

□ לזה יש להוסיף את עלות הגדלת כוח האדם שהיא $55500\$ = 111 \times 500$.

□ העלות הכוללת היא $580460 = 524960 + 55500$.

□ עלות זו גבוהה במעט המעלות של תוכנית אפס מלאי. אך, מכיון שהעלויות קרובות, סביר שהחברה תבחר באפשרות של כח עבודה קבוע, על מנת למנוע עלויות בלתי צפויות הכרוכות בשינויים תכופים בגודל כח העבודה.

אסטרטגייה מעורבת ומגבלות נוספות

- ❑ תוכנית אפס מלאי ואסטרטגיית כוח עבודה קבוע הן אסטרטגיות טהורות: הן תוכננו להשיג יעד אחד.
- ❑ אם נהיה גמישים יותר, עשויים שיפורים קטנים להביא לתוצאות יותר נמוכות באופן דרמטי.
- ❑ ניתן לבנות מודלים קשים ומורכבים יותר בהתחשב בעובדה שבעיית התיכנון המצרפי ניתנת לתאור כבעיית תיכנון לינארי, ולכן אף ניתן למצוא להם פתרונות אופטימאליים.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

גורמי עלות ומידע נתון:

c_H - עלות גיוס עובד אחד

c_F - עלות פיטורי עובד

c_I - עלות אחזקת יחידת מלאי אחת לתקופת זמן אחת

c_R - עלות ייצור יחידה אחת בזמן רגיל

c_O - תוספת עלות לייצור יחידה אחת בשעות נוספות

c_U - עלות השבתה של יחידת ייצור

c_S - עלות ייצור יחידה אחת בקבלות משנה

n_t - מספר ימי עבודה בתקופה t

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

□ גורמי עלות ומידע נתון:

□ K – מספר יחידות ייצור מצרפיות שמייצר עובד אחד ביום אחד

□ I_0 - מלאי התחלתי בתחילת תכנון אופק הייצור

□ W_0 - רמת כח העבודה בתחילת תכנון אופק הייצור

□ D_t - תחזית הביקוש לתקופה t

□ מרכיבי העלות עשויים להיות תלויי-זמן (משתנים עם השינוי ב- t).

□ גורמי עלות תלויי זמן עלויים להיות שימושיים במודלים של השתנות עלויות גיוס עובדים ופיטורין עקב חוסר בכח עבודה, שינויים בעלויות ייצור, מחסור במשאבים ובחומרי גלם או שינויים בשערי ריבית.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

□ משתני הבעיה:

□ W_t - רמת כח העבודה בתקופה t

□ P_t - קצב הייצור בתקופה t

□ I_t - רמת המלאי בתקופה t

□ H_t - מספר העובדים שגוייסו בתקופה t

□ F_t - מספר העובדים שפוטרו בתקופה t

□ O_t - ייצור בשעות נוספות בתקופה t

□ U_t - זמן בטלה של עובד ביחידות

□ S_t - מספר היחידות אשר יוצרו ע"י קבלן משנה

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

□ שעות נוספות וזמן בטלה נקבעים באופן הבא:

□ K_{n_t} - מספר היחידות אשר ייצר עובד אחד בתקופה t בשעות רגילות.

□ $K_{n_t}W_t$ - מספר היחידות שיוצרו ע"י כל כוח העבודה בתקופה t בשעות רגילות.

□ אנו דורשים שיתקיים $K_{n_t}W_t = P_t$.

□ אם $P_t > K_{n_t}W_t$ אז מס' היחידות המיוצרות עולה על תפוקת כוח העבודה בשעות רגילות, וההפרש, $O_t = P_t - K_{n_t}W_t$, ייוצר בשעות נוספות.

□ אם $P_t < K_{n_t}W_t$ אז כוח העבודה מייצר פחות מן הכמות הנדרשת על מנת למלא את שעות העבודה הרגילות. זמן הבטלה נמדד ביחידות ייצור, ולא זמן, והוא $U_t = K_{n_t}W_t - P_t$.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

□ מגבלות הבעייה הן:

□ שימור אילוצי כח העבודה:

$$W_t = W_{t-1} + H_t - W_t \quad \forall t \in T$$

□ שימור אילוצי יחידות:

$$I_t = I_{t-1} + P_t + S_t - D_t \quad \forall t \in T$$

□ אילוצים המייחסים רמות ייצור לרמות כח אדם:

$$P_t = K_{n_t} W_{t-1} + O_t - U_t \quad \forall t \in T$$

□ בנוסף, כל משתני הבעייה צריכים להיות אי-שליליים.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

- הניסוח דורש גם פרטים על המלאי ההתחלתי, I_0 , וכוח העבודה ההתחלתי, W_0 , ועשוי גם לכלול פרטים על מלאי סיום, I_t .
- פונקציית המטרה היא:

$$\min Z = \sum_{t=1}^T (c_H H_t + c_F F_t + c_I I_t + c_R P_t + c_O O_t + c_U U_t + c_S S_t)$$

- יש לבחור את משתני הבעיה, $w_t, P_t, I_t, H_t, F_t, O_t, U_t$ ו- S_t , כדי להביא למינימום את פונקציית המטרה.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

- באופן כללי, הערך האופטימאלי של משתני הבעייה לא יהיה במספרים שלמים.
- שברים אינם הגיוניים עבור רמת כוח האדם, מספר העובדים המגוייסיים או מפותרים וכן מס' הייחידות המיוצרים בכל תקופה.
- אחת הדרכים לטפל בזאת היא ע"י הוספת אילוצים, המגדירים את המשתנים הללו כשלמים, אולם אז הבעייה הופכת לבעיית NP-Hard.
- אפשרות אחרת היא לעגל את הערכים של חלק מהמשתנים.
- גישה שמרנית לעיגול: עגלו את ערכי כוח העבודה בכל תקופה t ל- W_t , למספר הבא הקרוב ביותר. לאחר שנקבעו ערכי W_t , ניתן למצוא את ערכי שאר המשתנים H_t, F_t ו- P_t יחד עם העלות של תוכנית העבודה.
- הגישה השמרנית מספקת פתרון תקף, אך לא בהכרח אופטימאלי.

פתרון בעיית התכנון המצרפי ע"י תיכנות לינארי

□ בנוסף, יתכן ונקבל שבאותה תקופה נצטרך לגייס ולפטר עובדים בו זמנית, או שיהיו זמני בטלה ושעות נוספות בו זמנית. דבר זה הוא לא הגיוני, ולכן ניתן להוסיף את האילוצים הבאים:

$$O_t U_t = 0 \quad \forall t \in T$$

$$H_t F_t = 0 \quad \forall t \in T$$

הרחבות

□ אפשר להשתמש בתיכנות לינארי גם לפתרון גרסאות כלליות יותר של בעיית תיכנון מצרפי.

□ אפשר להתחשב באי-וודאות הביקוש ע"י קיומו של מלאי ספיגה מינימלאי, B_t (ידוע מראש), בכל תקופה. במקרה כזה נוסיף את האילוץ

$$I_t < B_t \quad \forall t \in T$$

□ באותו אופן ניתן להגדיר גבול עליון למספר העובדים הניתנים לגיוס או לפיטורין.

□ אילוץ נפח ייצור לגבי כמות מיוצרת בכל תקופה אפשר להגדיר ע"י האילוץ:

$$P_t < C_t \quad \forall t \in T$$

הרחבות

□ לרוב אנו מניחים שהמלאי אינו שלילי. אבל, במקרים מסויימים כדאי ואפילו צריך שהביקוש יעלה על ההיצע. למשל, אם תחזית הביקוש עולה על יכולת הייצור למס' תקופות תיכנון. על מנת לטפל בצבר הזמנות של ביקוש עודף חייבת רמת המלאי, I_t , לייצג הפרש בין שני משתנים בלתי-שליליים, נניח I_t^+ ו- I_t^- , אשר ימלאו את התנאי:

$$I_t^+ \geq 0, I_t^- \geq 0 \text{ כאשר } I_t = I_t^+ + I_t^-$$

□ עלות האחזקה תיזקף נגד I_t^+ , והקנס על פיגורים (נניח C_p) יזקף כנגד I_t^- .

□ על מנת שהפתרון יהיה הגיוני, אם I_t^+ חיובי, אז I_t^- מתאפס, ואם I_t^- חיובי, אז I_t^+ מתאפס. בהתאם, האילוץ יהיה

$$I_t^+ I_t^- = 0 \quad \forall t \in T$$

מודל התנהגות ניהולית

□ Bowman (1963) פיתח טכניקה לתכנון מצרפי, שבה נבנה מודל הגיוני לבקרת רמת ייצור, וגורמי הייצור מותאמים קרוב ככל האפשר להחלטה אשר קיבל הארגון קודם לכן. בדרך זו משקף המודל את השיפוט והנסייון שמפעילה ההנהלה, ונימנעות מספר בעיות המתעוררות במודלים מסורתיים.

□ נבחן את הבעייה של ייצור מוצר יחיד לאורך T תקופות תכנון.

□ נניח ש- D_1, \dots, D_t הן תחזיות הביקוש ל- T תקופות התיכנון הבאות.

□ יש לקבוע את רמות הייצור, P_1, \dots, P_t .

□ חוק ההחלטה הפשוט וההגיוני ביותר הוא:

$$P_t = D_t \quad \forall t \in T$$

מודל התנהגות ניהולית

□ הנסיון להתאים את תהליך הייצור בדיוק לביקוש נותן, בדרך כלל, תוכנית ייצור בעלת תנודות חריפות.

□ ניתן להחליק את תוכנית הייצור על פי חוק ההחלטה הבא:

$$P_t = D_t + \alpha(P_{t-1} - D_t)$$

□ כאשר:

□ $0 \leq \alpha \leq 1$ הוא מקדם ההחלקה של תוכנית הייצור.

□ $\alpha = 0$, אנו מקבלים את החוק שהזכרנו.

□ $\alpha = 1$, הייצור בתקופה t שווה לייצור בתקופה $t - 1$.

□ בחירת α מספקת דרך להקצאת משקל יחסי לתוכנית ייצור של התאמת הייצור לביקוש מול ייצור קבוע מתקופה לתקופה.

מודל התנהגות ניהולית

□ בנוסף, יתכן והחברה תהייה מעוניינת גם להחזיק את רמת המלאי סביב ערך קבוע, I_N . מודל המחליק הן את רמת המלאי והן את רמת הייצור הוא:

$$P_t = D_t + \alpha(P_{t-1} - D_t) + \beta(I_N - I_{t-1})$$

□ כאשר:

□ $0 \leq \beta \leq 1$ מבטא את המשקל היחסי המוקצה להחלקת רמת המלאי.

□ המודל צריך לשלב גם את תחזיות הביקוש. בדרך זו ניתן להגדיל את להקטין את הייצור בהתאם לביקוש הצפוי:

$$P_t = \sum_{i=t}^{t+n} a_{t-i+1} D_i + \alpha(P_{t-1} - D_t) + \beta(I_N - I_{t-1})$$

מודל התנהגות ניהולית

- המודל הזה דורש קביעה של $a_1, \dots, a_t, \alpha, \beta$ ו- I_N .
- ערכי גורמים אלו יקבעו על-ידי בדיקה לאחור של המערכת, במשך תקופת זמן משמעותית, והתאמת הגורמים להתנהגות המעשית של ההנהלה בעזרת טכניקה כמו הריבועים הפוחתים (ריגרסייה).

פירוק תוכנית מצרפית

- תכנון מצרפי יכול להעשות בכמה רמות, אך התוכנית המצרפית תמיד תהייה קשורה לצירוף של מספר פריטים.
- חברה המעוניינת לשמור על עיקביות בין התוכנית המצרפית לבין תוכניות הייצור הפרטניות צריכה לפתח דרך לפירוק התוכנית המצרפית אשר תהייה תואמת את הגדרת יחידת הייצור המצרפית והמבנה הארגוני של החברה.
- נניח ש- X^* מייצג את מס' היחידות הייצור המצרפיות של סוג מוצר המוצג ע"י התוכנית המצרפית לייצור בתקופת התכנון הבאה.
- ניתן לחשב את מס' היחידות לייצור, Y_j ממשפחה j , ע"י פתרון בעיית התיכנון הלינארי הבאה:

פירוק תוכנית מצרפית

□ פונקציית המטרה:

$$\min \sum_{j=1}^J \frac{K_j \lambda_j}{Y_j}$$

□ אילוצים:

$$\sum_{j=1}^J Y_j = X^*$$

$$a_j \leq Y_j \leq b_j \quad \forall j \in J$$

□ K_j - עלות הכינון עבודה משפחה j . λ_j - הביקוש השנתי למשפחה j .
 הקבועים a_j ו- b_j הם הגבול העליון והגבול התחתון למספר היחידות שניתן לייצר מכל משפחה.