

الفصل السابع

نماذج التتابع ^[2] Sequencing models

تهدف نماذج التتابع (التعاقب) *Sequencing models* بصورة عامة إلى إيجاد التسلسل الأمثل لتنفيذ المهام المختلفة خلال مرورها بـ m من المكنائن (إذ إن $m = 1, 2, 3, \dots$) بالإضافة إلى الحصول على أقل وقت كلي للتنفيذ وإيجاد الوقت الضائع (العاطل) *idle time* لكل مكنانة من هذه المكنائن .

أما الافتراضات العامة التي تعتمد عليها نماذج التتابع هي :

- 1- لكل مهمة بداية ونهاية .
 - 2- يمكن إنجاز مهمة واحدة فقط على مكنانة معينة في وقت محدد .
 - 3- يجب إكمال المهمة قبل أن يبدأ تنفيذ المهمة التي تليها .
 - 4- وجود مكنانة واحدة فقط من كل نوع .
 - 5- يجب تهيئة المهمة بالكامل عندما يحين وقت بداية تنفيذها .
 - 6- يمكن إهمال الوقت المطلوب لنقل المهمة من مكنانة إلى أخرى .
 - 7- يفترض عدم وجود أي عطل من شأنه أن يعطل أو يوقف العمل كالصيانة أو تغيير في وجبات العمل أو عدم توفر أي من عوامل الإنتاج .
- لذا فهذه النماذج ستأخذ الحالات التالية :

1-7- إنجاز n من المهام على مكنانة واحدة *Processing n jobs through 1 machine* :

يتم في هذه الحالة إنجاز n من المهام خلال مرورها بماكنة واحدة فقط ضمن الخوارزمية التالية:

- أ- ترتيب المهام حسب الزمن المستغرق تصاعدياً أو تنازلياً .
- ب- نجد أقصر وقت تشغيل (*Shortest processing time (S.p.t.)*) بقسمة مجموع أوقات إنتهاء المهام للترتيب التصاعدي على عدد المهام .
- ج- نجد أطول وقت تشغيل (*Largest processing time (L.p.t.)*) بقسمة مجموع أوقات إنتهاء المهام للترتيب التنازلي على عدد المهام .

مثال-1 : ستة مهام تنجز على مكنانة واحدة وأوقاتها المستغرقة (ساعة) لكل مهمة هي :

Jobs	A	B	C	D	E	F
Time	8	6	2	7	10	4

أوجد أقل زمن مستغرق لإنجاز جميع المهام وفقاً لمقياسي :

(أ) أقصر وقت للتشغيل *Spt* ، (ب) أطول وقت للتشغيل *Lpt* .

الحل :

أ) حسب الترتيب التصاعدي :

sequence	jobs	time	Processing	
			Start	Finish
1	C	2	0	2
2	F	4	2	6
3	B	6	6	12
4	D	7	12	19
5	A	8	19	27
6	E	10	27	37
Σ				103

$$Spt = 103/6 = 17.16 \text{ hrs.}$$

ب) حسب الترتيب التنازلي :

Sequence	jobs	time	Processing	
			Start	Finish
1	E	10	0	10
2	A	8	10	18
3	D	7	18	25
4	B	6	25	31
5	F	4	31	35
6	C	2	35	37
Σ				156

$$Lpt = 156/6 = 26 \text{ hrs}$$

ملاحظة : يمكن إيجاد التتابع الأمثل للمهام إذا كانت هناك ترجيحات مختلفة لكل مهمة وذلك بإيجاد الزمن المعدل من خلال قسمة الزمن المستغرق لكل مهمة t_i على الترجيحات المقابلة لتلك المهمة W_i والترتيب التصاعدي للزمن المعدل هو التتابع الأمثل .

مثال-2 : أوجد التتابع الأمثل للمهام التالية المنجزة على ماكينة واحدة وأوقات تشغيلها (ساعة) هي :

Jobs	A	B	C	D	E	F
Time t_i	10	6	5	4	2	8
Weight W_i	5	10	5	1	3	5

الحل : الزمن المعدل \bar{t} هو :

\bar{t}	Jobs
$10/5 = 2$	A
$6/10 = 0.6$	B
$5/5 = 1$	C
$4/1 = 4$	D
$2/3 = 0.67$	E
$8/5 = 1.6$	F

وعليه فالتتابع الأمثل هو : $B - E - C - F - A - D$.

7-2- إنجاز n من المهام على ماكنتين *Processing n jobs through 2 machines*

تأخذ هذه الحالة الخوارزمية التالية :

- 1- يحدد الزمن الأقل من كل مهمة .
 - 2- يبدأ بتسلسل المهام حسب التسلسل الزمني التصاعدي للماكينة الأولى (أي من الزمن الأقل إلى الزمن الأعلى) وفي حالة تساوي أقل زمنين نختار أولاً الزمن الذي له فرق أكبر مع زمنه الآخر للماكينة الثانية أو نختار الزمن الذي له أقل فرق مع زمنه الآخر للماكينة الأولى .
 - 3- نستمر بتسلسل المهام حسب التسلسل الزمني التنازلي للماكينة الثانية (أي من الزمن الأكبر إلى الزمن الأقل).
 - 4- إستناداً لتسلسل المهام نجد زمن البداية والنهاية لكل مهمة للماكينة الأولى .
 - 5- لنفس تسلسل المهام نجد زمن البداية والنهاية لكل مهمة للماكينة الثانية إذ يعتمد زمن البداية على القيمة الأكبر بين نهاية المهمة السابقة على الماكينة الثانية ونهاية المهمة الحالية على الماكينة الأولى .
 - 6- يحسب أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز جميع المهام على الماكنتين هو زمن إنجاز المهمة الأخيرة على الماكينة الثانية .
 - 7- الزمن الضائع (العاطل) *idle time* للماكينة الأولى هو الفرق بين زمني الإنتهاء على كلتا الماكنتين . أما الزمن الضائع للماكينة الثانية هو مجموع الفروق بين وقت بداية ونهاية كل مهمة على الماكينة الثانية .
- مثال-3 :** ستة مهام تنجز على ماكنتين A , B وتسلسل العمل هو A ثم B ، الزمن المستغرق (ساعة) لكل مهمة هو :

Jobs	1	2	3	4	5	6
Mach. A	3	12	5	2	9	11
Mach. B	8	10	9	6	3	1

المطلوب : إيجاد التتابع الأمثل بأقل زمن كلي مستغرق لإنجاز جميع المهام وكذلك إيجاد الوقت الضائع لكلتا الماكنتين .

الحل :

1	2	3	4	5	6
2 <u>3</u>	12	3 <u>5</u>	1 <u>2</u>	9	11
8	4 <u>10</u>	9	6	5 <u>3</u>	6 <u>1</u>

The optimal sequencing is : 4 – 1 – 3 – 2 – 5 – 6

jobs	Mach. A			Mach. B			
	Time	Start	Finish	time	Start	Finish	Idle
4	2	0	2	6	2	8	2
1	3	2	5	8	8	16	0
3	5	5	10	9	16	25	0
2	12	10	22	10	25	35	0
5	9	22	31	3	35	38	0
6	11	31	42	1	42	43	4
Σ							6

أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز جميع المهام هو 43 ساعة .

الوقت الضائع للماكينة A هو : $43 - 42 = 1 \text{ hr.}$

الوقت الضائع للماكينة B هو : 6 hrs.

مثال-4 : سبعة مهام تنجز على ماكنتين A ثم B ، الزمن المستغرق (ساعة) هو :

jobs	1	2	3	4	5	6	7
Mach. A	3	12	15	6	10	11	9
Mach. B	8	10	10	6	12	1	3

المطلوب : حدد التتابع الأمثل لتقليل الزمن الكلي المستغرق لإنجاز المهام مع تحديد الوقت الضائع

لكلا الماكنتين .

الحل :

1	2	3	4	5	6	7
<u>3</u> ₁	12	15	<u>6</u> ₂	<u>10</u> ₃	11	9
8	<u>10</u> ₅	<u>10</u> ₄	6	12	<u>1</u> ₇	<u>3</u> ₆

The optimal sequencing is : 1 – 4 – 5 – 3 – 2 – 7 – 6

jobs	Mach. A			Mach. B			
	time	Start	finish	time	Start	finish	idle
1	3	0	3	8	3	11	3
4	6	3	9	6	11	17	0
5	10	9	19	12	19	31	2
3	15	19	34	10	34	44	3
2	12	34	46	10	46	56	2
7	9	46	55	3	56	59	0
6	11	55	66	1	66	67	7
Σ							17

أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز جميع المهام هو 67 ساعة .

الوقت الضائع للماكينة A هو : $67 - 66 = 1 \text{ hr.}$

الوقت الضائع للماكينة B هو : 17 hrs

7-3- إنجاز n من المهام على ثلاثة مكائن *Processing n jobs through 3 machines* :

في هذه الحالة يجب تحقق أحد الشرطين على الأقل :

أ- أقل وقت على الماكينة الأولى \leq أكبر وقت على الماكينة الثانية .

أو ب- أقل وقت على الماكينة الثالثة \leq أكبر وقت على الماكينة الثانية .

أما خوارزمية الحل فتكون :

1. نقوم بتحويل الثلاثة مكائن إلى ماكنتين وهميتين G, H أوقات إشتغالهما تكون :

$$H_i = B_i + C_i , \quad G_i = A_i + B_i$$

2. نجد التتابع الأمثل للماكنتين H, G .

3. نعتمد تسلسل المهام حسب التتابع الأمثل ونجد وقت بداية ونهاية كل عملية لكل ماكينة من المكائن الأصلية وحسب الطريقة السابقة .

4. إن الزمن الضائع لكلا الماكنتين الأولى والثالثة تحتسب بنفس الطريقة السابقة ، ولكن

الإختلاف هو في حساب الوقت الضائع على الماكينة B ، إذ تحتسب من العلاقة :

زمن إنتهاء المهمة الأخيرة (حسب التسلسل الأمثل للمهام) على الماكينة الثالثة - زمن

إنتهاء المهمة الأخيرة على الماكينة الثانية + الوقت الضائع المحتسب للماكينة الثانية .

مثال-5 : ستة مهام تنجز على ثلاثة مكائن A, B, C ، حسب التسلسل ABC . أوجد التتابع

الأمثل لإنجاز المهام بأقل وقت كلي مستغرق والوقت الضائع لكل ماكينة ، إذا علمت إن

الزمن المستغرق لكل عملية على كل ماكينة (ساعة) هو :

Jobs	1	2	3	4	5	6
Mach. A	3	12	5	2	9	11
Mach. B	8	6	4	6	3	1
Mach. C	13	14	9	12	8	13

الحل : تحقق الشرط الثاني : أقل وقت على الماكينة الثالثة \leq أكبر وقت على الماكينة الثانية .

لذا يمكننا حل النموذج بإستخدام الخوارزمية أعلاه :

بإفتراض إن : $H_i = B_i + C_i , \quad G_i = A_i + B_i$

jobs	1	2	3	4	5	6
Mach. G	<u>11</u> 3	<u>18</u> 5	<u>9</u> 2	<u>8</u> 1	12	<u>12</u> 4
Mach. H	21	20	13	18	<u>11</u> 6	14

The optimal sequencing is : 4 – 3 – 1 – 6 – 2 – 5

jobs	Mach. A			Mach. B				Mach. C				
	t.	S.	F.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.	
4	2	0	2	6	2	8	2	12	8	20	8	
3	5	2	7	4	8	12	0	9	20	29	0	
1	3	7	10	8	12	20	0	13	29	42	0	
6	11	10	21	1	21	22	1	13	42	55	0	
2	12	21	33	6	33	39	11	14	55	69	0	
5	9	33	42	3	42	45	3	8	69	77	0	
Σ							17					8

أقل زمن ممكن لإنجاز جميع المهام هو : 77 hrs .

الوقت الضائع على الماكينة A هو : 77 - 42 = 35 hrs .

الوقت الضائع على الماكينة B هو : 77 - 45 + 17 = 49 hrs .

الوقت الضائع على الماكينة C هو : 8 hrs .

7-4- إنجاز n من المهام على m مكائن *Processing n jobs through m machines* :

يعالج هذا النموذج حالات تتضمن إنجاز n من المهام على m من المكائن بحيث يكون $m \geq 4$

وهو إمتداد للحالة السابقة ، لذا يجب أن يتحقق أحد الشرطين أو كليهما :

أ- أقل زمن على الماكينة الأولى \leq أكبر زمن على المكائن الوسطية .

أو ب- أقل زمن على الماكينة الأخيرة \leq أكبر زمن على المكائن الوسطية .

تطبق نفس الخوارزمية السابقة (عندما يكون لدينا ثلاثة مكائن) وذلك بتحويل m من المكائن

إلى ماكنتين وهميتين G, H بحيث أوقاتها تكون :

$$G_i = M_1 + M_2 + \dots + M_{m-1} , \quad H_i = M_2 + M_3 + \dots + M_m$$

مثال 6- : أربعة مهام تنجز على خمسة مكائن حسب التسلسل $ABCDE$ ، أوقاتها (ساعة) هي :

jobs	machines				
	A	B	C	D	E
1	7	5	2	3	9
2	6	6	4	5	10
3	5	4	5	6	8
4	8	3	3	2	6

أوجد أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز المهام الأربعة وكذلك الوقت الضائع لكل ماكينة .

الحل : تحقق الشرط الثاني لأن :

$$\text{Min. } \{ E \} = 6 \geq \text{max. } \{ B, C, D \} = 6$$

لذا تحول المكائن الخمسة إلى ماكنتين H, G :

$$G_i = A_i + B_i + C_i + D_i \quad \text{and} \quad H_i = B_i + C_i + D_i + E_i$$

	machines
--	----------

	<i>G</i>	<i>H</i>
<i>1</i>	<u>17</u> ₁	19
<i>2</i>	<u>21</u> ₃	25
<i>3</i>	<u>20</u> ₂	23
<i>4</i>	16	<u>14</u> ₄

The optimal sequencing is : 1 – 3 – 2 – 4

Job	Mach. A			Mach. B				Mach. C				Mach. D				Mach. E					
	t.	S.	F.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.		
1	7	0	7	5	7	12	7	2	12	14	12	3	14	17	14	9	17	26	17		
3	5	7	12	4	12	16	0	5	16	21	2	6	21	27	4	8	27	35	1		
2	6	12	18	6	18	24	2	4	24	28	3	5	28	33	1	10	35	45	0		
4	8	18	26	3	26	29	2	3	29	32	1	2	33	35	0	6	45	51	0		
Σ							11					18					19				

أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز المهام الاربعة هو : 51 hrs.

الوقت الضائع للماكينة A هو : 51 – 26 = 15 hrs.

الوقت الضائع للماكينة B هو : 51 – 29 + 11 = 33 hrs.

الوقت الضائع للماكينة C هو : 51 – 32 + 18 = 37 hrs.

الوقت الضائع للماكينة D هو : 51 – 35 + 19 = 35 hrs.

الوقت الضائع للماكينة E هو : 18 hrs.

ملاحظة : في حالة مجموع أوقات الماكائن الوسطية (أي ماعدا الأولى والأخيرة) لكل مهمة يكون

متساوي ، لذا لا نحتاج إلى إستخدام ماكنتين وهميتين ويمكن إعتبار المسألة مكونة من

ماكنتين أصليتين هما الماكينة الأولى والماكينة الأخيرة ، وكما موضحة في المثال التالي :

مثال-7 : اربعة مهام تنجز على اربعة مكائن حسب الترتيب ABCD ، أوقات التشغيل (ساعة) هي:

<i>job</i>	<i>machines</i>			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>1</i>	58	14	14	48
<i>2</i>	30	10	18	32
<i>3</i>	28	12	16	44
<i>4</i>	64	16	12	42

أوجد أقل زمن كلي مستغرق لإنجاز المهام الأربعة والوقت الضائع لكل ماكينة .

الحل : تحقق الشرطان لأن :

$$\text{Min. } \{ A \} = 28 \geq \max \{ B , C \} = 18 \text{ and } \text{min. } \{ D \} = 32 \geq \max \{ B , C \} = 18$$

وكذلك فإن :

$$B_1 + C_1 = B_2 + C_2 = B_3 + C_3 = B_4 + C_4 = 28$$

لذا نأخذ الماكنتين الأولى A والأخيرة D فقط :

job	machines	
	A	D
1	58	<u>48</u> 3
2	<u>30</u> 2	32
3	<u>28</u> 1	44
4	64	<u>42</u> 4

The optimal sequencing is : 3 – 2 – 1 – 4

job	Mach. A			Mach. B				Mach. C				Mach. D			
	t.	S.	F.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.	t.	S.	F.	I.
3	28	0	28	12	28	40	28	16	40	56	40	44	56	100	56
2	30	28	58	10	58	68	18	18	68	86	12	32	100	132	0
1	58	58	116	14	116	130	48	14	130	144	144	48	144	192	12
4	64	116	180	16	180	196	50	12	196	208	52	42	208	250	16
Σ							144				148				84

الزمن الكلي المستغرق لإنجاز المهام الأربعة هو : 250 hrs. .

الوقت الضائع للماكينة A هو : 250 – 180 = 70 hrs. .

الوقت الضائع للماكينة B هو : 250 – 196 + 144 = 198 hrs. .

الوقت الضائع للماكينة C هو : 250 – 208 + 148 = 190 hrs. .

الوقت الضائع للماكينة D هو : 84 hrs. .

7-5- إنجاز n من المهام على ماكنتين في ورشة ذات مسالك تكنولوجية (عشوائية الإنسياب) :

إذ يتم تجزئة هذه المهام إلى أربعة مجاميع :

– المجموعة الأولى تنجز على الماكينة A فقط .

– المجموعة الثانية تنجز على الماكينة B فقط .

– المجموعة الثالثة تنجز على كلا الماكنتين حسب التسلسل AB .

– المجموعة الرابعة تنجز على كلا الماكنتين حسب التسلسل BA .

ومن هنا نجد التتابع الأمثل لكل مجموعة ، وكما موضحة في المثال الآتي :

مثال-8 : عشرة مهام تنجز على ماكنتين في ورشة عمل عشوائية الإنسياب وحسب البيانات أدناه التي

تمثل وقت التشغيل لكل عمل على الماكينة :

jobs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operating order	1	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A
	2	B	---	---	B	A	---	A	---	A	B
Operating Time	1	4	3	4	5	1	1	7	3	6	2
	2	6	---	---	2	2	---	8	---	7	4

المطلوب : إيجاد التتابع الأمثل والوقت المستغرق والوقت الضائع لكل ماكينة .

الحل : المهام التي تنجز على الماكينة A فقط هي $\{2, 3\}$ ، بالإستناد إلى زمن التشغيل الأقل يكون التتابع الأمثل هو 2 ثم 3 ، المهام التي تنجز على الماكينة B فقط هي $\{6, 8\}$ والتتابع الأمثل هو 6 ثم 8 ، المهام التي تنجز على الماكينة A ثم الماكينة B هي $\{1, 4, 10\}$ ويكون التتابع الأمثل هو 10 ثم 1 ثم 4 إستناداً إلى :

jobs	A	B
1	2 4	6
4	5	3 2
10	1 2	4

أما المهام التي تنجز على الماكينة B ثم الماكينة A هي $\{5, 7, 9\}$ ويكون التتابع الأمثل هو 5 ثم 9 ثم 7 ، إستناداً إلى :

jobs	B	A
5	1 1	2
7	7 3	8
9	6 2	7

وعليه التتابع الكلي المنجز على الماكينة A حسب الترتيب AB ثم A ثم BA سيكون :

$$10 - 1 - 4 - 2 - 3 - 5 - 9 - 7$$

أما التتابع الكلي المنجز على الماكينة B حسب الترتيب BA ثم B ثم AB سيكون :

$$5 - 9 - 7 - 6 - 8 - 10 - 1 - 4$$

Mach. A				Mach. B				Idle time	
job	t.	S.	F.	job	t.	S.	F.	job	وقت الإنتظار قبل التنفيذ
10	2	0	2	5	1	0	1	1	$2 + 22 - 6 = 18$
1	4	2	6	9	6	1	7	2	11
4	5	6	11	7	7	7	14	3	14
2	3	11	14	6	1	14	15	4	$28 - 11 + 6 = 23$
3	4	14	18	8	3	15	18	5	$18 - 1 = 17$
5	2	18	20	10	4	18	22	6	14
9	7	20	27	1	6	22	28	7	$27 - 14 + 7 = 20$
7	8	27	35	4	2	28	30	8	15
								9	$20 - 7 + 1 = 14$
								10	$18 - 2 = 16$

الوقت الضائع للماكينة A هو صفر .

أما الوقت الضائع للماكينة B هو : $35 - 30 = 5$.

تمارين الفصل السابع

1- خمسة مهام تنجز على ماكينة واحدة وأوقاتها المستغرقة (دقيقة) لكل مهمة هي :

<i>job</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
<i>time</i>	4	3	5	2	6

أوجد أقصر وقت للتشغيل *Spt* وأطول وقت للتشغيل *Lpt* . (ans. : 10 , 14)

2- خمسة مهام تنجز على ماكنتين *A* ثم *B* ، الزمن المستغرق (ساعة) هو :

<i>Job</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Mach. A</i>	5	1	9	3	10
<i>Mach. B</i>	2	6	7	8	4

حدد التتابع الأمثل لتقليل الزمن الكلي لإنجاز المهام مع تحديد الوقت الضائع لكلا الماكنتين .
(ans.: 2-4-3-5-1 , 2 , 3)

3- خمسة مهام تنجز على ماكنتين *A* ثم *B* ، الزمن المستغرق (ساعة) هو :

<i>Job</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Mach. A</i>	4	5	2	6	1
<i>Mach. B</i>	3	2	5	4	2

حدد الوقت الضائع لكلا الماكنتين للتتابع الأمثل في تقليل الزمن الكلي للإنجاز .
(ans.: 5-3-4-1-2 , 2 , 4)

4- خمسة مهام تنجز على ثلاثة مكائن *A* ثم *B* ثم *C* ، الزمن المستغرق (ساعة) للإشتغال هو:

<i>Job</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Mach. A</i>	3	8	7	5	4
<i>Mach. B</i>	4	5	1	2	3
<i>Mach. C</i>	7	9	5	6	10

أوجد التتابع الأمثل ثم الوقت الضائع لكل ماكينة . (ans.: 4-1-5-2-3 ; 17 , 29 , 7)

5- ثمانية مهام تنجز على ثلاثة مكائن *A* ثم *B* ثم *C* ، الزمن المستغرق (دقيقة) للإشتغال هو:

<i>Job</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Mach. A</i>	5	6	2	3	4	9	15	11
<i>Mach. B</i>	4	6	7	4	5	3	6	2
<i>Mach. C</i>	8	10	7	8	11	8	9	13

أوجد التتابع الأمثل ثم الوقت الضائع لكل ماكينة . (ans.: 4-1-3-5-2-8-7-6 ; 26 , 44 , 7)

6- خمسة مهام تنجز على ثلاثة مكائن A ثم B ثم C ، الزمن المستغرق (ساعة) للإشتغال هو:

Job	1	2	3	4	5
Mach. A	5	8	6	5	7
Mach. B	3	5	2	4	3
Mach. C	4	5	3	2	1

أوجد التتابع الأمثل والوقت الكلي المستغرق لإجراز هذا التتابع ثم أوجد الوقت الضائع لكل ماكينة.
(ans.: 2-1-4-3-5 ; 35 ; 4 , 18 , 20)

7- ورشة مؤلفة من ثلاث مكائن ، تسلسل العمل عليها هو ABC . تنجز خمسة مهام وفقاً

للبينات التالية :

Job	1	2	3	4	5
Mach. A	8	9	5	6	15
Mach. B	4	5	1	2	3
Mach. C	3	8	7	7	7

المطلوب : أ) إيجاد التتابع الأمثل للمهام والوقت الكلي المستغرق لإجراز جميع المهام .
ب) الوقت الضائع لكل ماكينة .

(ans.: a) 3-4-2-5-1 ; 50 , b) 7 , 35 , 18)

8- ستة مهام تنجز على خمسة مكائن وحسب التسلسل ABCDE أوقاتها (ساعة) هي :

job	machines				
	A	B	C	D	E
1	13	9	5	8	19
2	12	11	6	2	8
3	15	4	10	2	16
4	17	9	12	11	10
5	20	10	4	7	17
6	16	6	5	9	13

أوجد أقل زمن كلي لإجراز المهام والوقت الضائع لكل ماكينة. (ans.:125,32,76 ,83,86,42)

9- إثناعشر مهمة تنجز على ماكنتين في ورشة عمل عشوائية الإنسياب والجدول التالي يبين

وقت التشغيل لكل مهمة على الماكينة :

Job		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
No. Process	1	A	A	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A
	2	-	B	-	B	A	A	-	-	B	-	B	-
Operating time	1	15	3	12	4	4	8	4	8	2	8	5	7
	2	-	7	-	3	5	6	-	-	7	-	2	-

أوجد التتابع الأمثل والوقت المستغرق والوقت الضائع لكل ماكينة .

(ans.: mach.A(9-2-4-11-12-10-1-5-6);mach.B(5-6-7-8-3-9-2-4-11);55,0,0)

الفصل الثامن

نماذج الصيانة والإستبدال

Replacement and Maintenance models ^[2]

تتعرض جميع الأجهزة والمعدات والمكانن للعطل والتوقف عن العمل أو هبوط كفاءتها على إمتداد عمرها الزمني ، الأمر الذي يتطلب تقليص الوقت الذي تكون فيه هذه الأجهزة خارج الخدمة إلى أقل ما يمكن ، وكذلك تقليص الكلفة النهائية إلى أقل ما يمكن مما يستدعي الأمر إلى تحديد الوقت المناسب لفحص الأجهزة وتدقيقها بعناية كافية وإحتمال تجديدها كمقياس وقائي وإصلاح أو إستبدال الأجهزة العاطلة .

8-1- نماذج الإستبدال Replacement models : تلجأ جميع الشركات والمعامل إلى إستبدال

وحدات معينة (مكانن أو معدات) عندما تواجه إحدى المشكلتين التاليتين أو كليهما معاً :

- الوحدات الموجودة لديها لاتؤدي وظيفتها بكفاءة .
 - وجود وحدات جديدة تقوم بنفس الوظيفة ولكن في وقت أقل أو بكلفة أقل أو بمستوى جودة أعلى.
- ويتم الإستبدال عند وجود واحد أو أكثر من المبررات الفنية أو الإقتصادية التي يستوجب بسببها الإستبدال :

المبررات الفنية - تلك العيوب التي تسببها الوحدة الحالية أو التعديلات الفنية على نظام الإنتاج أو بسبب الخطورة التي تسببها الوحدة الحالية إثناء التشغيل أو ظهور وحدة جديدة تؤدي اعمال إضافية بجانب العمل الأصلي لها أو ماتملكه من مزايا أخرى .

المبررات الإقتصادية - كتكاليف الصيانة والتشغيل ونسبة التالف وعدد الوحدات المنتجة وعدد العمال اللازمين والجهد المبذول عند الإستخدام ... الخ .

النموذج الأول : يلاحظ في هذا النموذج إن كلف الصيانة والتصليح تزداد بمرور الزمن . ففي هذا النموذج يستخدم معدل الكلفة الكلية للماكنة كمعيار لإتخاذ القرار بخصوص الفترة التي يتم فيها الإستبدال .

بإفتراض إن: C تمثل كلفة شراء المعدات الجديدة .

S تمثل قيمة بيع المعدات القديمة *Resale Value* .

n تمثل عدد الفترات الزمنية لخدمة المعدات .

TC تمثل مجموع الكلف الكلية .

$T = \frac{TC}{n}$ تمثل معدل الكلفة الكلية .

$f(t)$ تمثل كلفة الصيانة *maintenance* في الزمن t .

$$TC = C + \int_0^n f(t) dt - S \quad \text{لذا فإن :}$$

$$T = \frac{TC}{n} = \frac{1}{n} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right)$$

لإيجاد قيمة الزمن n الذي يعطي أقل قيمة إلى T سيكون :

$$\frac{\partial T}{\partial n} = -\frac{1}{n^2} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right) + \frac{1}{n} \frac{\partial}{\partial n} \int_0^n f(t) dt$$

$$\frac{\partial}{\partial n} \int_0^n f(t) dt = \frac{\partial}{\partial n} [F(t)]_0^n \quad \text{where} \quad \int f(t) dt = F(t) : \text{لاحظ إن}$$

$$= \frac{\partial}{\partial n} [F(n) - F(0)] \quad \text{since} \quad F(0) = 0$$

$$= \frac{\partial}{\partial n} F(n) = f(n)$$

$$\frac{\partial T}{\partial n} = -\frac{1}{n^2} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right) + \frac{1}{n} f(n) = 0 \quad \text{لذا فإن :}$$

$$f(n) = \frac{1}{n} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial n^2} = \frac{2}{n^3} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right) + \frac{1}{n} f'(n) - \frac{2}{n^2} f(n) > 0 \Rightarrow \min.$$

أي إنه سيكون معدل الكلفة الكلية أقل ما يمكن عندما :

$$. \text{Continuous} \quad \text{متغير مستمر } t \quad \text{إذا كان الزمن } t \quad g(n) = \frac{1}{n} \left(C - S + \int_0^n f(t) dt \right)$$

$$. \text{Discrete} \quad \text{متغير متقطع } t \quad \text{إذا كان الزمن } t \quad g(n) = \frac{1}{n} \left(C - S + \sum_{t=0}^n f(t) \right)$$

مثال-1 : إذا كانت كلفة الصيانة وقيمة إعادة بيع ماكينة خلال 8 سنوات موضحة في الجدول أدناه:

Year (t)	1	2	3	4	5	6	7	8
Maintenance $f(t)$	900	1200	1600	2100	2800	3700	4700	5900
Resale value (S)	4000	2000	1200	600	500	400	400	400

في أي سنة يكون من المفضل إستبدال الماكينة ، علماً بأن سعر شراء الماكينة الجديدة هو \$ 7000 .

الحل : $C = 7000$

N	S	C - S	f(t)	$\sum f(t)$	g(n)
1	4000	3000	900	900	3900
2	2000	5000	1200	2100	3550
3	1200	5800	1600	3700	3166.7
4	600	6400	2100	5800	3050
5	500	6500	2800	8600	3020 $\rightarrow \text{mini.}$
6	400	6600	3700	12300	3150
7	400	6600	4700	17000	3371.4
8	400	6600	5900	22900	3687.5

لذا فمن الأفضل إستبدال الماكينة في نهاية السنة الخامسة .

مثال-2 : كلفة شراء ماكينة جديدة هو 9000 دينار وكلفة التشغيل في السنة الأولى هو 200 دينار وتزداد الكلفة بمقدار 2000 دينار سنوياً ، حدد أفضل عمر للماكينة لإستبدالها . بإفتراض إن الماكينة ليس لها سعر بيع عندما تستبدل .

الحل :

N	$C - S$	$f(t)$	$\sum f(t)$	$g(n)$
1	9000	200	200	9200
2	9000	2200	2400	5700
3	9000	4200	6600	5200 $\rightarrow mini.$
4	9000	6200	12800	5450
5	9000	8200	21000	6100

لذا أفضل إستبدال للماكينة يكون في نهاية السنة الثالثة .

النموذج الثاني : يتم في هذا النموذج إستبدال الوحدات او الأجزاء التي تعطل بصورة مفاجئة إذ يتم حساب معدل كلفة الإستبدال الفردي *Cost of individual replacement* ومعدل كلفة الإستبدال الجماعي *Cost of grouped replacement* لكل فترة زمنية ويتم تحديد سياسة الإستبدال المثلى من خلال إختيار أقل معدل كلفة كلية وكما يلي:

- عدد الوحدات المستبدلة خلال الفترة (i) :

$$N_i = \sum_{j=1}^i N_{j-1} P_{i-j+1} = N_0 P_i + N_1 P_{i-1} + N_2 P_{i-2} + \dots + N_{i-1} P_1$$

- معدل عمر الوحدة الإنتاجية *Average life of items (AL)* :

$$AL = \sum_{i=1}^n i P_i$$

- معدل العطل في الفترة الزمنية n *Average failure per period (AF)* :

$$AF = \frac{N_0}{AL}$$

- كلفة الإستبدال الفردي لكل وحدة إنتاجية (*CIR*) *Cost of individual replacement* :

$$CIR = C_1 * AF$$

- معدل كلفة الإستبدال الجماعي لكل فترة (i) *Average cost group replacement per period (i)* :

$$ACGR_i = \frac{C_2 * N_0 + C_1 * \sum_{j=1}^i N_j}{i}$$

وعليه تقارن كلفة الإستبدال الفردي *CIR* مع معدل كلفة الإستبدال الجماعي *ACGR* فالأقل يحدد نوع الإستبدال (فردي أو جماعي) ومن قيم $ACGR_i$ تتحدد الفترة المثلى i للإستبدال الجماعي .

علماً بأن : P_i تمثل احتمال عطل الوحدات الجديدة خلال الفترة الزمنية i .

C_1 تمثل كلفة الإستبدال الفردي لكل وحدة .

C_2 تمثل كلفة الإستبدال الجماعي لكل وحدة .

N_0 تمثل عدد الوحدات الإنتاجية الكلية المستخدمة في بداية الفترة .

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

مثال-3 : إحتمال العطل لوحدة إنتاجية معينة قبل إشتغالها للفترة الزمنية n موضحة في الجدول

أدناه :

End of week (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Prob.Of failure (P _i)	0.01	0.03	0.05	0.07	0.10	0.15	0.20	0.15	0.11	0.08	0.05

إذا علمت إن كلفة الإستبدال الفردية هي 1.25 ديناراً وكلفة الإستبدال الجماعية 0.5 ديناراً لكل وحدة إنتاجية . حدد سياسة الإستبدال المثلى ، علماً إن عدد الوحدات المستخدمة هي 1000 وحدة إنتاجية .

الحل :

$$N_0 = 1000$$

$$N_1 = N_0 * P_1 = 1000 * 0.01 = 10$$

$$N_2 = N_0 * P_2 + N_1 * P_1 = 1000 * 0.03 + 10 * 0.01 = 30.1$$

$$N_3 = N_0 * P_3 + N_1 * P_2 + N_2 * P_1 = 1000 * 0.05 + 10 * 0.03 + 30.1 * 0.01 = 50.6$$

$$N_4 = N_0 * P_4 + N_1 * P_3 + N_2 * P_2 + N_3 * P_1$$

$$= 1000 * 0.07 + 10 * 0.05 + 30.1 * 0.03 + 50.6 * 0.01 = 71.9$$

$$N_5 = N_0 * P_5 + N_1 * P_4 + N_2 * P_3 + N_3 * P_2 + N_4 * P_1$$

$$= 1000 * 0.10 + 10 * 0.07 + 30.1 * 0.05 + 50.6 * 0.03 + 71.9 * 0.01 = 104.4$$

$$N_6 = N_0 * P_6 + N_1 * P_5 + N_2 * P_4 + N_3 * P_3 + N_4 * P_2 + N_5 * P_1$$

$$= 1000 * 0.15 + 10 * 0.10 + 30.1 * 0.07 + 50.6 * 0.05 + 71.9 * 0.03 + 104.4 * 0.01 = 158.8$$

$$N_7 = N_0 * P_7 + N_1 * P_6 + N_2 * P_5 + N_3 * P_4 + N_4 * P_3 + N_5 * P_2 + N_6 * P_1$$

$$= 1000 * 0.2 + 10 * 0.15 + 30.1 * 0.1 + 50.6 * 0.07 + 71.9 * 0.05 + 104.4 * 0.03 + 158.8 * 0.01 = 216.4$$

$$N_8 = N_0 * P_8 + N_1 * P_7 + N_2 * P_6 + N_3 * P_5 + N_4 * P_4 + N_5 * P_3 + N_6 * P_2 + N_7 * P_1$$

$$= 1000 * 0.15 + 10 * 0.2 + 30.1 * 0.15 + 50.6 * 0.1 + 71.9 * 0.07 + 104.4 * 0.05 + 158.8 * 0.03 + 216.4 * 0.01 = 178.8$$

$$N_9 = N_0 * P_9 + N_1 * P_8 + N_2 * P_7 + N_3 * P_6 + N_4 * P_5 + N_5 * P_4 + N_6 * P_3 + N_7 * P_2 + N_8 * P_1$$

$$= 1000 * 0.11 + 10 * 0.15 + 30.1 * 0.2 + 50.6 * 0.15 + 71.9 * 0.1 + 104.4 * 0.07 + 158.8 * 0.05 + 216.4 * 0.03 + 178.8 * 0.01 = 155.8$$

$$N_{10} = N_0 * P_{10} + N_1 * P_9 + N_2 * P_8 + N_3 * P_7 + N_4 * P_6 + N_5 * P_5 + N_6 * P_4 + N_7 * P_3 + N_8 * P_2 + N_9 * P_1$$

$$= 1000 * 0.08 + 10 * 0.11 + 30.1 * 0.15 + 50.6 * 0.2 + 71.9 * 0.15 + 104.4 * 0.1 + 158.8 * 0.07 + 216.4 * 0.05 + 178.8 * 0.03 + 155.8 * 0.01 = 145.8$$

$$N_{11} = N_0 * P_{11} + N_1 * P_{10} + N_2 * P_9 + N_3 * P_8 + N_4 * P_7 + N_5 * P_6 + N_6 * P_5 + N_7 * P_4 + N_8 * P_3 + N_9 * P_2 + N_{10} * P_1$$

$$= 1000 * 0.05 + 10 * 0.08 + 30.1 * 0.11 + 50.6 * 0.15 + 71.9 * 0.2 + 104.4 * 0.15 + 158.8 * 0.1 + 216.4 * 0.07 + 178.8 * 0.05 + 155.8 * 0.03 + 265.8 * 0.01 = 139.1$$

$$AL = \sum_{i=1}^{11} i * P_i = 1 * 0.01 + 2 * 0.03 + 3 * 0.05 + 4 * 0.07 + 5 * 0.1 + 6 * 0.15 + 7 * 0.2 + 8 * 0.15 + 9 * 0.11 + 10 * 0.08 + 11 * 0.05 = 6.84$$

$$AF = \frac{N_0}{AL} = \frac{1000}{6.84} = 146.2 \quad \text{and} \quad CIR = C_1 * AF = 1.25 * 146.2 = 182.75$$

End of week (i)	$ACGR_i = \frac{C_2 * N_0 + C_1 * \sum_{j=1}^i N_j}{i}$
1	$\frac{1000 * 0.5 + 10 * 1.25}{1} = 512.5$
2	$\frac{1000 * 0.5 + (10 + 30.1) * 1.25}{2} = 275.06$
3	$\frac{1000 * 0.5 + (40.1 + 50.6) * 1.25}{3} = 204.46$
4	$\frac{1000 * 0.5 + (90.7 + 71.9) * 1.25}{4} = 175.81$
5	$\frac{1000 * 0.5 + (162.6 + 104.4) * 1.25}{5} = 166.75 \Rightarrow \min i.$
6	$\frac{1000 * 0.5 + (267 + 158.8) * 1.25}{6} = 172.04$
7	$\frac{1000 * 0.5 + (425.8 + 216.4) * 1.25}{7} = 186.11$
8	$\frac{1000 * 0.5 + (642.2 + 178.8) * 1.25}{8} = 190.78$
9	$\frac{1000 * 0.5 + (821 + 155.8) * 1.25}{9} = 191.22$
10	$\frac{1000 * 0.5 + (976.8 + 145.8) * 1.25}{10} = 190.33$
11	$\frac{1000 * 0.5 + (1122.6 + 139.1) * 1.25}{11} = 188.83$

بسبب أقل كلفة للإستبدال الجماعي ($ACGR_5=166.76$) > كلفة الإستبدال الفردي ($CIR = 182.75$).
لذا فمن المفضل إجراء الإستبدال الجماعي في نهاية الإِسبوع الخامس.

8-2- نماذج الصيانة Maintenance Models : لاحظنا في النماذج السابقة إن كافة القرارات المتخذة كانت بإستبدال المعدات الإنتاجية لتحقيق أعلى فائدة (أقل كلفة) ممكنة ، ولكن من الممكن إصلاح هذه المعدات بدلاً من إستبدالها أي فحصها بعناية وبشكل دوري قبل أية مرحلة حاسمة من تشغيلها .

تستخدم في هذه النماذج التكاليف المتوقعة أو الوقت المتوقع للعطل لمقارنة السياسات المختلفة لصيانة المعدات بشرط أن تكون احتمالية العطل للمعدات خلال عمرها معلومة .

معدل كلفة الصيانة (التصليح) (CM) : Cost of maintenance

$$CM = \frac{\text{Maintenance Cost per unit (MC)}}{\text{Expected life per unit (EL)}} * N_0$$

مثال-4 : تبلغ كلفة إستبدال أي من المفاتيح في لوحة المفاتيح *Keyboard* ذات مواصفات عالية الخاصة بالمحطة الطرفية للحاسبة الأليكترونية 3 دولارات والتوزيع الإحتمالي لعمر هذه المفاتيح :

<i>End of year (i)</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Prob. Of failure (P_i)</i>	<i>0.20</i>	<i>0.25</i>	<i>0.42</i>	<i>0.13</i>

إذا علمت إن لوحة المفاتيح تحتوي على 48 مفتاحاً وكلفة الإستبدال الجماعي تساوي 45 دولاراً ، وإنه بالإمكان إصلاح المفتاح بدلاً من إبداله بمفتاح جديد ، وإن إصلاحه يكلف 4 دولارات ويخدم عمراً متوقعاً قدره 3.1 سنة . أي من الحالات الثلاثة الممكنة (الإستبدال الفردي أو الإستبدال الجماعي أو الصيانة (التصليح)) أجدى من حيث الكلفة والزمن المتوقع ؟

الحل :

أ- الإستبدال الفردي :

$$AL = \sum_{i=1}^4 i * P_i = 1 * 0.20 + 2 * 0.25 + 3 * 0.42 + 4 * 0.13 = 2.48$$

$$AF = \frac{N_0}{AL} = \frac{48}{2.48} = 19.355 \quad \text{and} \quad CIR = C_1 * AF = 3 * 19.355 = 58.065$$

ب- الإستبدال الجماعي :

$$N_0 = 48$$

$$N_1 = N_0 * P_1 = 48 * 0.20 = 9.6$$

$$N_2 = N_0 * P_2 + N_1 * P_1 = 48 * 0.25 + 9.6 * 0.20 = 13.92$$

$$N_3 = N_0 * P_3 + N_1 * P_2 + N_2 * P_1 = 48 * 0.42 + 9.6 * 0.25 + 13.92 * 0.2 = 25.344$$

$$N_4 = N_0 * P_4 + N_1 * P_3 + N_2 * P_2 + N_3 * P_1 = 48 * 0.13 + 9.6 * 0.42 + 13.92 * 0.25 + 25.344 * 0.2 = 18.821$$

<i>End of year (i)</i>	$ACGR_i = \frac{C_2 * N_0 + C_1 * \sum_{j=1}^i N_j}{i}$
<i>1</i>	$\frac{45 + 9.6 * 3}{1} = 73.8$
<i>2</i>	$\frac{45 + (9.6 + 13.92) * 3}{2} = 57.78 \Rightarrow \min i.$
<i>3</i>	$\frac{45 + (23.52 + 25.344) * 3}{3} = 63.864$
<i>4</i>	$\frac{45 + (48.864 + 18.821) * 3}{4} = 62.014$

ج- صيانة (تصليح) المفتاح :

$$CM = \frac{MC}{EL} * N_0 = \frac{4}{3.1} * 48 = 61.92$$

ومما تقدم أعلاه نلاحظ إن :

- كلفة الإستبدال الفردي للمفاتيح سنوياً = 58.065
 - أقل كلفة إستبدال جماعي سنوية للمفاتيح في نهاية السنة الثانية = 57.78
 - كلفة تصليح المفاتيح سنوياً = 61.92
- لذا فمن المفضل إجراء الإستبدال الجماعي للمفاتيح في نهاية السنة الثانية .

تمارين الفصل الثامن

1- كانت تكاليف إستبدال وصيانة نوع معين من أنواع الشاحنات كما يلي :

Year	1	2	3	4	5	6
Maintenance cost / year	200	450	680	850	1300	1600
Resale value	10000	8000	7000	5000	2000	1000

إذا كانت كلفة شراء شاحنة جديدة هو 15000 ، حدد أمثل مدة لازمة لحيازة الشاحنة.

(ans.: 4)

2- ترغب إحدى الشركات بتحديد الوقت اللازم لإستبدال إحدى مكائن معملها الذي كانت كلفة

شرائها 12200 ديناراً وسعر بيعها في أي سنة هو 200 ديناراً وتكاليف الصيانة من خلال

الخبرة المتراكمة للشركة هي :

year	1	2	3	4	5	6	7	8
Maintenance Cost	200	500	800	1200	1800	2500	3200	4000

بافتراض إنه بعد 5 سنوات على إشتغال المعمل توفر في السوق معمل آخر بكلفة 7500

ديناراً وذو كلفة صيانة إبتدائية 400 دينار تتزايد سنوياً بمقدار 500 دينار وقيمة بيعها هو

صفر حسب تقرير مهندس الشركة ، هل تنصح الشركة بإستبدال المعمل ؟

(لايفضل الإستبدال (ans.:))

3- قطعتان من المعدات نوعهما A , B تكلف كل منهما 10000 دينار وقيمة بيعها وكلف تشغيلها

(ألف دينار) خلال خمسة سنوات موضحة في الجدول أدناه :

Year		1	2	3	4	5
A	Resale	9	9	8	7	5
	Operating cost	1	1	2	3	3
B	Resale	8	7	7	6	6
	Operating cost	1	2	2	3	4

المطلوب :

أ- إحسب الزمن الأمثل لإستبدال كل من النوعين A , B بالإستناد إلى معدل الكلفة السنوية .

ب- إستناداً للفرع (أ) أيهما أفضل كقيمة .

ج- إذا كانت سياسة الشركة هي الإستبدال في نهاية كل سنة فأيهما توصي بالإقتناء ؟

(ans.: a) 2 , 3 ; b) A ; c) A)

4- أدناه معدل عطل نوع معين من مصابيح الإنارة المشاهدة خلال ستة أسابيع :

End of week	1	2	3	4	5	6
Prob. Of failure	0.09	0.25	0.49	0.85	0.97	1

إذا كان العدد الكلي للمصابيح المستخدمة هي 1000 ، إذا عطل المصباح خلال الخدمة فكلفة إستبداله 3 دنانير ولكن إذا تم إستبدال جميع المصابيح فكلفة الإستبدال ستكون 0.7 دينار لكل مصباح . ما هو أفضل فترة زمنية للإستبدال الجماعي ؟
(ans.: 2)

5- تبلغ كلفة إستبدال محركات قاطع الفحم الحجري 200 دينار إسبوعياً . أما إذا حصل العطل خلال الإسبوع ، فإن كلفة الإستبدال تبلغ 1000 دينار بضمنها كلفة الإنتاج التالف ووقت الإنتظار . فإذا كانت النسبة المئوية للعطلات كما يلي :

<i>End of week</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>
<i>Prob. Of failure</i>	<i>0.05</i>	<i>0.15</i>	<i>0.35</i>	<i>0.65</i>	<i>1</i>

حدد سياسة الإستبدال المثلى إلى 2000 محرك في الخدمة .
(ans.: 20)

الباب الثالث

السيطرة النوعية

والمعولية

Quality Control and Reliability

المصادر :

- 1- د. خليل العاني ، د. إسماعيل إبراهيم القزاز ، د. عادل عبد المالك كوريال " إدارة الجودة الشاملة ومتطلبات الأيزو 2000:9001 " الطبعة الأولى 2001 ، مطبعة الأشقر - بغداد .
- 2- د. عادل عبد المالك " الهندسة الصناعية " دار الكتب للطباعة والنشر/ جامعة البصرة - الطبعة الأولى 2000.
- 3- Charles E. Ebeling " An introduction to Reliability and Maintainability Engineering " (1997) , McGraw Hill companies , INC .

الفصل التاسع

إدارة الجودة الشاملة (T.Q.M.) والأيزو ISO^[1]

9-1- الجودة Quality : الجودة هي نتاج لفلسفة تنظيمية تدفع إلى التحسين والإهتمام المستمر بإنتاج بضائع أو خدمات عالية الجودة وهي أيضاً نتاج لثقافة الشركة . كما عرفت الجودة من قبل المنظمة الأوروبية للسيطرة النوعية بأنها " مجموعة خصائص ومميزات منتج أو خدمة ذات الصلة بمقدرته على الإيفاء بحاجة معينة " . أما أبعاد الجودة فهي :

1- الإداء - أي الخصائص التشغيلية للمنتج ويتوقف ذلك على الرغبات والإتجاهات الشخصية لكل فرد .

2- السمات والملامح - أي الخصائص الثانوية للمنتج التي تميز المنتج وتدل على الوظيفة الأساسية له .

3- المعولية - تعكس إحتتمالات عطل المنتج خلال فترة زمنية محددة .

4- التطابق - أي تطابق وتمائل التصميم مع المواصفات .

5- قوة التحمل - هي قياس لعمر المنتج وقد يعبر عنها على إنها كمية الإستفادة من المنتج قبل تدهور إدائه وفقدان خواصه التشغيلية .

6- إمكانية الخدمة - أي سرعة وكفاءة وتوافر خدمات الإصلاح والصيانة .

7- المظهر الخارجي - ويقصد به الجماليات والمعايير الذوقية ويهتم بتشكيلة الألوان ورغبات وذوق المستهلك بالشكل والترتيب .

8- الجودة المصورة - يقصد بذلك صورة وإنطباع المستهلك تجاه المنتج والمتولدة من خلال سمعة المنتج وحملات الدعاية والإعلان عنه أو الإتجاه السائد نحو إستهلاك المنتج في السوق .

التطور التاريخي للجودة: مرت الجودة بعدة مراحل رئيسية منذ إندلاع الثورة الصناعية عام 1775، أهمها :

1- مرحلة ضبط جودة العامل المنفذ للجودة : استمرت حتى نهاية القرن التاسع عشر وتحت هذا النظام كان هناك عاملاً واحداً او مجموعة محدودة من العمال كانت مسؤولة عن تصنيع المنتج بالكامل وهذا ما ينسجم مع نظام التصنيع في الوحدات الإنتاجية الصغيرة التي كانت سائدة آنذاك.

2- مرحلة ضبط رئيس العمال للجودة : بدأت مع بداية القرن العشرين نتيجة تطبيق مفهوم المصنع المتضمن لوحدات إنتاجية كبيرة وظهور الصناعة الحديثة . إذ يقوم عدد كبير من العمال بنفس

العمل ويتم تجميعهم عن طريق رئيس العمال الذي يتولى مسؤولية الجودة في إنتاج تلك المجموعة .

3- مرحلة ضبط الجودة عن طريق التفتيش : بدأت خلال الحرب العالمية الأولى 1914 واستمرت لغاية إندلاع الحرب العالمية الثانية 1939 وفيها إستوجب على المصانع تكليف مفتشين في ورش الإنتاج متخصصين لإنجاز مهمة التفتيش بقصد عزل الإنتاج غير الجيد وقد وضعت مواصفات قياسية في التصنيع ومارست عمليات تفتيش صارمة .

4- مرحلة الضبط الإحصائي للجودة (*Statistical Quality Control (SQC*) : بدأت مع بداية الحرب العالمية الثانية 1939 ، فالتوسع الكبير في الإنتاج وإعتماد نمط الإنتاج الواسع لتلبية الحاجات المستمرة والمتزايدة للفيالق العسكرية المتحاربة أدى إلى صعوبة ممارسة أسلوب التفتيش الكلي للإنتاج وكنتيجة لذلك تم اللجوء إلى الفحص بالعينات ولخفض نسبة الإنتاج المعاب إنشاء تنفيذه تم إعتماد لوحات السيطرة *Control chart* للتنبؤ بالمعاب قبل وقوعه بغية إتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت والمكان المناسبين .

5- مرحلة الضبط الشامل للجودة (*Total Quality Control (TQC*) : بدأت بعد الحرب العالمية الثانية 1945 ، ومضمون الأسلوب الذي شاع في مجال ضبط الجودة هو الإتساع بنشاط الضبط ليشمل ذلك جميع مراحل الإنتاج بدءاً من المواد الأولية ومروراً بالعمليات الإنتاجية وإنهاءً بالمنتوج الجاهز ، لذا أستدعت هذه الممارسة دمج أساليب الضبط الإحصائي للجودة مع تقنيات القياس ونظم المعلوماتية عن الجودة وتشجيع ممارسات حوافز الجودة .

6- مرحلة توكيد الجودة (*Quality Assurance (QA*) : بدأ التفكير بمسألة توكيد الجودة في التصميم ، الإنتاج ، التركيب ، الخدمات والتطوير بعد عام 1980 من خلال الأنشطة الخدمية المرتبطة بالفعاليات الهندسية وتحميل مسؤولية تحقيقها على كافة العاملين في الشركة .

7- مرحلة إدارة الجودة الشاملة (*Total Quality Management (TQM*) : بدأت بإصدار منظمة التقييس الأيزو ISO في عام 1987 المواصفة القياسية الدولية ISO:9000 وتوابعها كمعيار دولي موحد لتوكيد الجودة لذا إنتشرت وتوسعت فلسفة إدارة الجودة الشاملة إلى أعلى درجة بدمج الفعاليات الإدارية المتعلقة بالجودة بالأنشطة الهندسية والخدمية .

9-2- إدارة الجودة الشاملة (*Total Quality Management (TOM*) : هي المدخل

الفكري والثقافي لتأمين جودة الشركة في جميع مراحلها بدءاً من المواصفات التي تفي بمتطلبات الزبون مروراً بالتصميم والتكنولوجيا والعمليات الإنتاجية والمراحل اللاحقة ويعتمد على تكامل جميع الأنشطة ويشترك في ممارستها جميع العاملين وفي مقدمتها الإدارة العليا التي تقود إلى التحسين والتطوير المستمر . ولذلك يتبين إن محتوى هذه الاستراتيجية في مجال الجودة يتطلب تغييراً في ثقافة الشركة وخلق ثقافة جديدة تكون متوائمة ومحفزة لهذا التطبيق تبدأ بالتزام أعلى

مستوى إداري في الشركة وتقوم بمراجعته وتقييمه طبقاً لما يستجد من تغييرات وبالإستناد على مشاركة وتضامن كافة العاملين . فهي نظام إداري يبحث عن المشاركة ويركز على تطوير جودة وفعالية العمليات الكلية ، نظام له مناخ ويتم بناءه من قبل الإدارة العليا في الشركة ويتضمن مستويات متقدمة من المشاركة للعاملين وعليه فإن متطلبات التطبيق الفعال لإدارة الجودة الشاملة :

1- دعم وتأييد الإدارة العليا لبرنامج الجودة الشاملة .

2- تهيئة مناخ العمل وثقافة المنظمة .

3- التوجه للمستهلك وتعميق الفكرة .

4- قياس الأداء للإنتاجية والجودة .

5- الإدارة الجيدة للموارد البشرية في الشركة .

6- التعليم والتدريب المستمر .

7- تبني أنماطاً قيادية ملائمة لفلسفة إدارة الجودة الشاملة .

8- المشاركة الشاملة من جانب جميع العاملين بالشركة .

9- إنشاء نظام معلومات لإدارة الجودة الشاملة .

وعليه فإن النظام شامل لكل فرد ونشاط في المنظمة له دور في خلق وإدامة الجودة للمنتج أو الخدمة التي تقدمها المنظمة وإن الجودة توضع لها الخطط اللازمة لتحقيق متطلبات وإحتياجات العملاء من خلال تفاعل مجموعة الأنشطة والعمليات والتركيز في تنفيذها على تلك المتطلبات ومن خلال مشاركة العملاء في تحديد الجودة ، وللإدارة العليا دورها الكبير في التركيز على التحسين والتطوير والمحافظة على النظام .

أما المؤشرات التي تستدعي تطبيق إدارة الجودة الشاملة في الشركات التي تعاني من بعض الظواهر المرفوضة فهي :

1- إنخفاض مستويات الجودة وإرتفاع الكلفة .

2- طول الفترات الزمنية التي تستغرقها العمليات .

3- زيادة معدل دوران العمل .

4- كثرة شكاوي العملاء .

5- كثرة المراقبات والإشراف .

6- إزدواجية أوامر العمل .

7- تعدد الصلاحيات وعدم وضوح المسؤوليات .

8- كثرة و تعدد اللجان لمختلف أنشطة الشركة .

9- إنعدام المتابعة في تنفيذ الأعمال .

10- صعوبة السيطرة على بعض العمليات .

ونتيجة لذلك تدرك تلك الشركات إن لاسبيل أمامها سوى التحسين المستمر الذي هو هدف نظام إدارة الجودة الشاملة والذي يمثل مجموعة النشاطات والتقنيات العملية المستخدمة لتحقيق متطلبات الجودة وهذا يتطلب تبني ثقافة جديدة وتغييراً في أسلوب عمل الشركة وتغيير علاقاتها مع العملاء وتركيزها على عناصر متعددة العمليات والعاملين ، وأن يكون لدى الإدارة والعاملين الإيمان والقناعة والحماس نحو الإندفاع بتحسين الوضع الذي هي عليه ، ومن تتبع المدخل العلمي في اتخاذ القرارات وحل المشاكل ومعضلات الجودة ، أن يكون العمل بروح الفريق الواحد إذ يصبح هو هدف مؤسسي ، فيشارك العاملون والإدارة في تحقيق هدف واحد لتحسين الأوضاع والإستمرار في عملية التحسين .

المرتكزات الأولية لإدارة الجودة الشاملة :

1- الأدوات - أستخدمت سبعة أدوات قياسية تمثل القاعدة التي إرتكزت عليها بعد ذلك معظم الأدوات ، وهي :

- لوحات ضبط الجودة *Control chart* .

- تحليل باريتو *Pareto analysis* .

- تخطيط عظم السمكة *Fish bone chart* .

- تخطيط الإتجاه *Run chart* .

- التخطيط العمودي *Bar chart* .

- التخطيط المبعثر *Scatter chart* .

- تخطيط التدفق *Flow chart* .

2- التقنيات - وضعت التقنيات الستة التالية بأنها عناصر لبرنامج تطوير الإدارة ككل :

- تفويض السلطة .

- مشاركة وإرتباط الموظف .

- الإبداع والإبتكار .

- الإدارة عن طريق تسجيل النتائج .

- بناء الفريق الواحد .

- تطوير مهارات المدير .

وليس من الضروري أن تستخدم جميعها معاً لأن كل شركة لها إحتياجاتها المختلفة وينبغي أن تحدد ما هية التقنيات المناسبة لها .

مبادئ إدارة الجودة الشاملة :

1- إلتزام الإدارة العليا - تبدأ إدارة الجودة الشاملة بإلتزام الإدارة العليا وبدون هذا الإلتزام تصبح

الجودة مجرد شعار أو لافتة دون تأثير أو فاعلية لبناء الجودة . فالجودة تبدأ من هذا الإلتزام

- وتكتسب قوتها وفعاليتها من الإدارة العليا التي تستخدمها كسلاح في تسويق منتجاتها وتعمل باستمرار على إشراك العاملين وإعطائهم دوراً للمساهمة في بناء وتطوير الجودة .
- 2- التركيز على الزبون - تضع إدارة الجودة الشاملة الزبون في مقدمة الاهتمامات ومنه تبدأ جميع المراحل إذ يجب التعرف على متطلبات الزبون وتوقعاته وتفسيرها وترجمتها في مراحل التصميم والإنتاج وتقديم الخدمات .
- 3- مشاركة الموردين - تركز إدارة الجودة الشاملة على الموردين وضرورة التعامل معهم بشكل إيجابي وإنشاء علاقات طويلة ويدخل في ذلك كيفية إختيارهم وتكوين قاعدة معلومات فنية وتجارية حول إلتزاماتهم وشروطهم .
- 4- فرق العمل - فرق العمل أساس مهم لتحقيق المشاركة .
- 5- منع الأخطاء - الوقاية من الأخطاء أساس ضروري وليس مجرد إصلاح الأخطاء ، فالتركيز على العمليات يمكن من الوقاية من الأخطاء قبل وقوعها وهذا يتطلب إستخدام معايير مقبولة لقياس جودة المنتجات أثناء عمليات الإنتاج .
- 6- المنظومة المتكاملة - تتضمن الشركة مجموعة أنشطة تتكامل مع بعضها وترتبط أهدافها مع بعضها وتؤدي إلى تحقيق الهدف الرئيسي المتمثل بالجودة المطلوبة .
- 7- تصميم العمليات - لا بد من تصميم عمليات الإنتاج إذ تشكل تجهيزات الإنتاج والعاملين نظاماً للإنتاج يجب تصميمه لإنتاج منتجات بأبعاد وخصائص الجودة التي يطلبها ويرغبها الزبون .
- 8- المخزون - يعد المخزون جزءاً من الموارد ينبغي تخطيطه والإحتفاظ بالحدود المسموحة وعدم تكديس الخزين وضرورة توفير شروط المحافظة عليه ، علاوة على إتباع قواعد في الترميز والتبويب .
- 9- تدريب العاملين - تتوقف فاعلية إدارة الجودة الشاملة على كفاءة العاملين إذ يجب تدريبهم وتشجيعهم وتحفيزهم لتحقيق التطوير وإكتساب الخبرات والمعارف والمهارات ومواجهة التغيير .
- 10- الجودة قابلة للقياس - يمكن إستخدام التقنيات الإحصائية السبعة كأدوات لأغراض القياس والتحليل .
- 11- التطوير المستمر - التطوير لا يتوقف عند مرحلة معينة بل هو رحلة مستمرة لا توجد لها نهاية وينبغي التطوير والتحسين والمضي في تحقيق أهداف متواصلة للشركة .
- 12- المقارنة مع أداء الآخرين - إعتداد المقارنة المرجعية لمعرفة مدى التقدم والتحسين في برامج الجودة قياساً بالشركات المماثلة وخصوصاً المنافسة وإنشاء معايير قياس الأداء عليها .

عناصر إدارة الجودة الشاملة : إن نظام إدارة الجودة الشاملة أنموذج متكامل يتضمن أنظمة فرعية، وهي مرتكزات ينبغي أن تكون متوفرة بالأساس في الشركة ، أو يفترض إنها موجودة وقد تحتاج إلى الربط والتكامل وإن جميعها تحقق أهداف الجودة ، ومن هذه النظم :

نظام الإنتاج ، نظام التخزين ، النظام المالي ، نظام التصميم والتكنولوجيا ، نظام المعلومات الإدارية ، نظام المعلومات التسويقية ، نظام الأفراد وأنظمة أخرى .

إن نظام إدارة الجودة الشاملة يعتمد أساساً على كفاءة مجموعة كل دائرة أو نشاط وقدرته على التطوير والتحسين وإن المسؤولية هي مسؤولية جميع تلك الأنشطة . لذا تبدأ مهمة الشركة المنتجة بدراسة السوق والتعرف على رغبات الزبون علاوة على تجميع البيانات والمعلومات الدقيقة عن المنافسين والمنتجات الآخرين كأساس لتصميم المنتج وتحديد خصائصه إذ تتم ترجمة رغبات الزبون إلى مواصفات ومن ثم يتم التصميم المناسب للإيفاء بتلك المتطلبات ، ومن ثم يجري التخطيط لتوفير الاحتياجات ووضع خطط الإنتاج الضرورية وتدريب المستلزمات من العناصر الرئيسية (المواد ، المكان ، الأيدي العاملة والأجزاء التكميلية وغيرها) . ثم تبدأ عملية الإنتاج التي يرافقها تقييم لمستوى جودة الإنتاج سواء كان ذلك خلال المراحل أو لدى المنتج النهائي . وإذا ما تم التأكد من إستيفاء مستوى الجودة المطلوبة تتم عندئذ عمليات التعبئة والتغليف ومن ثم تجري مناولة ونقل أو تخزين المنتجات تمهيداً للتسويق والتوزيع والبيع التي تليها سلسلة من الأنشطة المكتملة ، ومنها التركيب والتشغيل الفني للمنتج وتدريب العاملين على التشغيل الصحيح وتقديم الخبرة والمساعدة الفنية أثناء التشغيل . ولاتنتهي هذه السلسلة بترك المنتج لدى الزبون بل إن الإدارة تستكمل خطواتها ودوراتها بتقديم الخدمات ما بعد البيع ويتمثل ذلك بتقديم المشورة الفنية وإجراء الصيانة والإصلاح وتوفير المراجع الفنية ومواصلة التعامل مع الزبون وكسب رضاه وتجميع المعلومات والبيانات المتعلقة بإداء المنتج وكفاءته والمشاكل التي تظهر نتيجة الإستعمال وإيابة معلومات أخرى تعد كمدخلات لتطوير وتحسين المنتج . وينبغي التأكيد عندما تركز الشركة على جودة التصنيع وتهمل الطريقة التي تسلم بها منتجاتها وتخدم الزبون على نحو جيد ، فإنها بذلك تتجاهل مبادئ إدارة الجودة الشاملة . تتطلب إدارة الجودة الشاملة إستمرارية الجودة التي تبدأ من تصميم المنتج أو الخدمة وتحقق عن طريق الخدمة بعد التسليم وقد تقوم العديد من الشركات ببحث اتجاهات وملاحظات الزبون عن طريق الأدوات التي تم تطويرها داخل الشركة ، فهناك طرائق عديدة للإستماع إلى الزبائن . والإدارة الجيدة هي التي تستطيع أن ترى ما هي السلوكيات الواضحة التي تؤدي إلى رضا الزبون ، والسلوكيات السلبية التي تقلل من رضا الزبون.

مراحل تطبيق إدارة الجودة الشاملة : أوضح جابلونسكي وجود خمس مراحل لإنجاز أسلوب إدارة الجودة الشاملة هي :

1- مرحلة الإعداد *Preparation* - تتطلب دراسة مدى الحاجة إلى إدارة الجودة الشاملة وإتخاذ قرار بمدى أهمية تطبيق الشركة لهذا المدخل وعرض النجاحات وتجارب الآخرين والتخطيط الإستراتيجي الشامل للشركة .

2- مرحلة التخطيط *Planning* - تعتمد على البيانات التي تم تطويرها في مرحلة الإعداد وتشهد هذه المرحلة تشكيل المجلس الإستشاري الذي يقوم بوضع خطة التنفيذ والإلتزام بالموارد وتشمل هذه المرحلة على :

أ- إختيار أعضاء المجلس للجودة .

ب- إختيار منسق إدارة الجودة الشاملة .

ج- تدريب المجلس ومنسق الجودة .

د- عقد إجتماع المجلس وإعداد مسودة خطة التنفيذ .

هـ- إعتتماد الخطة والتعهد بتوفير الموارد اللازمة .

و- تحديد العمليات الأساسية وإختيار إستراتيجية تنفيذ الخطة .

3- مرحلة التقويم *Assessment* - تشتمل على أعمال المسح الميداني والتقويم والإستبيانات وإجراء المقابلات إضافة إلى :

أ- التقويم الذاتي الذي يوضح إنطباعات العاملين حول عناصر القوة والضعف في الشركة .

ب- تقييم الوضع الحالي للشركة .

ج- التعرف على مدى رضا الزبائن .

د- تقييم التدريب الأساسي للمديرين والعاملين .

4- مرحلة التطبيق *Implementation* - ضمن هذه المرحلة تبدأ عمليات تدريب جادة مبرمجة للمديرين والعاملين في فرق عمل وبدعم وإسناد من قبل المجلس الإستشاري للجودة وتستهدف برامج التدريب إلى إكساب العاملين مهارات في مجالات :

أ- كيفية جمع و تحليل المعلومات وعرض النتائج .

ب- أدوات وتقنيات ضبط الجودة .

ج- أساليب حل المشكلات .

5- مرحلة تبادل ونشر الخبرات *Diversification* - فيها يتم عرض نتائج تطبيق إدارة الجودة الشاملة وبمساهمة كافة الأطراف في الشركة وخارجها ، إذ يتم دعوة جميع المتعاملين معها من عملاء وموردين وإقناعهم بالمزايا وتحفيزهم على المشاركة في التحسن المستمر بعد إطلاعهم على النتائج جراء التنفيذ بما في ذلك إشراك جميع الوحدات والأقسام والفروع البعيدة عن الموقع والتابعة للشركة .

فوائد تطبيقات إدارة الجودة الشاملة : لإدارة الجودة الشاملة الآثار الإيجابية على تنفيذ الأعمال الإدارية والهندسية ، وشهدت الشركات التي طبقت هذه الإستراتيجية ثمرات عديدة إنعكست على تطوير هيكلها الإداري والفني . ومن أبرز الفوائد هي :

- 1- تحقيق إنتاجية مرتفعة وتحسين الأداء .
- 2- تحسين في الربحية .
- 3- تضمن علاقات عمل وتوظيف أفضل للعاملين وترفع من الفاعلية التنظيمية وتقلل من دوران العمل .
- 4- التفاعل مع بيئات الأنظمة الفرعية .
- 5- تحقيق رضا الزبون وجذب مزيد من الزبائن .
- 6- تمكن من إكتشاف الأخطاء بالتصميم ، التشغيل ، التغليف والنقل وتصميمها .
- 7- تقدم الحلول المنظمة لمشاكل الجودة .
- 8- تكامل الأنشطة وتنسيق الجهود .
- 9- تقليل الضياعات المادية وساعات التشغيل والطاقة .
- 10- التطوير والتحسين في تصاميم المنتجات والخدمات .
- 11- بناء الإحساس الفعلي والشعور بالمسؤولية لدى العاملين .
- 12- تحسين في بيئة العمل .
- 13- القدرة على المنافسة .
- 14- القدرة على التصميم الذاتي .

9-3- مفهوم الأيزو ISO 9000 : تشمل تسمية الأيزو ISO على معنى التعادل أو التساوي وهي كلمة مشتقة من أصل يوناني ISOS وليست إختصاراً لعبارة International Organization for Standardization . فهي تتضمن فكرة عدم الاختلاف ، فإذا ما تم الإتفاق بين المورد والزبون على تجهيز مائة قطعة من المنتج المتعاقد عليه مثلاً ، فإنه يتوقع أن يتم إنتاج وحدات متماثلة لا تختلف القطعة الأولى عن القطعة تسلسل مائة ويتم تجهيزها بالكامل على شكل وحدات متماثلة . أما منظمة الأيزو نفسها فهي كيان غير حكومي أنشأ عام 1947 بهدف إنشاء وتطوير المواصفات فهي تصمم وتطور العديد من المواصفات الدولية في جوانب قطاع الأعمال والجوانب الفنية والتقنيات التي تدخل في بناء المواصفات وتعتمد على مجموعة من العلماء المتخصصين من مختلف الدول وتتم متابعة مشاكل التطبيق في الدول عن طريق مندوبين يجتمعون في شكل لجان لتبادل الخبرات والرأي حيث يقوم العمل بالمنظمة على أساس غير مركزي وأدناه بعض المعلومات عن المنظمة :

أ- المنظمة تختص بالمواصفات وتقع السكرتارية في جنيف (سويسرا) وتغطي المنظمة جميع مجالات النشاط باستثناء المتعلق بالهندسة الكهربائية والأليكترونية ، إذ تعد من إختصاصات منظمة الكهروتقنية IEC .

ب- يتم تمويل المنظمة بإعتبارها جهة غير حكومية (وليست جزءاً من الأمم المتحدة) من إشتراكات هيئات المواصفات العالمية التي تمثل الدول المختلفة بنسبة 70% بينما يتم تغطية 30% من إيرادات المطبوعات والنشرات الصادرة عن المنظمة .

ج- المنظمة لا تتدخل نهائياً في منح شهادات الأيزو ، فهناك شركات التسجيل Certification bodies مختصة بمنح شهادات التوافق .

د- ترشد المنظمة المشتركين وسائليها عن أساليب التسجيل وتوفر النشرات والدوريات والتعديلات التي تصدر .

هـ- تقوم المنظمة بإعادة النظر بالمواصفات كل أربع أو خمس سنوات طبقاً لإتجاهات مستخدمي المواصفة وإنعكاساتها وتطبيقاتها ومشاكلها .

ما هية مواصفة ISO 9000 : توصف المواصفة بأنها أساساً مواصفة إدارية تنصب بشكل مباشر على المنظومة الإدارية للشركات فهي ليست مواصفة فنية تتعامل مع المنتج كمواصفة آل DIN أو BS وغيرها من المواصفات ذات العلاقة بمنتجات تشير إلى قياسات أو أبعاد أو خواص فيزيائية أو كيميائية وتركيبات وتصاميم محددة للمنتج . فهي ليست المواصفة العملية أو الإقليمية لمنتجاً ولا برامج أو معدات :

1- المواصفة تنطبق على كافة الشركات بصرف النظر عن طبيعتها أو حجمها . فهي تناسب الشركات الصناعية والإنتاجية والخدمية ، فهي تنطبق على الشركات ، مكاتب المقاولات والإستشارات والتصاميم ، شركات التأمين ، المستشفيات ، البنوك ، النقل ... إلخ . فهي ليست موجهة لصناعة أو إنتاج أو خدمة محددة .

2- المواصفة تحتوي على جميع مبادئ إدارة الجودة الشاملة وبذلك فإن التوافق مع متطلبات المواصفة يعني إن الشركة المعنية تملك نظاماً تستطيع إستخدامه للتطوير المستمر .

3- المواصفة تصف العناصر الرئيسية المطلوب توافرها في نظام إدارة الجودة لأية شركة ينبغي أن تتبناه إدارتها للتأكيد من إن إنتاجها أو خدماتها تتوافق مع إحتياجات ورغبات العملاء .

4- إن المواصفة بإصداراتها المتسلسلة أنموذج لنظام الجودة الذي يؤكد لإدارة الشركة والعاملين فيها ولزبائنها الداخليين والخارجيين إن أنشطة الجودة بالحالة العامة تتم وفقاً للمعايير المهنية العالمية التي وصفت ووحدت وأعتبرت مقياساً لجودة الشركات .

إسلوب إنجاز الأعمال التقنية في منظمة الأيزو : إن إسلوب العمل بالمنظمة يقوم على أساس غير مركزي إذ تعمل عدد من اللجان الفنية والنوعية ومجموعات عمل في إصدار المواصفات وتعديلها وتشمل هذه اللجان في عضويتها مندوبين من مختلف الدول . وتعد هيئة المواصفات الإقليمية في الدولة هي ممثل الدولة في المنظمة ويصل عدد اللجان إلى أكثر من 2700 لجنة. أما إسلوب إنجاز الأعمال للمنظمة فيتم من خلال اللجان الآتية :

1- لجان فنية (*Technical Committee (TC)* – يتم إنشاء هذه اللجان بقرار من مجلس الإدارة التقني للمنظمة بعد أن يحدد مجالات أعمال كل منها وبرنامج عملها ومنحها حق تشكيل لجان فرعية شريطة أن يكون لها أمانة سر مرتبطة بشكل مباشر بالهيكل التنظيمي العام للمنظمة على غرار أمانة سر اللجان الفنية .

2- لجان فرعية (*Sub-Committee (SC)* – تنفذ مهام محددة من قبل اللجان الفنية ويحق لها تشكيل مجاميع عمل ولا يشترط أن يكون لها أمانة سر خاصة بها .

3- مجاميع عمل (*Task Group (TG)* – لتنفيذ مهام تخصصية محددة .

وتجدر الإشارة إلى إن اللجنة المسؤولة عن عائلة *ISO 9000* هي اللجنة *Technical committee-176* ومتكونة من مجموعات من اللجان الفرعية ومجموعات العمل التي يعمل من خلالها خبراء من أكثر من 52 دولة .

أما كيفية إصدار المواصفات وتعديلها فإن المنظمة تطبق المبادئ الآتية :

1- التوافق في وجهات النظر بمعرفة رأي ذوي العلاقة بإصدار وتعديل المواصفة .

2- التغطية الشاملة – أي كافة أنواع الأنشطة التي يشملها نطاق عمل المنظمة لبلوغ ما يطلق عليه بالحلول العالمية للتوافق مع متطلبات كافة أنواع الصناعات والخدمات وإرضاء العملاء .

3- التطوعية – المنظمة تخضع تماماً لإتجاهات السوق ودوافعه ونظمه ومن ثم فإن الإشتراك في أعمالها يتم تطوعياً من جانب الهيئة المعنية بهذا النشاط طبقاً لشروط معينة وضعتها المنظمة .

4- التحديث – تعيد المنظمة النظر في المواصفات التي تصدرها بعد كل أربع أو خمس سنوات وفقاً للملاحظات وآراء مستخدمي المواصفة وتطبيقاتها بما يجعلها أكثر ملائمة للواقع . أما بخصوص إصدار أو تعديل أية مواصفة فإنها تأخذ عدة خطوات :

أ- مرحلة الاقتراح .

ب- مرحلة الإعداد .

ج- مرحلة اللجان .

د- مرحلة إستطلاع الرأي .

هـ- مرحلة الاعتماد .

و- مرحلة الإصدار .

مبادئ الأيزو *ISO 9000* : يمكن إيجازها بما يلي :

1- التنظيم *Organization* - هو الجزء المهم لأيّة شركة إذ لا بد من وجود الهيكل التنظيمي الواضح للشركة ويصاحبه تحديد دقيق وواضح للمسؤوليات والصلاحيات و مستويات السلطة لكافة العاملين فيها . ولا بد أن يعكس تنظيم الشركة وتوزيع الصلاحيات والمسؤوليات فيها توفير للموارد البشرية والإمكانات التنظيمية التي تتطلبها منظومة الجودة حتى تعمل بكفاءة وتنص مواصفة الأيزو على ضرورة تخصيص ممثل للإدارة يكون مسؤولاً عن التأكد من إن نظام الجودة متوافق في كل الأحوال مع متطلبات المواصفة علاوة على قيامه بالاتصال والتنسيق مع جهة التسجيل التي تمنح الشهادة .

2- التوثيق *Documenation* - لا بد من توثيق كيفية القيام بجميع العمليات والأعمال التي تؤثر ولها علاقة مباشرة أو غير مباشرة بالجودة وينتج عن ذلك إصدار وثائق الجودة الآتية :

أ- دليل الجودة - إذ يصف نظام الجودة بموجب سياسة الجودة المعلنة والأهداف ومواصفة *ISO 9000* المطبقة .

ب- دليل الطرائق - إذ تصف أنشطة الوحدات التنظيمية المختلفة التي تظهر الحاجة لها لتطبيق عناصر نظام الجودة .

أ- دليل تعليمات العمل - وصف إرشادي إضافي يلزم الإجراء المتخذ كوسائل مساعدة للعمل يتم اللجوء إليها إنشاء تآدية العمل (مثل تعليمات مشغل ماكينة) .
أما بخصوص أنواع الوثائق المستخدمة في الشركات فغالباً ما تكون وثائق فنية وإرشادية داخلية أو وثائق مرجعية خارجية أو تقارير وسجلات داخلية وغيرها .

3- ضبط الوثائق *Document Control* - لا بد للشركة الإنتاجية أو الخدمية أن تستحدث نظاماً لضبط الوثائق الصادرة ، حفظها وتعديلها ومتابعتها ، وإتلاف الوثائق غير النافذة ، وتستدعي عملية ضبط الوثائق على جملة فعاليات منها :
أ- ترميز الوثائق - إعطاء كل وثيقة هوية خاصة بها .

ب- مدى ضبط الوثائق - الوثائق الفنية الإرشادية التي تعد داخل الشركة تحتاج إلى أشمل مدى ضبط يغطي الأعداد والمراجعة والتصديق والتوزيع والتنقيح والإتلاف عندما تنتفي الحاجة لها . أما ضبط الوثائق المرجعية الخارجية فيغطي التوزيع والمحافظة على آخر نسخة صادرة منها .

ج- إعداد الوثائق وتصديقها - وإذا تعددت الجهات المسؤولة عن الإعداد ، يتوجب تحديد جهة منسقة في إنشاء الإعداد والتصديق من قبل جميع الأطراف المشاركة .

د- السيطرة على توزيع الوثائق - التأكد من وصول الوثيقة إلى الجهة المستفيدة منها داخل الشركة من خلال الحصول على تأييد إستلامها . مما يساعد لاحقاً على نقل التغييرات والتنقيحات بالسهولة المطلوبة .

هـ- تغيير الوثائق - عادة ما يتم إجراء التغييرات على الوثائق بما في ذلك التصاميم والرسوم والصيغ التركيبية ولكن ينبغي أن يمر أي تغيير بالإجراءات الإعتيادية من القسم المختص بدءاً بالإعداد وإنهاءً بالتصديق وإصدار وثيقة بديلة .

و- ضبط الوثائق الواردة من خارج الشركة ومراقبتها - يتعين السيطرة على هذه الوثائق ونقل التغييرات التي تحصل عليها إلى جميع النسخ أينما وجدت داخل المنظمة .

ز- السيطرة على الإستثمارات - تشمل إستثمارات ضبط الجودة ، تقارير التفتيش ، لوحات ضبط الجودة ، شهادات المعايير ، بطاقات النقل والعلامات ويتعين ترميزها ومراعاة تصحيحها .

ح- القائمة الرئيسية للوثائق - ينبغي تنظيم قائمة رئيسة بالوثائق الخاصة بنظام إدارة الجودة لدى رئيس لجنة الأيزو وتوزيع نسخ منها للأقسام المعنية ، ويتعين على الأقسام إعلام رئيس لجنة الأيزو بأي تغييرات تطرأ على القائمة لتحديثها باستمرار .

4- ضبط السجلات *Control of Records* - لا بد للشركة أن تحتفظ بسجلات الجودة وتوثق بها الأنشطة وتثبت الأخطاء والإجراءات التصحيحية وأن تتم متابعة تحديث السجلات ومتابعتها وتصنيفها وحفظها من التلف والتغييرات وتضمن القيام بطرائق العمل والإجراءات بشكل صحيح .

5- التدقيق *Auditing* - يمكن أن تتأكد الإدارة بمراجعاتها الدورية من تطابق الإجراءات المطبقة مع تلك التي وثقت في مجالات الجودة يصاحب ذلك التدقيق الدوري الداخلي الذي يشمل نظام الجودة في الشركة ككل .

6- الإجراءات التصحيحية والوقائية *Corrective Action* - لا بد للشركة التي تطبق الأيزو أن تضع نظاماً لمتابعة وتوثيق وتحديد الأخطاء وإتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية لضمان عدم تكرار حدوثها مستقبلاً .

فوائد تطبيق الأيزو : يهيء نظام الأيزو مزايا متعددة على مختلف الأصعدة يمكن إيجازها بما يلي:

1- فوائد داخلية :

أ- للشركة :

- تقليل التكاليف .

- ثبات في جودة المنتج .

- زيادة المبيعات .

- التنسيق والسيطرة على العمليات .
- وجود نظام فعال يقلل من نسبة المنتج المرفوض والمعاد تصنيعه .
- إستخدام أمثل للوقت .
- تقليل الأخطاء في العمل .
- عملاء جدد واسواق جديدة .
- تحسين مستمر .
- زيادة القيمة المضافة .
- إداء أفضل في صنع القرارات .
- توثيق مستندي أفضل للعمليات .
- تسهيل الحصول على المعلومات التي تحتاجها بسرعة .
- بيئة عمل أفضل .
- جميع النشاطات إعتباراً من إستلام الطلبات إلى شحنها وتوصيلها إلى العملاء قد تمت في غاية التنسيق بين أقسام الشركة المختلفة .
- ب- للعاملين :

- روح معنوية أفضل للعاملين .
- وضوح في المسؤوليات والصلاحيات .
- تعليمات عمل واضحة .
- وعي وإدراك أكبر للجودة .
- تحسين في ظروف العاملين .
- مكان العمل منسق ونظيف ومنظم بصورة جيدة .
- إرتفاع الكفاءة والمهارات .
- تحسين في العلاقات الإنسانية .
- إستقرار العاملين وإنخفاض دوران العمل .
- الإطلاع الأفضل و التدريب الضروري لإداء العمل .

2- فوائد خارجية :

- الفهم الجيد لإحتياجات وطلبات العملاء .
- تحسين في تصدير المنتجات .
- زيادة الحصة التسويقية المحلية .
- تجاوب أسرع لحاجات السوق .
- القبول العالمي للأيزو ISO 9000 .
- رضا وثقة أفضل للعملاء .

- مجال تنافسي أحسن .
- التأكد من الوفاء بالعقود المبرمة .
- منع الغش الصناعي والتجاري .
- تقليل من شكاوي العميل .
- المواد والخدمات المقدمة من الموردين والمقاولين ذات جودة عالية .
- المحافظة على مستوى الجودة والعمل على الإرتقاء بها .
- الحماية القانونية والتجارية .

مجموعة مواصفات ISO 9000: السلسلة الأولى من مقاييس ISO 9000 كانت تعتمد بشكل كبير على مقاييس BS 5750 والتي أسسها المعهد البريطاني للمقاييس BSI :
أولاً- مواصفات ISO 9000: 1987 - تعني بمتطلبات توكيد جودة المنظومة الإدارية وقد تضمنت المواصفات التالية :

1- المواصفات التعاقدية :

ISO 9001 - للشركات التي تمارس أنشطة التصميم ، الإنتاج ، التركيب ، الخدمات والتطوير وتحتوي على 20 عنصراً .
ISO 9002 - للشركات التي تمارس أنشطة الإنتاج ، التركيب ، والخدمات إذ إنها لا تشمل على الشركات التي لها أنشطة التصميم وتحتوي على 18 عنصراً .

ISO 9003 - تخص الشركات التي لا تحتاج إلى نظم جودة شاملة لأنها لا تعمل بالإنتاج أو تقديم الخدمة وإنما يقتصر عملها على الفحص والتفتيش والاختبار .

2- المواصفات الإرشادية :

ISO 9004 - تحدد عناصر ومكونات نظام الجودة وتعد المرشد لتحديد كيفية إدارة الجودة.

ISO 9000 - هذه المواصفة تمثل المرشد الذي يحدد مجالات تطبيق كل من ISO 9001 و ISO 9002 و ISO 9003 .

إضافة إلى المواصفة ISO 8402 إذ تمثل معجماً بالمفردات والمصطلحات المتعلقة بالجودة ، ومجموعة ISO 10011 بأجزائها الثلاثة الخاصة بمتطلبات التدقيق إلى جانب مجموعات أخرى من الوثائق التي تعد أدلة إرشادية .

ثانياً- مواصفات ISO 9000:1994 - تغطي 20 عنصراً 8 منها مرتبطة بمجال التنظيم الإداري و 12 مرتبطة بعمليات التشغيلية . وتتضمن :

- 1- مسؤولية الإدارة .
- 2- نظام الجودة .
- 3- مراجعة العقود .
- 4- ضبط التصميم .
- 5- السيطرة على الوثائق .
- 6- المشتريات .
- 7- السيطرة على نوعية المواد المجهزة من الزبون نفسه .
- 8- التحقق من المنتج وتتبع أثره .
- 9- السيطرة على عمليات الإنتاج .
- 10- التفتيش والإختبار .
- 11- السيطرة على معدات التفتيش والفحص والقياس .
- 12- وضعية التفتيش .
- 13- السيطرة على المنتجات غير المطابقة .
- 14- إجراءات تصحيحية ووقائية .
- 15- المناولة والخزن والتغليف والتجهيز .
- 16- السيطرة على سجلات الجودة .
- 17- التدقيق الداخلي للجودة .
- 18- التدريب .
- 19- الخدمات .
- 20- التقنيات الإحصائية .

ثالثاً- مواصفات *ISO 9000:2000* - تعيد المنظمة النظر بالمواصفات التي تصدرها بشكل دوري كل أربع أو خمس سنوات حسب الملاحظات التي ترد من مستخدمي المواصفات . ويجري التعديل عادةً من قبل اللجنة الفنية المتخصصة *TC-176* لغرض التطوير و بما يتناسب مع متطلبات واقع الأعمال . وقد طورت بشكل طفيف عام 1994 ولكن شملها التعديل الشامل بإصدارها عام 2000 بسبب الإنتقادات التي وجهت للمواصفة نفسها وضرورة الإتجاه نحو أنموذج العملية كأساس للمنظومة الإدارية وأن يكون البحث عن مزيد من التطبيق بإتجاه مبادئ إدارة الجودة الشاملة علاوة على صعوبة الفهم والتفسير لبعض بنود المواصفة .

إن التطور الذي جرى على مواصفة الأيزو إستند بصورة أساسية على ثمانية مبادئ لإدارة الجودة الشاملة ، هي :

- 1- العملاء هم محور عمل المنظمة وقوتها الدافعة .

- 2- القيادة .
- 3- نظرية المشاركة الكاملة .
- 4- أسلوب الإدارة بالعمليات .
- 5- أسلوب المنظمة المتكاملة .
- 6- التطوير المستمر .
- 7- إتخاذ القرارات بناءً على حقائق ودراسات واقعية .
- 8- العلاقة مع الموردين علاقة شركاء ومصلحة مشتركة .

منهجية ومراحل تطبيق الأيزو : هناك خطوات أساسية للتوافق مع متطلبات المواصفة الدولية ، وهذه الخطوات يمكن تقسيمها إلى أربعة مراحل هي :

المرحلة الأولى- التخطيط والإعداد : يتم فيها التحضير وتغيير ما ينبغي تغييره لتأمين متطلبات التوافق مع المواصفة وتشمل على بعض الخطوات :

- 1- إقتناع الإدارة العليا بالمشروع : ويتضمن ذلك إقرار وإلتزام من الإدارة .
- 2- نقل القناعة إلى جميع المستويات والعاملين من خلال برامج توعية على شكل دورات وندوات .

3- الإستفادة من المراجعين والإستشاريين والشركات التي نجحت في الحصول على شهادة الأيزو .

- 4- تعيين مسؤول ممثل للمدير العام لقيادة عملية تأهيل الشركة للحصول على الشهادة .
- 5- تشكيل فريق للعمل من تخصصات مختلفة وتهيئة البناء التنظيمي للعمل بأسلوب فرق العمل .

- 6- وضع خطة عمل وجدول زمني للتنفيذ يتم فيه تحديد المطلوب والمسؤول عن ذلك .
- 7- إختيار مكتب إستشاري أو هيئة لتقديم المعونة الفنية للشركة للتوافق مع المواصفة .
- 8- المسح الأولي لتقييم النظام الحالي بالمقارنة بين ما هو كائن بما ينبغي أن يكون طبقاً لمتطلبات المواصفة الدولية .

9- تطوير وتوثيق طرائق العمل للعمليات التي تحقق متطلبات نظام الجودة كما ورد في المواصفة الدولية .

10- التغلب على العقبات ومقاومة التغيير .

11- تطبيق نظام الجودة ، كما هو موثق ، الذي يستجيب بدوره لمتطلبات المواصفة .

12- تدقيق النظام بواسطة إستشاري لتحديد نقاط عدم التطابق وتقديم التوجيهات للتطوير .

المرحلة الثانية- مرحلة التسجيل :

1- إختيار جهة التقييم والتسجيل التي ستقوم بمنح الشهادة .

2- تزويد جهة التسجيل بمعلومات تفصيلية عن الشركة .

3- التخطيط والإعداد للتدقيق .

4- وضع جدول زمني لعملية التدقيق .

- الإتفاق مع الشركة على يوم محدد وساعة لكل قسم دون تعطيل العمل .

- تجهيز جميع الوثائق في القسم لفريق التدقيق وتحديد الشخص الذي يرافق الفريق في كل قسم .

- إجراء المراجعات أو التدقيقات على نظام الجودة .

5- عند تدقيق دليل الجودة الأساسي والأدلة بجهة التقييم والتسجيل ينبغي التعاون والتنسيق مع فريق التدقيق والمراجعة :

- تسجيل ملاحظات ونصائح فريق التدقيق .

- طلب إجراءات تصحيحية أو منعية أحياناً .

- تنفيذ الإجراءات التصحيحية الناتجة عن التقييم المبدئي .

- التقييم ومنح الشهادة .

المرحلة الثالثة- التحسين المستمر للجودة : بعد حصول الشركة على شهادة التوافق مع متطلبات المواصفة يبدأ طريق التطوير والجهد المستمر للمحافظة على كفاءة المنظومة الإدارية للشركة وتطويرها باستمرار :

1- بدء التحسين والتطوير والمحافظة على المستوى الذي وصلت إليه الشركة .

2- إن معايير نظام الجودة تواصل دورتها في الإرتقاء تبعاً لما يستجد من أفكار وإبتكارات ومستجدات وتغييرات تؤدي إلى تحسين الخدمات والمنتجات وخفض التكاليف .

3- تتعرض الشركة في هذه المرحلة إلى تدقيقات ومراجعات مفاجئة تتراوح بين كل ستة أو تسعة أشهر للتأكد من إستمرارية تطبيق نظام الجودة في الشركة .

المرحلة الرابعة- تجديد الشهادة : علاوة على وجوب متابعة الشركة من قبل الجهة المانحة للشهادة بشكل دوري ، فإن الشهادة في كل الأحوال ينبغي تجديدها بعد مرور ثلاث سنوات من إصدارها ، لذا يتحتم على الشركة طلب التجديد والتحديث والذي يتضمن :

1- محتوى أكبر أو أشمل في الشهادة الجديدة .

2- أنشطة جديدة .

3- منتجات أو خدمات جديدة .