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 الإسبوع 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 إحتمالية العطل للمعدات خلال عمرها معلومة .

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

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

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 :

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

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 :

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

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

ب-الإستبدال الجماعي :

$N_0 = 48$

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

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

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

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

$= 48*0.13 + 9.6*0.42 + 13.92*0.25 + 25.344*0.2 = 18.821$

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

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*

بإفتراض 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 ؟

(ans.: الإستبدال الأفضل)

3- قطعتان من المعدات نوعهما *A , B* تكلف كلٍ 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 كلٍ 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 :

End of week	*10*	*20*	*30*	*40*	*50*
Prob. Of failure	*0.05*	*0.15*	*0.35*	*0.65*	*1*

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