الباب الأول

الحل الخوارزمي

Algorithmic Solution

1-1 مقدمة

يعتبر العالم محمد بن موسى الخوارزمي أول من وضع أسلوبًا خاصًـــا في حل المسائل الرياضية وذلك بوصف الحل على شكل خطوات متتابعة . وتخليـــداً لمجهوداته العلمية في هذا المجال ، فقد اصطلح على تسمية مثل هذا الوصف بالحل الخوارزمي أو باختصار الخوارزمية Algorithm .

أي إن الخوارزمية لمسألة معينة هي مجموعة الخطوات المتتاليـــة الـــتي إذا تتبعناها نصل إلى حل تلك المسألة . وفي بداية عصر استخدام الحاسوب ، كانت الطريقة المتداولة في وصف الحل قبل برمجته تعتمد على مـــا يســـمى بـــالمخطط الانسيابي flow chart حيث توضع كل خطوة في شكل محدد يعبر عن طبيعة تلـــك الخطوة ، كأن تكون العملية الحسابية في شكل مستطيل ، والبداية والنهايـــة في شكل دائري ، وهكذا . وتبين الأسهم التي تصل هـــذه الأشـــكال تسلســـل الخطوات في الحل .

والطريقة الثانية وهي التي نستخدمها هنا هي الطريقة الخوارزمية الـــتي تستخدم مصطلحات لغوية محددة نتعارف عليها مسبقا ، وهذه الطريقة تناســـب اللغات الحديثة مثل باسكال لأن هذه اللغات تعتمد أساســـا علـــى الأســـلوب الخوارزمي .

وبالتالي فإن الحل الموضوع بهذه الطريقة يمكن نقله مباشرة إلى لغة البرمجة خطوة خطوة .

نبدأ أولاً باقتراح بعض المصطلحات المبينة بالجدول (1-1-1) ، والتي سيتضح معناها أكثر من خلال الأمثلة .

جدول (1-1-1) : بعض مصطلحات الحل الخوارزمي .

المصطلح	الوظيفة
اقرأ	إدخال البيانات
اكتب	تسجيل (إخراج) البيانات
لـــو - إذاً	اختبار حالة واختبار
وإلا	البديل
طالمـــــا -	تكرار العمل حتى يتحقق
أنجز	شرط معين
قف	نهاية الحل
←	تعين قيمة لمتغير

باستخدام هذه المصطلحات بطريقة محددة يصبح الحل الخوارزمـــي ذا صبغة (مشفرة) ، وهو ما يعـــرف في اللغـــة الإنجليزيـــة باســـم Pseudocode Algorithm .

لاحظ أن كلمة (قف) تعني نهاية الحل الخوارزمي (المشـــفر) ، وأن أي حل لا يعتبر صحيحاً إذا كان لا ينتهي بعد عدد محدد من الخطوات .

مثال (1–1–1) :

اكتب الحل الخوارزمي لمسألة تحويل المسافة من وحدات (البوصة) إلى وحدات (السنتيمتر) .

لتحويل مسافة س مقاسة بوحدة البوصة إلى وحدة السنتيمتر نضرب في المقدار 2.54 ، أي إن ص = 2.54 س ؛ حيث ص المسافة مُقاسة بواحدات السنتيمتر . إذًا فإن الحل الخوارزمي (أو باختصار الخوارزمية) لهذه المسألة يكون كما في شكل (1–1–1) .

شكل (1-1-1) : خوارزمية تحويل مسافة من البوصة إلى السنتيمتر .

اقرأ س
ص ← 2.54 س
اكتب ص
قف

في المثال المذكور ، يمكننا ترجمة الخوارزمية إلى لغة من لغات البرمجة إذا ما عرفنا المصطلحات المقابلة في تلك اللغة . فمثلا إذا استخدمنا لغة GWBASIC (وهي صيغة شائعة الاستعمال من صيغ ألبسك ، فإن البرنامج لهذه الخوارزمية ، يكون كما في الشكل (2 –1 – 1) .

شكل (2-1-1) : برنامج بيسك .

```
10 INPUTX
20 Y = 254 * X
30 PRINT Y
40 END
```

لاحظ أن لغة البيسك تستخدم كلمة INPUT مقابل مصطلح القـــــراءة (اقرأ) ، وتستخدم علامة = مقابل علامة التعيين ← التي اتفقنا على اســـتعمالها عند تعيين قيمة لمتغير ، وتستخدم علامة * لعملية الضـــرب ، وكلمـــة PRINT للإخراج مقابل المصطلح (اكتب) و END مقابل الأمر (قف) لنهاية البرنامج .

أما في لغة فورتران فيكون البرنامج كما في الشكل (3-1-1)

شكل (3-1-1) : برنامج فورتران .

```
READ (*,*) X
Y = 2.54 * X
WRITE (*,*) Y
STOP
END
```

وكما هو واضح في البرنامج ، فإن لغة فورتران تستخدم جملـــة READ للقراءة و WRITE للكتابة و STOP لنهاية تنفيذ البرنامج و END لتحديد نهايـــة البرنامج نفسه .

وعلى سبيل المقارنة نكتب هذا البرنامج بلغة باسكال كما في الشـــكل التالي :

شكل (1-14) : برنامج باسكال .

```
PRGRAM example;
VAR X,Y : REAL;
BEGIN
        READLN (X);
        Y:= 2.54*X;
        WRITELN (X<Y);
END.
```

وسنقوم بمناقشة الرموز المستخدمة في هذا البرنامج فيما بعد .

2-1 الحل الخوارزمي والتكرار

في المثال (1-1-1) تم تحويل مسافة واحدة مقاسة بوحدة البوصة إلى وحدة السنتيمتر . ولكن في الأغلب ما يكون لدينا عديد من القيم التي تتطلب التحويل ، والمثال التالي يبين الحل الخوارزمي لمثل هذه المسألة .

مثال (1-2-1) : اكتب الحل الخوارزمي لوضع جدول يبين المسافة بالبوصة وما يعادلها بالسنتيمتر ابتداءً من بوصة واحدة إلى 100 بوصة وبزيادة بوصة واحدة في كل خطوة .

في مثل هذه المسألة حيث تتكرر العملية نفسها عدة مرات ، من الضروري استخدام إحدى مصطلحات التكرار مثل مصطلح (طالما - أنجز) . والخوارزمية التالية تبين خطوات الحل المطلوب :

شكل (1-2-1) : تحويل عدة قياسات من البوصة إلى سم .

- المتغيرات المستخدمة :
- س المسافة بالبوصة
- ص المسافة بالسنتيمتر

```
س ← 1
طالما ( س =< 100 ) أنجز
    ص ← 2.54 س
    اكتب س ، ص
    س ← س + 1
قف
```

إن جملة (طالما - أنجز) تحدد أن تسلسل الجمل المزاحة إلى اليسار (بين سطر طالما ، وسطر قف) يجب تكرار تنفيذها ما دامت س =< 100 (أي أقل من أو تساوي 100) . وقبل الدخول في هذه الدورة ، تم تحديد قيمة 1 للمتغير س ، ثم أضفنا قيمة 1 في كل دورة . لاحظ استخدام العلامة * (وتسمى بالإنجليزية Asterisk لتفيد أن الجملة في السطر الذي يبدأ بها هي جملة توضيحية، وليست جزءاً من الخوارزمية ، والغرض منها هو توضيح معاني المتغيرات وبنية الخوارزمية لمن يقرأها .

3 - 1 التتبع والاختبار

لكي نتأكد من صحة الحل الخوارزمي نستخدم طريقة التتبع tracing ، وذلك باختبار الخوارزمية ببعض البيانات البسيطة .

إن طريقة التتبع رغم أنها لا تضمن لنا صحة البرنامج قطعيا ، تستطيع أن تكشف لنا الكثير من الأخطاء المنطقية . ومن المهم أن نستخدم في طريقة التتبع أبسط البيانات الممكنة ، والتي تعرف مسبقًا ناتج المعالجة لها التي تتم بواسطة الخوارزمية أو البرنامج .

فمثلاً يمكننا تتبع الحل في المثال (1-2-1) في الدورة الأولى كما في الجدول (1-3-1) ، الذي يبين ما يحدث من حسابات وتعيين القيم للمتغيرات في الدورة الأولى من دورات (طالما - أنجز) .

جدول : (1-3-1) .

الجملة	التنفيذ
س ← 1	س تأخذ القيمة 1
طالما س = < 100	حيث أن س = 1 أي
أنجز	أقل من 100 ، يتم
	تنفيذ الجمل الموالية .
	أحسب (2.54 س)
ص ← 2.54 س	أي 2.54 (1) أي
	2.54 ، ثم عين هذه
	القيمة للمتغير ص
	اكتب القيمتين س ،
اكتب س ، ص	ص أي 1 و 2.54 .
	احسب (س + 1) أي
س ← س +1	(1+1) أي 2 وعين
	هذه القيمة للمتغير
	س

في نهاية الدورة الأولى تصبح س ذات قيمة 2 . والخطوة التي تلي هي اختبار ما إذا كانت س = < 100 (أي أقل من أو تساوى 100) ، وحيث إن 2 أقل من 100 فإن التنفيذ يستمر لجمل الدورة ، أي يتم حساب ص من ضرب 2.54 فى 2 ثم تتم كتابة قيمتى س ، ص بواسطة جملة اكتب ، وتتم إضافة 1 إلى س بواسطة الجملة :

س ← س +1

لتصبح 3 ، وهكذا إلى أن تصل قيمة س إلى 101 ، عند تلك الدورة تكون الجملة :

س = < 100

خاطئة ، وبالتالي نتجه نحو جملة الأمر (قف) حيث إنها الجملة التي تلي الجمل المزاحة مباشرة ، أي بعد القوس [.

4-1 الشكل العام لدورة (طالما - أنجز)

هذا الشكل هو :

طالما (جملة منطقية) أنجز

[جملة واحدة أو أكثر

وتسمى الجمل التي على يسار القوس [بمدى طالما ، وهي مجموعة جمل (أو جملة واحدة) يتم تنفيذها طالما كانت الجملة المنطقية الموضوعة بعد كلمة طالما صائبة منطقيًّا .

وعادة ما تكون الجملة المنطقية عبارة رياضية تتم فيها المقارنة بين متغير وقيمة ما . أو بتعبير آخر يتم الاستفسار في هذه العبارة عن شئ ما بحيث تكون الإجابة " نعم " أو " لا " . وفي كل حالة من الحالتين المذكورتين نتبع مسارا مختلفا عن الحالة الأخرى .

فمثلاً قد تكون الجملة المنطقية على النحو :

س أقل من 100

فإذا كانت قيمة س مثلا 1 فإن هذه الجملة صائبة منطقيا ، وإذا كـــانت س مثلا 101 فإن الجملة المذكورة خاطئة منطقيا .

وبتعبير آخر يمكن تحويل هذه الجملة إلى صيغة استفهام :

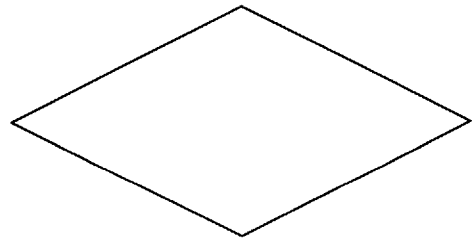
هل س أقل من 100 ؟

فإذا كانت س تساوي 1 مثلا فإن الإجابة تكون " نعم " وإذا كانت س تساوي مثلا 101 فإن الإجابة لهذا الاستفهام هي "لا" .

لاحظ أن القيمة س = 100 لا تحقق الجملة المنطقية (س أقل من 100).

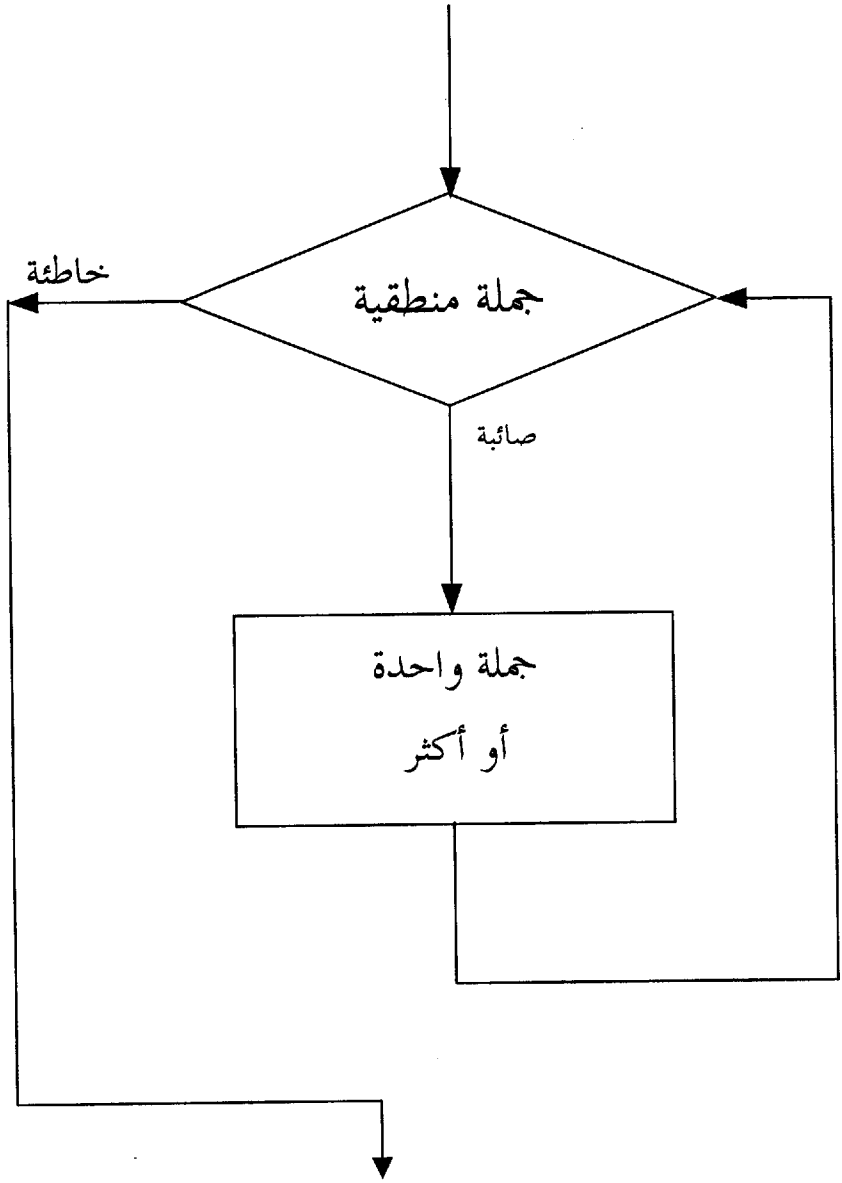
ويمكن توضيح دورة طالما بالمخطط الانسيابي المبين بالشكل (1-4-1).

في هذا الشكل ، كما هو متبع دائمًا في المخططات الانسيابية ، وضعنـــا الجملة المنطقية في الشكل الرباعي التالي :



ونتتبع سير الدورة حسب اتجاه الأسهم . في حالة الجملة المنطقية صائبة، نقوم بتنفيذ الجمل المبينة في المستطيل المبين ، أما إذا كانت خاطئـــة ، فيتحـــول التنفيذ إلى أول جملة تلي مدى دورة طالما .

شكل (1-4-1) : جملة (طالما – أنجز) .



5–1 الحل الخوارزمي وإدخال البيانات

بدلاً من تحويل كل القيم :

$$100 , \dots , 3 , 2 , 1$$

كما في المثال (1–2–1) قد نحتاج لتحويل بعض القيم فقط ، وقد لا تكون هذه القيم ذات ترتيب معين . في المثال التالي يتم تحويل بعض المسافات من وحدات البوصة إلى السنتيمتر باعتبار هذه القيم كبيانات data تتم قراءتها .

مثال (1–5–1)

لدينا قياسات لعدد 5 مسافات بوحدات البوصة ، والمطلوب كتابة خوارزمية لتحويلها إلى نظام السنتيمتر .

في مثل هذه الحالة ، نستخدم جملة (اقرأ) لإدخال البيانات الخمسة ، كما نستخدم دورة (طالما – أنجز) لتكرار عملية التحويل ، ونحتاج هنا إلى خمس دورات ، وبالتالي نستعمل متغيرًا آخر ، وليكن ع لمتابعة عدد الدورات .

لتتبع هذه الخوارزمية ، نفترض أن البيانات هي (من اليسار إلى اليمين) :

$$13 , 23 , 47 , 68 , 96$$

أول جملة تنفذ في الخوارزمية هي جملة تعيين القيمة 1 للمتغير ع . ثم ندخل في دورة طالما . الجملة المنطقية لدورة (طالما) في هذه الخوارزمية هي :

ع أقل من أو تساوي 5

شكل (1-5-1) : تحويل 5 مسافات من نظام البوصة إلى السنتيمتر .

- المتغيرات المستخدمة :
- س المسافة بالبوصة
- ص المسافة بالسنتيمتر

```
ع← 1
طالما ( ع  =< 5 ) أنجز
    ص ← 2.54 س
    اكتب س ، ص
    ع ← ع + 1
قف
```

وهي صائبة عندما ع = 1 ، وبالتالي ندخل مدى (طالما) لنجد أول جملة فيه هي قراءة قيمة المتغير س ، وبما أن أول قيمة في قائمة البيانات هي 13 ، فإن هذه القيمة تتعين للمتغير س . بعدها يتم حساب حاصل ضرب القيمتين (2.54) (13) وتتعين النتيجة للمتغير ص ، ثم نكتب القيمتين س ، ص أي 13 و 33.02 ، ونضيف 1 إلى ع لتصبح 2 . ونرجع لبداية الدورة باختبار الجملة ع =< 5 ، وحيث إنها جملة صائبة في حالة ع = 2 فإن الجمل في مدى (طالما) تتنفذ مرة أخرى ... وهكذا إلى أن تصبح ع = 5 في الدورة الرابعة ، ويتم تنفيذ دورة أخرى لأن (5 =< 5) صائبة ، وتنتهي هذه الدورة بقيمة 6 للمتغير ع ، وبالتالي فإن الجملة (6 =< 5) التي يتم اختبارها في الدورة السادسة هي جملة خاطئة منطقيا فيتحول التنفيذ إلى جملة (قف) أي النهاية .

وبذلك يكون الإخراج (الناتج) لهذه الخوارزمية هو القيم :

33.02	13
58.42	23
119.3	47
172.7	68
243.8	96

حيث يحمل العمود الأول المعطيات بالبوصة ويقابلها في العمـــود الثـــاني التحويل بوحدات السنتيمتر .

لاحظ أن المخرجات بهذه الكيفية ليست واضحة المعنى ، حيـــث ليـــس لمستخدم الخوارزمية (أو البرنامج) أي فكرة عن طريقة الإخراج ، ولا يـــدري أي عمود في هذه المخرجات يمثل المسافة بالبوصة ، وأي عمود بالسنتيمتر .

وبالتالي يمكننا استخدام الجملة

اكتب " بوصة " ، " سنتيمتر "

في أول الخـــوارزمية لتوضيح المخرجات ، حيث تجعل هذه الجملة الكلمة " بوصة " ، والكلمة " سنتيمتر " تظـــهران في أول ســـطر ؛ أي إن (بصـــورة عامة) الجملة :

اكتب " وصف توضيحي "

تجعل هذا الوصف يظهر كما هو ضمن المخرجات .

6–1 استخدام جملة (لو - إذاً - وإلا ؟)

الصورة العامة لهذه الجملة هي :

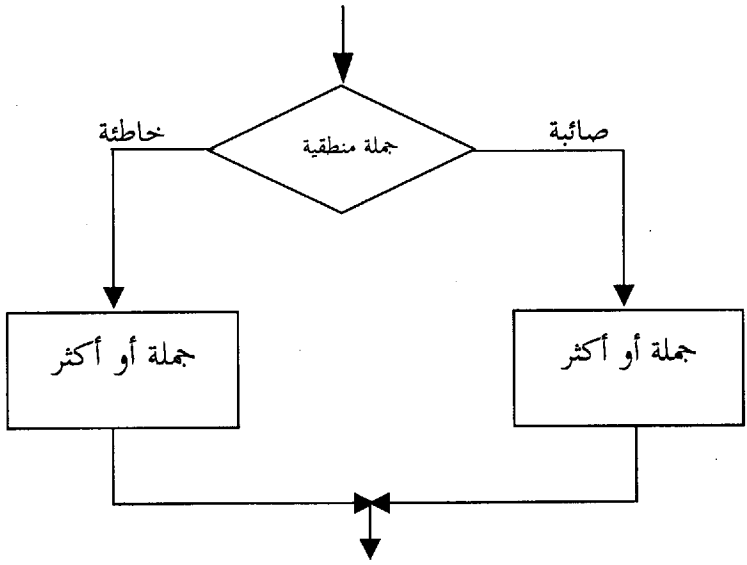
لو (جملة منطقية) إذاً

جملة أو أكثر

وإلا

[جملة أو أكثر

ويمكن تمثيلها بالمخطط الانسيابي التالي :



فمثلاً قد تكون الجملة على النحو التالي

لو (الرتب < 200) إذاً

الضريبة ← 0

العلاوة ← 50

وإلا

الضريبة ← 0.15 (الرتب)

والمعنى لهذه الجملة واضح ، أي إذا كان المتغير المسمى الراتب أقل من 200 فاجعل الضريبة صفراً ، والعلاوة 50 ، وإلا (أي إذا كان الراتب 200 أو أكثر) فاجعل الضريبة حاصل ضرب 0.15 في الراتب ، والعلاوة 75 .

لاحظ أنه في بعض الأحيان ليس من الضروري أن يكون لدينا كلمة (وإلا) والجمل التي تليها ضمن جملة (لو) ، إذ من الممكن أن يكون الوضع على الصورة التالية :

لو (جملة منطقية) إذاً

[جملة أو أكثر

في هذه الحالة يتحول التنفيذ مباشرة إلى أول جملة بعد نهاية مدى (لو) المحدد بالقوس [وذلك عندما تكون الجملة المنطقية خاطئة .

مثال (1-6-1)

لدينا مجموعة من القيم الموجبة عددها 10 و المطلوب كتابة خوارزمية لإيجاد أعلى قيمة بين هذه المعطيات .

يبين شكل (1-6-2) الخوارزمية المطلوبة . نلاحظ في هذه الخوارزمية استخدام جملة (لو) بدون (وإلاّ) داخل طالما ، وهذا طبعا جائز .

للتأكد من صحة الحل ، على القارئ استخدام طريقة التتبع ببعض البيانات.

شكل(1-6-2) :

- المتغيرات المستخدمة :
- ر : متغير يحمل القيمة المدخلة
- ق : متغير لمتابعة أعلى قيمة
- ع : متغير لمتابعة عدد المدخلات

```
ق ← 0
طالما ( ع =< 5 ) أنجز
    اقرأ ر
    لو ( ق < ر ) إذن
    [ ق ← ر
    ع ← ع + 1
اكتب " أعلى قيمة هي " ، ق
قف
```

1-7 تمارين

1- اكتب خوارزمية لتحويل درجة الحرارة المقاسة بالنظام المئوي م إلى **نظام** الفهرنهايت ف ، علمًا بأن .

$$ف = 1.8 م + 32$$

2- اكتب خوارزمية لتحويل جميع درجات الحرارة :

1 ، 2 ، 3 ، ... ، 50

من النظام المئوي إلى الفهرنهايت .

3- اكتب خوارزمية لإيجاد مجموع الأعداد :

1 ، 3 ، 5 ، ..... ، 101

4- تتبع الخوارزمية في التمرين (3) باختبار الأعداد الأربعة الأولى من المتتابعة المطلوبة فقط.

5- اكتب خوارزمية لإيجاد العدد الأدنى ضمن 20 عدداً . افترض أن هذه الأعداد لا تزيد قيمة كل منها عن 1000 .

6- اكتب خوارزمية لإيجاد متوسط درجات عدد من الطلبة حيث يتم إدخال الدرجات حتى نجد درجة سالبة ، وهي تعني نهاية المعطيات وليست درجة حقيقية .

7- إذا كانت المعطيات تمثل درجات عدد من الطلبة و الطالبات إلى جانب جنس الطالب أو الطالبة (أي إما ذكر أو أنثى) ، اكتب خوارزمية لإيجاد متوسط درجات الطلبة و متوسط درجات الطالبات ، علمًا بأن آخر درجة في المعطيات ذات قيمة سالبة لتوضيح نهاية المعطيات .

8 - اكتب خوارزمية لحساب ضريبة الدخل علما بأن هذه الضريبة تعتمد على الراتب كما يلي:

إذا كان الراتب أقل من 100 يعفى من الضريبة ، وإذا كان الراتب مـــن 100 إلى أقل من 300 ، فإن الضريبة 15% من الرتب ، أما إذا كانت 300 أو تزيـد فهي 22% من الراتب . الخوارزمية تقوم بحساب ضريبة الدخـــل لعـــدد 25 موظفاً بمعلومية رواتبهم .

9- اكتب الخوارزمية التي توجد تقدير الطالب بناء على درجته كما يلي:

الدرجة أقل من 50 ، التقدير ضعيف .

من 50 إلى أق من 70 ، التقدير مقبول.

من 70 إلى أقل من 85 ، التقدير جيد

من 85 إلى 100 ، التقدير ممتاز.

اكتب الخوارزمية

أ - في حالة وجود درجة واحدة .

ب - في حالة وجود 100 درجة .

ج - في حالة وجود عدد غير معلوم من الدرجات ولكن توجد درجة ســـــالبة (غير حقيقية) في نهاية الدرجات .

10- اذكر المقابل في اللغة العربية للكلمات الإنجليزية التالية :

Machine Language

High - level Language

Assembly Language

Execution

Statement

Compiler

Data Processing

Structured Language

Algorithm

Pseudocode Algorithm

Input

End

Asterisk

Tracing

* * *