الباب الأول

الحل الخوارزمي
Algorithmic Solution

obeikandl.com

obeikandl.com

1–1 مقدمة

يعتبر العالم محمد بن موسى الخوارزمي أول من وضع أسلوبًا خاصًا في حل المسائل الرياضية وذلك بوصف الحل على شكل خطوات متتابعة . وتخليداً 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 المتتالية التي إذا تتبعناها نصل إلى حل تلك المسألة . وفي بداية عصر استخدام الحاسوب ، كانت الطريقة المتداولة في وصف الحل قبل برمجته تعتمد على ما يسمى بالمخطط الانسيابي flow chart حيث توضع كل خطوة في شكل محدد يعبر عن طبيعة تلك الخطوة ، كأن تكون العملية الحسابية في شكل مستطيل ، والبداية والنهاية في شكل دائري ، وهكذا . وتبين الأسهم التي تصل هذه الأشكال تسلسل الخطوات في الحل .

والطريقة الثانية وهي التي نستخدمها هنا هي الطريقة الخوارزمية التي تستخدم مصطلحات لغوية محددة نتعارف عليها مسبقا ، وهذه الطريقة تناسب اللغات الحديثة مثل باسكال لأن هذه اللغات تعتمد أساسا على الأسلوب 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
```


obeikandi.com

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 هـــي اختبار ما إذا كانت س = < 100 (أي أقل من أو تساوى 100) ، وحيـث إن 2 أقل من 100 فإن التنفيذ يستمر لجمل الدورة ، أي يتم حساب ص من ضـرب 2.54 فى 2 ثم تتم كتابة قيمتى س ، ص بواسطة جملة اكتب ، وتتم إضافـة 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 :

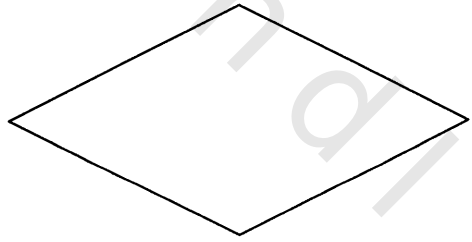
هل س أقل من 100 ؟

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).

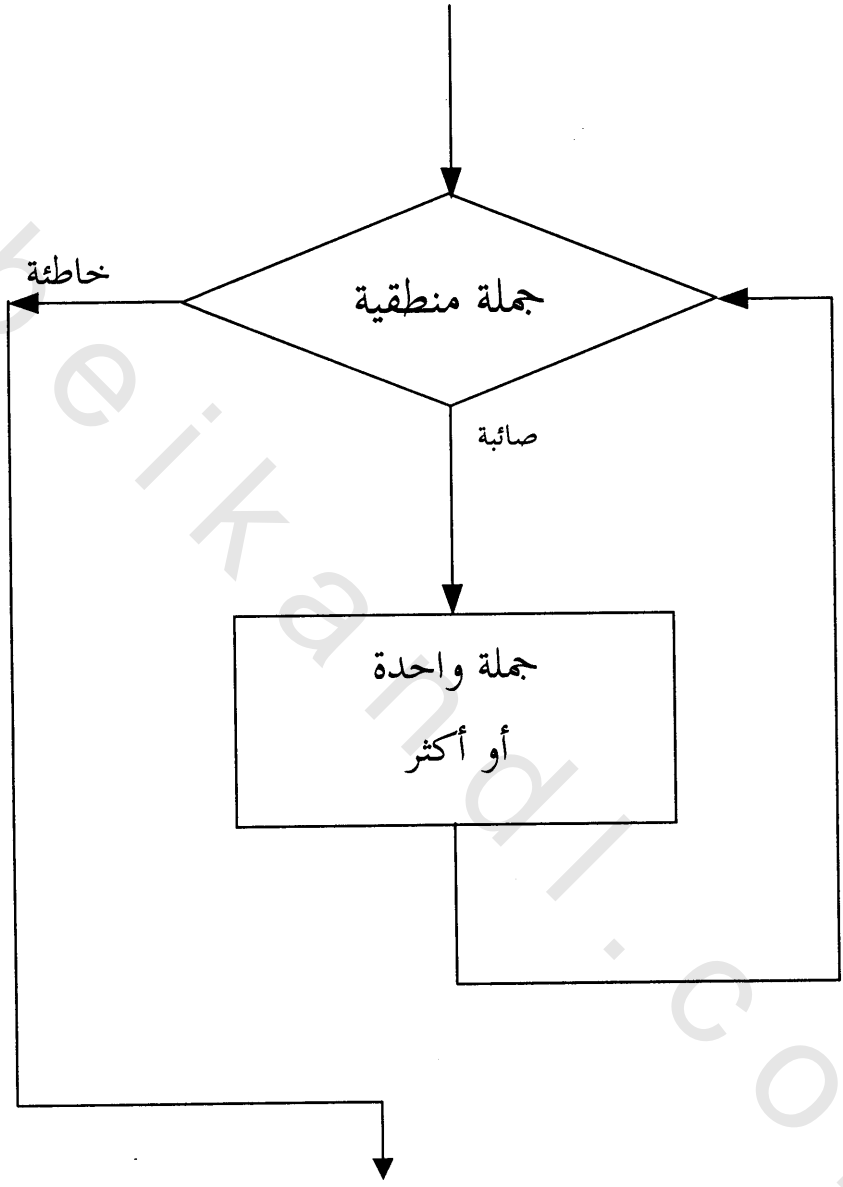
ويمكن توضيح دورة طالما بالمخطط الانسيابي المبين بالشكل (1-4-1).

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) .



obeikandl.com

5–1 الحل الخوارزمي وإدخال البيانات

بدلاً من تحويل كل القيم :

1 , 2 , 3 , ... , 100

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 .

obeikandl.com

وبذلك يكون الإخراج (الناتج) لهذه الخوارزمية هو القيم :

13	33.02
23	58.42
47	119.3
68	172.7
96	243.8

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 :

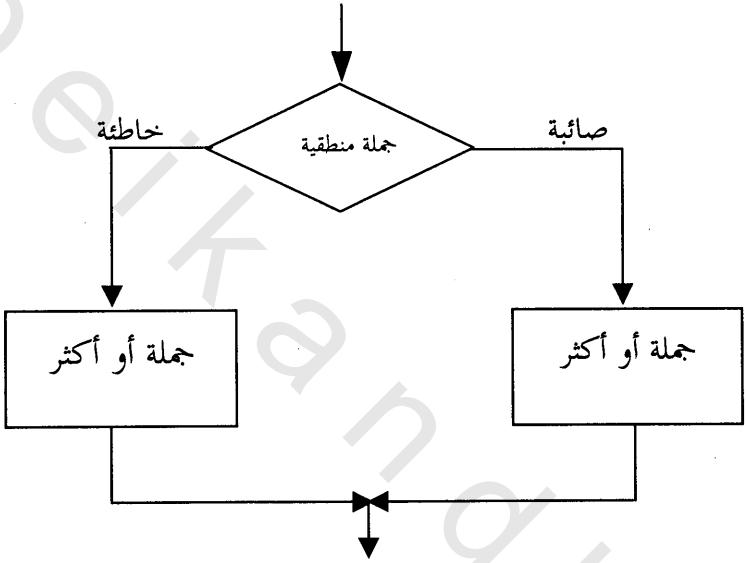
لو (جملة منطقية) إذاً

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 .

obeikandl.com

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
```

obeikandi.com

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:

obeikandi.com

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

obeikandl.com

Pseudocode Algorithm

Input

End

Asterisk

Tracing

* * *

obeikandl.com