

اقتراح خوارزمية لاستخلاص قيمة العداد الصناعي من صور مخططاتها النبضية

الدكتور علي سليمان*

الدكتور بلال شيحا**

محمد طه كفرناوي***

(تاريخ الإيداع 17 / 5 / 2016. قُبِلَ للنشر في 18 / 10 / 2016)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث خوارزمية من أجل استخلاص القيمة العددية من صورة المخططات النبضية للعدادات الصناعية، وذلك بمعالجة صورة المخطط النبضي للعداد بعد إجراء عملية تقسيم وتجزئة للمخطط النبضي، وتحديد لحظات التغير ونوعها فيما لو كانت جبهة صاعدة ذات قيمة (1) أم جبهة هابطة ذات قيمة (0)، ومن ثم حساب عدد الجبهات الكلية سواء كانت جبهات صاعدة أو هابطة، ومعرفة القيمة العددية للعداد الصناعي من خلال قسمة عدد الجبهات على (2)، وقد تم معالجة نوعين من المخططات النبضية، النوع الأول مخططات نبضية ذات إشارات نبضية مفرغة (البكسلات التي تحتويها النبضة ذات لون أبيض) والنوع الثاني مخططات نبضية ذات إشارات نبضية ممتلئة (البكسلات التي تحتويها النبضة ذات لون مغاير للأبيض)، وقد طُورت الخوارزمية المقترحة لتشمل النوعين، وصُممت واجهة برمجية لهذه الخوارزمية باستخدام برنامج ماتلاب، وقد تم تجربتها على ثلاث صور مخططات نبضية، فأعطت نتائج دقيقة باستخلاص القيمة العددية للعداد الصناعي سواء للمخططات ذات النبضات المفرغة أو الممتلئة وكانت نسبة الدقة 100% من أجل المخططات المدروسة، وذلك بسبب توصل لنسبة تعرف وتمييز 100% بالنسبة للشبكة العصبونية المستخدمة وتمكن الخوارزمية المقترحة لمعرفة عدد الجبهات من معرفة عدد الجبهات بنسبة 100%.

الكلمات المفتاحية: عداد صناعي، صورة المخطط النبضي، نبضة، قيمة العداد.

* أستاذ مساعد - قسم هندسة الحاسبات والتحكم - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم هندسة الحاسبات والتحكم - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب دراسات (دكتوراه) - قسم هندسة الحاسبات والتحكم - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Proposing Algorithm to extract Value of Industrial Counter from Image of Pulse Plan

Dr. Ali Soliman*
Dr. Bilal Chiha**
Mohammad Taha Kafrnawi***

(Received 17 / 5 / 2016. Accepted 18 / 10 / 2016)

□ ABSTRACT □

This paper introduces an algorithm to find out value of number for industrial counter from image of pulse plan. that is achieved by image processing of pulse plan for counter, pulse plan has been segmentation, and alternating times and type are detected. Type of alternating time means that if they are rising edge, that has zero value, or if they are falling edge, that has one value. Number of total edge is calculated for both type rising or falling. Number of value for counter is calculated by dividing number of edges on two. Two type of pulse plans are processed, the first one is pulse plans have empty pulse signals (pulse contains white pixels) and the second one is pulse plans have filled pulse signals (pulse contains nonwhite pixels). Proposal algorithm is developed to process two types.

Programming interface is designed using MatLab for proposal algorithm. Three image of pulse plans are applied on this programming interface. It gives perfect results, by rate 100% and value of number for industrial counter is extracted for plans contains empty pulse or filled one. Rate of That is because used neoural neworked has 100% recognition rate, and proposal algorithm can find number of edges by 100% rate.

Key words: Industrial Counter, image of pulse plan, pulse, value of counter.

* Associate Professor, Dept. computer & control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen university

** Associate Professor, Dept. computer & control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen university

*** Postgraduate, Dept. computer & control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen university

مقدمة:

تسعى الصناعات الحديثة إلى جعل الآلات والأجهزة الصناعية تتمتع بمزايا ومقدرات عديدة، الأمر الذي يتطلب إيجاد خوارزميات يمكن من خلالها للحاسب الخاص بالآلة الصناعية أو الجهاز الصناعي أن ينفذ متطلبات الميزة أو المقدر المطلوبة. تهتم الصناعات بالحساسات الذكية، التي تتمتع بميزة تبعث على إعجاب الإنسان بها، وغالباً ما ترتبط هذه الميزة بالذكاء الاصطناعي الذي يجعل من الحساس العادي يتمتع بمقدرة معينة، فيطلق على هذه الحساسات صفة الذكاء والتي تتكون من أنظمة إلكترونية ميكروية (مصغرة) [1]، قامت أبحاث بتدعيم أنظمة الحساسات الذكية اللاسلكية بمواد لجعل منها قادرة على تخزين ساعات كبيرة من الطاقة [2]، من هذه الأجهزة الصناعية العدادات، حيث اهتمت العديد من الأبحاث بتطويرها وتطوير أداؤها، فبعضها طور أداء عدادات المراقبة بالتخلص من تأثير بعض العوامل التي قد تؤثر عليها بجعلها قادرة على تقدير هذه التأثيرات وتلافيتها [3]، من الملاحظ أن هناك تسميات عديدة للأجهزة الصناعية الذكية سواء كانت عدادات أو حساسات أو محولات إشارة أو أدوات ذكية، لكن غالباً ما ترتبط صفة الذكاء بالعمليات التي يمكن للأجهزة الصناعية تنفيذها، وبمقدرتها على إنجاز العمليات الحسابية، والتي تجعلها تتمتع بصفة أو ميزة معينة، فبعضها قادر على تشخيص نفسها ومعرفة أماكن الأعطال، وبعضها الآخر قادر على معايرة نفسه ذاتياً، وبالتالي لا يقتصر عملها على كونها مجرد أدوات قياس عادية، الأمر الذي يميزها عن الحساسات والعدادات العادية [4].

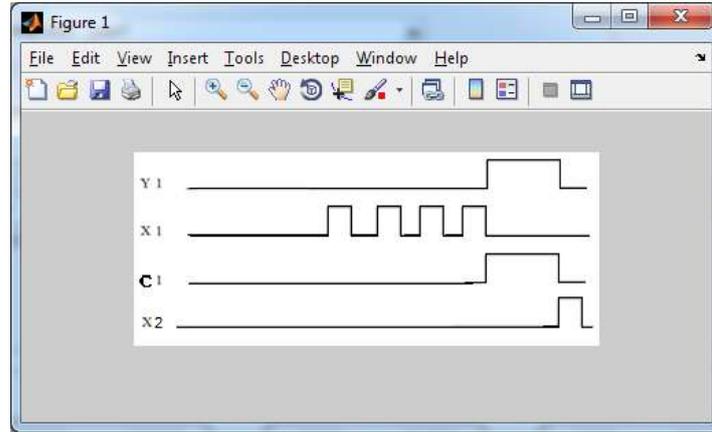
أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث علمياً من كون عملية استخلاص القيمة العددية للعدادات الصناعية من صور مخططاتها النبضية، تمثل جزء من عملية إدراك الحاسب للمخطط النبضي، ومعرفة عدد النبضات الموجودة في صورة المخطط النبضي، بدلاً من كون صورة المخطط مجرد قيم عددية تعبر عن القيم اللونية للبكسلات، ومنه إن الخوارزمية المقترحة تمثل عملية وضع منهجية تفكير للحاسب يتعامل بها مع صور المخططات النبضية، حتى يستطيع معرفة عدد النبضات الموجودة في صورة المخطط النبضي.

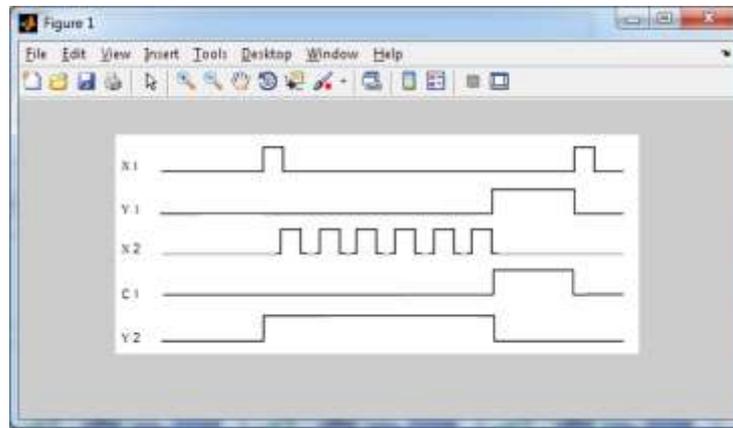
يسعى رواد الصناعة الحديثة إلى جعل الأجهزة الصناعية على اختلاف أنواعها سواء كانت عدادات صناعية أو حساسات أو خلية ورنية تتمتع بمزايا عديدة ومقدرات تميزها عن باقي الأجهزة الكلاسيكية، بحيث تضيف هذه الميزات على الأجهزة صفة الذكاء. وتأتي أهمية البحث المقدم في عمليات تصنيع العدادات الصناعية الذكية، حيث يتناول فكرة تصميم عداد صناعي قادر على معرفة القيمة الواجب عليه عددها من المخططات النبضية ذاتياً، وقد صُممت بيئة برمجية لهذا العداد المصمم تعتمد في عملها على الخوارزمية المقترحة في هذا البحث، تمكن هذه البيئة العداد الصناعي من معرفة عدد النبضات المطلوبة عددها آلياً، وقد اعتمدت المتحكمات المصغرة (microcontrollers) من أجل تصميم الكيان الصلب لهذا العداد الصناعي المصمم. ومنه بالنتيجة لم تعد وظيفة العدادات قاصرة على عد النبضات وإعطاء أمر عند عدد محدد فقط، بل أصبحت تتمتع بميزة معرفة القيمة العددية من صورة المخطط النبضي، مما يرقى بالعداد الصناعي المصمم في هذا البحث ليتمتع بصفة الذكاء بقدرته على معرفة القيمة العددية من المخططات النبضية وتمييز إشارة العداد النبضية عن باقي الإشارات النبضية الموجودة في المخطط النبضي ككل.

طرائق البحث ومواده:

تم أخذ ثلاث صور لمخططات نبضية بغية تجريب الخوارزمية المصممة واختبارها على هذه المخططات، يبين الشكل (1) صورة المخطط الأول وهو مخطط نبضي لعمل نظام عداد، حيث في هذا المخطط يعمل العداد C_1 بعد أربع نبضات من الدخل X_1 ويعمل معه الخرج Y_1 ، حتى ترد إشارة نبضية على الدخل الثاني X_2 فيتوقف الخرج Y_1 عن العمل، وكذلك يتم تصفير العداد C_1 . ويبين الشكل (2) صورة المخطط الثاني وهو عبارة عن مخطط عمل نظام بدء وانتهاء نبضي (يبدأ النظام العمل وينتهي بنبضة على نفس الدخل X_1)، حيث عندما ترد إشارة على الدخل الأول X_1 ، يبدأ الخرج الثاني بالعمل وبعد ورود 6 نبضات على الدخل الثاني يتم تفعيل العداد C_1 فيعمل الخرج الأول Y_1 حتى ترد مرة أخرى نبضة على الدخل الأول X_1 ، فيتم تصفير العداد C_1 والخرج Y_1 .

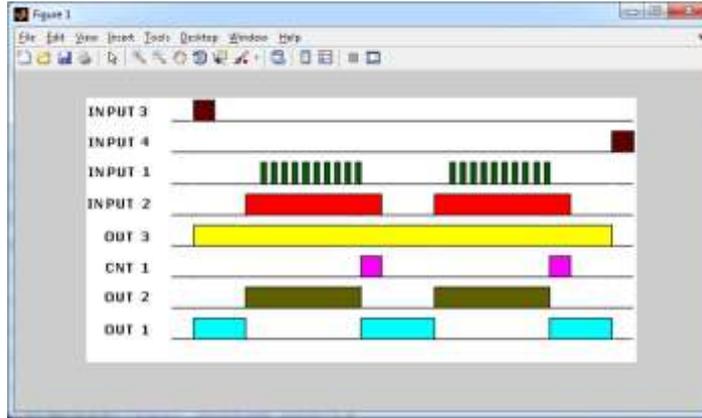


الشكل(1) صور المخطط النبضي لنظام عداد



الشكل(2) صورة المخطط النبضي لنظام بدء وانتهاء نبضي

ويبين الشكل (3) صورة المخطط الثالث وهو عبارة عن نظام تعبئة علب التفاح، حيث عند ورود نبضة البدء إلى INPUT3 يبدأ محرك سير الناقل للصناديق OUT1 بالحركة حتى يصل صندوق إلى مكان توضع عند حساس



الشكل (3) صورة المخطط النبضي لمنظومة صناعية مؤتمتة لتعبئة علب تفاح

الصندوق INPUT2، فيتوقف محرك سير الصندوق، ويبدأ محرك سير التفاح OUT2 بالحركة، فيعطي حساس التفاح INPUT1 نبضة عند مرور كل تفاحة، وعند النبضة العاشرة (بعد امتلاء صندوق التفاح بعشر تفاحات) يعطي العداد CNT1 نبضة فيعمل محرك سير الناقل للصاديق من جديد، الذي بدوره ينقل الصندوق الممتلئ ليجلب صندوق فارغ وتستمر دورة عمل المنظومة الصناعية المؤتمتة حتى ورود نبضة على المدخل INPUT4 فتتوقف المنظومة. بغية تمييز إشارة العداد عن باقي الإشارات لابد من إجراء عملية تعرف على مسميات النبضات الموجودة في المخطط النبضي، تم تطبيق أحد تقنيات الشبكات العصبونية لتحقيق ذلك، وهي خوارزمية الانتشار الخلفي التي تعد واحدة من أكثر الخوارزميات استخداماً لتدريب الشبكة العصبونية متعددة الطبقات، بسبب كفاءتها في حل العديد من المسائل والتطبيقات في مجالات التعرف والتمييز والملاءمة [5],[6],[7]، تم استخدام شبكة عصبونية تعتمد خوارزمية الانتشار الخلفي. يعطى خرج العصبون الأول من الطبقة الأولى (طبقة الدخل) y_{11} بالعلاقة (1) [6],[7],[8]

$$y_{11} = f(w_{111}x_1 + w_{211}x_2 + \dots + w_{L1r}x_L) \quad (1)$$

حيث: f - تابع التنشيط ويحدد حسب المسألة - L : عدد المداخل - w_{111} : الوزن الواصل بين الدخل الأول والعصبون الأول من الطبقة الأولى - w_{211} : الوزن الواصل بين الدخل الثاني والعصبون الأول من الطبقة الأولى وهكذا - x_1 : الدخل الأول - x_2 : الدخل الثاني - x_L : الدخل L .

تتم عملية تعديل الأوزان أثناء مرحلة التدريب وفق المعادلة (2) [6],[7]

$$w'_{ljr} = w_{ljr} + \eta e \frac{df(\delta_{jr})}{de} y_{jr} \quad (2)$$

حيث w'_{ljr} : الوزن الجديد بعد التعديل للدخل l والعصبون j والطبقة r و w_{ljr} : الوزن القديم للدخل l والعصبون j والطبقة r أما η : معدل التدريب و e : الفرق بين الخرج الحالي والخرج المرغوب للشبكة و y_{jr} : خرج العصبون j من الطبقة r و δ_{jr} : دخل تابع التنشيط ويعطى بالعلاقة (3) [5],[6],[7]

$$\delta_{jr} = \sum_{l=1}^L w_{ljr} x_l \quad (3)$$

الخوارزمية المقترحة لتقطيع صورة المخطط النبضي:

إن صورة المخطط النبضي عبارة عن صورة مكونة من $n \times m$ بكسل، كما هو مبين بالشكل (4)، أي مكونة n سطر و m عمود من البكسلات. تأخذ البكسلات قيم ضمن المجال $[0,255]$ من أجل الصور الرمادية و $[0,1]$ من

أجل الصور الثنائية. ويمكن تحويل الصورة الملونة إلى صورة ثنائية بالاعتماد على المعادلة الحدية (4) التي تعتمد على المستوى اللوني الحدي (العتبي) الفاصل بين البكسلات البيضاء والسوداء [9],[10],[11].

$$I(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > a \\ 0 & f(x, y) \leq a \end{cases} \quad (4)$$

حيث $f(x, y)$: قيمة البكسل ذو السطر y والعمود x من صورة الدخل f (الصورة الرمادية المطلوب تحويلها)، $I(x, y)$ قيمة البكسل ذو السطر y والعمود x من صورة الخرج (الصورة الثنائية الناتجة عن التحويل). a : مستوى اللوني الحدي.

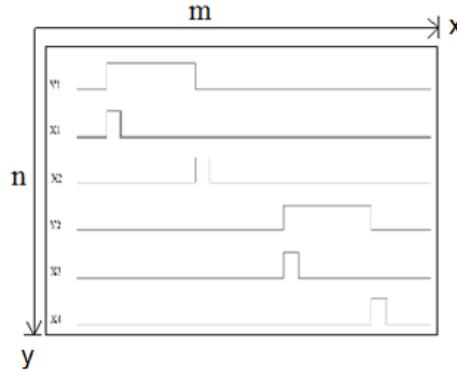
أما من أجل تحويل الصورة الملونة نوع (RGB) إلى صورة ثنائية، تم اعتماد المعادلة (5) [9],[10],[11]

$$I(x, y) = \begin{cases} 1 & (f(x, y)_R > L) \text{ or } (f(x, y)_G > L) \text{ or } (f(x, y)_B > L) \\ 0 & (f(x, y)_R \leq L) \text{ and } (f(x, y)_G \leq L) \text{ and } (f(x, y)_B \leq L) \end{cases} \quad (5)$$

حيث:

$f(x, y)_R, f(x, y)_G, f(x, y)_B$ - قيم المركبات اللونية الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق) للبكسل ذو السطر y والعمود x من صورة الدخل f (صورة RGB)

ومنه يمكن معالجة صورة المخطط على اعتبارها صورة ثنائية سواء كانت (Grayscale) أو (RGB) أم صورة ثنائية بالأصل، حيث تصبح الصورة بعد إجراءات التحويل السابقة صورة ثنائية، وذلك بتحويل الصورة الرمادية إلى ثنائية وفق المعادلة (4) والصورة الملونة وفق المعادلة (5).



الشكل (4) صورة مخطط نبضي

يكون البكسل في الصور الثنائية إما ذو لون أبيض $f(x, y) = 1$ أو أسود $f(x, y) = 0$ ، يمكن إجراء عملية التقطيع من خلال تحديد دلائل الفصل الأفقية (Horizontal Indexes) HI والعمودية (Vertical Indexes) VI لكل جزء من المخطط، لذلك تم اقتراح خوارزمية التقطيع وفق الإجراء Pseudo code المبين بالشكل (5)؛ من أجل إلغاء المنطقة البيضاء الفاصلة واستخلاص فقط صور النبضات والمسميات، حيث تتميز هذه دلائل الفصل الأفقية؛ بأحد أمرين:

- إن جميع بكسلات الأعمدة السطر الحالي بيضاء لذلك مجموعها يساوي عدد الأعمدة لأن البكسلات البيضاء وتأخذ القيمة (1)، ومجموع بكسلات جميع أعمدة السطر اللاحق لا تكون بيضاء، وذلك من أجل دليل الفصل الأفقي العلوي.

- ليست كل بكسلات الأعمدة السطر الحالي بيضاء، وبالتالي مجموعها لا يساوي عدد الأعمدة، في حين جميع بكسلات أعمدة السطر اللاحق تكون بيضاء ومجموعها تساوي عدد الأعمدة، وذلك من أجل دليل الفصل الأفقي السفلي.

أما بالنسبة لدلائل الفصل العمودية فيكون الأمر بالعكس، حيث تتميز بأحد أمرين:

- إن بكسلات جميع الأسطر للعمود الحالي بيضاء لذلك مجموعها يساوي عدد الأسطر لأن البكسلات كلها تأخذ القيمة (1)، في حين بكسلات جميع الأسطر للعمود اللاحق لا تكون كلها بيضاء لذا فإن مجموعها لا يساوي عدد الأسطر، وذلك من أجل دليل الفصل العمودي الأيسر.
- إن بكسلات جميع الأسطر للعمود الحالي لا تكون كلها بيضاء وبالتالي مجموعها لا يساوي عدد الأسطر، وبكسلات أسطر العمود اللاحق تكون جميعها بيضاء ومجموعها يساوي عدد الأسطر، وذلك من أجل دليل الفصل العمودي الأيمن.

$k = 1$

for $y: 1 \rightarrow n-1$

$$\text{if} \left(\left(\sum_{x=1}^m I(x, y) = m \right) \text{and} \left(\sum_{x=1}^m I(x, y+1) \neq m \right) \right) \text{OR} \left(\left(\sum_{x=1}^m I(x, y) \neq m \right) \text{and} \left(\sum_{x=1}^m I(x, y+1) = m \right) \right)$$

$$HI(k) = y$$

$$k + 1$$

end if

end for

$k = 1$

for $x: 1 \rightarrow m-1$

$$\text{if} \left(\left(\sum_{y=1}^n I(x, y) = n \right) \text{and} \left(\sum_{y=1}^n I(x+1, y) \neq n \right) \right) \text{OR} \left(\left(\sum_{y=1}^n I(x, y) \neq n \right) \text{and} \left(\sum_{y=1}^n I(x+1, y) = n \right) \right)$$

$$VI(k) = x$$

$$k + 1$$

end if

end for

الشكل (5) إجراء إيجاد دلائل الفصل العمودية والأفقية

خوارزمية تحديد النبضات:

تتم عملية تحديد النبضات من خلال تحديد كل نبضة موجودة في المخطط، وذلك بعد فصل كل إشارة نبضية عن الأخرى، حيث تُحدد النبضة الموجودة في المخطط بتحديد الجبهة الصاعدة والهابطة لها، من خلال تحديد لحظة الانتقال للإشارة النبضية، وتحديد طبيعة الانتقال عند هذه اللحظة، فإذا كان الانتقال من المستوى المنخفض إلى المستوى المرتفع تكون اللحظة جبهة صاعدة، أما إذا كان الانتقال بالعكس تكون الجبهة هابطة، وذلك وفق خوارزمية مقترحة لمعالجة صورة المخطط النبضي، والتي تتم على مرحلتين؛ المرحلة الأولى: لتحديد لحظات التغير $t_a(k)$ ، حيث تتميز لحظات التغير بأن مجموع بكسلات أسطرها أصغر ما يمكن، لأن أغلب بكسلات أسطرها سوداء وتأخذ

القيمة (0)، لذلك يتم تحديد أصغر مجموع أسطر t_{\min} ، ثم مقارنة مجموع بكسلات أسطر كل عمود مع t_{\min} ضمن فارق مقبول قدره $\pm r_o$ ، فتكون لحظات التغير موافقة للدلائل الأفقية للبكسلات المحققة لهذا الشرط، وذلك حسب الإجراء التالي:

$$t_{\min} = \sum_{y=1}^n I(1, y)$$

for $x: 2 \rightarrow m$

$$\text{if} \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) < t_{\min} \right)$$

$$t_{\min} = \sum_{y=1}^n I(x, y)$$

end if

end for

$k = 1$

for $x: 1 \rightarrow m$

$$\text{if} \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) \geq (t_{\min} - r_o) \right) \text{or} \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) \leq (t_{\min} + r_o) \right)$$

$$t_a(k) = x$$

$$k + 1$$

end if

end for

إن المقدار r_o هو عدد صحيح موجب من عرض خط النبضة الأعظمي مقاساً بالبكسلات، يوجد هذا المقدار برمجياً كالتالي:

1- نحسب عدد الأصفار الموجودة في كل عامود من الصورة الجزئية نحصل على شعاع قيم وليكن CZ

2- نحسب عدد الأصفار الموجودة في كل سطر من الصورة الجزئية نحصل على شعاع قيم وليكن RZ

3- نحسب القيمة الأعظمية من CZ ثم نستنتج القيم الموجودة في RZ الأكبر من القيمة الأعظمية في CZ ونأخذ القيمة الأكبر من القيم المتبقية في RZ فنحصل على عدد صحيح موجب من عرض خط النبضة الأعظمي مقاساً بالبكسلات.

المرحلة الثانية: تحديد نوع لحظة التغير أو تحديد طبيعة الانتقال عند لحظات التغير $t_a(k)$ ، إن كان جبهة صاعدة أم هابطة، وذلك من خلال مقارنة دليل السطر الأصغر في العمود ما قبل لحظة التغير مع دليل السطر الأصغر في العمود ما بعد لحظة التغير بعدد بكسلات مقبول قدره n_p (تم أخذ هذا المتغير مساوياً للمتغير r_o)، وذلك من أجل جميع لحظات التغير وليكن عددها K لحظة تغير، وفق الإجراء التالي:

for $k: 1 \rightarrow K$

$$P_{\min 1} = I(t_a(k) - n_p, 1), I_{ta-np} = 1$$

$$P_{\min 2} = I(t_a(k) + n_p, 1), I_{ta+np} = 1$$

for $y: 2 \rightarrow n$

$$\text{if } (I(ta(k) - n_p, y) < P_{\min 1})$$

$$P_{\min 1} = I(ta(k) - n_p, y), I_{ta-np} = y$$

$$\text{end if}$$

$$\text{if } (I(ta(k) + n_p, y) < P_{\min 2})$$

$$P_{\min 2} = I(ta(k) + n_p, y), I_{ta+np} = y$$

$$\text{end if}$$

$$\text{end for}$$

$$\text{if } (I_{ta-np} < I_{ta+np})$$

$$Va(k) = 0 \text{ (falling edge)}$$

$$\text{end if}$$

$$\text{if } (I_{ta-np} > I_{ta+np})$$

$$Va(k) = 1 \text{ (rising edge)}$$

$$\text{end if}$$

$$\text{end for}$$

$t_a(k)$ نكرر العملية السابقة من أجل جميع النبضات الموجودة في المخطط النبضي، ونرتب أشعة لحظات التغير
 $t_a M$ وأشعة قيمها $Va(k)$ لكافة النبضات ضمن مصفوفتين، فتتكون لدينا مصفوفتي دلائل لحظات التغير ونوعها (قيمها) $V_a M$.

إن الخوارزمية السابقة تعمل مع النبضات الفارغة (التي تحتوي على بكسلات بيضاء وذات قيمة (1)) كما هو مبين بالشكلين (1) و (2)، ولا يمكن تطبيقها على صورة المخطط النبضي ذو النبضات الممتلئة المبين بالشكل (3) لأن ناتج تحويلها إلى صورة ثنائية، مربعات نبضية ذات بكسلات سوداء قيمتها (0)، وبالتالي سيكون لدينا في هذه الحالة العديد من لحظات التغير على عدد بكسلات طول النبضة في حال تطبيق الخوارزمية السابقة لتحديد النبضات، ولا يمكن بتلك الخوارزمية تحديد دليلي بدء وانتهاء النبضة في هذه الحالة، لذلك لا بد من تطبيق خوارزمية مناسبة لهذه الحالة، وقد تم تطوير الخوارزمية السابقة لتشمل هذه الحالة، حيث يتم تطبيق الإجراءات السابقة في حال كان المخطط النبضي ذو نبضات مفرغة، أما إذا كان ذو نبضات ممتلئة فيتم تطبيق الإجراء التالي:

$$t_{\min} = \sum_{y=1}^n I(1, y)$$

$$\text{for } x: 2 \rightarrow m$$

$$\text{if } \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) < t_{\min} \right)$$

$$t_{\min} = \sum_{y=1}^n I(x, y)$$

$$\text{end if}$$

$$\text{end for}$$

$$k = 1$$

$$\text{for } x: 2 \rightarrow m - 1$$

$$\text{if} \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) \geq (t_{\min} - r_o) \right) \text{or} \left(\sum_{y=1}^n I(x, y) \leq (t_{\min} + r_o) \right)$$

$$\text{if} \text{ not} \left(\left(\sum_{y=1}^n I(x-1, y) \geq (t_{\min} - r_o) \right) \text{or} \left(\sum_{y=1}^n I(x-1, y) \leq (t_{\min} + r_o) \right) \right)$$

$$Va(k) = 1 \text{ (rising edge)}$$

$$t_a(k) = x$$

$$k + 1$$

end if

$$\text{if} \text{ not} \left(\left(\sum_{y=1}^n I(x+1, y) \geq (t_{\min} - r_o) \right) \text{or} \left(\sum_{y=1}^n I(x+1, y) \leq (t_{\min} + r_o) \right) \right)$$

$$Va(k) = 0 \text{ (falling edge)}$$

$$t_a(k) = x$$

$$k + 1$$

end if

end if

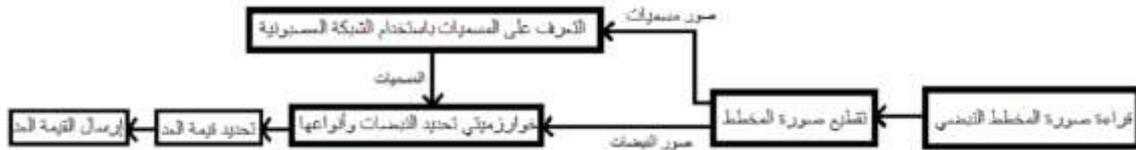
end for

يتم في هذا الإجراء تحديد أصغر مجموع أسطر t_{\min} ، ثم تحديد دليل بدء النبضة ودليل نهايتها، حيث يتميز دليل بدء النبضة أن مجموع أسطر العمود الذي قبله $x-1$ لا يحقق شرط أن مجموع بكسلات أسطره قريبة من أصغر مجموع أسطر t_{\min} ، وذلك لأن بكسلات أسطر هذا العمود أغلبها بيضاء، على عكس أسطر أعمدة النبضة التي تكون أسطرها تحتوي على بكسلات سوداء، وبالتالي مجموع بكسلات أسطرها قريبة من قيمة أصغر مجموع أسطر t_{\min} ضمن مجال مقبول قدره $\pm r_o$ ، وكذلك الأمر بالنسبة لدليل نهاية النبضة، حيث يتميز العمود الذي بعده $x+1$ بأنه لا يحقق شرط أن مجموع بكسلات أسطره قريبة من t_{\min} ، لأن بكسلات أسطر هذا العمود أغلبها بيضاء. بالإضافة لذلك أنه من الملاحظ -في هذه الحالة لهذا النوع من المخططات النبضية- أن نوع النبضة عند دليل البدء ذات جبهة صاعدة، أي أن قيمتها $Va(k) = 1$ ، وعند دليل نهاية النبضة ذات جبهة هابطة أي أن قيمتها $Va(k) = 0$.

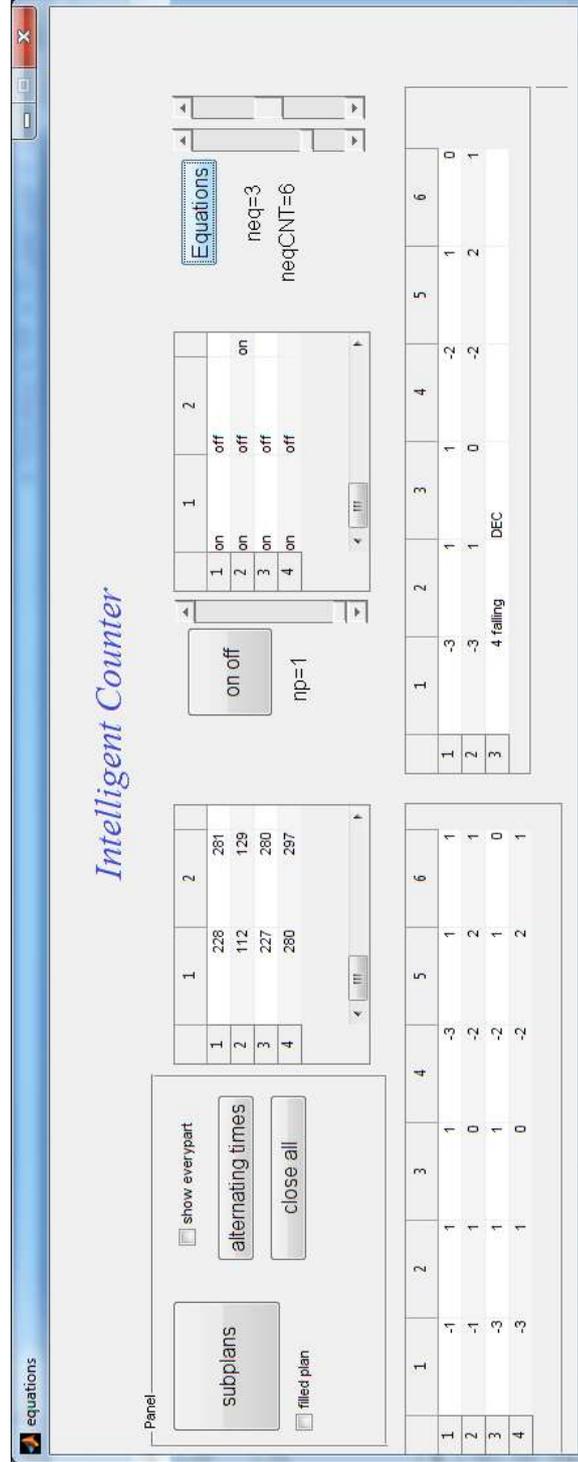
النتائج والمناقشة:

تم تصميم بيئة برمجية باستخدام برنامج MatLab، تمثل البيئة البرمجية (software) الخاص بالعداد الصناعي، بحيث تحتوي هذه البيئة على الخوارزميات آنفة الذكر، وتعمل وفقها، بغية تزويد العداد الصناعي بالقيمة العددية اللازمة التي يتم الحصول عليها من صورة المخطط النبضي بعد معالجته وفق الخوارزميات السابقة، نيين بالشكل (7) هذه البيئة البرمجية، والتي تعمل وفق المخطط الصندوقي المبين بالشكل (6)، حيث يكون دخل هذه البيئة صورة المخطط النبضي المطلوب تحديد القيمة العددية لنبضات العداد الموجودة في صورة المخطط النبضي، وخرجها هو القيمة العددية لهذا العداد، حيث تمر الصورة بعدة عمليات للحصول على هذه القيمة، ففي البداية يتم تقطيع الصورة، للحصول على صور مسميات المخطط النبضي وصور النبضات، تتم معالجة صور المسميات عن طريق شبكة تمييز للحصول على المسميات معرفة المسمى الخاص بنبضات العداد، على أساسها يتم معالجة صورة النبضات

الخاصة بالعداد، وفق خوارزمية معالجة الصورة لمعرفة عدد النبضات الموجودة والتي تمثل القيمة العددية للعداد الصناعي. نفصل صورة المخطط النبضي إلى صور نبضات وصور محارف اسماءها باستخدام دلائل الفصل الأفقية والعمودية، التي نحصل عليها بتطبيق خوارزمية التقطيع المقترحة، تبين الجدول (1) و(2) و(3) أدلة الفصل الأفقية العمودية لصور المخططات النبضية المبين بالأشكال (1) و(2) و(3) على التوالي، حيث أحجام صور هذا المخططات $143 \times 339 \text{ pixels}$ و $187 \times 444 \text{ pixels}$ و $302 \times 637 \text{ pixels}$ على الترتيب.



الشكل(6) المخطط الصندوقي لعمل البيئة البرمجية المصممة



الشكل (7) البيئة البرمجية للعداد الصناعي

يتم تحديد صورة المخطط النبضي باختيار صورته، ثم تنفذ خوارزمية التقطيع فنحصل على دلائل الفصل الموافقة لهذا المخطط، لتستخدم هذه الدلائل لتقطيع وفصل مكونات صورة المخطط النبضي، فتحصل على الصور الجزئية لصور النبضات ومحارف مسميات صور النبضات، نبين بالأشكال (8) و(9) و(10) هذه الصور الجزئية، وذلك لصورة المخططات النبضية الثلاثة المدروسة المبينة بالأشكال (1) و(2) و(3) على الترتيب.

نلاحظ أن لكل جزء أربعة أدلة فصل (تقطيع) اثنان منهما للفصل العمودي (دليل أيسر ودليل أيمن) والاثنان الآخران من أجل الفصل الأفقي (دليل علوي ودليل سفلي)، وعدد الأجزاء الناتجة عن فصل صورة المخطط النبضي

الجدول (2) دلائل فصل لصورة المخطط الثاني

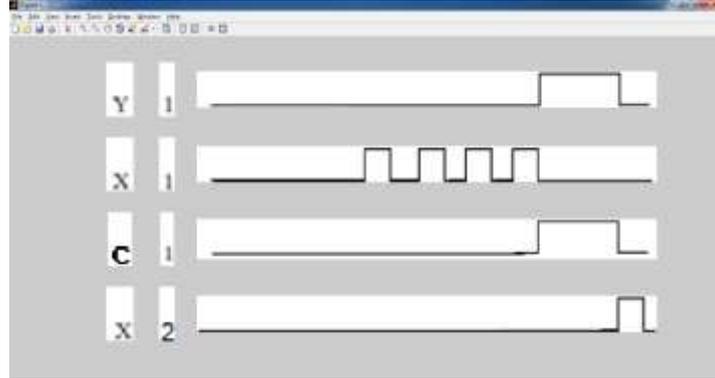
k	HI(k)		VI(k)	
	علوي	سفلي	أيسر	أيمن
1	10	33	3	13
2	10	33	15	21
3	10	33	37	431
4	46	69	3	13
5	46	69	15	21
6	46	69	37	431
7	80	103	3	13
8	80	103	15	21
9	80	103	37	431
10	115	140	3	13
11	115	140	15	21
12	115	140	37	431
13	153	178	3	13
14	153	178	15	21
15	153	178	37	431

الجدول (1) دلائل فصل لصورة المخطط الأول

k	HI(k)		VI(k)	
	علوي	سفلي	أيسر	أيمن
1	5	28	3	14
2	5	28	15	21
3	5	28	31	335
4	39	62	3	14
5	39	62	15	21
6	39	62	31	335
7	74	100	3	14
8	74	100	15	21
9	74	100	31	335
10	106	129	3	14
11	106	129	15	21
12	106	129	31	335

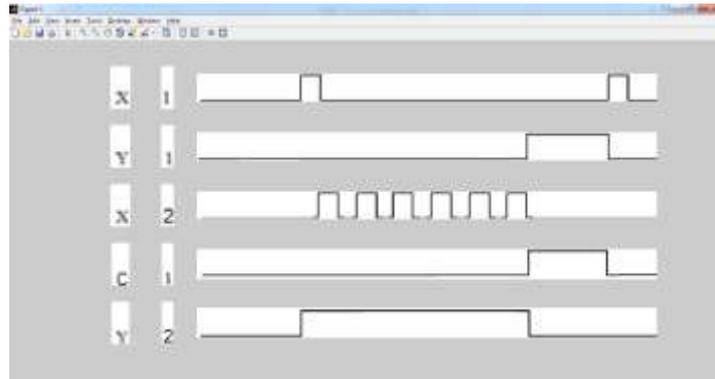
الجدول (3) دلائل تقطيع صورة المخطط الثالث

k	HI(k)		VI(k)		k	HI(k)		VI(k)		k	HI(k)		VI(k)	
	علوي	سفلي	أيسر	أيمن		علوي	سفلي	أيسر	أيمن		علوي	سفلي	أيسر	أيمن
1	2	28	1	7	20	72	100	59	73	39	181	206	34	44
2	2	28	9	19	21	72	100	96	624	40	181	206	45	55
3	2	28	21	32	22	109	135	1	7	41	181	206	59	73
4	2	28	34	44	23	109	135	9	19	42	181	206	96	624
5	2	28	45	55	24	109	135	21	32	43	215	241	1	7
6	2	28	59	73	25	109	135	34	44	44	215	241	9	19
7	2	28	96	624	26	109	135	45	55	45	215	241	21	32
8	37	64	1	7	27	109	135	59	73	46	215	241	34	44
9	37	64	9	19	28	109	135	96	624	47	215	241	45	55
10	37	64	21	32	29	144	171	1	7	48	215	241	59	73
11	37	64	34	44	30	144	171	9	19	49	215	241	96	624
12	37	64	45	55	31	144	171	21	32	50	249	277	1	7
13	37	64	59	73	32	144	171	34	44	51	249	277	9	19
14	37	64	96	624	33	144	171	45	55	52	249	277	21	32
15	72	100	1	7	34	144	171	59	73	53	249	277	34	44
16	72	100	9	19	35	144	171	96	624	54	249	277	45	55
17	72	100	21	32	36	181	206	1	7	55	249	277	59	73
18	72	100	34	44	37	181	206	9	19	56	249	277	96	624
19	72	100	45	55	38	181	206	21	32					

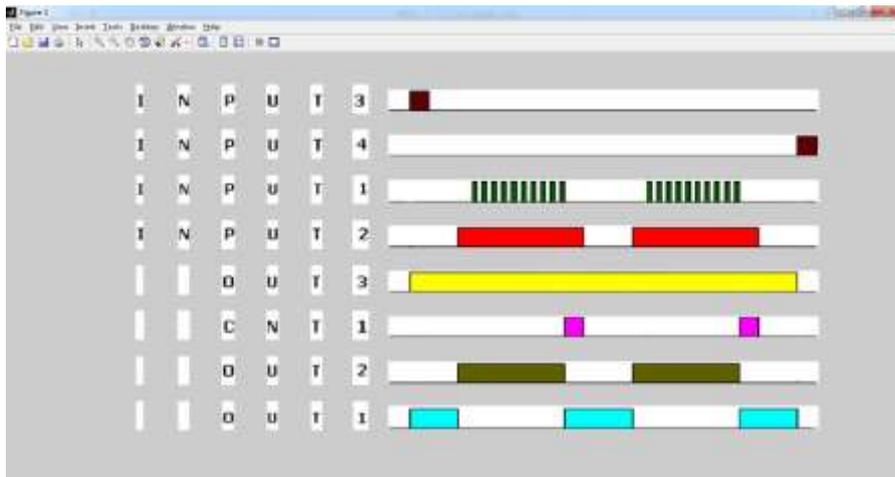


الشكل (8) صور المخططات الجزئية ومحارف مسمياتها لنظام عداد

لنظام العداد 12 جزء، ولصورة مخطط نبضي لنظام بدء وانتهاء نبضي 15 جزء، أما لصورة المخطط النبضي لنظام تعبئة علب التفاح فهو 56 جزء، ويحتوي الأخير على أجزاء بيضاء، وذلك ناتج عن اختلاف طول المسميات فيما بينها في صورة هذا المخطط، تجدر الإشارة إلى أنه يتم معرفة دلائل الفصل في فضاء الصورة الثنائية الناتجة عن تحويل صورة المخطط النبضي إلى صورة ثنائية باستخدام المعادلة (1)، ثم تُطبق هذه الدلائل على الصورة الرمادية أو الملونة.



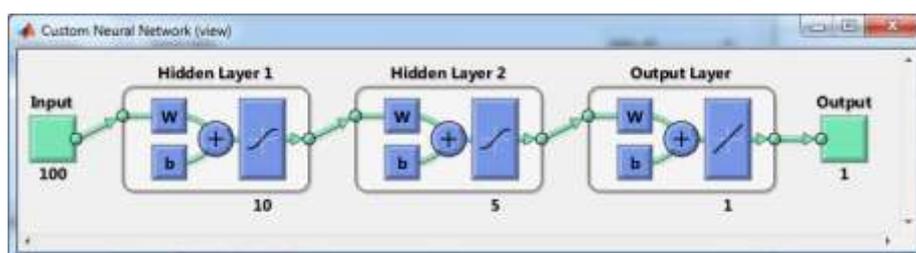
الشكل (9) صور المخططات الجزئية ومحارف مسمياتها لنظام بدء وانتهاء نبضي



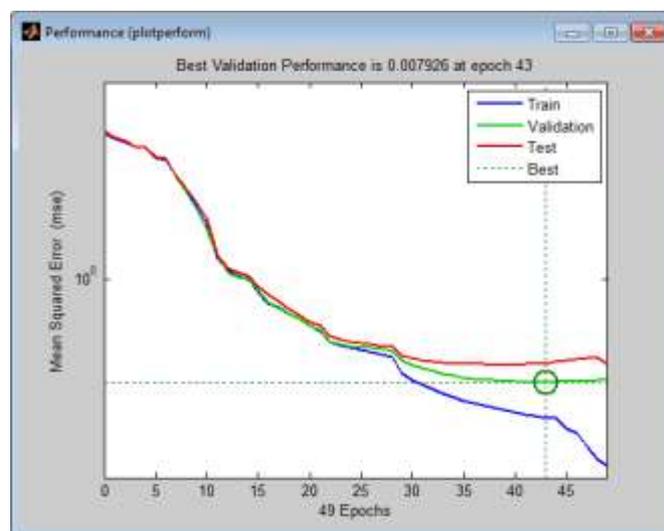
الشكل (10) صور المخططات الجزئية ومحارف مسمياتها لنظام تعبئة علب التفاح

بعد إجراء عملية التقطيع، نميز صور محارف كل مخطط جزئي عن المخطط الجزئي من حجمها، لأن حجم صور المخططات الجزئية أكبر من حجم صور محارف المخططات. يتم التعرف على صورة كل محرف للحصول على شيفرة ASCII الموافقة لهذا المحرف باستخدام شبكة الانتشار الخلفي المدروسة.

قد تم بناء شبكة عصبونية وتدريبها وفق خوارزمية الانتشار الخلفي، مكونة من ثلاث طبقات، كما هو موضح بالشكل (11)، الطبقة الأولى تحتوي عشرة عصبونات والثانية خمسة عصبونات والثالثة عصبون واحد، تقوم هذه الشبكة بتمييز صور أحرف الأبجدية الإنكليزية مع أرقامها، وتعطي على خرجها شفرة ASCII الموافقة لصورة المحرف المدخل للشبكة، أي دخلها عبارة عن صورة لمحرف ما وخرجها شيفرة ASCII له. دُرِبت الشبكة على قاعدة بيانات تحتوي صور كافة الأحرف الأبجدية بشكليها الكبير والصغير مع الأرقام من 0 حتى 9، يبين الشكل (12) منحنى التدريب الخاص بهذه الشبكة، حيث بلغ متوسط مربع الخطأ لكافة البيانات (التدريب والتحقق والاختبار) قيم 0.007929 عند عهد (epoch=43)، أي إن نسبة التعرف 100%، وهذا ما تؤكد نسبة مواعمة البيانات كما هو مبين بالشكل (13)، التي وصلت إلى $R=100\% = 1$ لكافة بيانات التدريب والاختبار والتحقق تقريباً، وبالتالي يمكن لهذه الشبكة التعرف على كافة صور المحارف الأبجدية الإنكليزية، ومنه التعرف على كافة صور مسميات المخططات النبضية.



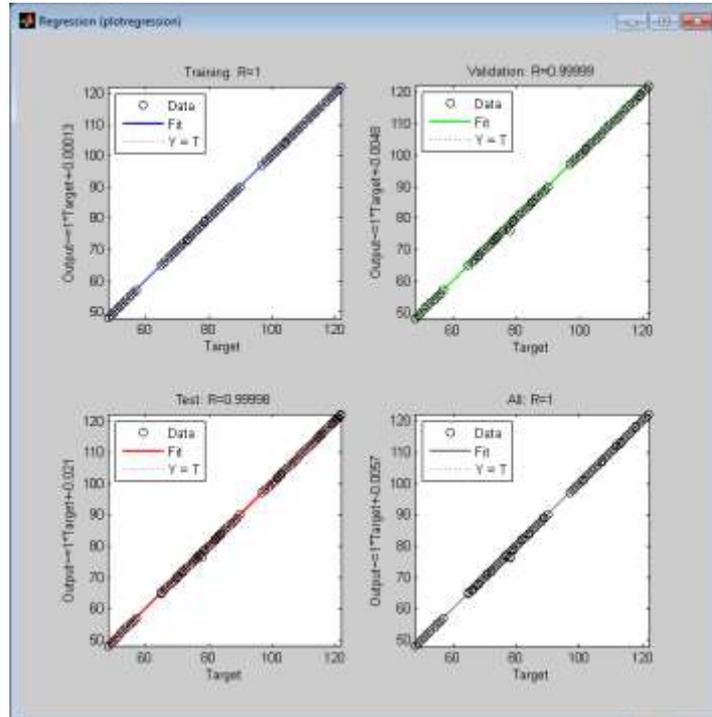
الشكل (11) بنية شبكة الانتشار الخلفي المستخدمة



الشكل (12) منحنى تدريب شبكة الانتشار الخلفي

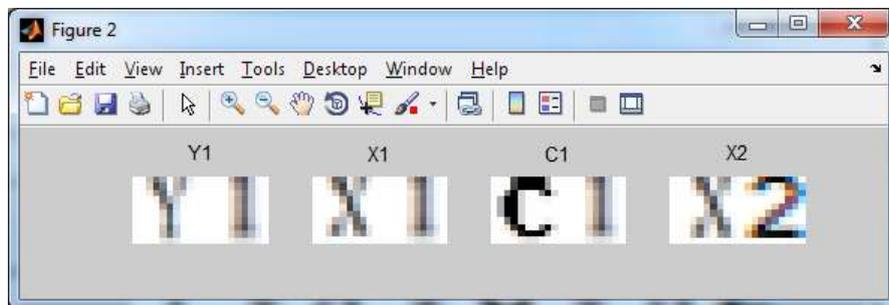
تأخذ أحرف الأبجدية الإنكليزية قيم ضمن المجال [65,90] للأحرف بشكلها A,B,...,Z وضمن المجال [97,122] للأحرف بشكلها a,b,...,z، في حين الأرقام 0,1,2,...,9 تأخذ قيم ضمن المجال [48,59]، وبما أن كافة

الأحرف والأرقام أُخذت كبيانات تدريبية، لذلك تتوزع البيانات Data-سواء كانت بيانات تدريبية Training أو تحقق Validation أو اختبارية Test-ضمن المجالات الثلاثة، كما هو مبين بالشكل (13)، مما يفسر وجود انقطاع بين القيمتين {91,96} وآخر بين القيمتين {60,64}، ويبين الشكل (13) أن منحنى الملائمة Fit يمر من كافة البيانات التدريبية أو بيانات التحقق أو الاختبار كلاً على حد، ومنه البيانات الكلية All.

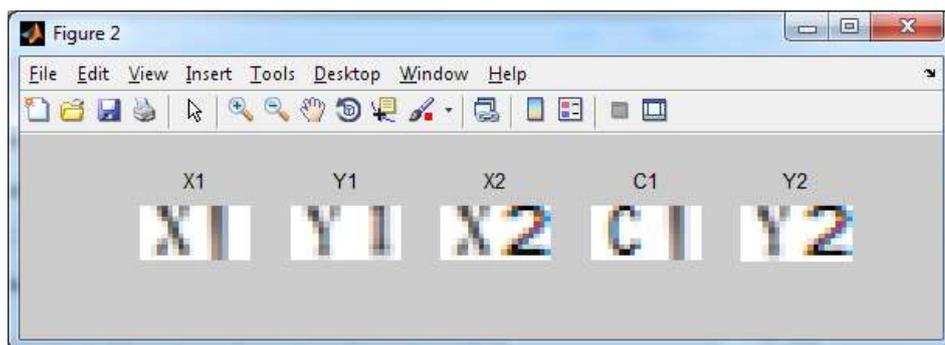


الشكل (13) نسبة الموائمة لمختلف بيانات الشبكة (تدريب والتحقق والاختبار والكل)

تُدخل صور محارف المسميات إلى الشبكة العصبونية المدربة، فتتعرف على صور المحارف وتعطي شيفرة ASCII للمحارف، يهاد ترتيب المحارف المتعرف عليها، وتظهر مع صورها كما هو مبين بالشكل (14) من أجل صورة المخطط النبضي لنظام عداد، والشكل (15) من أجل نظام بدء وانهاء نبضي، والشكل (16) من أجل نظام تعبئة علب التفاح، حيث تُرتب محارف المخطط الواحد مع تعريفاتها ويتعرف الحاسب على صورة المخططات النبضية للمنظومة الصناعية المؤتمتة ألياً.



الشكل (14) التعرف على مسميات المخططات الزمنية لنظام عداد

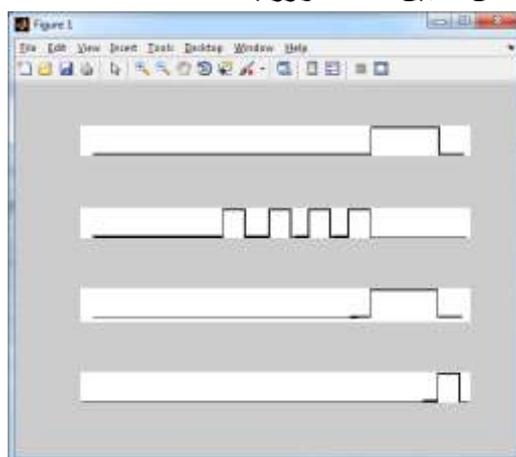


الشكل (15) التعرف على مسميات المخططات الزمنية لنظام بدء وانتهاء نبضي

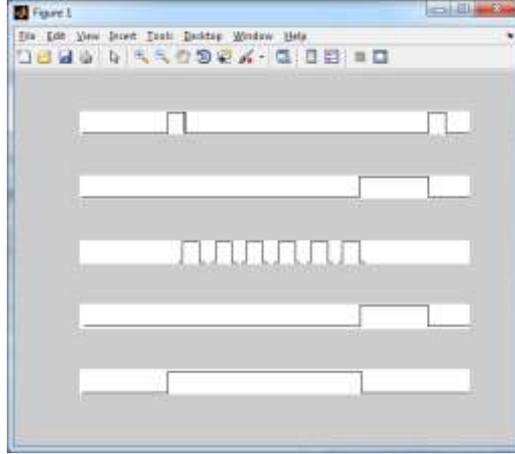


الشكل (16) التعرف على مسميات المخططات الزمنية لمنظومة صناعية مؤتمتة لتعبئة علب تفاح

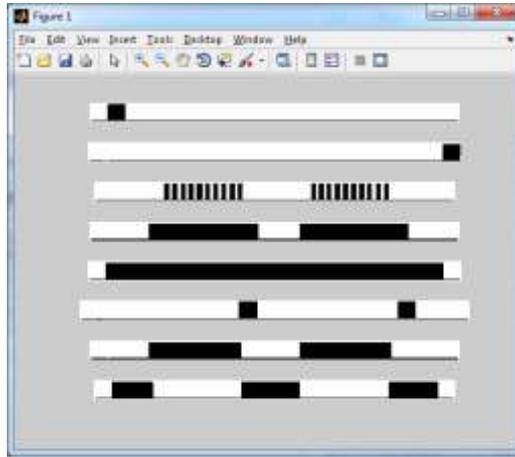
بعد الانتهاء من التعامل مع صور المحارف لمسميات المخططات النبضية، تبدأ عملية معالجة صور النبضات وفق الخوارزمية المقترحة لمعالجة الصورة، والتي تتكون من مرحلتين الأولى لتحديد دلائل لحظات التغيير $t_a(k)$ والثانية نوعها وذلك لكلا نوعي صور المخططات النبضية سواء كانت مفرغة أم ممتلئة، نبين بالأشكال (17) و(18) و(19) صور المخططات النبضية المدروسة بعد تحويلها إلى صور ثنائية وفق المعادلة (4)، حيث يتم بالضغط على زر "alternating times" الموجود بالبيئة البرمجية الموضحة بالشكل (5) تطبيق خوارزمية تحديد النبضات، مع تمييز نزع المخطط هل هو ذو نبضات مليئة كما هو مبين بالشكل (19) أم فارغة كما هو مبين بالشكلين (17) و(18) عن طريق خيار "filled plan" فإذا لم يكن محدد يتم تطبيق الجزء الخاص بالنبضات الفارغة من خوارزمية تحديد النبضات، أما إن كان محدد فيتم تطبيق الجزء الخاص بالنبضات الممتلئة من الخوارزمية، نبين بالجدول (4) و(5) و(6) دلائل لحظات التغيير الناتجة عن تطبيق هذه الخوارزمية.



الشكل (17) نبضات المخطط النبضي لنظام عداد بعد إجراء خوارزمية تقطيع وتحويلها لصورة ثنائية



الشكل (18) نبضات المخطط النبضي لنظام بدء وانتهاء نبضي بعد إجراء خوارزمية تقطيع وتحويلها لصورة ثنائية



الشكل (19) نبضات المخطط النبضي لمنظومة صناعية مؤتمتة لتعبئة علب تفاح بعد تقطيع وتحويلها لصورة ثنائية

الجدول (4) دلالات لحظات التغير $t_a(k)$ لصور نبضات نظام عداد

k	1	2	3	4	5	6	7	8
Y_1	228	281	0	0	0	0	0	0
X_1	112	129	148	165	179	196	210	227
C_1	227	280	0	0	0	0	0	0
X_2	280	297	0	0	0	0	0	0

الجدول (5) دلالات لحظات التغير $t_a(k)$ لصور نبضات نظام بدء وانتهاء نبضي

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X_1	90	107	354	371	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_1	284	354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_2	105	122	138	155	169	186	202	219	235	252	267	284
C_1	285	353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_2	90	286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

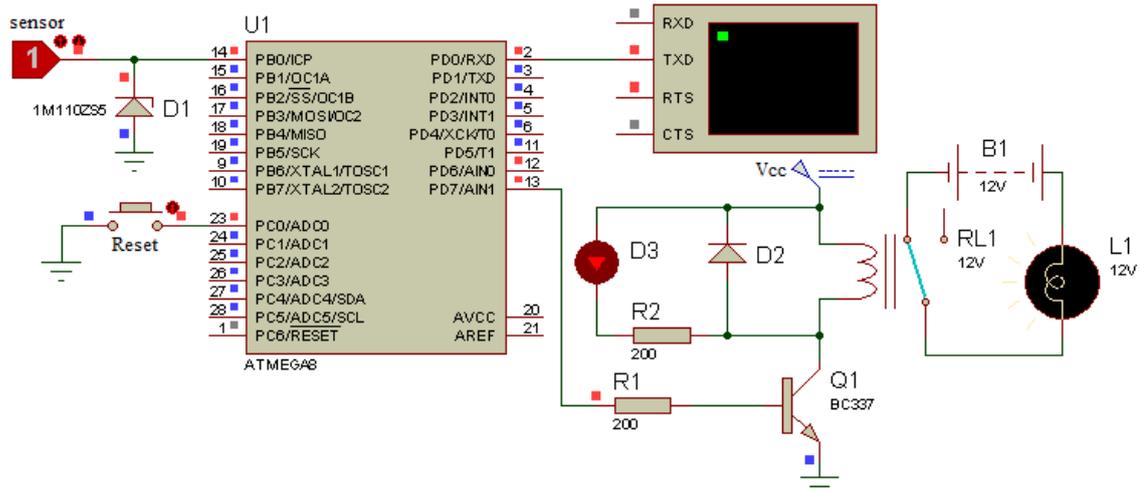
الجدول (6) دلالات لحظات التغير $t_a(k)$ لصور نبضات نظام تعبئة علب تفاح

k	OUT1	OUT2	CNT1	OUT3	INPUT2	INPUT1	INPUT4	INPUT3
1	27	86	217	28	86	104	503	28
2	87	217	241	503	240	110	527	51
3	217	301	432	0	301	116	0	0
4	301	432	456	0	456	122	0	0
5	432	0	0	0	0	128	0	0
6	504	0	0	0	0	134	0	0
7	0	0	0	0	0	140	0	0
8	0	0	0	0	0	145	0	0
9	0	0	0	0	0	151	0	0
10	0	0	0	0	0	158	0	0
11	0	0	0	0	0	164	0	0
12	0	0	0	0	0	170	0	0
13	0	0	0	0	0	176	0	0
14	0	0	0	0	0	182	0	0
15	0	0	0	0	0	188	0	0
16	0	0	0	0	0	194	0	0
17	0	0	0	0	0	200	0	0
18	0	0	0	0	0	206	0	0
19	0	0	0	0	0	212	0	0
20	0	0	0	0	0	217	0	0
21	0	0	0	0	0	319	0	0
22	0	0	0	0	0	325	0	0
23	0	0	0	0	0	331	0	0
24	0	0	0	0	0	336	0	0
25	0	0	0	0	0	342	0	0
26	0	0	0	0	0	348	0	0
27	0	0	0	0	0	354	0	0
28	0	0	0	0	0	360	0	0
29	0	0	0	0	0	366	0	0
30	0	0	0	0	0	372	0	0
31	0	0	0	0	0	378	0	0
32	0	0	0	0	0	384	0	0
33	0	0	0	0	0	390	0	0
34	0	0	0	0	0	395	0	0
35	0	0	0	0	0	401	0	0
36	0	0	0	0	0	407	0	0
37	0	0	0	0	0	414	0	0
38	0	0	0	0	0	420	0	0
39	0	0	0	0	0	426	0	0
40	0	0	0	0	0	432	0	0

قد تم برمجة البيئة البرمجية بخوارزمية التقطيع والشبكة العصبونية المدربة وخوارزمية معالجة الصورة، بحيث تظهر دلالات لحظات التغير المبينة بالجداول السابقة ضمن جداول البيئة البرمجية المبينة بالشكل (7)، مع نوع لحظة

التغير فيما اذا كان جبهة صاعدة "on" أم هابطة "off"، من خلال الشبكة العصبونية يتم تمييز نبضات العداد عن نبضات الدخل والخرج، فمن أجل نظام العداد تكون الإشارة النبضية الثانية هي العداد C_1 ، ثم يُقارن دليل لحظة بدء نبضته (الذي يساوي 227 كما هو مبين في الجدول (4)) مع دلائل تغير إشارات الدخل X_1 و X_2 ضمن فارق مقبول قدره $n_{eq} \in [-7,7]$ ، عند تطابق دلائل الفصل، تكون إشارة الدخل التي تطابقت مع إشارة العداد هي دخل العداد وقسمة رقم دليل تطابقها على 2 هو القيمة العددية للعداد، نلاحظ في الجدول (4) تطابق دليل نبضة العداد C_1 مع إشارة الدخل X_1 عند دليل لحظة تغير $t_a(k) = 227$ عند $k = 8$ ، ومنه تكون القيمة العددية للعداد 4؛ كذلك الأمر بالنسبة لنظام بدء وانتهاء نبضي، يتطابق دليل لحظة بدء العداد C_1 (الذي قيمته 285) مع إشارة الدخل X_2 عند دليل لحظة تغير $t_a(k) = 284$ عند $k = 12$ ، وذلك ضمن الفارق المقبول وبالتالي القيمة العددية للعداد 6؛ في حين بعد تمييز إشارة العداد CNT1 ودليل لحظة التغير 217 يتطابق مع دليل لحظة التغير $t_a(k) = 217$ للدخل INPUT1 عند $k = 20$ ومنه القيمة العددية للعداد تساوي 10

قد تم تصميم عداد صناعي مبين بالشكل (20) بالاعتماد على المتحكم المصغر (microcontroller) نوع ATmega8 من إنتاج شركة Atmel يعمل على تردد تشغيل 4MHz، يتصل هذا المتحكم مع البيئة البرمجية المبينة بالشكل (7) عبر وحدة الاتصال التسلسلية التي يمكن أن تعمل بشكل متزامن أو غير متزامن، وذلك تبعاً لكيفية برمجتها، USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter)، عبر قطب الاستقبال RXD، يقوم باستقبال القيمة العددية التي تم تحصيلها من المخطط النبضي، وبالتالي على أساسها يقوم بعد النبضات الواردة من الحساس sensor إلى القطب PB0، حيث تم وصل ثنائي زنر من أجل حماية القطب من الجهود الزائدة عن 5volt، وعند وصول عدد النبضات إلى القيمة المطلوبة التي استقبلها من البيئة البرمجية المبينة بالشكل (7)، يقوم العداد بإعطاء أمر تشغيل عبر الخرج PD7، بجعل قيمة هذا القطب 5volt، التي تؤمن انحياز الترانزستور Q1 فيصبح بحالة on، فيعمل الزاغل (Relay) والباعث الضوئي للدلالة على التشغيل، ويقوم الزاغل بتشغيل المصباح الكهربائي، وعند ورود نبضة من زر Reset على القطب PC0 يتم تصفير العداد، ومنه يصبح الخرج PD7=0volt، والترانزستور بحالة off، ويتوقف المصباح عن الإضاءة.



الشكل (20) الدارة العملية المصممة للعداد الصناعي

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية لاستخلاص القيمة العددية للعدادات الصناعية من صور مخططاتها النبضية واختبارها على ثلاثة منظومات، إذ يتم إدخال صورة المخطط النبضي فيقوم الحاسوب آلياً بإعطاء القيمة العددية، بعد تقطيع صورة المخطط النبضي وفق خوارزمية تقطيع مقترحة، يتعرف على صور مسميات كل مخطط وفق شبكة الانتشار الخلفي، والتي أعطت نتائج بدقة 100% وتحدد دلائل لحظات التغير لجميع النبضات وفق خوارزمية مقترحة، ومن ثم استخلاص القيمة العددية للعداد بقسمة عدد جبهات نبضات الدخل المرتبط مع العداد على 2 عند دليل التتابع k ، ويمكن استنتاج ما يلي:

- لا بد من إجراء عملية تقطيع وفصل لصورة المخطط النبضي لعمل المنظومة الصناعية ككل إلى مخططات جزئية من أجل تطبيق عملية تمييز وتعرف على مسميات المخطط النبضي باستخدام شبكة عصبونية ومن أجل التعامل مع صور النبضات على حدا.
- إن عدد أدلة الفصل يتعلق بعدد الأجزاء المكونة لصورة المخطط النبضي سواء كانت صورة نبضات أو محارف المسميات، ولكل جزء أربع أدلة فصل (تقطيع) اثنان أفقيان واثنان عموديان.
- لا بد من إجراء عملية فحص للأجزاء الناتجة عن عملية التقطيع لمعرفة إن كان هناك أجزاء بيضاء ولا تحوي أية معلومات مفيدة، والتي قد تنتج عن اختلاف أطوال مسميات الفصل كما نتج عن صورة المخطط النبضي الثالث والمبينة بالشكل (10).
- يتم تمييز صور النبضات عن صور محارف مسمياتها من خلال حجمها، حيث تكون صور محارف المسميات أصغر حجماً من صور النبضات والتي تُعالج باستخدام شبكة عصبونية لتمييز صورة نبضات العداد عن باقي صور النبضات، في حين تُعالج صور النبضات لمعرفة عدد النبضات الموجودة في صورة نبضات العداد.
- يتم تحديد النبضة بتحديد جبهتيها الصاعدة والهابطة، وبما أن لكل نبضة جبهتين إحداهما صاعدة والأخرى هابطة، لذلك يكون عدد النبضات حاصل قسمة عدد الجبهات الكلية سواء كانت صاعدة أم هابطة على 2، ويمثل عدد النبضات القيمة العددية للعداد الصناعي والمطلوب عدها.
- لا بد من إجراء عملية تمييز مسميات المخططات النبضية لمعرفة نبضات العداد عن نبضات الدخل والخرج، وذلك من أجل مطابقة دلائل لحظات التغير للعداد مع دلائل لحظات التغير للمداخل، لمعرفة الدخل الموصول مع العداد، ثم معرفة القيمة العددية للعداد من خلال قسمة عدد جبهات النبضات المرتبطة بالمدخل الموصول إلى العداد.
- إن دلائل لحظات التغير للعداد والمدخل الموصول له قد لا تتطابق تماماً، لذلك يجب أن تتم المقارنة ضمن مجال سماحية قدره $n_{eq} \in [-7,7]$ ، حيث نجد من أجل نظام بدء وانتهاء نبضي أن دليل العداد 285 في حين دليل المدخل المرتبط معه 284 ومنه $n_{eq} = -1$
- إن عملية تصميم متحكم صناعي قابل للوصل مع الحاسب، لا يمكن أن تتم إلا باستخدام متحكم صغري يحوي على وحدة اتصال من أجل إرسال القيمة العددية للعداد الصناعي التي تم استخلاصها من المخطط النبضي عبر الآلية المقترحة في هذا البحث و قد صُممت بيئة برمجية تعمل وفق الخوارزمية المقترحة وترتبط

مع العداد عبر وحدة اتصال تسلسلية، من أجل جعل العداد الصناعي قادر على تحليل صور المخطط النبضي واستخلاص القيمة العددية منه بواسطة البيئة البرمجية المصممة.

المراجع:

- [1] TAYMANOV, R.;SAPOZHNIKOVA K.;*What makes sensor devices and microsystems 'intelligent' or 'smart'?*, Smart Sensors and Mems, 2014, Pages 3-26.
- [2] STAAF. L.G.H; LUNDGREN P.; ENOKSSON P., *Present and future super capacitor carbon electrode materials for improved energy storage used in intelligent wireless sensor systems*, Nano Energy, Volume 9, October 2014, Pages 128-141.
- [3] Jason Mair; David Eyers; Zhiyi Huang; Haibo Zhang, *Myths in power estimation with Performance Monitoring Counters*, Sustainable Computing: Informatics and Systems, Volume 4, Issue 2, June 2014, Pages 83-93.
- [4] MORRIS, ALAN S.; LANGARI, REZA., *Intelligent Devices*, Measurement and Instrumentation (Second Edition), 2016, Pages 289-314.
- [5] SRIDEVI, K.;SIVARAMAN, E.;MULLAI, P.; *Back propagation neural network modelling of biodegradation and fermentative bio hydrogen production using +distillery wastewater in a hybrid up flow anaerobic sludge blanket reactor*, Bio resource Technology, In Press, Corrected Proof, 2014, Available online 27 March, pages 213.
- [6] FISZELEW, A.; BRITOS, P.; Perichisky, G.; GARCÍA-MARTÍNEZ, R., *Automatic Generation of Neural Networks based on Genetic Algorithms* Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, 2003, 2(1), 1-7.[19], pages 173.
- [7] JEREMY, KUN, *Neural Networks and the Back propagation Algorithm*, Math \cap Programming Posted on December 9, 2012, page 150.
- [8] CORBAL, L.; OSELLA MASSA G.; RUSSO, C.; LANZARINI, L.; DE GIUSTI, A., *Image Recovery Using a New Nonlinear Adaptive Filter Based on Neural Networks*, Journal of Computing and Information Technology - CIT 14, 2006, 4, 315-320 doi:10.2498 /cit.2006.04.07, pages 210.
- [9] SOILLE, P., *Morphological Image Analysis: Principles and Applications*, Springer-Verlag, 1999, pp. 173-174
- [10] DWAYNE PHILLIPS, *Image Processing in C*, Electronic Edition 1.0, 26 April 2000, pages 321.
- [11] HARALICK; ROBERT M.; AND LINDA G. SHAPIRO, *Computer and Robot Vision*, Volume I, Addison-Wesley, 1992, page 28-48