استخدام شريحة "Raspberry-Pi" وتقنية أنترنت الأشياء في التطبيقات الزراعية

الباحثة: م. خلود ياسر محمد

كلية: الهندسة التقنية جامعة: طرطوس

مُلخص:

البيت البلاستيكي عبارة عن مكان يتم فيه توفير البيئة المُثلى لنمو النبات وتفادي تغيرات المناخ الخارجي، لذلك يهدف هذا البحث إلى تصميم نظام لمراقبة العوامل البيئية داخل البيت البلاستيكي (مثل: رطوبة ودرجة الحرارة الجو، رطوبة التربة، شدة الإضاءة)، وبناءً على قيّم هذه العوامل يقوم النظام بالتحكّم في المُشغّلات (المروحة، جهاز الإنارة، مضخة المياه، الإنذار الصوتي) للحفاظ على بيئة مناسبة لنمو النبات.

تمحور هذا العمل حول تصميم نظام لتحسين انتاجية البيوت البلاستكية من خلال استخدام لوحة الراسبيري باي "Raspberry Pi model b+"، وتثبيت برمجية "العقدة-الحمراء" (Node-Red) على هذه اللوحة للتحكّم بمداخلها ومخارجها إضافةً إلى استخدامها كتطبيق لتقنية أنترنت الأشياء"IoT".

من أجل اختبار النظام المُصمم قمنا بتنفيذ نموذج تطبيقي وأعطت الاختبارات النتائج المرجوة منها، حيث قام النظام باتخاذ القرارات المناسبة تلقائياً لضبط قيم بارامترات البيئة الداخلية للبيت البلاستيكي ضمن الحدود المسموحة، مع توفير المراقبة الأنية محلياً ومن أي مكان من خلال متصفح الويب وخدمة البريد الالكتروني.

الكلمات المفتاحية:

بيت بلاستيكي، الراسبيري باي، IoT، برمجية "Node-Red".

Design control and observation system for the greenhouse Using Raspberry-Pi chip and IoT technology

Abstract:

The greenhouse is a place where the optimal environment is provided for plant growth and external climate changes are avoided, so this research aims to design a system to monitor the environmental factors inside the greenhouse (such as: air humidity and temperature, soil moisture, lighting intensity). Based on the values of these factors, the system controls the actuators (fan, lighting, water pump, sound alarm) to maintain a suitable environment for plant growth.

This work is based on designing a system to improve the productivity of greenhouses through the use of the Raspberry Pi "Raspberry Pi model b^{+}". And install Node-Red software on this board to control its inputs and outputs, in addition to using it as an application for the Internet of Things (IoT).

In order to test the designed system, we implemented an application model. The tests gave the desired results, as the system automatically took the appropriate decisions to adjust the values of the internal environment parameters of the greenhouse within the permissible limits. Giving real-time monitoring locally and from anywhere through a web browser and e-mail service.

key words: Greenhouse, Raspberry Pi, Internet of Thing, "Node-Red" Software.

1- المقدمة:

هناك العديد من الصعوبات التي تواجه عمل المزارعين في البيوت البلاستيكية، أبرزها المراقبة الآنية للبارامترات داخل البيت البلاستيكي وضبطها على القيم المناسبة للحفاظ على المزروعات من التلف وضمان الحصول على النوعية الجيدة. بالمقابل، هناك تطور تكنلوجي مُتسارع في جميع جوانب العملية التحكّمية، إضافة إلى تطور تقنيات الاتصالات حيث لم يعد الأنترنت وسيلة للتواصل بين البشر فقط، بل أصبح وسيلة للتواصل بين البشر والأشياء، وبين الأشياء فيما بينها بما يُعرف بتقنية أنترنت الأشياء (**I**nternet **o**f **T**hing) [1].

يتمحور العمل في هذا البحث حول أتمتة العمل ضمن البيت البلاستيكي، وذلك من خلال تصميم نظام للتحكّم والمراقبة باستخدام التقنيات الحديثة يعمل على جمع المُعطيات الضرورية (مثل: رطوبة ودرجة الحرارة الجو، رطوبة التربة، شدة الإضاءة)، بحيث يستطيع المزارع مراقبة هذه المُعطيات أنياً مهما كان بعيداً عن الموقع. يقوم النظام المُصمم بتنظيم عملية الري وضبط درجة الحرارة على القيم المناسبة لنوعية المزروعات من خلال التحكّم بالمُشغّلات (كالمروحة، جهاز الإنارة، مضخة المياه، الإنذار الصوتي) [2].

يعتمد النظام الذي قمنا بتصميمه على "الراسبيري باي" (Raspberry-Pi) كبديل متطور عن المُتحكّمات الصغريّة (Microcontrollers). تُمثل لوحة الراسبيري باي حاسب متكامل مصنوع من شريحة الكترونية واحدة تحتوي مكونات الحاسب التقليدي، وتمتاز بأبعاد وبوزن يجعل منها واحدة من أخف وأصغر الحواسيب في العالم. يتوفر "الراسبيري باي" بإصدارات متنوعة، اخترنا الأنسب لعملنا. من أجل تحقيق الترابط والتفاعل بين العالم المادي والفضاء الإلكتروني استثمرنا تقنية أنترنت الأشياء "IoT"، وقمنا بتنصيب برمجية "العقدة–الحمراء" (Node-Red) على الراسبيري باي والتي تُعتبر من الأدوات

القوية لبناء تطبيقات أنترنت الأشياء إضافةً إلى أنها تُتيح التحكّم بمداخل ومخارج "الراسبيري باي" بسهولة.

تم بناء نموذج تطبيقي يحاكي طبيعة العمل في البيت البلاستيكي من أجل اختبار صحة عمل النظام الذي قمنا بتصميمه.

2- الدراسات المرجعية:

اقترح عدة باحثون استثمار التقنيات التكنلوجية الحديثة، مثل الراسبيري باي وتقنية أنترنت الأشياء "IoT"، في المجال الزراعي من أجل تحسين الجودة والإنتاجية. سنستعرض في هذه الفقرة بعض الدراسات الحديثة ذات الصلة بموضوع البحث.

تنتشر البيوت البلاستيكية على نطاق واسع لتوفير الخضروات والفواكه والمحاصيل الأخرى الموسمية وغير الموسمية، لكن هناك حاجة مستمرة لضبط العوامل المؤثرة على البيئة داخل البيت البلاستيكي من خلال التحكم المؤتمت بالعوامل البيئية [3]. في الدراسة [4]، تم تطوير نظام ذكي لقياس الرطوبة كنموذج أولي لإدارة الري يمكنه مساعدة المزارع على الري في الوقت المناسب واختيار كمية السماد المناسبة. كان الهدف الرئيسي من الدراسة [5] تصميم وبناء وحدة تحكّم في البيت البلاستيكي يمكنها الحفاظ على البارامترات البيئية، من خلال قراءات أجهزة الاستشعار وعرضها بشكل أني. أكد الباحثون في [6] أنّه في المجال الزراعي يمكن أن تساعد تقنية أنترنت الأشياء "IoT" في التحكّم في جميع العوامل المناخية تلقائياً دون أي تدخل بشري مع إمكانية مراقبة هذه البارامترات عن بُعد عن طريق الأنترنت. في البحث [7]، صمم المؤلفون بنية متعددة المستويات بهدف المراقبة الذكية للمزروعات والقائمة على أنترنت الأشياء، وتم اختبار هذه البنية من خلال النمذجة والمحاكاة مع الأخذ بعين الاعتبار مختلف العوامل المؤثرة على المزروعات. تمحور العمل في البحث [8] حول زيادة مردود المحاصيل الزراعية باستخدام التكنولوجيا المعاصرة، حيث تم تصميم نظام ذكي يقوم بمراقبة المزروعات في البيوت

البلاستكية بالاعتماد على "IoT" باستطاعته تنبيه المستخدمين عبر تطبيقات الهاتف المحمول إلى قيم بارامترات الحرارة والرطوبة ورطوبة التربة وشدة الضوء. بين البحث [9] أن استثمار لوحة الراسبيري باي وفر إمكانية إدارة البيت البلاستيكي من خلال التحكم في قيم العوامل البيئية الداخلية للبيت بشكل يضمن نمو النباتات بشكل صحيح. في [10]، تم تصميم نظام تحكّم باستخدام الراسبيري باي لتحسين ظروف انتاج البطاطا، والنتيجة كانت الحصول على محصول جيد.

3- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في ادخال التكنولوجيا المتطورة في مجال الزراعة بشكل عام والبيوت البلاستيكية بشكل خاص، وذلك من خلال استثمار لوحة راسبيري باي متطورة في بناء نظام تحكّم ومراقبة قادر على التنبؤ بالمشاكل التي قد تحدث، وتقوم بحماية المزروعات من الضرر من خلال ضبط أهم البارامترات التي تؤثر عليها (مثل، ضبط درجة الحرارة، وتنظيم عملية الري). يتيح النظام المُصمم المراقبة الأنية محلياً ومن أي مكان من خلال متصفح الويب وخدمة البريد الالكتروني. يُمكن تلخيص أهداف البحث في النقاط التالية:

- ادخال التقنيات الحديثة من أجل التحكّم الموثوق بالبيت البلاستيكي بهدف الحفاظ على المزروعات من التلف والحصول على مردود أعلى.
- تأمين مراقبة مستمرة (محلياً وعن بعد) للبيت البلاستيكي.
- تقليل الهدر في المياه والتقليل من استخدام الأيدي العاملة.
- تحديث إعدادات النظام بسهولة ليلائم أنواع مختلفة من النباتات.

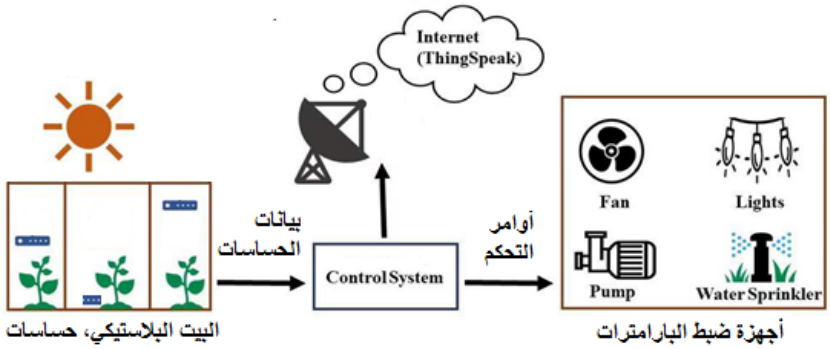
4- أدوات البحث:

يعتمد النظام المُصمم على الـ "Raspberry Pi"، الشريحة Raspberry Pi model "b+". الأدوات اللازمة لتشغيل الراسبيري باي، هي: لوحة مفاتيح، فأرة، شاشة، وصلة "HDMI-VGA"، مصدر للطاقة، كبل "HDMI"، كبل شبكة، بطاقة الذاكرة لتنصيب

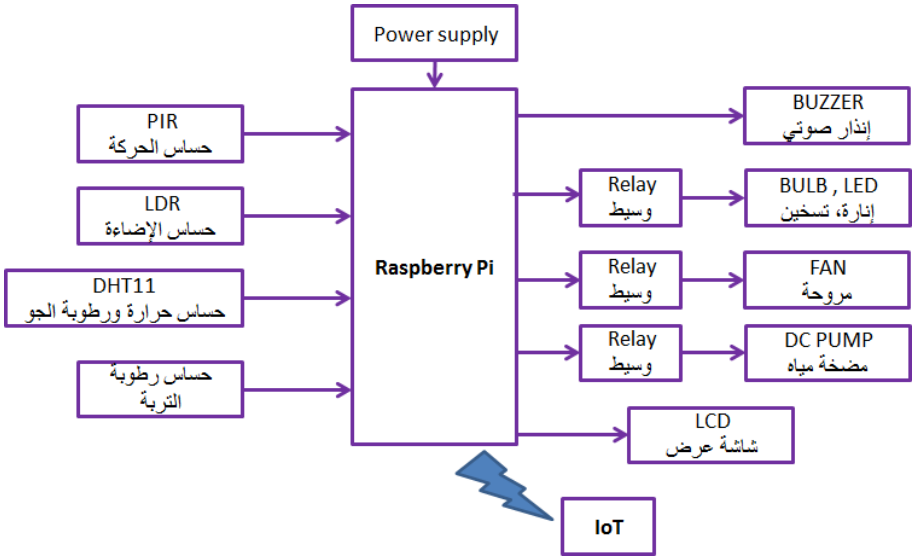
نظام التشغيل عليها من نوع MICROSD. استخدمنا مجموعة من الحساسات والمُشغّلات اللازمة لتنفيذ النموذج التطبيقي. البرمجيات المُستخدمة، هي: نظام تشغيل "Linux" للراسبيري باي توزيعة "Raspbian" النسخة "2018-11-13-raspbian-stretch-full". من أجل التحكّم بمداخل ومخارج الـ "Raspberry Pi" وتأمين الاتصال بالأنترنت قمنا بتنصيب برمجية العقدة–الحمراء "Node-Red" (النسخة: v1.0.6 (npm)).

5- مخطط نظام التحكّم والمراقبة:

يلعب المناخ دوراً أساسياً في نمو المحاصيل وإنتاجيتها، لذلك لا بد من ضبط العوامل البيئية داخل البيت البلاستيكي من خلال نظام تحكّم مؤتمت، الشكل (1).



الشكل (1): مخطط عام لنظام التحكم المُقترح بالبيت البلاستيكي.

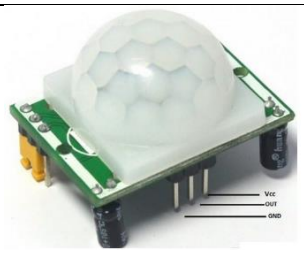


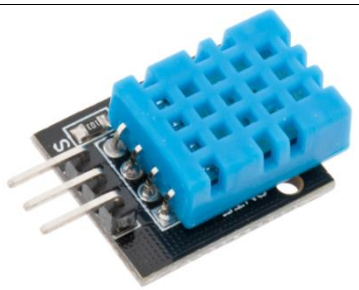
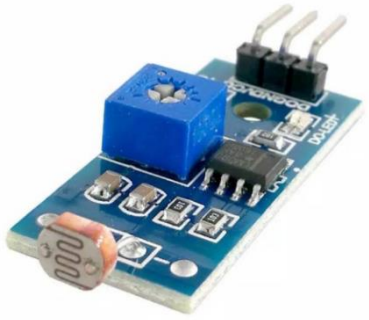
الشكل (2): المخطط الصندوقي للنظام المُراد تصميمه.

يتكون نظام التحكّم والمراقبة المُراد تصميمه، الشكل (2)، من عدة حساسات (رطوبة ودرجة الحرارة الجو، رطوبة التربة، الإضاءة، حساس الحركة) تتصل بشريحة الـ "Raspberry Pi" المُدمجة مع تقنية أنترنت الأشياء "IoT". يقوم الراسبيري باي بمُعالجة قيّم الحساسات والتحكّم في المُشغّلات (المروحة، جهاز الإنارة، مضخة المياه، الإنذار الصوتي).

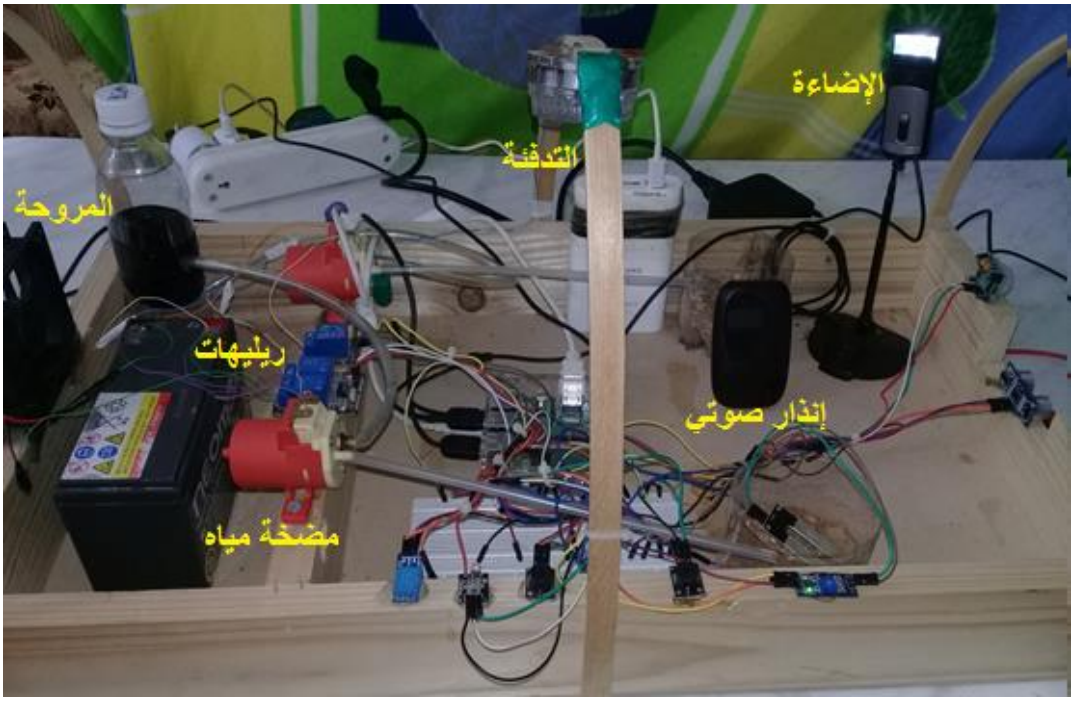
5-1- الحسّاسات والمُشغّلات:

استخدمنا مجموعة من الحساسات، ستأتي على ذكرها باختصار.

- حسّاس الحركة "PIR": يعمل على قياس مقدار التغير في الأشعة تحت الحمراء الصادرة عند تحرك الإنسان أمام الحساس، ويعطي اشارة بأن هناك شخص، الشكل (3).	 **الشكل (3): الحساس "PIR".**

– حسّاس رطوبة التربة (Soil moisture): خرج هذا الحساس عبارة عن اشارة جهد تُعبر عن نسبة الرطوبة في التربة، الشكل (4).	 **الشكل (4): حساس رطوبة التربة.**
– حسّاس الحرارة والرطوبة "DHT11": لقياس درجة الحرارة والرطوبة في الجو داخل البيت البلاستيكي، الشكل (5). نطاق قياس درجة الحرارة في هذا الحساس من 0 إلى 50+ درجة مئوية، وجهد التشغيل هو (3–5) فولت.	 **الشكل (5): الحساس** "DHT11"
– حسّاس الضوء "LDR": يعتمد على المقاومة الضوئية، ويعمل بجهد يتراوح بين (3.5-5V) ومزود بمقاومة متغيرة لضبط عتبة القدح على المخرج الرقمي، الشكل (6).	 **الشكل (6): الحساس** "LDR"

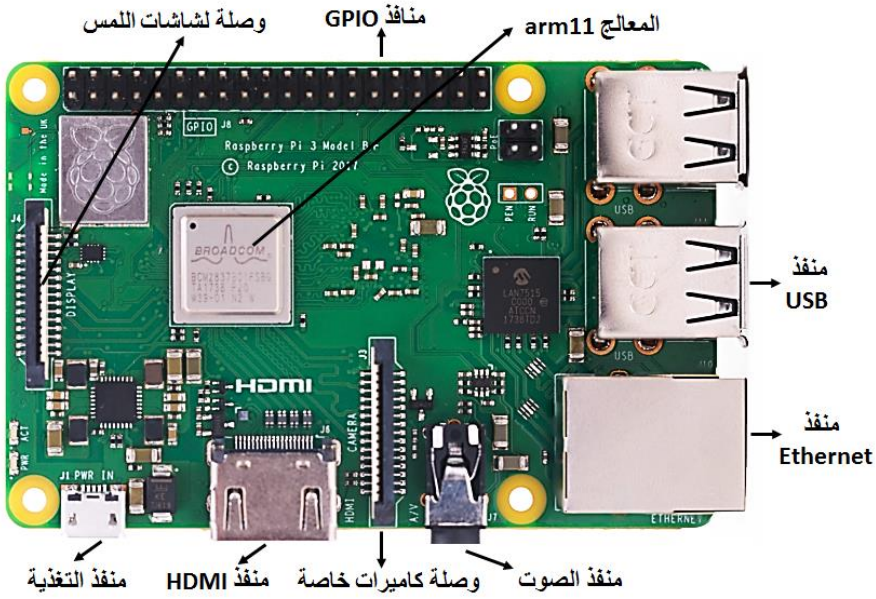
أما بالنسبة للمُشغّلات، فهي: مضخة مياه، المروحة، جهاز التدفئة (Bulb)، جهاز الإضاءة (Led)، جهاز الإنذار الصوتي. يبين الشكل (7) توضع المُشغلات (والحسّاسات) داخل نموذج البيت البلاستيكي. طبعاً، يتم وصل المُشغلّات بلوحة الراسبيري باي عن طرق وسيط هو الريليه.



الشكل (7): حسّاسات ومشغّلات البيت البلاستيكي.

5-2- الراسبيري باي "Raspberry Pi":

انطلق الـ Raspberry Pi في عام 2012 كأصغر وأرخص حاسوب في العالم، الشكل (8).



الشكل (8): الشريحة Raspberry Pi 3 model b^{+}

ويتكون من مُعالج بيانات أحادي النواة، ومعالج للرسوميات (GPU) قادر على تشغيل الأفلام عالية الدقة كما يحتوي على ذاكرة RAM [11, 12, 13]. تتوفر شريحة الراسبيري باي في عدة إصدارات حسب التطبيق، من أجل دراستنا اخترنا الشريحة "Raspberry Pi 3 model b^{+}" لأن مواصفاتها تناسب النظام الذي نريد تصميمه وتكفي لاحتياجاته [14].

يعمل الراسبيري باي بنظام تشغيل لينكس (Linux)، وهو نظام تشغيل: مجاني، مفتوح المصدر آمن وموثوق، تحديثاته مستمرة بفضل المجتمع العملاق من المطورين الذين يعملون على تحديثه. يوجد العديد من التوزيعات لنظام Linux التي تدعم Raspberry، اخترنا توزيعة Raspbian النسخة (2018-11-13-raspbian-stretch-full)، وهي نسخة مبنية على نظام Linux Debian وتتميز بسهولة تشغيلها على الراسبيري باي.

قمنا بثبيت برمجية العقدة–الحمراء "Node-Red" على الراسبيري باي (النسخة v1.0.6 (npm)) للتحكّم بمداخله ومخارجه (أي منافذ GPIO) والتي تُعتبر من الأدوات الهامة لتقنية أنترنت الأشياء "IoT" [15, 16].

5-3- أنترنت الأشياء "IoT":

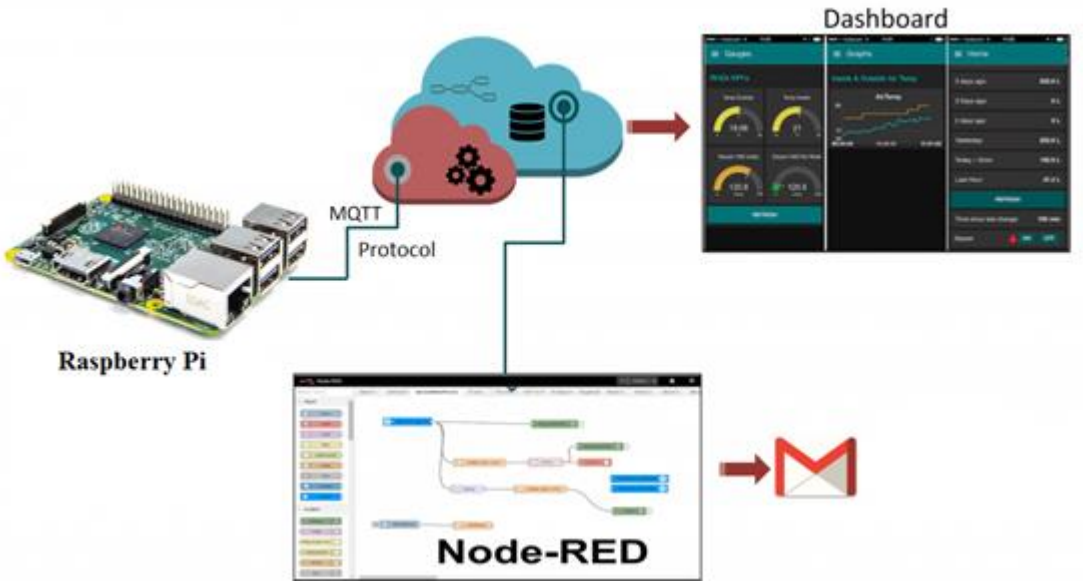
تُعتبر تقنية أنترنت الأشياء (**I**nternet **o**f **T**hings) ثورة جديدة للأنترنت تتيح للحياة البشرية أن تتطور إلى الحياة الذكية، تهدف هذه التقنية إلى تمكين الترابط والتكامل بين العالم المادي والفضاء الإلكتروني. فتحت تقنية الـ "IoT" الطريق من أوسع أبوابه للأنظمة الذكية من ناحية توفيرها للعديد من التطبيقات في المراقبة والتحكّم (التي تحتاج إلى جمع كم هائل من البيانات) عن بُعد في الزمن الحقيقي [17].

اعتمدنا على برمجية "العقدة–الحمراء" (Node-Red) لبناء تطبيق أنترنت الأشياء "IoT".

وقد اخترنا الـ "Node-RED" للأسباب التالية: هي برمجية مفتوحة المصدر، وتُبسط البرمجة لأنها تعتمد على البرمجة المرئية والتي تسمح بتوصيل كتل التعليمات البرمجية بدلاً إضاعة الوقت على كتابة التعليمات البرمجية، وبالإضافة إلى أنّه بإمكان الـ "Raspberry Pi" تشغيل الـ "Node-RED" بشكل مثالي [18, 19, 20].

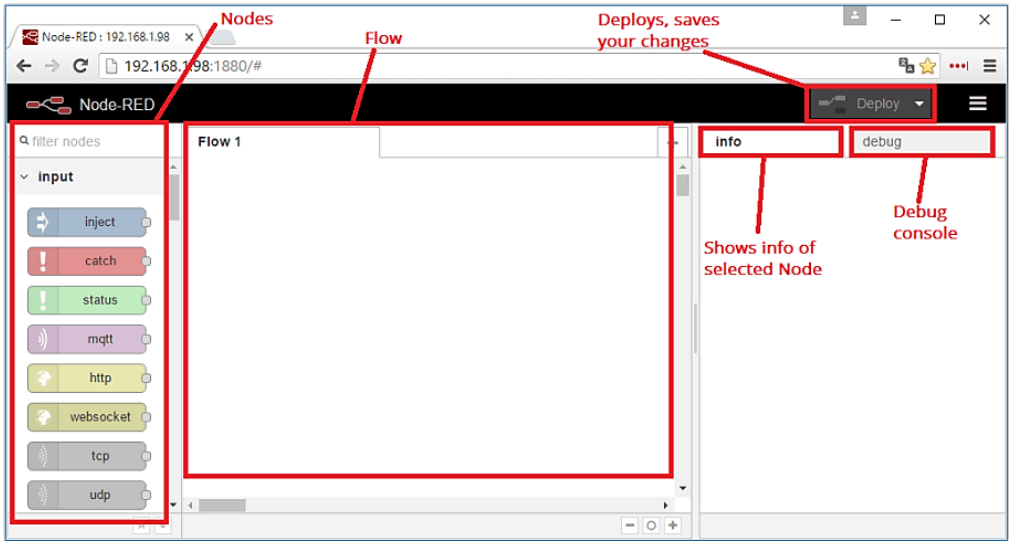
6- التصميم البرمجي:

يمكن من خلال برمجية الـ Node-RED التحكّم بالأجهزة عن طريق نافذة الـ "Dashboard" وهي واجهة رسومية تضم صناديق خاصة بكل عنصر من عناصر نظام التحكّم والمراقبة، ويتم عن طريق البرنامج المُصمم ربط الراسبيري باي مع شبكة الأنترنت، الشكل (9).



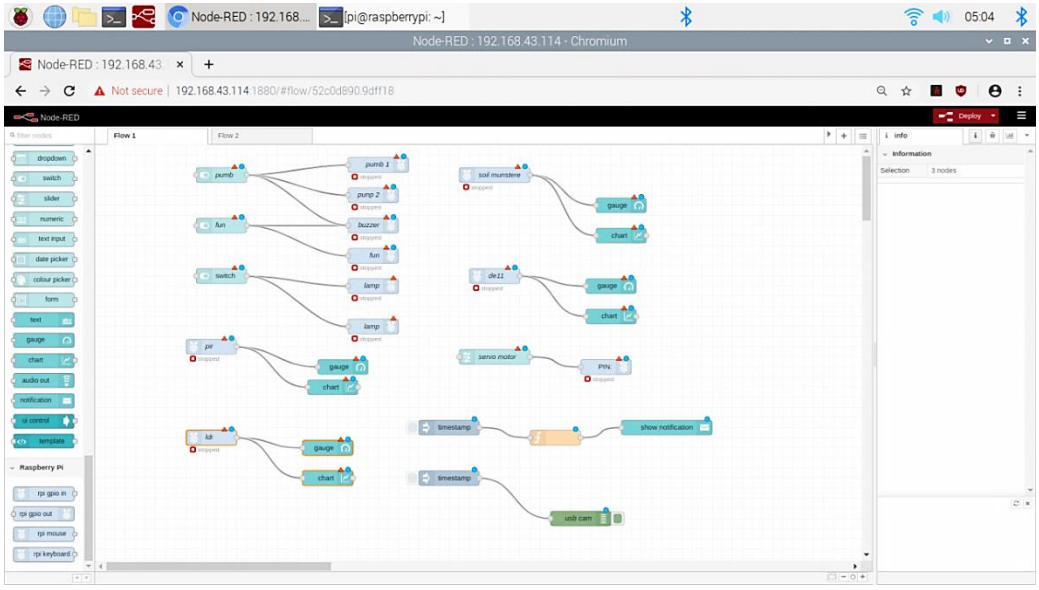
الشكل (9): مخطط ربط ربط الراسبيري باي مع الأنترنت عبر الـ "Node-Red".

يبين الشكل (10) واجهة برمجية الـ Node-Red، حيث يوجد على الجانب الأيسر قائمة تحتوي على مجموعة من الصناديق تسمى بالعقد (Nodes) والتي يتم تقسيمها حسب وظائفها (دخل، خرج، ... الخ) (أي منافذ GPIO). في حال تم تحديد أي عقدة فإنّه يمكن مراقبة عملها من خلال علامة تبويب المعلومات (info). يتم وضع العقد ضمن القسم (Flow).



الشكل (10): واجهة برمجية الـ Node-Red

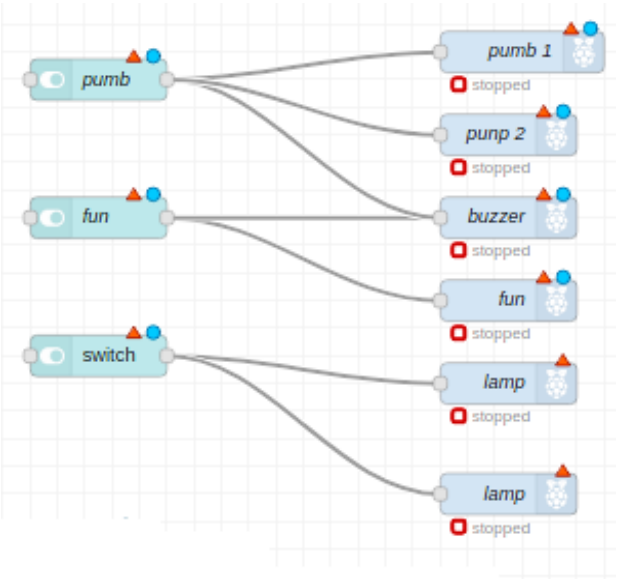
يوضح الشكل (11)، المخطط التدفقي (Flow) للبرنامج المُصمم، حيث تم استخدام العديد من العقد الخاصة بالفصل والوصل، والصناديق الخاصة بالدخل لقراءة قيم الحسّاسات والصناديق الخاصة بالمُشغّلات.



الشكل (11): المخطط التدفقي للبرنامج في الـ "Node-Red".

تنقسم واجهة الـ "Node-RED" إلى ثلاثة أقسام: قسم خاص بالعقد المُستخدمة، وقسم أخر يمثل مساحة العمل (المخطط التدفقي للبرنامج المُصمم). والقسم الأخير يُظهر الإعدادات والتغيرات الحاصلة في البرنامج، كما يحدد الأخطاء والمعلومات عن العقد، ويحتوي على جداول بالاختصارات المهمة لعمل البرنامج.

يُظهر الشكل (12) القسم البرمجي الخاص بالمُشغّلات، حيث يتم تشغيل كل من المُشغّلات (المضخات، والمروحة، والمصابيح، والإنذار الصوتي) الموصولة على منافذ الخرج في الراسبيري باي من خلال صناديق المفاتيح.



الشكل (12): القسم البرمجي الخاص بالمُشغلّات.

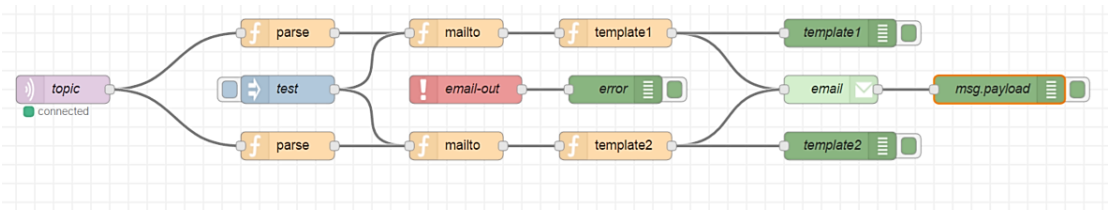
يتم ربط الراسبيري باي مع شبكة الأنترنت عن طريق برنامج الـ Node-RED الذي قمنا بتصميه وذلك من خلال البروتوكول MQTT، حيث قمنا بتعريف (تثبيت) العقد الخاصة بالبريد الالكتروني لإرسال واستقبال البيانات من خلال التعليمة:

npm install node-red-node-email

تعمل التعليمات التالية على انشاء عقد جديدة ضمن البيئة البرمجية، واضافة نصوص برمجية ضمن العقدة تسمح بالوصول إلى البريد الالكتروني.

```
pi@raspberry:~ $ sudo apt-get install npm
pi@raspberry:~ $ sudo npm install -g npm@2.x
```

بعد تهيئة هذه العقد، يمكن فتح الواجهة عبر أي مُتصفح للوصول إلى البيئة البرمجية، طبعاً يجب وضع "IP" للجهاز المتصل. يبين الشكل (13) واجهة البيئة البرمجية التي تظهر عليها العقد الخاصة بالبريد الالكتروني.

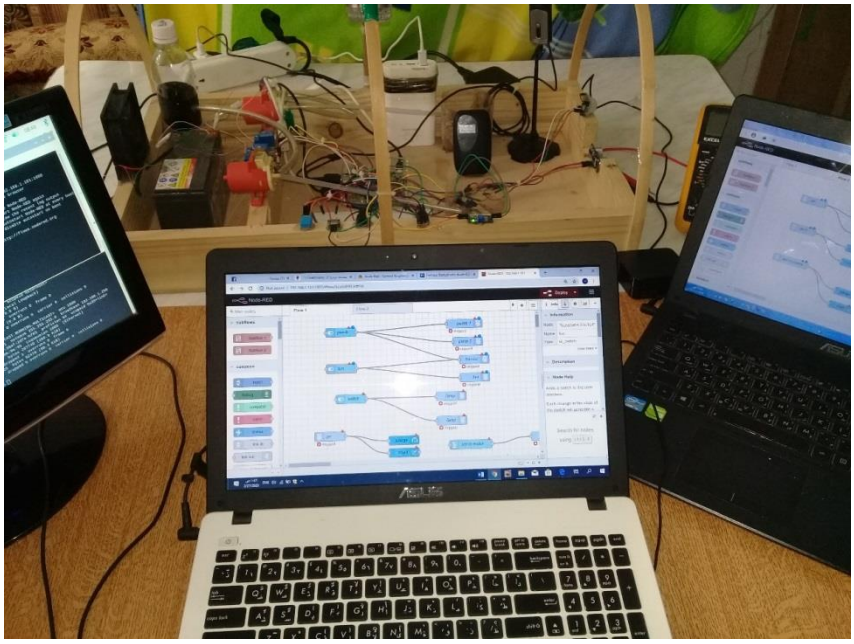


الشكل (13): العقد الخاصة بالبريد الالكتروني.

7- الاختبارات ومناقشة النتائج:

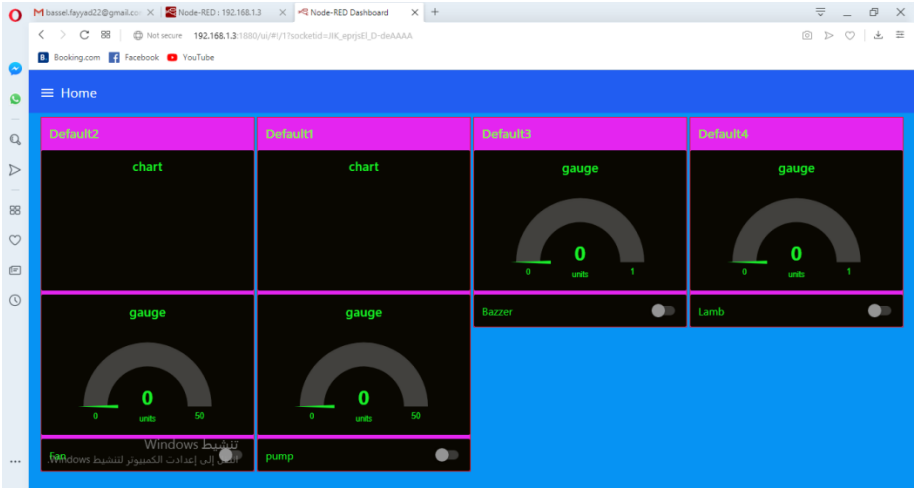
من أجل اختبار نظام التحكم والمراقبة بالبيت البلاستيكي، قمنا بتنفيذ النموذج التطبيقي المبين في الشكل (14).

بعد القيام بتشغيل النظام، قام الراسبيري باي بمراقبة قيم العوامل المناخية داخل البيت البلاستيكي وذلك في الوقت الحقيقي (Real-time)، وقارن القيم المُقاسة بقيم العتبة المُحددة مسبقاً، وذلك من أجل اتخاذ قرارات التحكّم لتشغيل/إيقاف الأجهزة لتنظيم قيم البارامترات المناخية غير المستقرة.



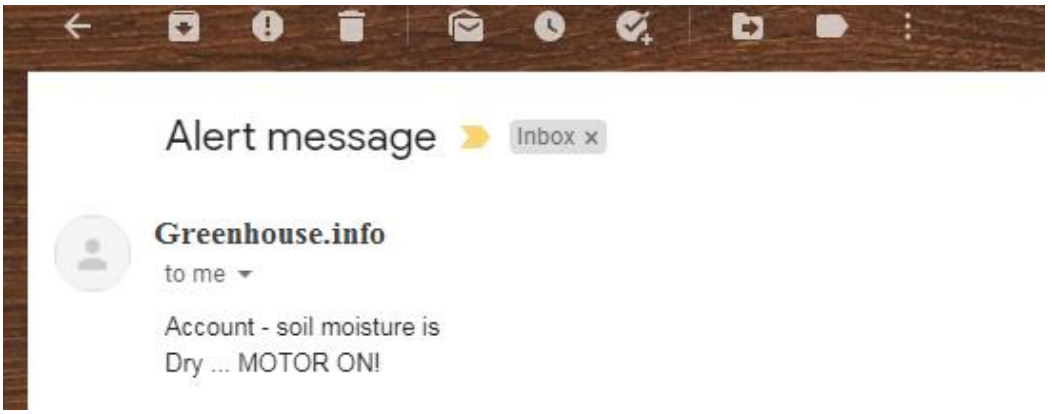
الشكل (14): نظام التحكم والمراقبة بالبيت البلاستيكي.

تمكّن النظام من نقل المعلومات إلى متصفح الويب على الأنترنت لمراقبة حالة الأجهزة (المُشغّلات) والتحكّم بها، الشكل (15)، وذلك من خلال استغلال قدرة الراسبيري باي على الاتصال مع الأنترنت عن طريق برمجية "Node-Red".



الشكل (15): واجهة التحكّم المراقبة عن بُعد.

كذلك، أتاح النظام إمكانية المراقبة الآنية ومن أي مكان عن طريق ارسال معلومات عن حالة البيت البلاستيكي عبر خدمة البريد الالكتروني، الشكل (16).



الشكل (16): ارسال معلومات عن حالة البيت البلاستيكي عبر البريد الالكتروني.

أيضاً، مكّننا النظام من مراقبة حالة البيت البلاستيكي محلياً من خلال قراءة البارامترات المناخية التي يتم استشعارها من على شاشة LCD (قمنا باستخدام كابل HDMI لتوصيل لوحة الراسبيري باي بالشاشة)، الشكل (17).

الشكل(17):عرض قيم خرج مختلفة على شاشة LCD.

من ناحية أخرى، قمنا بإجراء الاختبارين التاليين للتأكد من صحة عمل النظام، كما يلي:

الاختبار الأول: تم إجراء هذا الاختبار عندما تكون درجة الحرارة أكثر من 40 درجة مئوية مع وجود تربة رطبة وفي النهار، وتم الحصول على النتائج التالية:

- تظهر حالة درجة الحرارة والرطوبة على شاشة الـ LCD.
- يقوم النظام بتشغيل المروحة.

- إيقاف تشغيل المضخة (رطوبة في التربة).
- يتم عرض رطوبة التربة على شاشة LCD.
- يقوم النظام بإطفاء ضوء الـ LED (قيمة حساس LDR عالية).
- يتم عرض رسالة النهار على شاشة LCD.

الاختبار الثاني: تم إجراء هذا الاختبار عندما تكون درجة الحرارة أقل من 40 درجة مئوية بدون تربة رطبة وفي الليل، وتم الحصول على النتائج التالية:

- تظهر قيم درجة الحرارة والرطوبة على شاشة LCD.
- يقوم النظام بإيقاف تشغيل المروحة.
- تشغيل المضخة (التربة غير رطبة).
- يتم عرض رطوبة التربة الجافة على شاشة LCD.
- يقوم النظام بتشغيل ضوء LED (قيمة حساس LDR منخفضة)
- يتم عرض رسالة الوقت الليلي على شاشة LCD.

إذاً، استنادًا إلى البيانات الواردة، يقوم النظام باتخاذ القرار من خلال تنفيذ الترتيبات المناسبة لتنظيم بارامترات مناخ البيت البلاستيكي.

8- الخلاصة والعمل المستقبلي:

تم في هذه الدراسة تصميم نظام مكون من شريحة راسبيري باي، وحساسات، وتقنية أنترنت الأشياء بهدف تحصيل البيانات المناخية وارسالها إلى المسؤول من خلال متصفح الويب وخدمة البريد الالكتروني عبر الأنترنت. تتخذ شريحة الراسبيري باي القرار المناسب للتحكّم في قيم بارامترات البيئة الداخلية للبيت البلاستيكي من خلال "تشغيل/إيقاف" الأجهزة ، مثل: المروحة والأضواء، ومضخة المياه ، ... وما إلى ذلك.

شبكة الحساسات بسيطة ومنخفضة التكلفة. النظام قابلاً للتنفيذ على نطاق أوسع، وسيكون مفيداً لتحقيق نمو ملحوظ في الإنتاجية والربحية.

امتاز النظام المُصمم بالفوائد التالية:

- ✓ القدرة على تأمين مراقبة مستمرة محلياً وعن بعد للبيت البلاستيكي.
- ✓ التقليل من تكلفة العمالة البشرية.
- ✓ النظام آمن (نظام تسجيل الدخول وكلمة المرور).
- ✓ إمكانية تحديث إعدادات النظام بسهولة ليلائم أنواع مختلفة من النباتات.

كمشكلة بحث مستقبلية، يمكن استخدام تقنية مُعالجة الصورة مع النظام الذي قمنا بتصميمه لاكتشاف العيب في الأوراق ومراقبته لاتخاذ تدابير وقائية.
أيضاً، يمكن استخدام شريحة الراسبيري باي مع شبكة من الحساسات اللاسلكية بدلاً من الحساسات السلكية لرفع أداء النظام.

المراجع References

[1] V. MONIKA, and all., "Greenhouse Wireless Network Monitoring and Management Using IoT", International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 119 No. 10, 2018.

[2] Neel Pradip Shah, Priyang Bhatt, " Greenhouse Automation and Monitoring System Design and Implementation", International Journal of Advanced Computer Research, 2017.

[3] Alabassby BFNM, Mahdi JF, Kadhim MA, "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Design and Implementation WSN Based on Raspberry Pi for Medical Application", 2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET-2019), 2019.

[4] Kiani F., "Reinforcement Learning Based Routing Protocol for Wireless Body Sensor Networks", 7th International Symposium on Cloud and Service Computing (SC2), 2017.

[5] Kiran Ganesan, Uzma Walele, Namrata Hambire, PIyush Chaugule, Dipthi Oommen: "Raspberry pi based automated greenhouse," International Reasearch Journal Of Engineering and technology volume: 05 issue: 03, march 2018.

[6] Jayasundara JMSMB, Herath HMSK, Wanniarachchi WKIL, "An Automated Soil and Climatic Conditions Controlling Greenhouse", International Journal of Scientific Engineering and Technology, 2017.

[7] D. Cavaliere, V. Loia, y S. Senatore, "Towards a layered agent-modeling of IoT devices to precision agriculture", en 2020 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), United Kingdom, 2020.

[8] C .R. Dongarsane, and all., "Greenhouse Automation using IoT", International Research Journal Of Engineering and Technology(IRJET) ,2017.

[9] Kiran Ganesan, and all., "Raspberry pi based automated greenhouse", International Reasearch Journal Of Engineering and technology, 2018.

[10] Shete R, and all., "IoT based urban climate monitoring using Raspberry Pi", International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 2016.

[11] T Sujitha and All, "Power Consumption in Smart Home Using Raspberry Pi", International Journal of Pure and Applied Mathematics, 2018.

[12] Luis Miguel Rocha Jacinto, "Raspberry Pi controlling a process using I/O ports Interconnection of multiple devices", University of Coimbra, Portugal, 2015.

[13] Saraswati Shelvane, and all., "Greenhouse monitoring using Raspberry Pi ", IRJET, Volume: 06 Issue: 04, Apr 2019.

[14] Datasheet, "Raspberry Pi 3 Model B+", Raspberry Pi Foundation, raspberrypi.org., 2018.

[15] M. Jagadesh, and all., "IoT Based Aeroponics Agriculture Monitoring System Using Raspberry Pi", IJCRT, Volume 6, Issue 1, 2018.

[16] Ranjitha K, "Smart Farm Management using Raspberry-Pi and Internet of Things (IoT)", ISSN(Online): 2320-9801, ISSN (Print): 2320-9798, 2018.

[17] Laura García, and all., "IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture", mdpi, Sensors, 2020.

[18] Sri Mulyono, and all., "Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT", Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI), Vol. 3, No. 1, 2018.

[19] Sathish Kumar Selvaperumal, and all., " Integrated Wireless Monitoring System Using LoRa and Node-Red for University Building", Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, Vol. 16, 3384–3394, 2019.

[20] Opto 22, "Build a Raspberry Pi with Node-Red and Industrial I/O", Technical Note, 2017.