

## استخدام تقنيات الري الحديثة في أتمتة عمليات الإنتاج الزراعي

م.زين الدين محمود احمد\*

م.نوفل عدنان سليمان\*\*

م.بشرى جميل حمود\*\*\*

(تاريخ الإيداع ١٥/١٠/٢٠٢٣ - تاريخ النشر ٤/١٢/٢٠٢٣)

### □ ملخص □

تكنولوجيا انترنت الاشياء تقنية ممتازة لتشبيك جميع الأجهزة وامكانية الوصول إليها عبر الانترنت بالإضافة لظهور الذكاء الاصطناعي فرض نفسه في جميع مجالات الحياة لما له أهمية وفائدة كبيرة لا يمكن تجاهلها، هذه التقنيات الحديثة لا بد من تجربتها في المجال الزراعي وخاصة في ظل ما يعانيه بلدنا في هذه الظروف من مشاكل كبيرة في المجال الزراعي وخاصة في مجال الري لذلك قررنا استخدام تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي للأشياء في مراقبة عملية الإنتاج الزراعي والتركيز على عملية الري، تم وضع دراسة آلية للتعامل مع أي حقل زراعي بمختلف الأشكال والأنواع حيث تم تصميم وتنفيذ نظام لزيادة انتاجية الحقل الزراعي، وهذا النظام يناسب جميع أنواع الحقول الزراعية بحيث تم مراعاة سهولة التنفيذ بغض النظر عن شكل الحقل الزراعي أو نوع المنتج، في البداية تم تصميم متحكم ضبابي باستخدام برنامج الماتلاب بحيث يتحكم بعملية الري عن طريق متحكم مبرمج بتقنية المنطق الضبابي متصل معه ثلاث حساسات تزوده ببارمترات الحقل الزراعي وبناءً على القواعد الضبابية يتم اتخاذ القرار واعطاء أمر التشغيل لمضخة الري بسرعات متغيرة متناسبة مع القواعد الضبابية، تم اقتراح توزيع عقد (Nodes) أو ما يسمى بالعقد الفرعية التي تحتوي على متحكم يدعم تقنية ال Wifi له عدة أنواع من الحساسات متصلة معه، تتصل هذه العقد الفرعية مع السيرفر الرئيسي.

تم تأمين الطاقة الكهربائية المشغلة للنظام عن طريق التغذية من النظام الكهروضوئي، وتنفيذ التجربة وقراءة النتائج والمنحنيات فلوخط أن كمية التوفير في المياه كانت أقل بنسبة ٢٥% من الكمية المستهلكة في حالة الري التقليدي، وتم توفير في أجور الأيدي العاملة بنسبة حوالي ٣٣%.  
**الكلمات المفتاحية:** الري الذكي، منطق ضبابي، توفير المياه، الذكاء الاصطناعي، انترنت الأشياء.

\*ماجستير في هندسة الامتدة الصناعية-كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس

\*\*ماجستير في هندسة الطاقة الشمسية والطاقت المتجددة- كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس

\*\*\*ماجستير في هندسة المواد التطبيقية- كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس

# Using Modern Irrigation Techniques to Automation of Agricultural Production Processes

Eng. Zain Al-dein Mahmoud Ahmad\*

Eng. Nofal Soleiman\*\*

Eng. Boshra Hammoud\*\*\*

(Received 15/10/2023.Accepted 4/12/2023)

## □ABSTRACT □

Internet of Things technology is an excellent technology for networking all devices and the possibility of accessing them via the Internet, in addition to the emergence of artificial intelligence, which has imposed itself in all areas of life because of its great importance and benefit that cannot be ignored. These modern technologies must be tried in the agricultural field, especially in light of the problems that our country is suffering from in these circumstances. It is significant in the agricultural field, especially in the field of irrigation. Therefore, we decided to use artificial intelligence technology for things to monitor the agricultural production process and focus on the irrigation process. An automated study was developed to deal with any agricultural field of various shapes and types. A system was designed and implemented to increase the productivity of the agricultural field, and this system suits All types of agricultural fields, so that ease of implementation was taken into account, regardless of the shape of the agricultural field or the type of product. Initially, a fuzzy controller was designed using the MATLAB program, so that it controls the irrigation process through a controller programmed with fuzzy logic technology connected to it with three sensors that provide it with agricultural field parameters and based on the rules. The decision is made and the operation order is given to the irrigation pump at variable speeds proportional to the fuzzy rules. It has been proposed to distribute nodes or so-called sub-nodes that contain a controller that supports Wi-Fi technology and has several types of sensors connected to it. These sub-nodes communicate with the main server.

The electrical power operating the system was provided by feeding it from the photovoltaic system. The experiment was carried out and the results and curves were read. It was noted that the amount of water saved was 25% less than the amount consumed in the case of traditional irrigation, and there was a saving in labor wages of about 33%.

**Keywords:** Smart irrigation, Fuzzy Logic, water saving, Artificial Intelligence, internet of things.

---

\*Master in Industrial Automation Engineering - Faculty of Technical Engineering - Tartous University.

\*\*Master in Solar Energy and Renewable Energy Engineering - Faculty of Technical Engineering - Tartous University.

\*\*\*Master in Applied Materials Engineering - Faculty of Technical Engineering - Tartous University

**المقدمة:**

استخدام أنظمة الزراعة الذكية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي حيث الذكاء الاصطناعي علم حديث [١]، يبحث عن طرق فعالة لمحاكاة الذكاء البشري رقمياً وإيجاد السبل المثلى لفهم آلية عمل الدماغ [٢]، ومعالجته للمعلومات بسرعة وكفاءة عالية، وكيفية استجابته لمختلف الظروف والمواقف بمرونة كبيرة [٣]، كما يعرف على أنه قدرة الآلات على القيام بالأشياء التي تتطلب ذكاء [٤]، أبحاث الذكاء الاصطناعي تحاول اكتشاف ووصف جوانب الذكاء البشري التي يمكن محاكاتها بوساطة الآلات، وتهدف إلى زيادة قدرة الحواسيب على جمع المعلومات، والتعلم منها، وفهمها، واكتساب الخبرات من خلال التمييز الدقيق بين القضايا المختلفة، واستبعاد المعلومات غير المناسبة، والاختيار بين مجموعة من الخيارات، وذلك بدراسة مجموعة الاحتمالات المتعلقة بها، ومعرفة نتيجة كل احتمال، والنتائج المترتبة عنه، واختيار أفضل القرارات الممكنة التي توصل إلى النتائج المطلوبة، بالإضافة إلى استنباط القوانين العامة من خلال مجموعة من الأمثلة الواردة إلى الجهاز الآلي، وبناء المعرفة الذاتية، بحيث تكون الآلة في النهاية قادرة على الاستجابة للمتغيرات المختلفة بمرونة تامة، بتوقيت وزمن جيد في مختلف المواقف والظروف المحيطة [٥]. يعتبر المنطق الضبابي فرعاً أساسياً من فروع الذكاء الصناعي، ظهر عام 1965 على يد العالم الأذربيجاني الأصل لطفي زاده [6] Lutfi Zadeh، في جامعة كاليفورنيا California University Berkeley، وهو أداة رياضية للتعامل مع عدم اليقين، والحوسبة الناعمة المعتمدة على الكلمات اللغوية، وقد لاقت تطبيقات المنطق الضبابي انتشاراً واسعاً جداً بعد دخوله مجال التحكم في عام 1974 على يد الدكتور مامداني Ebrahim Mamdani في تصميم مولد بخار في إعدادات المختبر [٦]، ومنذ ذلك الوقت وإلى الآن، ومجالات تطبيقات المنطق الضبابي في اتساع متزايد لكفاءته في معالجة المشكلات اللغوية المعقدة، التي يصعب إيجاد النموذج الرياضي الدقيق لها [٧].

**هدف البحث:**

إن التقدم التكنولوجي في عصرنا الحالي يتجه نحو زيادة وتحسين الذكاء في الآلات وتطويرها لكي تحاكي آلية تفكير الإنسان وقدرتها على التكيف مع ظروف التشغيل واتخاذ القرار المناسب وإنجاز المهام المطلوبة بكفاءة عالية، وإن تكنولوجيا انترنت الأشياء (IOT) تتطلب أجهزة ذكية بما فيه الكفاية لتنفيذ المهام المطلوبة منها [٨].

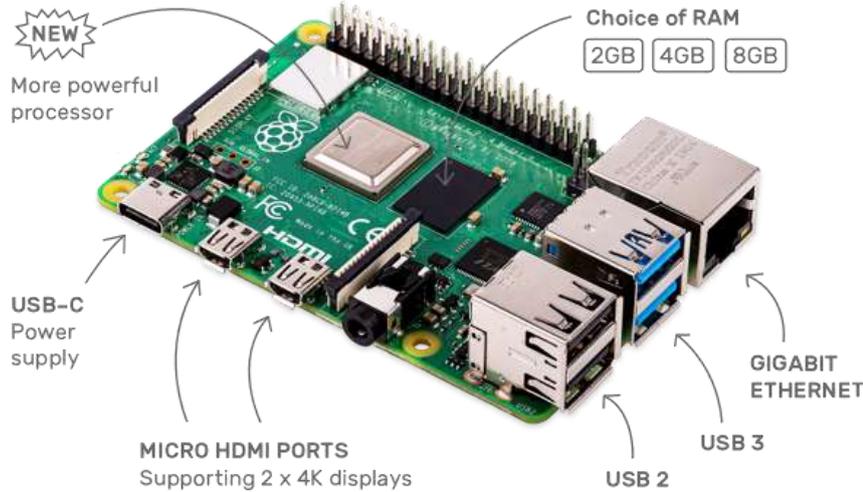
لذلك ركزنا في بحثنا على تصميم وتنفيذ نظام تحكم ذكي يعتمد تقنية التحكم الضبابي من خلال متحكم أردوينو تم برمجته بدقة لكي يقوم بعمله بطريقة ذكية واستخدام تكنولوجيا انترنت الأشياء لكي نقوم بتحصيل ومراقبة البارامترات مثل رطوبة التربة ودرجة حرارة ورطوبة الهواء ودرجة حرارة التربة، وإيجاد طريقة معينة لآلية توزيع الحساسات والمتحكم في الحقل الزراعي واستخدام انترنت الأشياء لمراقبتها والتحكم فيها عن بعد. استخدم المتحكم الضبابي قواعد ضبابية معينة لكي يتخذ القرار المناسب والزمن المناسب لتشغيل المضخة لري المزروعات. إن تصميم وتنفيذ هذا النظام الذكي يوفر الكثير من الطاقة والمياه.

**مواد وطرق البحث****حاسب الـ Raspberry Pi**

تم استخدام حاسب Raspberry Pi 4، لأنه حاسوب متكامل، منخفض التكلفة، يملك مخارج ومدخلات للأغراض العامة (General Purpose Inputs Output, GPIO)، يمكن استخدامها بسهولة في أغراض

التحكم، ويمكن برمجتها بأغلب لغات البرمجة المعروفة التي تعمل على نظام التشغيل لينكس Linux الشهير [19]، [20]. إن لوحة راسبيري باي 4 المستخدمة في بحثنا تحوي مكونات الحاسب التقليدي الأساسية كاملة، وهي وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit, CPU) ومعالج الرسومات، قادر على تشغيل الأفلام عالية الدقة HD، والألعاب ثلاثية الأبعاد، مع ذاكرة وصول عشوائية (Random Access Memory)، إضافة إلى مخارج تحكم رقمية للأغراض العامة، يمكنها التحكم بالقطع الإلكترونية والكهربائية المختلفة، مثل المتحكمات الصغيرة (Microcontrollers)، كل هذه الإمكانيات على رقاقة صغيرة، وهو ما يعرف النظام على شريحة (System On Chip, SOC)، ويتم تشغيل الحاسب الصغير بأنظمة لينكس مفتوحة المصدر.

تستخدم الراسبيري معالجات ARM Cortex، وهي معالجات مستقلة عن معمارية نظام التشغيل، تتميز بالسرعة العالية، السعر المخفض، والحجم الصغير [19]. بدأ تطوير حاسب Raspberry Pi من قبل EBEN Upton عام 2006 في جامعة كامبريدج، وتم طرحه لأول مرة في كانون الثاني عام 2012، وكان الهدف الأساسي للمجموعة التي تقف وراء تطوير المشروع تعليم الحوسبة للطلاب، وخلق الاهتمام بآلية عمل أجهزة الحاسب على المستوى الأساسي على عكس استخدام جهاز الحاسب المغلق المصنوع من قبل الشركات إن حاسب Raspberry Pi يعرض القطع الأساسية، كما أن نظام التشغيل مفتوح المصدر يوفر فرصة للمستخدم لاستكشاف الكود البرمجي الأساسي والتعديل عليه [21]. حيث تم استخدام الراسبيري باي في بحثنا كمخدم مركزي متصل بالإنترنت تتصل به جميع المتحكمات الموزعة في الحقل الزراعي، تم اختيار الراسبيري باي 4 ليعمل كمخدم (server) لأن الراسبيري باي يتميز بسرعة معالجة عالية حيث يحتوي على وحدة معالجة تعمل بتردد عالي، ويدعم تقنية ال Wifi وله ذاكرة وصول عشوائية مناسبة تصل إلى 4 غيغا بايت مما يتيح لنا التخزين المؤقت للمعلومات القادمة من العقد الفرعية ويمكنه إرسالها عبر الإنترنت لأنه متصل بروتر الشكل (2-6) يوضح لوح الراسبيري باي 4.

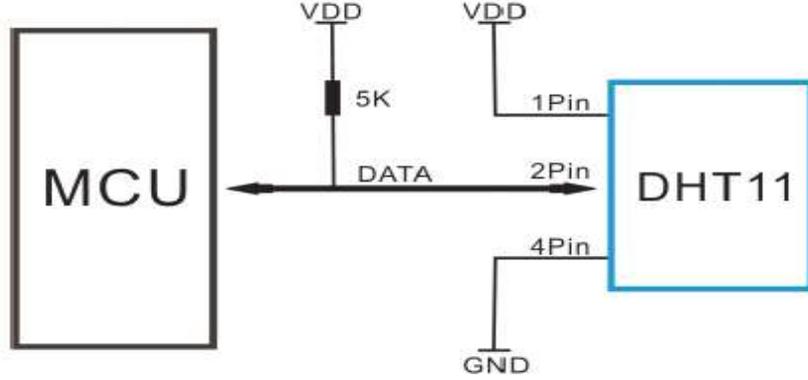


الشكل (1): لوحة Raspberry Pi 4.

### حساس الحرارة والرطوبة DHT11:

تعتبر الحساسات DHT11 من أشهر العناصر المتعددة الاستعمال في الأردوينو كونها تعتبر وسيلة غير مكلفة لقياس درجة الحرارة والرطوبة للهواء، تحتوي هذه الحساسات على شريحة تقوم

بتحويل القيم التَّشابهية إلى رقمية، وتعطي على خَرْجها إشارة رقمية توافق درجة الحرارة والرطوبة، وتكون هذه الإشارات سهلة القراءة من قبل أيّ متحكّم (MCU, Micro Controller Unit) يُبين الشكل (٢) مخططًا عامًا لوصول الحساس مع متحكّم MCU.



الشكل (٢): مخطط لوصول الحساس مع المتحكّم

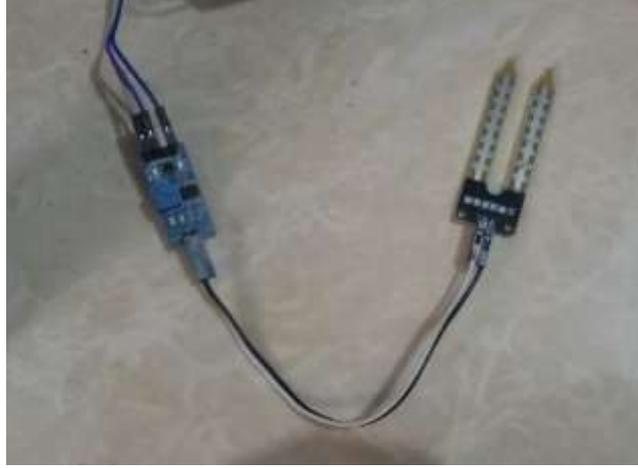
يتم إرسال إشارة رقمية تحمل بيانات حرارة ورطوبة الهواء ويتم استقبالها من قبل المتحكّم التي يفهمها عن طريق مكتبة برمجية خاصة لهذا النوع من الحساسات. مجال قياس درجة الحرارة من ٠ إلى ٥٠ °C ومجال قياس درجة الرطوبة من (٩٠-٢٠) %، يتألف هذا الحساس من مقياس رطوبة نوع أومي ومقياس حراري ذو معامل حراري سالب NTC.



الشكل (٣): شكل يوضح التركيب الداخلي للحساس DHT11

### حساس رطوبة التربة:

لقد استخدمنا نوعين من الحساسات لقياس رطوبة التربة، الحساس الأول نوع أومي كما في الشكل (٤) يعتمد على قيمة المقاومة بين طرفيه حيث يتألف من طرفي معدن معين قابل لنقل الإشارة الكهربائية عند وضعه في وسط رطب، بنية الدارة الالكترونية للحساس تعمل على تحويل الإشارة القادمة من طرفي الحساس إلى إشارة رقمية وتشابهية حسب حاجة المستخدم باستخدام مضخم إشارة ومقاومة متغيرة.

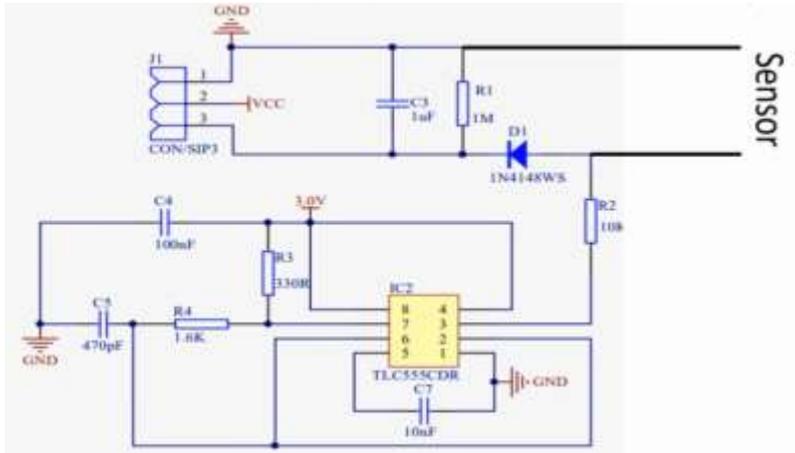


الشكل (٤): حساس رطوبة التربة الأومي

حساس رطوبة التربة السعوي الشكل (٥) يتألف من طرف طويل نسبياً يمثل لوحى المكثف بحيث تتغير قيمة سعة المكثف حسب المادة الموجودة بين لوحى المكثف، ودارة الكترونية مدمجة معه لملائمة الإشارة القادمة ولتحويلها إلى إشارة مناسبة للمتحكم الشكل (٦)، عند وضع طرف الحساس في الوسط الرطب المراد قياسه تتغير سعة المكثف بسبب تغير الوسط العازل بين لبوسى المكثف بحيث يصبح وسط مادي وليس الهواء.



الشكل (٥): حساس رطوبة التربة السعوي



الشكل (٦): بنية الدارة الالكترونية المدمجة مع لبوسى المكثف

### حساس الحرارة DS18B20:

تم استخدام هذا النوع من الحساسات لقياس درجة حرارة التربة، وله ثلاثة أسلاك اثنين منها للتغذية وسلك آخر لنقل البيانات عبر رسالة رقمية مشفرة من الحساس، يتم التعرف عليها من قبل المتحكم عن طريق مكتبة برمجية خاصة تصممها الشركة المصنعة للحساس، الشكل (٨) يوضح شكل الحساس وهو

مغلف بغلاف معدني لكي يمكّن الحساس من العمل في الوسط السائل. مجال قياس درجة الحرارة من -٥٥ إلى ١٢٥.



الشكل (٨): الحساس DS18B20 بوجود الغلاف

بطاريات الليثيوم أيون بوليمير **LiPo ١٨٦٥٠**:

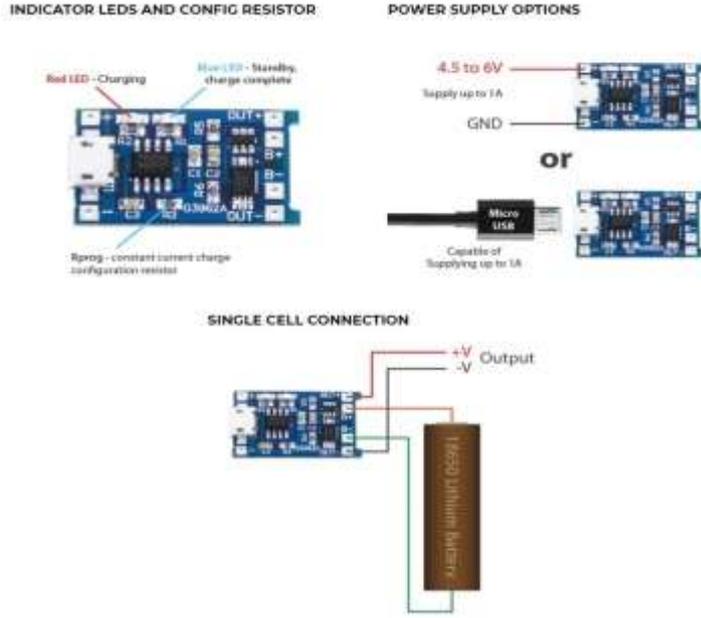
هي بطاريات قابلة لإعادة الشحن وتتميز بعمق تفريغ جيد وسعة تخزين جيدة، ولها أشكال وأحجام متنوعة، وجهد معياري اسمي هو ٣,٧ فولط وسعات مختلفة تتراوح من (١٠٠٠ إلى ٦٠٠٠) mAh، يوضح الشكل (٩) البطارية. جهد الشحن الخاص بها هو ٤,٢ فولط وتيار الشحن الموصى به هو ١ أمبير.



الشكل (٩): البطارية ١٨٦٥٠

دائرة شحن بطاريات الليثيوم **TP4056 LiPo**:

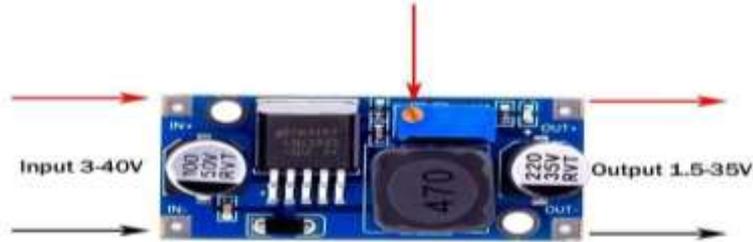
هي دائرة مخصصة لشحن هذا النوع من البطاريات، يتم الشحن بطريقة تيار ثابت واجهد ثابت -constant current/constant-voltage (CC/CV) ، يؤمن الحماية المطلوبة لبطاريات الليثيوم عن طريق شحن آمن. حيث تقوم بالحماية من التفريغ الزائد عند وصول جهد البطارية إلى ٢,٤ فولط بحيث تفصل الخرج وتقوم بإعادة الشحن حتى يصل جهد البطارية إلى ٣ فولط، وكذلك تقوم بالحماية من الشحن الزائد حيث تقوم بقطع تيار الشحن عن البطارية عندما يصل جهدها إلى ٤,٢ فولط، وكذلك تحمي من تيار القصر. الشكل (١٠) يوضح شكل دائرة الشحن وألية توصيلها مع التغذية وتوصيلها أيضا مع البطارية. يتم تغذية الدارة من منبع تغذية تيار مستمر جهده حوالي ٥ فولط.



الشكل (١٠) يوضح دائرة شحن بطاريات الليثيوم TP4056 LiPo وألية عمله

#### دائرة مقطع التيار المستمر LM2596S:

هي دائرة مقطع تخفيض عالي الدقة، تحوي على مقاومة متغيرة تقوم بتغيير جهد الخرج ضمن مجال من (١,٥ - ٣٧) فولط، وتستطيع أن تغذي حمل يصل إلى ٢ أمبير كحد أقصى، يوضح الشكل (١١) كيفية عمل الدارة وألية توصيلها.



الشكل (١١) دائرة مقطع التيار المستمر LM2596S

#### المتحكم Esp32:

هو متحكم قابل للبرمجة مدمج معه تقنية Wifi والبلوتوث، يتبع لسلسلة رخيصة الثمن نوعاً ما من المتحكمات و تحتاج لطاقة منخفضة لكي تعمل وتعتبر هذه ميزة مهمة تفيدنا، وماذكرناه سابقاً يعتبر هو السبب لاختيار هذا المتحكم حيث يعتبر مناسب لتطبيقات انترنت الاشياء التي تعمل بتغذية مستقلة، يعمل على جهد 3,3 فولط، يعتبر سهل التوصيل مع الحساسات ويمكن برمجته من خلال بيئة برمجة الأردوينو أي لغة C، تمت تغذية هذه المتحكمات خلال بحثنا من بطاريات ليثيوم أيون بجهد عمل 3,7 فولط حيث نلاحظ من الشكل (١٢) أن المتحكم يحتوي على منظم جهد على الدخل لذلك تعتبر بطاريات الليثيوم أيون مناسبة.



الشكل (١٢) المتحكم Esp32.

#### مضخة المياه المستخدمة:

تم استخدام مضخة مياه تيار مستمر تعمل بجهد مستمر ١٢ فولط وباستطاعة تصل حتى ٥٤ واط.

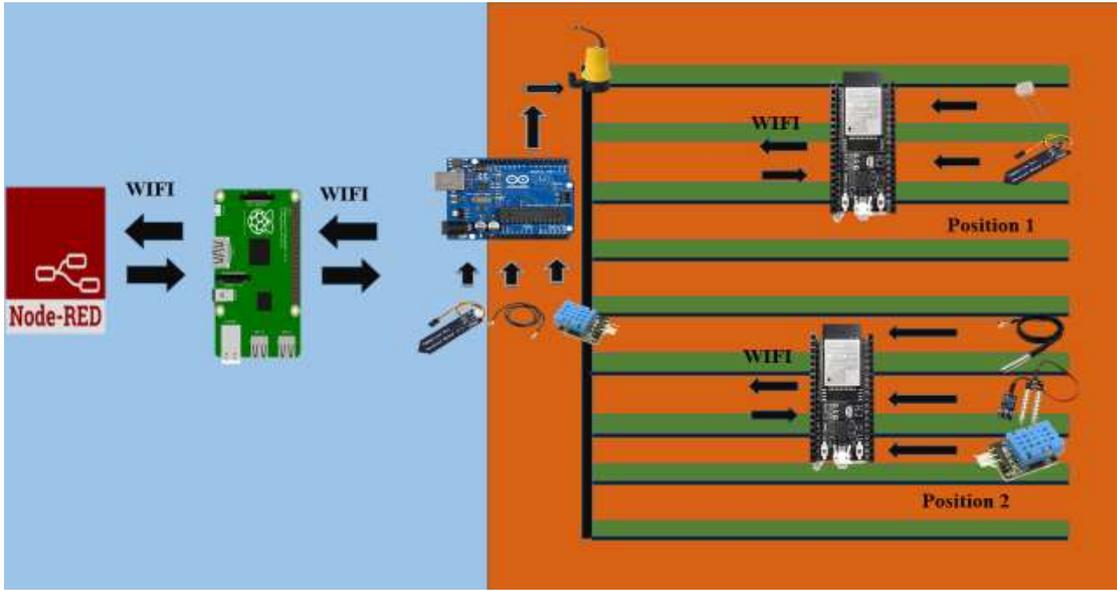


الشكل (١٩-٢) مضخة المياه المستخدمة.

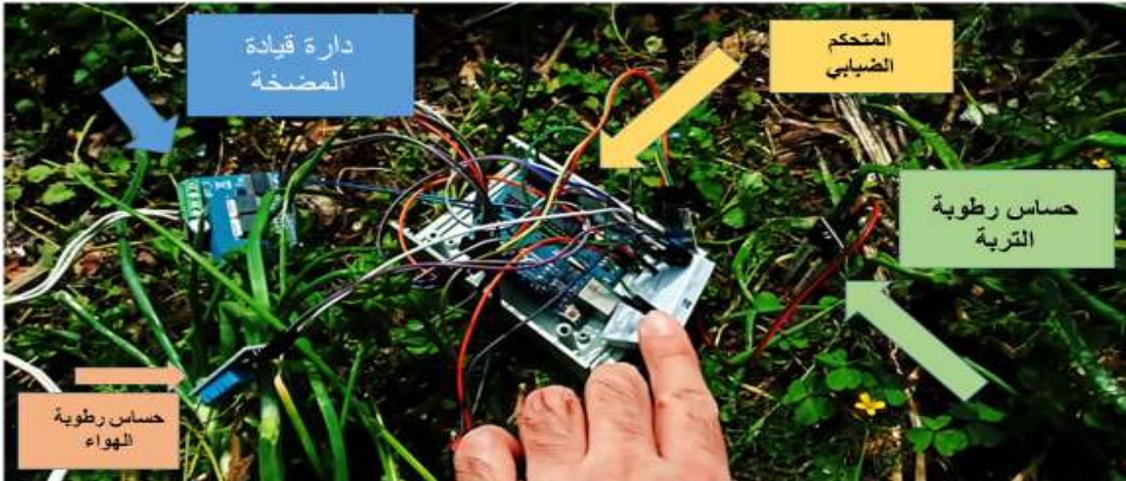
#### الجزء العملي:

تم استخدام متحكمات esp32 وتم ربطها مع حساسات مثل قياس رطوبة التربة ودرجة حرارة ورطوبة الهواء وشدة الإضاءة وحرارة التربة حيث تم توزيعها ضمن الحقل بطريقة معينة، وتم ربط هذه الحساسات مع متحكمات esp32 وإرسالها عبر تقنية الاتصال WIFI إلى السيرفر الرئيسي (الراسبيري باي ٤) المتصل بالإنترنت عبر الرواوتر حيث يعمل السيرفر الرئيسي كمركز رئيسي لتنظيم الرسائل وفلترتها ضمن بروتوكول MQTT الخاص بالإنترنت الأشياء، وتم برمجة المتحكمات esp32 لكي تتعامل بهذا البروتوكول وترسل بيانات الحساسات وجميع المعلومات من خلال هذا البروتوكول إلى المركز الرئيسي. وبعدها يتم إرسال المعلومات من المركز الرئيسي إلى منصة التحكم والمراقبة NodeRed حيث تظهر المنصة جميع المعلومات من خلال واجهات تم برمجتها لكي تتناسب النظام وتم تقسيمها بحيث تلائم الحقل الزراعي ومواقع المتحكمات ضمن الحقل. قبل البدء بالجزء العملي تم الاطلاع على كافة الأجهزة والتقنيات المستخدمة في تكنولوجيا إنترنت الأشياء وأساليب تطبيق هذه التكنولوجيا عن طريق العديد من الشركات والجامعات العالمية مثل شركة Cisco المعروفة بمجالات الشبكات والاتصالات وجامعة

UCI الأميركية لذلك وقع الاختيار على مكونات بسيطة ورخيصة الثمن نسبياً تؤدي الغرض لذلك تم استخدام متحكمات esp32 تدعم تقنية (واي فاي) وأيضاً الحاسب الصغير (راسبيري باي) كذلك يدعم تقنية (واي فاي) وتم اختيار منصة NodeRed وهي أداة برمجية لتوصيل الأجهزة العادية مع بعضها بطريقة جديدة وممتعة، حيث تعتبر أداة قوية مفتوحة المصدر لبرمجة تطبيقات الانترنت الأشياء. تؤمن محرر قائم على متصفح والذي يجعله سهل لتوصيلها مع بعض حيث تدفق باستخدام مجال واسع من العقد. مثل أي لغة برمجة حيث تحتوي على مكتبات وتوابع ولكن هنا نعتبرها لغة برمجة رسمية تقريباً قائمة على الانترنت.



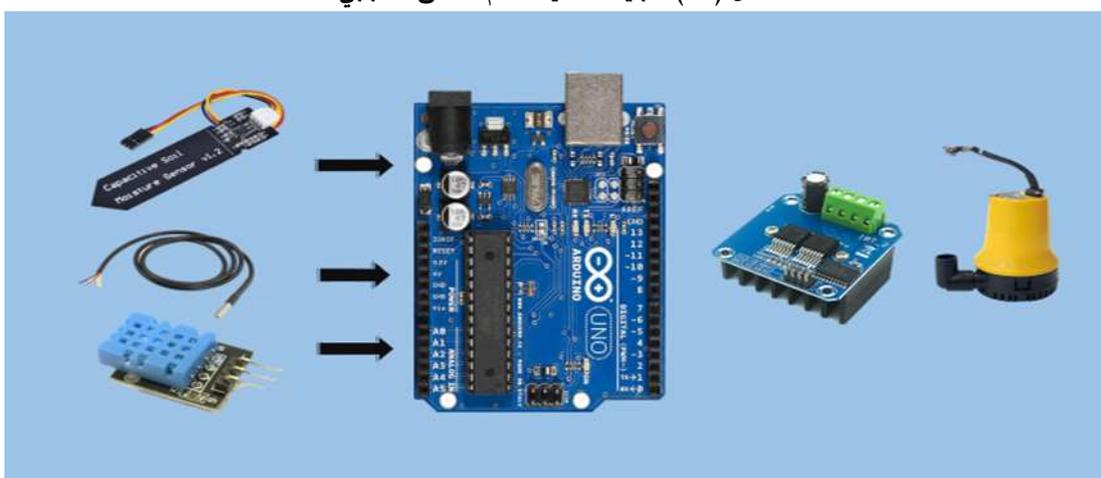
الشكل (٢-٣) يوضح البنية العامة للنظام المصمم.



الشكل (١٣): يوضح المتحكم الضبابي مع الحساسات ودارة قيادة المضخة



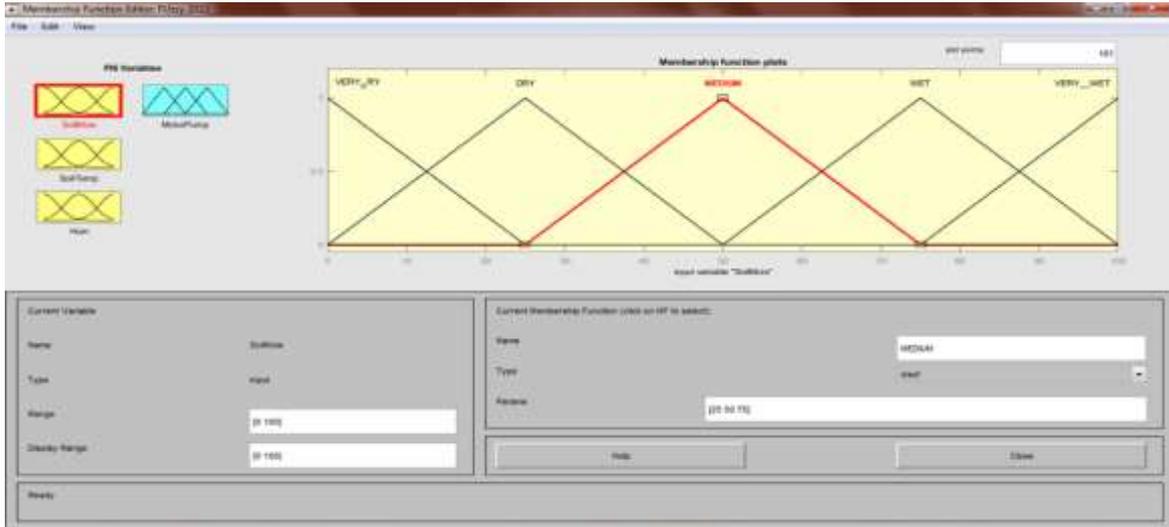
الشكل (١٤): البنية الداخلية لنظام المنطق الضبابي



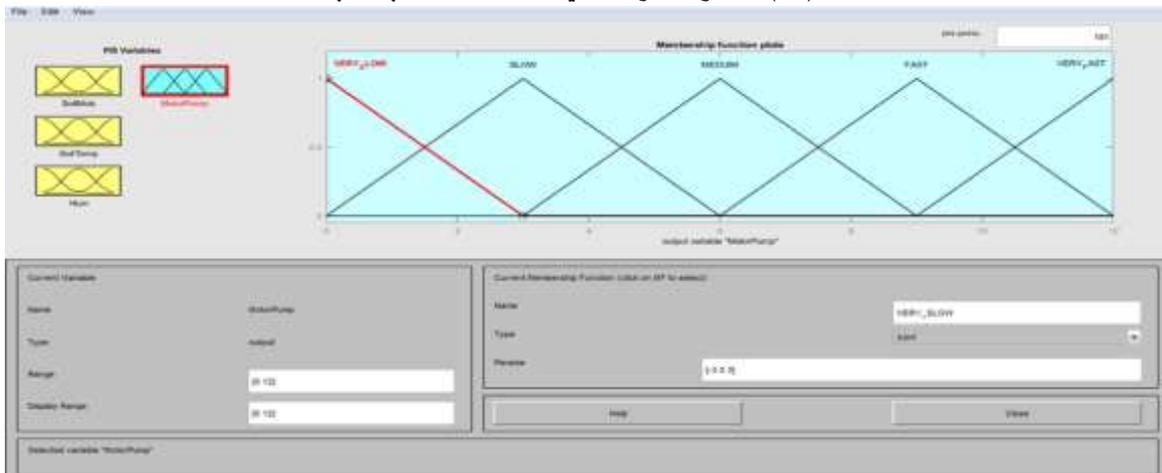
الشكل (١٥): يوضح البنية العملية للتحكم الضبابي

#### برنامج التحكم الضبابي:

في البداية تم دراسة تقنية الذكاء الصناعي الأكثر ملاءمة لبحثنا حيث تم اختيار تقنية المنطق الضبابي لذلك تم دراسة هذا المنطق، وتم برمجة وتصميم متحكم ضبابي من خلال برنامج ماتلاب وأداة fuzzy logic tool حيث تم تعريف ثلاث مداخل وهي الحساسات التالية حساس رطوبة التربة وحرارة التربة ورطوبة الهواء، وتم تحديد التوابع العضوية الضبابية لكل دخل حيث يبين الشكل (١٥) التوابع العضوية الضبابية الخاصة لحساس رطوبة التربة، ويبين الشكل (١٦) التوابع العضوية للخروج (المضخة). بعدها تم كتابة القواعد الضبابية وتجريبها والتعديل عليها ومحاكاتها حتى وصلنا إلى القواعد الأفضل التي تلائم بحثنا بعد العديد من التجارب على تشكيل هذه التوابع [٦].

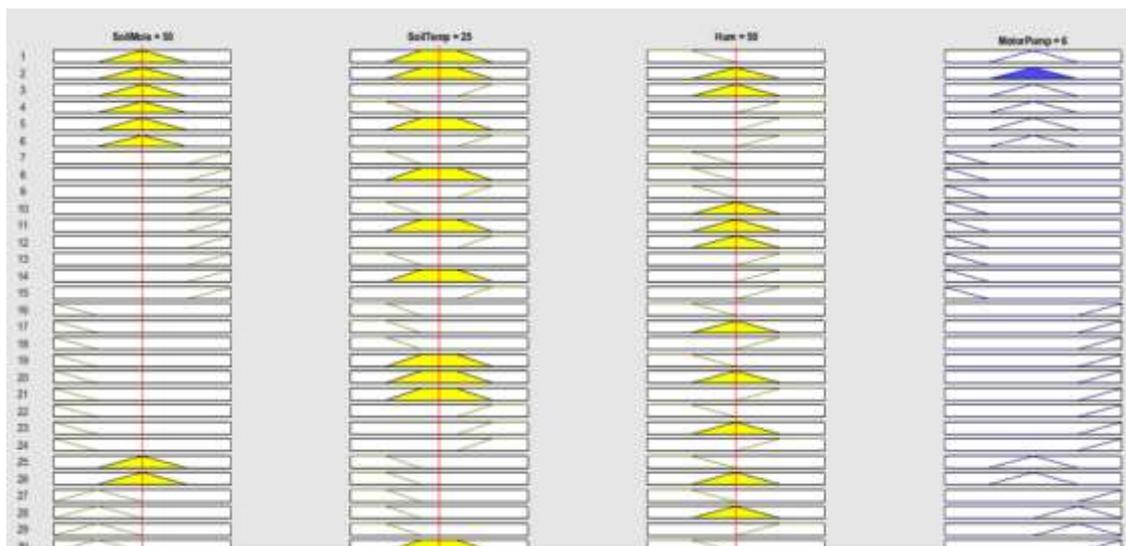


الشكل (١٦): يوضح التوابع العضوية لدخول حساس رطوبة التربة



الشكل (١٧): يوضح التوابع العضوية للخروج (المضخة)

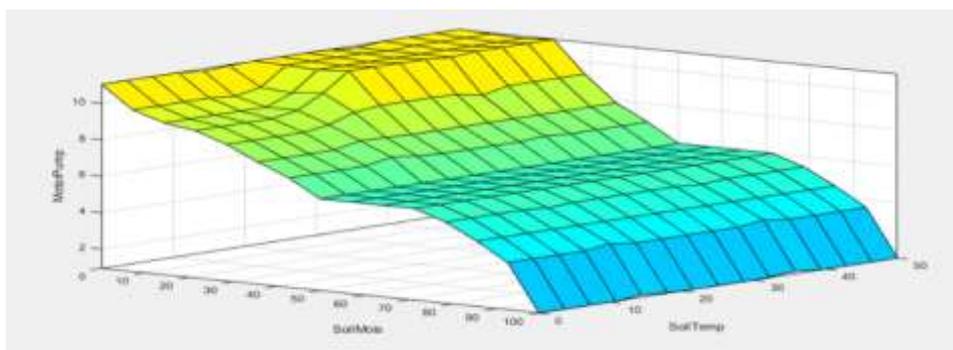
يحتوي محرك الاستدلال الضبابي على 44 قاعدة ضبابية بصيغ لغوية تنظم عمل المتحكم حيث يتم تعديل خرج المتحكم بناءً على هذه القواعد وحسب قيم الحساسات الواردة حيث أن بيئة عمل الماتلاب تتيح لنا محاكاة وتجريب المتحكم بعد تصميمه واختبار ومراقبة عمل المتحكم ومعرفة كيفية تغيير الخرج عند تغير دخل أي قيمة من قيم الحساسات كما في الشكل (١٧).



الشكل (١٧): محاكاة نتائج النظام المتحكم الضبابي برمجياً

كما أنه يمكننا مراقبة سطح أو مجال عمل المتحكم الضبابي أي العلاقة بين المداخل والخرج كما في الشكل

(١٨).



الشكل (١٨): العلاقة بين المداخل والخرج للمتحكم الضبابي

### برمجة المتحكم الضبابي إلى لغة C:

من أجل استخدام المنطق الضبابي كعتاد صلب فيزيائي في التجربة العملية احتجنا تحويل البرنامج الذي قمنا بتصميمه على برنامج الماتلاب إلى كود برمجي بلغة C خاص بمتحكم الأردوينو، في البداية تم تعريف المكتبات التي نريدها ثم تعريف عدد المداخل لنظام الاستدلال الضبابي وكذلك تعريف عدد المخارج وعدد القواعد الضبابية.

بالنسبة للحساسات تؤثر كل منها على حدا على الخرج حسب القواعد الضبابية وهذا التأثير عبارة عن تغيير في الجهد الكهربائي المغذي لمضخة المياه عبر دارة القيادة بالتالي تغير في سرعة ضخ المياه، ونعتبر حساس قياس رطوبة التربة هو الأكثر تأثيراً على الخرج حيث يتم قياسها على شكل نسبة مئوية، عندما تقل النسبة المئوية للرطوبة يزداد قيمة الخرج وتتم الزيادة بناءً على برمجة القواعد الضبابية. تم تصميم متحكم أردوينو يحتوي على نظام تحكم منطق ضبابي حيث تم تصميم ومحاكاة نظام المنطق الضبابي على برنامج ماتلاب ومن ثم تحويل النظام إلى لغة C الخاصة بمتحكم الأردوينو لكي يتحكم بسرعة المضخة، حيث وضع ثلاث حساسات تتحكم بعمل مضخة الري هي حساس رطوبة التربة وحساس حرارة التربة وحساس رطوبة الهواء وأصبح لدينا متحكم منطق ضبابي قادر على قراءة قيم الحساسات ومعالجة هذه القيم حسب القواعد الضبابية التي تم وضعها اثناء البرمجة،

ومن ثم إعطاء أمر لعمل المضخة بسرعة معينة. تم تغذية كامل النظام من خلال اللوح الشمسي ومقطع التيار المستمر ودارة الشحن بطارية الليثيوم كما في الشكل (19) والشكل (20).



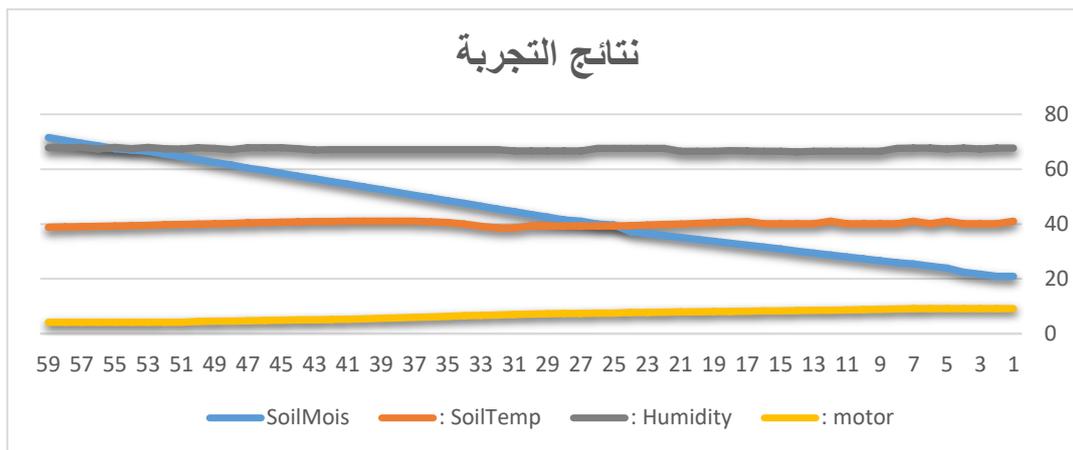
الشكل (19): يوضح اللوح الكهروضوئي على ارض الواقع



الشكل (20): بنية النظام الكهروضوئي المستخدم لتغذية النظام الري

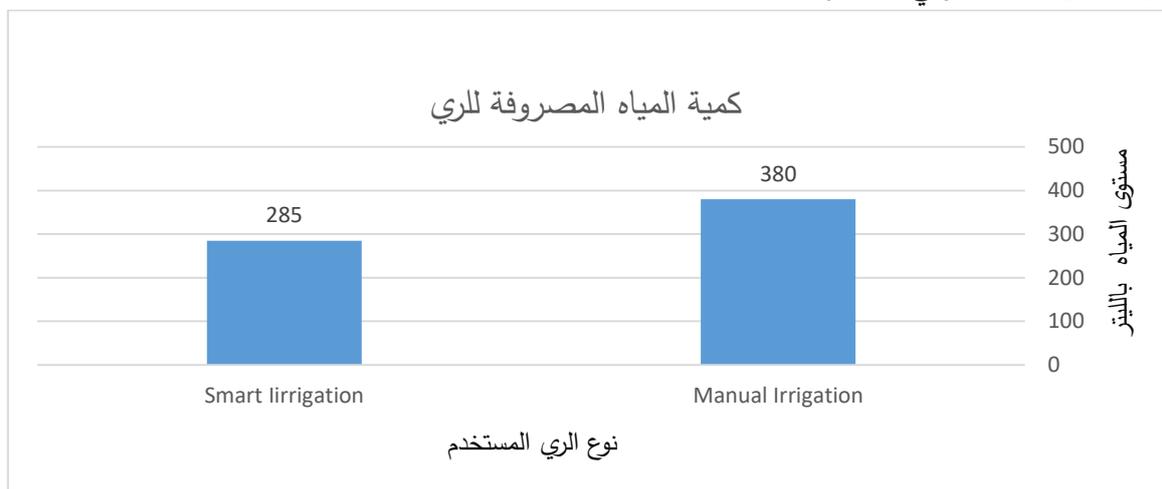
## ٥ . النتائج والمناقشة

بعد تصميم وتنفيذ نظام التحكم القائم على المتحكم الضبابي تم اجراء التجربة العملية على مرحلتين، في البداية قمنا خلال الشهر الرابع تحديد مساحة الحقل المراد تزويده بالري، وتم الطلب من المزارع أن يروي المحصول من خزان معلوم الحجم ٥٥٠ ليتر وهو عبارة عن نبات الفاصولياء تم زرعها على شكل بذور وتمت عملية الري لمدة ساعة من دون استخدام أي نظام تحكم أي بشكل يدوي من قبل المزارع من خلال الري السطحي، وتم قياس كمية المياه التي تم صرفها للري وبعدها تم تشغيل النظام عند نفس الشروط السابقة في المرحلة الأولى لكن بعد تشغيل النظام الخاص بنا حيث قمنا بالعديد من التجارب وتمت المقارنة بين تجربتين لهما نفس شروط الاختبار ( درجة حرارة التربة - رطوبة الهواء - رطوبة التربة )، وبعد اجراء التجارب حصلنا على النتائج الموضحة من خلال المنحنيات حيث نلاحظ ثلاث منحنيات مسؤولة عن قيم الحساسات ( درجة حرارة التربة - رطوبة الهواء - رطوبة التربة ) التي تم تحصيلها خلال ساعة من الزمن وحصلنا على ٦٠ عينة، نلاحظ من النتائج أن في البداية كانت قيمة رطوبة التربة حوالي ٢٠% وبعد تشغيل مضخة الري عند جهد ١٠ فولط نلاحظ زيادة رطوبة التربة وانخفاض جهد التغذية للمضخة، حيث في الشكل (٢١) يمثل المنحني باللون الازرق رطوبة التربة التي تزداد مع الزمن والمنحني باللون الاصفر يمثل جهد التغذية للمضخة بحيث يتم تغذيتها من قبل دارة القيادة الموصولة على خرج المتحكم الضبابي أم باقي المنحنيات تمثل درجة حرارة التربة و رطوبة الهواء ونلاحظ أنها لا تتغير بشكل ملاحظ مع الزمن. من خلال مراقبة وتحصيل قيم نظام المتحكم الضبابي على برنامج اكسل لاحظنا كمية التوفير في المياه التي كانت ٢٥ %، كما هو موضح في الشكل (٢٢)



الشكل (٢١): يوضح نتائج التجربة

الشكل (٢٢) يوضح مقدار المياه المصروفة للري وألية الري المستخدم حيث نلاحظ في حالة استخدام الري اليدوي من قبل المزارع تستهلك عملية الري حوالي ٣٨٠ لتر في الساعة، ومع استخدام نظام الري الذكي كانت كمية الاستهلاك أقل حوالي ٩٥ لتر.



الشكل (٢٢): يوضح كمية المياه المستهلكة بين الوضعين

استخدام تكنولوجيا انترنت الاشياء أدى إلى توفير في كلفة أجور الأيدي العاملة بمقدار ٣٣% حيث يمكننا الاستغناء عن العمال لمراقبة عملية الري.



الشكل (٢٣): يوضح نبات الفاصولياء

#### المراجع :

- [1] السادس، vol. "أ.د. ع. محمود، "أتمتة عمليات الري باستخدام تقنية المنطق الضبابي ٢٠٢٢، ٠٩.
- [2] W. Ertel and N. T. Black, *Introduction to Artificial Intelligence*. in Undergraduate Topics in Computer Science. Springer International Publishing, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=geFHDwAAQBAJ>
- [3] S. Russell and P. Norvig, "Artificial intelligence: a modern approach," 2002.
- [4] Jackson C. P., Jr., *Introduction to Artificial Intelligence*, vol. 2nd., Inc., New York, 1985, 513.
- [5] Mueller, P.; MASSARON, L, *Artificial Intelligence for Dummies*, 2018th, 412th ed. John Wiley & Sons, New Jersey.
- [6] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, and S. N. Deepa, *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*, vol. 1. Springer, 2007.
- [7] T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. John Wiley & Sons, 2005.
- [8] D. Schoder, "Introduction to the Internet of Things," in *Internet of Things A to Z*, 2018, pp. 1–50. doi: 10.1002/9781119456735.ch1.