

New technology using Arduino and capacitive sensors to reduce olive oil waste in the mills operating in the Syrian coast

Dr.Mikhaiel Salim Makhoul*

Dr. Monaf Suleiman **

Muhammed Muhammed ***

(Received 9 / 6 / 2023. Accepted 22 / 8 / 2023)

□ ABSTRACT □

In this research, a system was designed to monitor the quality of olive oil production within industrial facilities to ensure quality and reduce waste in secondary outputs, as well as save time and effort in training individuals and enable consumers and producers to evaluate the oil's quality and determine the amount of waste quickly and easily without the need for complex equipment, specialized expertise, or corrective actions.

To design the appropriate system, two directions were followed: the first direction includes calibration and data collection processes, while the second direction is specific to monitoring operations, data storage, and display.

The proposed system represents a new method for monitoring the quality of olive oil production, as it includes a capacitor designed with specific dimensions and measurements to work with a dedicated control circuit for measuring the dielectric constant of olive oil and determining its quality (the amount of water in the oil). It also aims to reduce olive oil waste in the olive oil water generated from the mills (the amount of oil in the olive oil water) and display the results directly on the LCD display screen, in addition to the LabView display interface, which allows for displaying the measured information in an easily readable format and remote storage and monitoring. The Arduino IDE programming environment was used to program the controller. The UART communication protocol was used to achieve communication between the smart controller and the programming interface.

The test results compared to the calibration values indicate that the designed system possesses speed, accuracy, and high efficiency in monitoring the quality of olive oil production.

Keywords: Monitoring - Calibration - Arduino - LCD - UART - Quality - LabView - Olive Oil - Capacitive Sensor.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor -Department of Industrial Automation, Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

** Assistant Professor -Department of Industrial Automation, Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

*** Postgraduate Student -Department of Industrial Automation Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

تقنية جديدة باستخدام Arduino والمكثفات السعوية لتقليل هدر زيت الزيتون في المعاصر العاملة في الساحل السوري

د. مخائيل مخول*

د. مناف سليمان**

محمد محمد***

(تاريخ الإيداع 9 / 6 / 2023. قبل للنشر في 22 / 8 / 2023)

□ ملخص □

تم في هذا البحث تصميم نظام لمراقبة جودة إنتاج زيت الزيتون داخل المنشآت الصناعية لضمان الجودة وتقليل الهدر الحاصل في النواتج الثانوية فضلا عن توفير الوقت والجهد في تدريب الافراد وتمكين المستهلكين والمنتجين في تقييم جودة الزيت ومعرفة كمية الهدر بسرعة وسهولة دون الحاجة الى معدات وأجهزة معقدة وخبرات مختصة لاتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة.

لتصميم النظام المناسب تم العمل وفقا لاتجاهين، الاتجاه الاول يشمل عمليات المعايرة وجمع المعلومات والاتجاه الثاني خاص بعمليات المراقبة وتخزين وإظهار البيانات التي تم قياسها.

يعتبر النظام المقترح طريقة جديدة في مراقبة جودة إنتاج زيت الزيتون، حيث يحوي على مكثف مصمم بأبعاد وقياسات خاصة ليعمل مع دائرة تحكم خاصة لقياس ثابت عازليه زيت الزيتون وتحديد جودته (كمية الماء الموجودة في الزيت) وتقليل هدر زيت الزيتون في مياه زيت الزيتون الناتج من المعاصر (كمية الزيت الموجودة في مياه زيت الزيتون) وإظهار النتائج مباشرة على شاشة الاظهار الكريستالية بالإضافة على واجهة الاظهار Lab View والتي يمكن من خلالها عرض المعلومات المقاسة بتنسيق سهل القراءة والتخزين والمراقبة عن بعد. تم استخدام البيئة البرمجية Arduino IDE لبرمجة المتحكم. كما تم استخدام بروتوكول الاتصال UART لتحقيق عملية الاتصال بين المتحكم الذكي والواجهة البرمجية. بينت نتائج الاختبار مقارنة بقيم المعايرة التي تم اجراؤها ان النظام المصمم يتمتع بالسرعة والدقة والكفاءة العالية في مراقبة جودة إنتاج زيت الزيتون.

الكلمات المفتاحية مراقبة - معايرة - Arduino-LCD-UART - جودة - Lab view - زيت الزيتون - المكثف السعوي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

*أستاذ -قسم هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سورية.

**مدرس -قسم هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سورية.

***طالب دراسات عليا - ماجستير - هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سورية

مقدمة:

تعتبر صناعة زيت الزيتون أساسية في قطاع الأغذية ولها قيمة اقتصادية عالية [1]. ومع ذلك، يواجه إنتاج زيت الزيتون تحديات في ضمان جودته بسبب المراحل المتعددة التي يشملها والتي يمكن أن تؤثر على النتيجة النهائية [2]. أحد الجوانب الحاسمة للإنتاج هو فصل الزيت عن الماء [3]، وهو أمر مهم لضمان جودة المنتج وتقليل الهدر. الأساليب التقليدية لتحديد كمية الماء والزيت تستغرق وقتاً طويلاً وتتطلب عمالة كبيرة وغير دقيقة [4-5]. لذلك، هناك حاجة لنظام فعال ودقيق لمراقبة جودة إنتاج زيت الزيتون وتقليل ما يعانيه الزبائن (الفلاحين) من هدر في محصولهم. تم تصميم نظام لمراقبة جودة إنتاج زيت الزيتون كطريقة جديدة في مراقبة الجودة حيث يستخدم مستشعرات وأجهزة تحكم لقياس كمية الماء في الزيت وكمية الزيت المفقود في الماء. يتم معايرة النظام باستخدام مجموعة من العينات المعدة مسبقاً وتنفيذه في عملية الإنتاج لقياس كمية الماء والزيت في العينات. يتميز النظام بسهولة الاستخدام وقدرته على تقييم جودة المنتج بسرعة وسهولة، مما يساعد صغار المنتجين على تقييم جودة إنتاج زيت الزيتون بدون معدات أو خبرة متخصصة.

تطوير هذا النظام يهدف إلى ضمان جودة ونقاء المنتج النهائي وتقليل الوقت والجهد المبذول في العملية ولا سيما في ظل عدم وجود نظام مراقبة فعال ضمن المعاصر في سورية. ولا تقتصر التطبيقات المحتملة للنظام على صناعة زيت الزيتون فحسب، بل يمكن تعميمها لتشمل صناعات الأغذية الأخرى. سيستعرض البحث خطوات تصميم النظام المقترح وميزاته مثل المراقبة في الوقت الحقيقي وإظهار النتائج للمستهلكين والمنتجين.

طرائق البحث ومواده:

في البداية تم توصيف نظام المراقبة المعتمد على المستشعرات السعوية وبروتوكول الاتصال (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART) لنقل البيانات وتخزينها ضمن المنشأة الصناعية وتم اختيار المتحكم من نوع Arduino Nano-ATmega328p وتم استخدام البرنامج Arduino IDE المفتوح المصدر لبرمجة المتحكم.

ثم قمنا بشرح عناصر ومكونات النظام من حساسات وواجهات وشاشات المراقبة ليتم بعدها إجراء عمليات المعايرة للنظام المصمم قبل البدء بالتنفيذ الفعلي ومن أجل تخزين البيانات وتحقيق المراقبة ضمن مكان معين استخدمنا الواجهة التخاطبية التي تم بنائها باستخدام برنامج LabView.

ثم قمنا باختبار النظام المصمم على العينات (زيت زيتون-ماء الزيتون) التي تم الحصول عليها من بعض المعاصر (في الساحل السوري). وفي الختام قمنا بمناقشة النتائج لاختبار النظام الذي قمنا بتصميمه خلال عملية المعايرة والتجارب الفعلية.

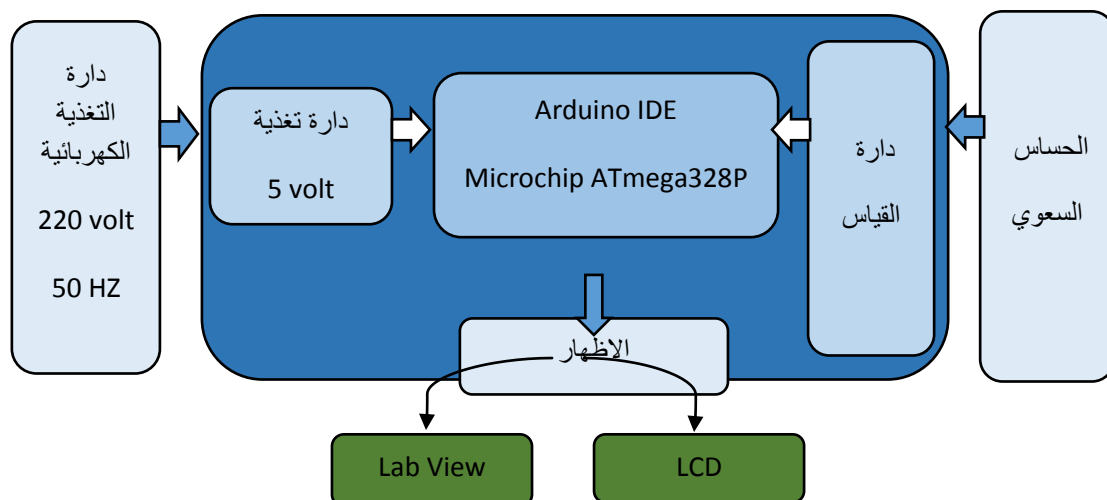
دراسات مرجعية:

تم إجراء العديد من الأبحاث لتحسين وتقييم جودة زيت الزيتون وكشف الغش فيه حيث قام الباحث Wong وآخرون في عام 2023 بتصميم نظام استشعار لكشف الغش في الزيوت النباتية المعلبة عن طريق قياس التغير في الكثافة وثابت العزل وتوصلت الدراسة انه إذا اعطى التحليل نتيجة إيجابية فان الزيت المعلب يحتوي على نسب غش ويجب القيام بالمزيد من إجراءات التحليل في المختبرات [6]. وتقدم الباحث Toschi وآخرون في عام 2022 بنظام استشعار

محمول لتقييم جودة زيت الزيتون البكر وأظهرت النتائج أن تصنيف درجة الجودة يكون أكثر دقة إذا تم استخدام التوصيل الكهربائي للمستحلب باستخدام احدى الكواشف المستخدمة [7]. أما الباحث Soliman وآخرون في عام 2021 فقد قاموا بإجراء اختبار لإمكانات الاستشعار لممران منقسم الحلقة على شكل ثلاثي الدوائر لكشف تركيز عينات الزيت وبلغت دقة المستشعر 83dB- [8]. وفي بحث آخر للباحث Soliman وآخرون في نفس العام، تمت مناقشة ميزات الأجهزة لمقاييس الطيف الدقيقة للهواتف الذكية لتحديد مستوى الغش في زيت الزيتون، أظهرت النتائج تبايناً كبيراً في طيف الامتصاص بين أنواع الزيوت ذات نطاقات الامتصاص المتميزة [9]. وقد قدم الباحث Venturini وآخرون في عام 2021 تقييماً لجودة زيوت الزيتون باستخدام تقنية التحليل الطيفي الفلوري في حالتها الطبيعية ووضح التحليل المنفذ في هذا العمل إمكانية تصنيف زيت الزيتون الى ثلاث أصناف وبدقة 100%. وأن هذا المستشعر المنخفض التكلفة لديه القدرة على استبدال التحليل الكيميائي المكلف والمعقد [10]. وفي عام 2018، قارن الباحث Reffas وآخرون بعض الخواص العازلة لزيت الزيتون والزيوت المعدنية وغيرها من السوائل تحت ضغط الجهد المتناوب AC وظاهرة البرق الكهربائي وتوصلت الدراسة الى انه يمكن ان يشكل زيت الزيتون بديلاً محتملاً عن الزيوت المعدنية المستخدمة في محولات الطاقة العالية [11]. كما أجرى الباحث Beldjilali وآخرون في عام 2018 دراسة للخصائص الكهربائية والفيزيائية والكيميائية لخليط من الزيوت النباتية بما في ذلك زيت الزيتون [12]. وقد قام الباحث Karagiorgos وآخرون في عام 2017 بتطوير تقنية لمعالجة الصور لكشف الغش في زيت الزيتون بزيت فول الصويا باستخدام الصور الملتقطة من الهاتف المحمول ولاحظ الباحثون متوسط خطأ مطلق بنسبة 3% ويحد أقصى 5% في تقديرات النموذج [13]. الا اننا في بحثنا نستخدم نظاماً جديداً باستخدام ثابت العازلية الكهربائي للمكثف السعودي باعتباره مقياس لتحديد كمية الماء في زيت الزيتون وكمية الزيت في مياه زيت الزيتون.

تصميم نظام المراقبة:

يبين الشكل (1) المخطط الصندوقي للنظام المقترح القائم على المستشعرات السعودية والمتحكمات الذكية والواجهات التخاطبية. يقوم هذا النظام بقياس هبوط الجهد على المقاومة التسلسلية وهبوط الجهد على المكثف السعودي والتي تلعب دور في تحديد جودة الزيت المنتج وكمية الفقد في المنتجات الثانوية حيث يتم معالجة القيم التي تم الحصول عليها ضمن المتحكم الذكي من نوع أردوينو ومن ثم اظهارها على شاشات العرض اللازمة.



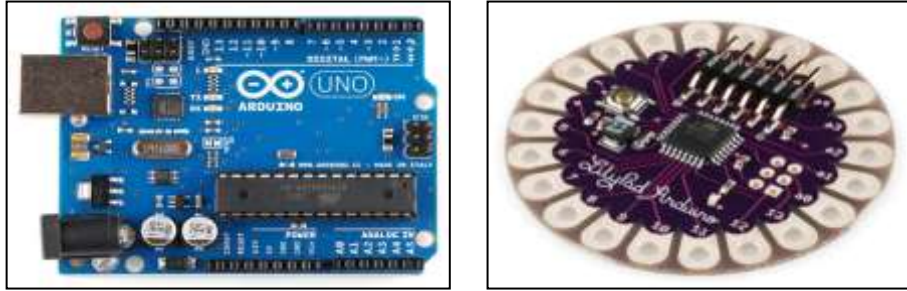
الشكل (1) المخطط الصندوقي للنظام لقائم على المستشعرات السعودية والمتحكمات الذكية والواجهات التخاطبية.

قمنا بتصميم نموذج المراقبة فعلياً ونبيين في هذا القسم المكونات والاجزاء لهذا النظام بالإضافة الى تصميم واجهة تخطيبه من خلال برنامج Lab View الذي يتم من خلاله ارسال البيانات الى الحاسب الشخصي لتخزين وإظهار المعلومات والقيم التي تم الحصول عليها.

4-1 مكونات نظام المراقبة:

أ- **مصادر التغذية:** تقسم مصادر التغذية التي تم استخدامها الى قسمين، يتعلق القسم الأول بالتغذية المباشرة للتحكم الذكي المستخدم في النظام والدارات الالكترونية الأخرى حيث تحتاج الى تغذية جهد مستمر 12v وقمنا بتأمينه من وحدة تغذية مستقلة. اما القسم الثاني المتعلق بالتغذية المباشرة للحساس السعوي والذي يحتاج الى تغذية جهد متناوب AC وفقاً لتغذية المعصرة تم تقديمه من شبكة التغذية العامة 220v.

ب- **المتحكم ARDUINO:** هو عبارة عن لوحة متحكم مفتوحة المصدر تعتمد على متحكم Microchip ATmega328P وتم تطويره بواسطة Arduino.cc. وهي عبارة عن لوحة دوائر قابلة للبرمجة تُستخدم في العديد من مشاريع الإلكترونيات ومتوافقة مع مجموعة متنوعة من لغات البرمجة وبيئات التطوير. تتضمن اللوحة سلسلة من منافذ الإدخال/الإخراج الرقمية والتناظرية التي تسمح للوحة بالتواصل مع المكونات الإلكترونية الأخرى. تشتمل اللوحة أيضاً على متحكم دقيق، وهو عبارة عن كمبيوتر صغير على شريحة يمكن برمجته لأداء مجموعة متنوعة من المهام. يمكن استخدام متحكم Arduino لبناء كائنات تفاعلية، وأخذ المدخلات من مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار، والتحكم في مجموعة متنوعة من المحركات والمكونات الأخرى [14]. يوضح الشكل (2) بعض شرائح الـ اردوينو.



الشكل (2) بعض شرائح الـ اردوينو.

ج- الثنائيات الضوئية:

استخدمنا مجموعة من الثنائيات الضوئية التي تتميز بجهود انحياز وألوان مختلفة.

د- شاشة الاظهار الكريستالية:

استخدمنا في تصميم النظام شاشة LCD ذات الستة عشر حرفاً والاضاءة الخلفية. يوضح الشكل (3) الشاشة المستخدمة.

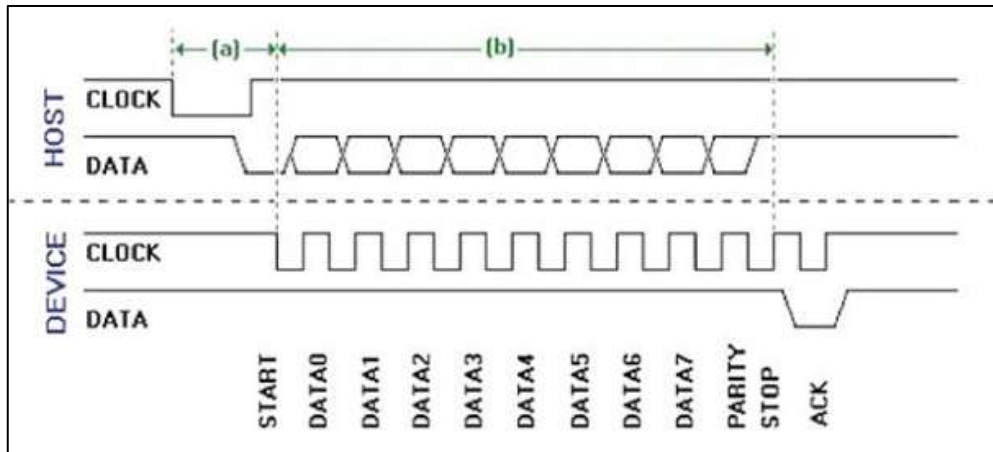


الشكل (3) شاشة LCD1602 المستخدمة.

ج- منفذ الاتصال UART:

لتأمين عملية الاتصال بين الـ Arduino والحاسب تم استخدام بروتوكول الاتصال UART وهو نوع من بروتوكول الاتصال التسلسلي المستخدم لإرسال واستلام البيانات بين الأجهزة الإلكترونية. يستخدم عادة في الأنظمة المدمجة والمتحكمات وغيرها من الإلكترونيات الرقمية [15].

تعمل اتصالات UART بطريقة غير متزامنة، مما يعني أنه لا توجد علاقة توقيت ثابتة بين المرسل والمستقبل. بدلاً من ذلك، يتم إرسال البيانات كسلسلة من البتات الفردية، مع استخدام بتات البدء والإيقاف لتمييز بداية ونهاية عملية كل نقل للبيانات. ويبين الشكل (4) عملية تدفق البيانات في بروتوكول الاتصال UART.



الشكل (4) عملية تدفق البيانات في بروتوكول الاتصال UART.

هـ- الحساس السعوي المنفذ:

قمنا بتنفيذ حساس سعوي أسطواناني اقطابه مصنوعة من النحاس لما يتمتع به من الناقلية العالية. ويعطى قانون حساب سعة المكثف الاسطواناني بالعلاقة التالية:

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_1 \frac{l}{\log \frac{r_2}{r_1}} \quad (1)$$

بالأخذ بعين الاعتبار أن: $r_2 = 2(\text{cm})$: نصف القطر للأسطوانة الخارجية، $r_1 = 0.25(\text{cm})$: نصف القطر للأسطوانة الداخلية، $l = 22(\text{cm})$: الطول المشترك للمكثف الاسطواناني (m)، $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{f}{m}$ ، نجد أن:

$$C_0 = 1.3539 \times 10^{-11} f/m$$

يوضح الشكل (5) الحساس السعوي المنفذ.

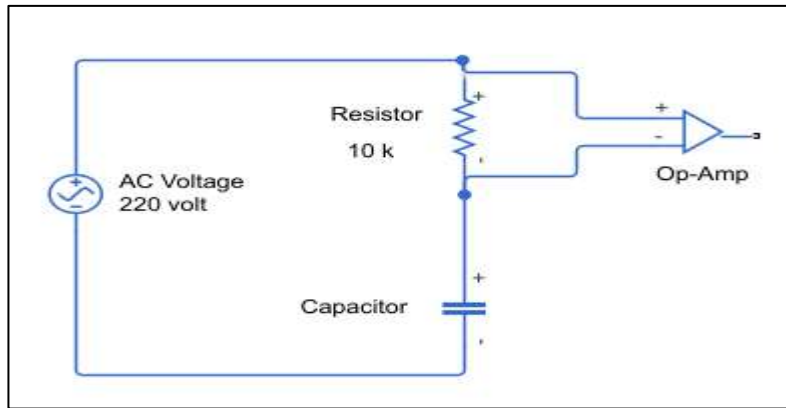


الشكل (5) الحساس السعوي المنفذ.

4-2 تصميم الدارة الالكترونية الخاصة باستشعار الجهود:

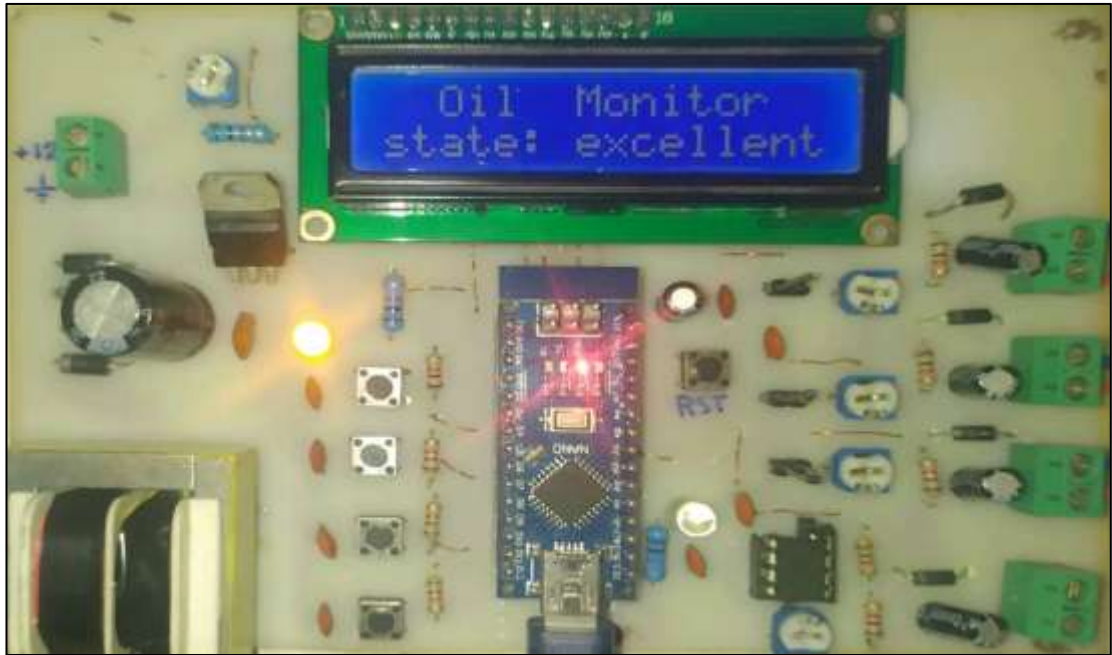
قبل التنفيذ العملي لهذه الدارة تم استخدام برنامج PROTEUS لنمذجتها بالإضافة الى استخدام برنامج EAGLE لتصميم هذه الدارة ورسم اللوحات الالكترونية اللازمة. كما تم استخدام برنامج BASCOM من اجل كتابة الاكواد الخاصة بالمتحكمات لهذه الدارة.

أ- دائرة قياس الجهد السعوي: تستخدم هذه الدارة لقياس الجهد على طرفي الحساس السعوي وهي عبارة عن مقسم جهد ومضخم عملياتي لتضخيم الإشارة كما يظهر في الشكل (6).



الشكل (6) دائرة قياس الجهد السعوي.

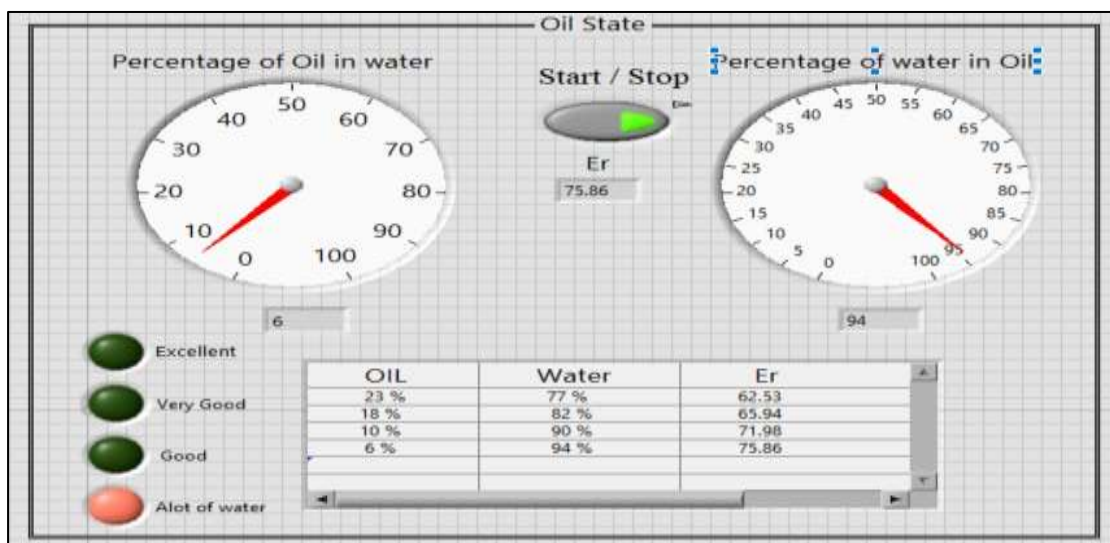
يظهر الشكل(7) دارة قياس الجهود التي تم تنفيذها عملياً.



الشكل(7) دارة القياس التي تم تنفيذها عملياً.

ب- **الواجهة التخابية:** من أجل عرض البيانات للمستخدم ومراقبتها من قبله تم بناء واجهة بالاعتماد على برنامج Lab view. حيث يتم تحديد المنفذ التسلسلي تلقائياً بعد تحقيق عملية الاتصال بين المتحكم والحاسب ولتشغيل النظام وإيقافه تم إضافة زر start/stop.

- تكمن وظيفة الواجهة المصممة في عرض القيم التي يتم الحصول عليها عند كل قراءة لكل من كمية الماء في الزيت وكمية الزيت في الماء وثابت العزل وجودة الزيت.
- يتم حفظ القيم ضمن ملف Excel (قمنا بتحديد مساره اثناء البرمجة) وبالتالي يمكننا من تخزين البيانات والعودة إليها متى أردنا ذلك. يظهر الشكل(8) الواجهة التخابية لنظام لمراقبة.



الشكل(8) الواجهة التخابية لنظام لمراقبة.

1- عملية المعايرة:

قمنا بتحضير مجموعة من العينات واجرينا القراءات عليها وفق خوارزمية العمل الموضحة في الشكل (9) وكانت نتائج التجارب وفق التالي:

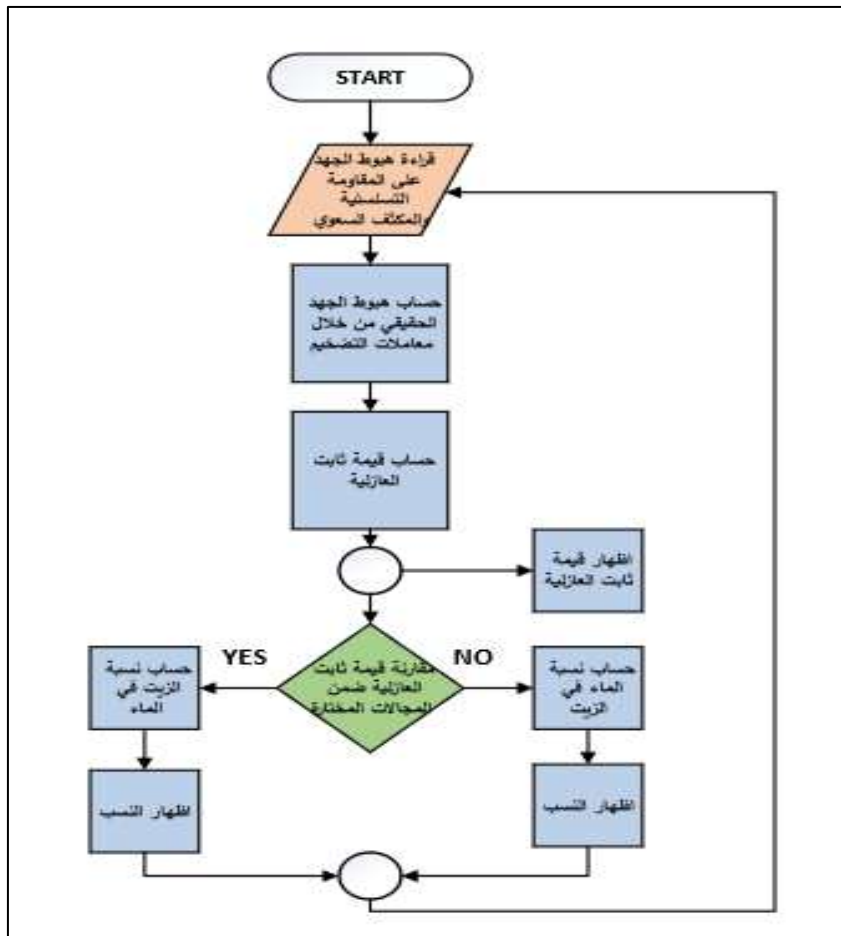
1. الحالة الأولى: زيت الزيتون نقي % 100:

$$v_R = 40.75 \text{ mv}; v_c = 319.05 \text{ v} \text{ وكانت } \epsilon_{oil} = 2.814 \text{ f/m}$$

2. الحالة الثانية: ماء نقي % 100:

$$v_R = 1.16 \text{ mv}; v_c = 319.9 \text{ v} \text{ وكانت } \epsilon_{water} = 79.89 \text{ f/m}$$

3. الحالة الثالثة: قمنا بأخذ مجموعة من العينات بناء على الاضافة بين الزيت والماء بنسب مختلفة كعازل للمكثف المصمم وتم حساب قيمة ثابت العزل المتشكل لكل عينة من تلك العينات باستخدام Arduino IDE.



الشكل (9) خوارزمية الحصول على قيمة ثابت العزل الكهربائي ونسب الخلط (للزيت والماء).

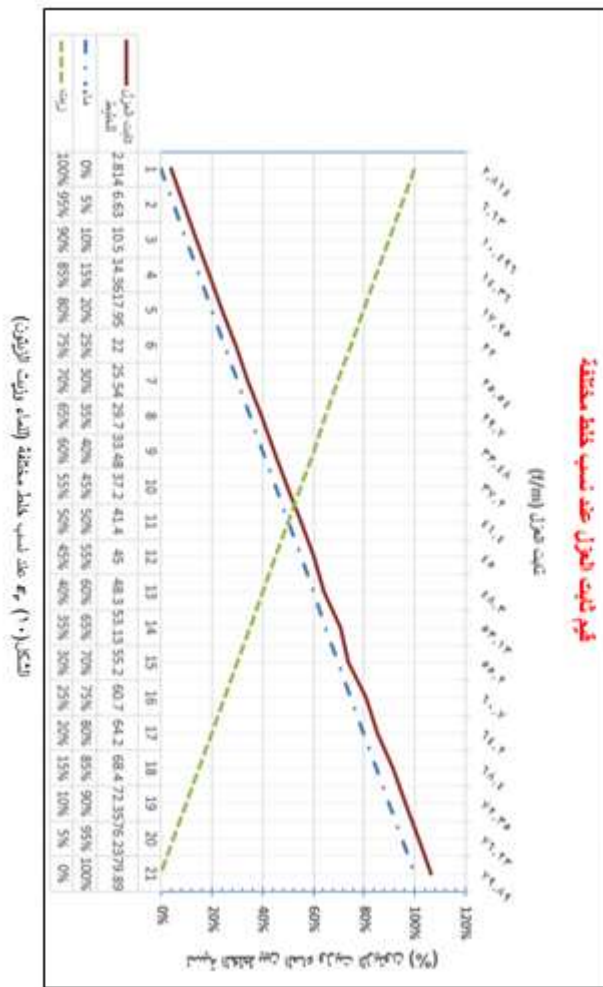
يوضح الشكل (10) القيم التي يأخذها ثابت العزل عند نسب خلط مختلفة من الماء والزيت حيث نجد بأن $\epsilon_r = 2.81 \text{ f/m}$ عندما يكون الوسط العازل هو زيت زيتون فقط وتزايد قيمته طردياً مع انخفاض نسبة زيت الزيتون وزيادة نسبة الماء حيث نجد $\epsilon_r = 41.4 \text{ f/m}$ عند تساوي نسب الخلط (ماء-زيت زيتون) وتبلغ قيمته العظمى $\epsilon_r = 79.9 \text{ f/m}$ عندما يكون الوسط العازل ماء فقط فينتج ثابت العزل الكهربائي المرتفع الكشف عن محتوى الزيت في الماء وقياسه بينما ثابت العزل الكهربائي المنخفض يتيح تقييم وتقدير محتوى الماء في زيت الزيتون

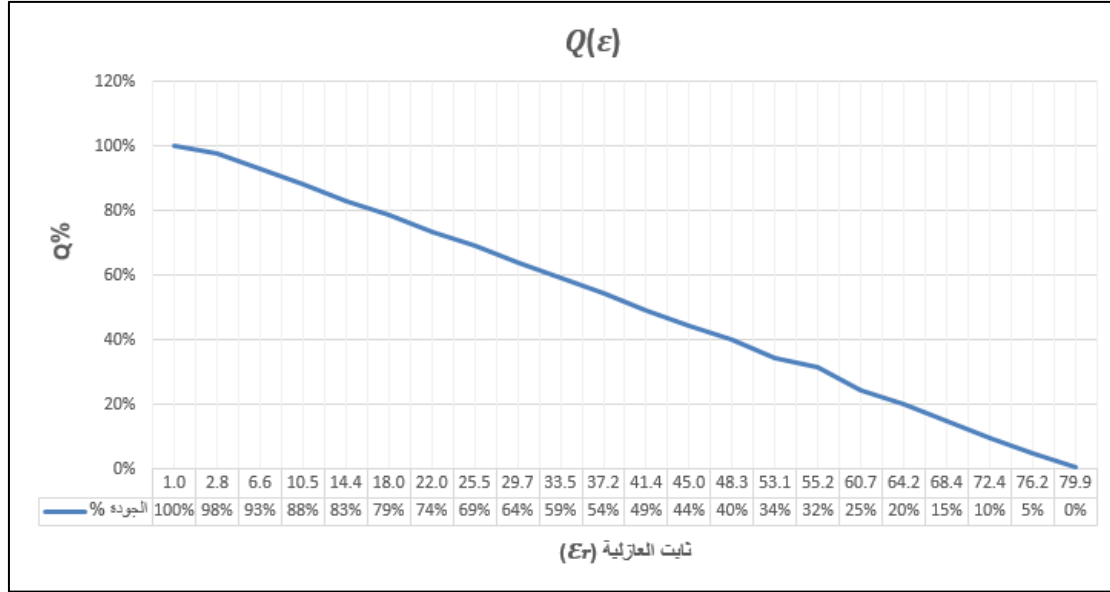
فبالاستفادة من هذه الاختلافات في ثوابت العزل يصبح من الممكن تحليل وتحديد كمية زيت الزيتون في مياه الزيتون وكمية المياه في زيت الزيتون. ويمكن ارجاع السبب في الفروقات بين قيم ثابت العزل الكهربائي للقيم السابقة في ان للماء قوى ثنائية القطبية مرتفعة نسبياً بسبب الطبيعة القطبية لجزيئاته. فعندما يتم تطبيق مجال كهربائي، تتراصف جزيئات الماء وتنتج ثنائيات أقطاب أكبر، مما يؤدي إلى ارتفاع ثابت العزل الكهربائي، بينما تحتوي الزيوت على قوى ثنائية القطبية منخفضة بسبب طبيعتها غير قطبية، مما يؤدي إلى ثوابت عازلة أقل. وهنا ندخل مفهوم جديد لتحديد الجودة (Q) كنسبة مئوية:

$$Q\% = \frac{\epsilon_r - \epsilon_{rwater}}{\epsilon_{roil} - \epsilon_{rwater}} \times 100\%$$

حيث أن: ϵ_r : ثابت العازلية المقاس، ϵ_{rwater} : ثابت العازلية الاعظمي، ϵ_{roil} : ثابت العازلية الأصغر.

يوضح الشكل (11) العلاقة $Q(\epsilon)$ بعد تحليل البيانات التي تم الحصول عليها وإيجاد العلاقة بينهما.





الشكل (11) العلاقة بين الجودة (Q) وثابت العازليه (ϵ_r).

من الشكل (11) نجد أن الجودة (Q) تكون مثالية تقريبا عندما تبلغ قيمة $r = 2.814 f/m$ وتتناقص قيمة Q تبعاً لتزايد قيمة ϵ_r حيث تأخذ Q القيمة 0.3% عند $\epsilon_{rmax} = 79.9 f/m$ أي يمكن القول بأنه كلما انخفضت قيمة ϵ_r زادت جودة الزيت المنتج (Q).

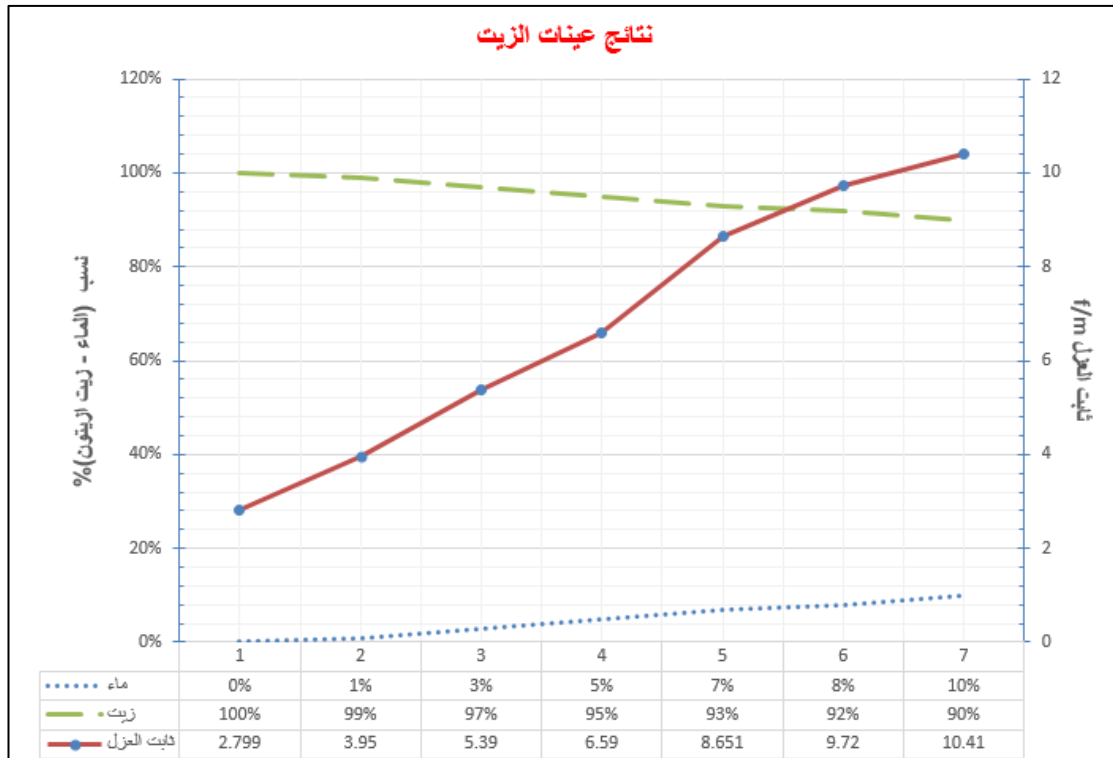
2- الاختبار التجريبي لنظام المراقبة:

بعد ان قمنا بعملية تصميم النظام واجراء عملية المعايرة نقوم بتشغيله على عدة مجموعات من العينات الفعلية التي تم الحصول عليها من عدة معاصر. حيث تضمنت كل مجموعة عينتين:

1. عينة من الزيت الناتج عن عملية استخراج الزيت.
2. عينة من المياه الناتجة عن المعاصر.

6-1 نتائج عينات الزيت:

قمنا بقياس ثابت العازليه للعينات المسحوبة من ناتج عملية العصر (معاصر الساحل السوري) لثمار الزيتون وجاءت نتائجها موضحة في الشكل (12).



الشكل (12) ثابت العزل كتابع لنسبة الخلط في عينات الزيت.

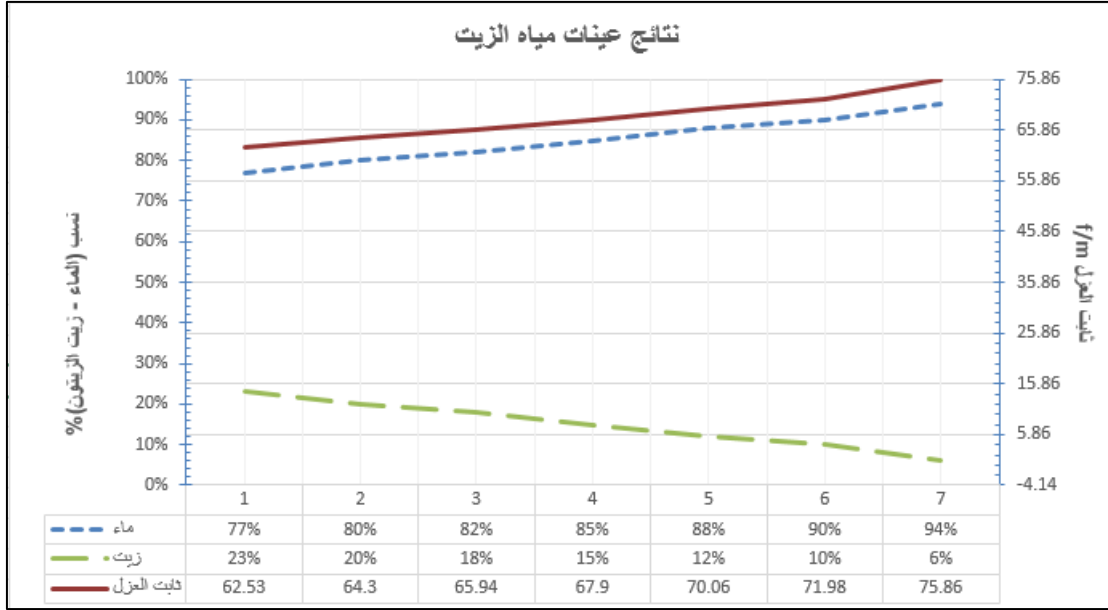
من الشكل (12) نجد:

1. عندما $f/m = 2.799$: العينة تحتوي على وسط عازل 100% من زيت الزيتون أي عند $Q = 97.7\%$.
2. عندما $f/m = 6.59$: العينة تحتوي على نسبة من الزيت (95%) ونسبة من الماء (5%) من حجم العينة أي عند $Q = 92.9\%$.

وبالتالي يمكن ان نستنتج بانه كلما كانت قيمة ثابت العزل مرتفعة كلما كانت جودة الزيت منخفضة وتترايد جودة الزيت بانخفاض قيمة ثابت العزل.

6-2 نتائج عينات مياه زيت الزيتون:

قمنا بقياس ثابت العازليه للعينات المسحوبة من ناتج عملية العصر (معاصر الساحل السوري) لثمار الزيتون وجاءت نتائجها موضحة في الشكل (13).



الشكل(13) ثابت العزل كتابع لنسبة الخلط في عينات مياه زيت الزيتون.

من الشكل (13) نجد عندما $r = 75.86 f/m$ تكون نسبة الفاقد من زيت الزيتون في مياه الزيتون 6% من حجم العينة في حين تكون نسبة الفاقد من زيت الزيتون 23% من حجم العينة عندما $\epsilon_r = 62.53 f/m$ وبالتالي يمكن ان نستنتج بأن نسبة الفاقد تتناسب عكساً مع قيمة ثابت العزل الكهربائي.

يبين الجدول (5) مقارنة بين نتائج عمليات المعايرة (الزيت والماء) لثابت العازليه مع نتائج الدراسات المرجعية حيث يتوافر لدينا من نتائج الدراسات المرجعية [16] و [17] عندما يكون العازل بشكل كامل من الزيت فأن $\epsilon_r = 3.114 f/m$ كما يتوافر لدينا $\epsilon_r = 78.30 f/m$ عندما يكون العازل بشكل كامل من الماء، وبمقارنة هذه القيم مع القيم التي حصلنا عليها في طريقتنا الجديدة باستخدام ثابت العزل الكهربائي لكل من الزيت والماء خلال عملية المعايرة للحساس السعودي وبنسبة خطأ 9.6% و 2.03% لكل من الزيت والماء على التوالي نجد بأن طريقتنا أفضل حيث لا بد من الإشارة الا انه كلما كانت قيمة ثابت العزل الكهربائي منخفضة كلما أدى ذلك الى التخفيف من تأثيرات الاستقطاب غير المرغوب فيها على الوسط العازل (زيت الزيتون).

الجدول(5) مقارنة بين نتائج عمليات المعايرة لثابت العازليه مع نتائج الدراسات المرجعية.

النسبة المئوية للخطأ	المعايرة	قيم الدراسة المرجعية	الدراسة المرجعية	
9.6%	2.814	3.114	[16]	100%زيت
2.03%	79.89	78.30	[17]	100%ماء

يبين الجدول(6) مقارنة بين نتائج عمليات المعايرة (للعينات المعدة مسبقاً) ونتائج الاختبار العملي (عينات من الزيت الناتج من عملية استخراج الزيت) لثابت العازليه.

الجدول(6) مقارنة نتائج ثابت العازليه لعمليات المعايرة والاختبار العملي (لزيت الزيتون).

النسبة المئوية للخطأ	الاختبار الفعلي	المعايرة
0.5%	2.799	2.814

0.6%	6.59	6.63
0.8%	10.410	10.496

يبين الجدول (7) مقارنة بين نتائج عمليات المعايرة (للعينات المعدة مسبقاً) ونتائج الاختبار العملي (عينات من مياه زيت الزيتون الناتج من عملية الاستخراج) لثابت العازلية الكهربائي.

الجدول (7) مقارنة بين نتائج ثابت العازلية لعمليات المعايرة والاختبار العملي (لمياه زيت الزيتون).

النسبة المئوية للخطأ	الاختبار الفعلي	المعايرة
0.48%	75.86	76.23
0.51%	71.98	72.35
0.73%	67.9	68.4
0.15%	64.3	64.2

نلاحظ من الجداول (5)، (6)، (7) بأن النتائج بين المعايرة والاختبار الفعلي للنظام المصمم جاءت متقاربة بقدر كبير والفروقات صغيرة بينهما لدرجة يمكن اهمالها من الناحية الفيزيائية وهذا يدل على مدى كفاءة النظام المصمم.

الاستنتاجات والتوصيات:

-الاستنتاجات

1. بلغت نسبة الفاقد من زيت الزيتون في مياه زيت الزيتون لإحدى العينات التي تم الحصول عليها من المعاصر 23% الامر الذي يستدعي ضرورة استخدام نظام المراقبة المصمم في المعاصر.
2. جاءت نتائج عملية المعايرة أفضل من النتائج في الدراسات المرجعية بنسبة 9.6% و 2.03% لكل من الزيت والماء على التوالي.
3. بلغت نسبة الخطأ الاعظمي في قياس ثابت العازلية لنظام المراقبة على عينات من الزيت الناتج 0.8%.
4. بلغت نسبة الخطأ الاعظمي في قياس ثابت العازلية لنظام المراقبة على عينات من مياه زيت الزيتون الناتج 0.73%.
5. تكون جودة زيت الزيتون في أفضل حالاتها عندما تبلغ قيمة ثابت العزل 2.799 f/m .
6. تصميم وتنفيذ نموذج عملي لمراقبة جودة زيت الزيتون في المعاصر اعتماداً على المستشعر سعوي والمتحكم الذكي Arduino يمكن أصحاب المصلحة (الزبون، أصحاب المعاصر) من مراقبة كمية الماء في زيت الزيتون وكذلك معرفة كمية الهدر من الزيت في مياه زيت الزيتون وبالتالي اتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة اثناء عملية العصر.
7. قدرة النظام المصمم على المراقبة الدقيقة لجودة زيت الزيتون المنتج وإمكانية عرض كمية الماء في زيت الزيتون وكمية الزيت في مياه الزيتون ومقدار ثابت العازلية الكهربائي المقاس على واجهات العرض المستخدمة المتاحة لكل من الزبون وأصحاب المعصرة.

-التوصيات:

1. استخدام متحكمات هجينة تعتمد على تقنيات الذكاء الصناعي في عمليات المعالجة وتحليل البيانات ومقارنتها مع النتائج التي تم التوصل اليها في هذا البحث.

2. العمل على دراسة كمية الهدر لزيت الزيتون الحاصل في تمز الزيتون.
3. العمل على ربط النتائج مع البنية التحكمية للآلات ليتم اتخاذ الإجراءات التحكمية اللازمة.
4. تطوير برمجة النظام ليتمكن من ارسال نتائج البيانات لاسلكيا الى وحدات المراقبة المتخصصة.
5. تعميم نظام المراقبة المصمم ونتائج الدراسة على جميع المعاصر والمنشآت الصناعية لضمان جودة الزيت والحد من الهدر في المنتجات الثانوية.

References:

- [1] Fernández-Uclés D, Elfkih S, Mozas-Moral A, Bernal-Jurado E, Medina-Viruel M, Abdallah S. Economic efficiency in the Tunisian olive oil sector. *Agriculture*. 2020;10(9):391. doi:[10.3390/agriculture10090391](https://doi.org/10.3390/agriculture10090391)
- [2] Dios-Palomares R, Martínez-Paz JM. Technical, quality and environmental efficiency of the olive oil industry. *Food Policy*. 2011;36(4):526–34. doi:[10.1016/j.foodpol.2011.04.001](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.04.001)
- [3] Petrakis C. Olive oil extraction. *Olive Oil*. 2006; doi:[10.1201/9781439832028.pt3](https://doi.org/10.1201/9781439832028.pt3)
- [4] da Silveira R, Vágula JM, de Lima Figueiredo I, Claus T, Galuch MB, Santos Junior OO, et al. Rapid methodology via mass spectrometry to quantify addition of soybean oil in extra virgin olive oil: A comparison with traditional methods adopted by food industry to identify fraud. *Food Research International*. 2017;102:43–50. doi:[10.1016/j.foodres.2017.09.076](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.076)
- [5] Gómez-Rico A, Salvador MD, Moriana A, Pérez D, Olmedilla N, Ribas F, et al. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra CV. Olive Orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry*. 2007;100(2):568–78. doi:[10.1016/j.foodchem.2005.09.075](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.075)
- [6] Salila Vijayalal Mohan HK, Aung PP, Ng CF, Wong ZZ, Alexander Malcolm A. Rapid non-invasive capacitive assessment of extra virgin olive oil authenticity. *Electronics*. 2023;12(2):359. doi:[10.3390/electronics12020359](https://doi.org/10.3390/electronics12020359)
- [7] Grossi M, Valli E, Bendini A, Gallina Toschi T, Riccò B. A portable battery-operated sensor system for simple and rapid assessment of virgin olive oil quality grade. *Chemosensors*. 2022;10(3):102. doi:[10.3390/chemosensors10030102](https://doi.org/10.3390/chemosensors10030102)
- [8] Islam MdR, Islam MT, Hoque A, Soliman MS, Bais B, Sahar NM, et al. Tri Circle split ring resonator shaped metamaterial with mathematical modeling for oil concentration sensing. *IEEE Access*. 2021;9:161087–102. doi:[10.1109/access.2021.3131905](https://doi.org/10.1109/access.2021.3131905)
- [9] Biswas PC, Rani S, Hossain MA, Islam MR, Canning J. Recent developments in smartphone spectrometer sample analysis. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. 2021;27(6):1–12. doi:[10.1109/jstqe.2021.3075074](https://doi.org/10.1109/jstqe.2021.3075074)
- [10] Venturini F, Sperti M, Michelucci U, Herzig I, Baumgartner M, Caballero JP, et al. Exploration of Spanish olive oil quality with a miniaturized low-cost fluorescence sensor and Machine Learning Techniques. *Foods*. 2021;10(5):1010. doi:[10.3390/foods10051010](https://doi.org/10.3390/foods10051010)
- [11] Reffas A, Moulai H, Beroual A. Comparison of dielectric properties of olive oil, mineral oil, and other natural and synthetic ester liquids under AC and Lightning Impulse stresses. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2018;25(5):1822–30. doi:[10.1109/tdei.2018.007218](https://doi.org/10.1109/tdei.2018.007218)
- [12] BeIdjilali A, Idir O, Saidi-Amroun N, Saidi M, Moulai H. Electrical and physicochemical properties and transient charging currents in mineral and vegetable oils

- mixtures. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2018;25(5):1739–48. doi:[10.1109/tdei.2018.007150](https://doi.org/10.1109/tdei.2018.007150)
- [13] Karagiorgos N, Nenadis N, Trypidis D, Siozios K, Siskos S, Nikolaidis S, et al. An approach for estimating adulteration of virgin olive oil with soybean oil using image analysis. 2017 6th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST). 2017; doi:[10.1109/mocast.2017.7937672](https://doi.org/10.1109/mocast.2017.7937672)
- [14] Subha TD, Reddy DV, Suresh T, Sekhar EG, Krishna CM, Kumar AVV. The role of Arduino Uno in voice recognition process with atmega328p. 2022 International Interdisciplinary Humanitarian Conference for Sustainability (IIHC). 2022; doi:[10.1109/iihc55949.2022.10060564](https://doi.org/10.1109/iihc55949.2022.10060564)
- [15] Chun-zhi He, Yin-shui Xia, Lun-yao Wang. A universal asynchronous receiver transmitter design 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC). 2011: 691-94; doi: [10.1109/icecc.2011.6066542](https://doi.org/10.1109/icecc.2011.6066542)
- [16] Vrba, J., Vrba, D. A microwave metamaterial inspired sensor for non-invasive blood glucose monitoring. Radioengineering. 2015, 24(4), 877-84; doi: [10.13164/re.2015.0877](https://doi.org/10.13164/re.2015.0877).
- [17] Malmberg C.G, Maryott A.A. Dielectric constant of water from 0 to 100 c. Journal of Research of the National Bureau of Standards. 1956: 56(1):1-8; doi: [10.6028/jres.056.001](https://doi.org/10.6028/jres.056.001).