



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعلوماتية

قسم الذكاء الصناعي

نظام ذكي للتحكم الكامل في خطوط تعبئة المياه

مشروع أعدّ لنيل درجة الإجازة في الهندسة المعلوماتية

إعداد الطلاب

فرح ماهر صايغ

نابغ ماهر صايغ

ماريا حنا رزق

مناف أيمن صعوب

مجد غالب القائد

إشراف

المهندس الدكتور عمار الجوخدار

المهندس الدكتور سامر حسام الدين

آب - 2024

جدول المحتويات

30.....	الملخص التجريدي
32.....	المقدمة
32.....	1.1 دوافع المشروع
33.....	2.1 هدف المشروع
33.....	3.1 الفئة المستهدفة
35.....	أرضية العمل
35.....	1.2 الثورة الصناعية 1.0 إلى 4.0
36.....	2.2 لمحة موجزة عن عملية التعبئة الآلية
37.....	3.2 معايير النجاح
37.....	4.2 معايير الفشل
37.....	5.2 القيود
38.....	6.2 دخل وخرج البرنامج
40.....	الدراسة المرجعية
40.....	1.3 التعرف على العبوات
40.....	1.1.3 Pure Computer Vision
40.....	1.1.1.3 Background Subtraction
42.....	2.1.1.3 معالجة المورفولوجية ((Morphological Operations
43.....	3.1.1.3 استخراج الخطوط المحيطة ((Contour Extraction
43.....	4.1.1.3 Thresholding
44.....	2.1.3 Yolo v8
44.....	1.2.1.3 المدخلات إلى النموذج
46.....	2.2.1.3 معالجة النموذج (التمرير الأمامي - Forward Pass)

46.....	3.2.1.3. تمرير الصور عبر النموذج
47.....	4.2.1.3. حساب الخسارة باستخدام دالة الخسارة ((Loss Function
47.....	5.2.1.3. التحديث الخلفي وتحديث الأوزان
47.....	6.2.1.3. التحقق والاختبار
48.....	7.2.1.3. النموذج النهائي
48.....	2.3 تتبع الكائنات ((Object Tracking
48.....	1.2.3 خوارزمية Centroid-Based Tracking
49.....	2.2.3 خوارزمية Kalman Filter
51.....	3.2.3 خوارزمية Mean-Shift
51.....	4.2.3 خوارزمية Optical Flow
53.....	3.3 وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة ((PLC
53.....	1.3.3 مكونات PLC
54.....	1.1.3.3 مزود الطاقة Power Supply
54.....	2.1.3.3 وحدة المعالجة المركزية CPU
54.....	3.1.3.3 وحدات الإدخال والإخراج I/O modules
55.....	4.1.3.3 جهاز البرمجة Programming device
55.....	5.1.3.3 الذاكرة والتخزين Memory and storage
55.....	6.1.3.3 الاتصالات Communication
55.....	7.1.3.3 واجهة الآلة البشرية ((HMI
56.....	2.3.3 برمجة ال PLC
56.....	1.2.3.3 لائحة التوضيح ((STL
56.....	2.2.3.3 مخطط الوظائف ((FBD
57.....	3.2.3.3 المخطط السلمى ((LDR
58.....	3.3.3 آلية عمل ال PLC
60.....	4.3 الأبحاث المشابهة

1.4.3. اكتشاف شكل ومستوى العبوات باستخدام الانحراف المعياري المحلي وتحويل هوف

60

2.4.3. الفحص الآلي لأغطية العبوات باستخدام نظام الرؤية الحاسوبية.....61

63.....دراسة التحليلية والتصميمية

1.4. المتطلبات الوظيفية ((Functional Requirements.....63

2.4. المتطلبات غير الوظيفية ((Non-Functional Requirements.....64

3.4. مخطط الصفوف ((Class Diagram.....65

4.4. البنية التصميمية للمشروع.....66

1.4.4. التعرف على العبوة وتحديد نوعها.....66

1.1.4.4. إعداد البيانات.....66

2.1.4.4. إعدادات التدريب.....67

2.4.4. تتبع العبوة.....68

3.4.4. إرسال الأوامر إلى ال PLC.....68

4.4.4. تصميم الخط.....69

1.4.4.4. المواصفات الفنية للآلة.....69

2.4.4.4. أهم مكونات خط التعبئة.....70

5.4.4. آلية عمل ال PLC.....76

6.4.4. تصميم واجهة HMI للتحكم بـ PLC.....77

80.....التجريب والنتائج

1.5. الكشف عن العبوات والتعرف عليها.....80

1.1.5. Pure Computer Vision.....80

2.1.5. باستخدام نموذج YOLO-V8.....81

2.5. حالة وقوع عبوة أثناء الحركة.....83

3.5. العمل على ثلاث حالات مختلفة للخط.....84

87.....التحقيق

87.....	1.6. الادوات
88.....	2.6. العوائق.....
88.....	1.2.6. الكاميرا
89.....	2.2.6. قراءة ملف ال CSV
89.....	3.2.6. خط الانتاج.....
92.....	دليل الاستخدام.....
95.....	الخاتمة و الآفاق المستقبلية
95.....	1.8. الخاتمة.....
96.....	2.8. الآفاق المستقبلية
98.....	المراجع.....

شكر وتقدير

بكل تقدير وامتنان، نوجه أصدق كلمات الشكر لشخصين عظيمين...

لقد كانت إرشاداتكما ودعمكما حجر الأساس في نجاحنا، وما قدمتموه من معرفة وحكمة سيظل مرجعاً نعود إليه دوماً.

نشكر لكما كل ما بذلتماه من جهد، ولولاكما لما تحقق هذا النجاح.

المهندس الدكتور عمار الجوخدار

المهندس الدكتور سامر حسام الدين

إلى من كان أول من علمني معنى القوة والإصرار،
إلى من غرس فيّ القيم والأخلاق، وسقاني من ينابيع حكمته،
إلى من رحل عن الدنيا، لكنه لم يرحل عن قلبي وذاكرتي،
على الرغم من رحيلك، فإن كلماتك وذكراك ما زالت ترافقني في كل خطوة أخطوها.

أبي الغالي الكابتن ماهر

إلى من كانت لي الأم والأب معًا،
إلى من منحتني الحب بلا حدود، والصبر بلا مقابل،
إلى من ساندتني بحبها وحنانها في أصعب الأوقات،
إلى أمي الحبيبة، التي كانت دعواتها ترافقني في كل خطوة.

أمي الغالية مارلين

إلى إخوتي الأعزاء، أعز ما أملك في هذه الدنيا،
إلى من كانوا دائمًا عونًا لي وسندًا في كل لحظة،
إلى من رسموا الابتسامة على وجهي في أوقات الحزن، وكانوا لي نورًا في الظلام.

هبة، بهيج، فرح

إلى خالتي العزيزات، اللاتي كنّ لي السند والعون في كل خطوة،

إلى من وقفن بجاني في أوقات الفرح والحزن، وشاركتني كل لحظة بدعم لا ينضب،

إلى من كانت محبتكن واهتمامكن مصدر قوة وراحة لي دائماً.

هالة، جينا

إلى صديقي الأوفى، الذي كان لي العون والرفيق في كل مراحل العمر،

إلى من عرفته منذ الطفولة، ومن كبرت معه وشاركته أحلى الذكريات وأجمل اللحظات،

إلى من كانت صداقته لي ملاذاً وسنداً في كل الأوقات.

سيمون عباس

إلى زملائي الأعزاء، الذين أصبحوا جزءاً لا يتجزأ من ذكرياتي الجميلة،

إلى زملائي الرائعين، الذين كانوا لي شركاء في كل تحدٍ ومشروع،

إلى من جمعنا الطموح المشترك والعزيمة الراسخة للوصول إلى النجاح،

إلى من كانت صداقتهم أكبر من مجرد زمالة دراسية.

كارولين معتوق، ميشيل غيث، رانيا السمور، سينتيا الدحل الله،

داوود صباغ، بركات واكيم، رامي دانس، رامي سرياني، سمير زكرك،

كاتيا سيوفي

إلى زملائي في مشروع التخرج والسنة الأخيرة، الذين كانوا لي شركاء في كل خطوة ،

إلى من واجهنا معًا التحديات واحتفلنا معًا بالإنجازات،

إلى من كان تعاونهم وتفانيهم جزءًا أساسيًا من نجاح هذا المشروع.

منايف صعوب، فرح صايغ، ماريارزق، مجد

القائد

إلى من غمروني بحبهم و صداقتهم الصادقة، وجعلوا كل لحظة برفقتهم تجربة لا تُنسى.

إلى أصدقائي الأعزاء، عائلتي الثانية التي اخترتها بكل حب،

إلى من وقفوا بجانبني دائمًا، وملأوا أيامي بالحب والطمأنينة.

أنطوان بسي، نور الخوري، ابراهيم اسبر، بيرلا يبرودي، خليل الداية، فرح لولي،

غريس حنون، كريستيان سابا، مارلا نخلة، حنا عوض، توفي التلي، فادي بربارة، دانا

مخول

إلى من ملأوا حياتي بالسعادة والذكريات الرائعة، وكنتم لي دائمًا السند في كل موقف،

إلى من أصبحوا جزءًا أساسيًا من حياتي، وتركوا بصمة لا تمحى في قلبي،

إلى من شاركهم أجمل سنوات حياتي.

شيفية فرع المتقدم

ابراهيم اسبر، غريس حنون، مارلا نخلة، جوزيف خياطة، اندريا دومانى، انطوان

بسي، نور الخوري، غريتا بغداد، توفي التلي، ورد حاجوج، زين عيد، جويس السعد،

كارول مارديني، بيير الخوري

نابغ صايغ

إلى من كانت كلماته نورًا يضيء طريقني

إلى من زرع في قلبي الشجاعة والصبر

إلى الروح التي علمتني معنى الحب الحقيقي

إلى من كانت حضوره الدائم يعطيني القوة والسكينة

إلى من لا تزال ذكراه تلهمني وتدفعني للأمام كل يوم.

أبي المرحوم كابتن ماهر

إلى من كانت لي الدعم والسند في كل لحظة

إلى النور الذي أضاء حياتي

إلى من منحتني الحب بلا حدود

إلى من كانت السبب في كل نجاح أحققه

إلى من جعلت من الحنان والقوة عنواناً لي.

أمي الغالية مارلين

إلى من كانوا لي السند والدعم في كل خطوة

إلى من شاركتهم الضحكات والأحلام

إلى من كانوا دوقاً بجانبني في أوقات الفرح والحزن

إلى أختي، أنتم الركيزة التي أعتمد عليها

والكز الذي أفتخر به في حياتي.

هبة، بهيج، نابغ

إلى من غمرني بحبون وعطفون الذي لا ينتهي

إلى من كنّ لي الدعم والتشجيع في كل خطوة

إلى من أضأن حياتي بوجودهن

شكرًا لكنّ على كل لحظة وكل ذكرى جميلة تركتها في قلبي

أنتم حقًا نعمة لا تقدر بثمن.

هالة، جينا

إلى من جعلتم مشوار الدراسة مليئًا بالذكريات التي لا تُنس

إلى من تشاركنا الضحكات والجهود وسهر الليالي

إلى من كانت صداقتكم نعمة حقيقية في حياتي

أشكركم من القلب على كل لحظة، فأنتم جزء لا يتجزأ من هذا النجاح.

كارولين، رانيا، سينتيا، ميشيل، داوود، رامي، بركات، كاتيا، رامي

إلى من كنتم لي دائمًا السند والرفيق في كل مرحلة من حياتي

إلى من وقفتم بجانبني في الأوقات الصعبة و شاركنموني الفرح والنجاح

إلى من كانت صداقتكم حقيقية وصادقة، لا تتأثر بالزمن أو المسافات

أشكركم على الدعم المستمر، وعلى كونكم جزءًا لا يتجزأ من رحلتي.

سمير، باسكال، سيمون، يوانان، نتاليا، كريستين

إلى زملائي في مشروع التخرج

لقد كان العمل معكم تجربة لا تُنسى

لقد تعلمت منكم الكثير

وبدون تعاونكم ودعمكم، لما تمكنا من تحقيق هذا الإنجاز

شكرًا لكم على كل لحظة قضيناها معًا.

نابغ، مناف، ماري، مجد

فرح صايغ

إلى أمي الحبيبة، أنت القلب الذي ينبض حبًا ودعمًا في كل لحظة من حياتي. كلماتك ودعواتك كانت لي الدافع الأكبر للوصول إلى هذا اليوم. شكرًا على كل ما قدمته لي، من حنانك ورعايتك وتضحياتك. أهديك هذا النجاح الذي لا يكتمل إلا بابتسامتك، أحبك"

أمي

إلى أبي الغالي، الذي كان لي القدوة والمثل الأعلى في المثابرة والاجتهاد. بفضل حكمتك وإرشاداتك، استطعت تحقيق هذا الحلم. شكرًا على كل لحظة من دعمك وتشجيعك، أنت السند والقوة في حياتي. أهديك هذا الإنجاز بفخر وحب كبيرين

أبي

إلى إخوتي الأعزاء، أنتم شركاء الطفولة ورفاق الدرب. بوجودكم، كانت حياتي مليئة بالحب والفرح والدعم. شكرًا على كل لحظة وقفتم فيها بجاني، وكل تشجيع كنتم تقدمونه لي. نجاحي اليوم هو نجاحنا جميعاً، وأهديه لكم بكل حب وتقدير.

أخي منهل ، أختي

نهاد

إلى التي كانت لي النور في أحلك الأوقات والدعم في كل خطوة. بوجودك، كانت الرحلة أسهل وأجمل إلى الإنسانية التي أعطتني من قلبها ووقتها ودعمها بلا حدود. التي كانت لي السند والدافع في كل لحظة من هذه الرحلة. بوجودك بجاني، تحولت الأحلام إلى واقع، وأصبحت كل الصعوبات مجرد محطات نحو النجاح. أهديك هذا النجاح الذي لا يكتمل إلا بك"

ريتا سفر

إلى أعز الناس على قلبي من وقفوا بجاني وكانوا لي السند، وقضيت معهم أجمل أيام حياتي. بضحكاتكم تجاوزنا الصعوبات، ولكم مني كل الحب والتقدير. شكرًا على كل لحظة لا تُنسى.

جميل خلف ، حنا عوض ، مارك مارديني ، نيكولا جناوي ، حنا السمان ، كريستيان

سابا ، جورج منصور ، عدي مطر ، ميشيل غيث ، جان أبو جراب

إلى الأصدقاء الذين لا تُقدر قيمتهم بثمن إلى الذين كانوا لي أكثر من مجرد أصدقاء، أنتم الرفاق الذين جعلوا رحلتي مليئة باللحظات الجميلة. بوجودكم، أصبحت الأيام أسهل لكم مني كل التقدير والحب

سول عيسى , ميشيل عبد النور , بيرلا بولو , جبران شكر , نايا عماري , تالا الأخرس ,

مارلا نخلة , جيسكا دلول , أنطوان بسي, ميرنا شلش , ميشيل شاوي , جورج

ديرعطاني , ادمون بدران كرم كبابة .

إلى زملائي في مشروع التخرج وجميع من شارك في رحلة الجامعة، كنتم دائماً العون والدعم في كل خطوة. بفضل تعاوننا وجهودنا المشتركة، استطعنا تحقيق هذا النجاح. شكراً لكم على كل لحظة عملنا فيها معاً، وكل ذكرى صنعناها خلال هذه السنوات. هذا الإنجاز هو حيلة جهودنا جميعاً، وأهديه لكم بكل فخر واعتزاز.

نابغ صايغ , فرح صايغ , ماري رزق , مجد القائد

مناف صعوب

«إِنْ كُنْتَ تَسْتَطِيعُ أَنْ تُؤْمِنَ، كُلُّ شَيْءٍ مُسْتَطَاعٌ لِلْمُؤْمِنِ»

بكل تواضع وامتنان، أرفع شكري إليك يا يسوع، لقد كنت نوري في الظلام، وملجأ في الأوقات الصعبة. لم يكن هذا النجاح ممكناً بدون نعمتك. كنت معي في لحظات الفرح، وفي أوقات الشك والتعب، تمدني بالسلام والقوة لأواصل الطريق، فكل خطوة وكل فكرة وكل إنجاز كان بفضل نعمتك. إلى الذي مشيئته أنارت طريقي ووصلت بهذه الرحلة حتى نهايتها.

ربي يسوع المسيح

إلى نسختي الأكبر،
إلى الداعمة الأولى لي في كل مراحل حياتي. بفضل دعائك، صبرك، وتضحياتك، استطعت الوصول إلى ما أنا عليه اليوم.
كنت دائماً اليد التي تمسك بيدي في كل خطوة، إلى التي مسحت كل الدموع وداوت كل الجروح إلى التي لم تبخل يوماً بتقديم الحب والتشجيع الذي كنت أحتاجه لتحقيق هذا النجاح.
أهديك هذا الإنجاز وكل لحظة من لحظات النجاح التي حققتها، فأنت الدافع الحقيقي وراءه.

حبيبتى ماما

إلى الرجل الأعظم في حياتي... لا عرّ كعزك ولا حب بعد حبك،
الذي يرافقني اسمه في كل نجاح... من أجله دخلت الهندسة المعلوماتية ولإسعاده وصلت إلى النهاية.
تضحياتك، حكمتك، وثقتك في قدراتي كانت الأركان الأساسية التي بنيت عليها نجاحي.
أهدي لك هذا الإنجاز الذي هو ثمرة دعمك اللامحدود وإيمانك بي..

حبيبي بابا

إلى خليفي على طريق النجاح
من كان طفلاً فسندته وأمسكت يده في أولى خطواته... الآن أصبح شاباً يمسك بيدي دائماً بكل خطوة
الذي يجعل كل شيء أفضل بوجوده،
من آمن بي وراهن على نجاحي... من جعلني أدرك قيمتي الحقيقية
إلى من تعجز الكلمات عن وصف حيي له وفخري به.

د.إيليا

إلى المدلل الصغير

شكرا على كل ما قدمته لي من دعم وحب خلال مسيرتي الطويلة . كنت دائماً مثل النجم الذي ينيّر طريقى، حتى في أصعب اللحظات. كانت ضحكاتك التي أضأت بها أيام دراستي مثل الإشارات التي توجهني في كل خطوة، أنت الأمل الذي ينعش كل يوم في حياتي، أتمنى لك مستقبلاً واعداً مليئاً بالإنجازات والفرح. وأتمنى أن أكون خير قدوة...

جوزيف

كل كلمات الدنيا لا تكفيكم... ولا تفيكن حقكم دعمكم وتشجيعكم المستمر خلال رحلتي الأكاديمية جعلني أشعر بأنني لست وحدي في هذه الرحلة، بل أنكم جزءاً من كل إنجاز أحققه. رغم المسافة التي تفصل بيننا، فقد كنتم دائماً في قلبي وفكري، أنتم سبب نجاحي. إن دعمكم حتى من بعيد، كان بمثابة شعلة أضأت طريقي ودفعتني للاستمرار في تحقيق أهدافي. كانت كلماتكم المشجعة ومساندكم مصدر إلهام لي خلال كل خطوة في هذه الرحلة. أتمنى أن أكون دائماً مصدر فخر لكم. أشكر الله على نعمة وجودكم في حياتي.

عصام - زهير - ماهر - مهند

لا يمكن للكلمات أن تعبر بما يكفي عن مدى امتناني وحبّي لك، لأنك كنت بمثابة أمي الثانية والملاذ الروحي في حياتي. كلماتك الطيبة، وأفعالك الرقيقة، واهتمامك العميق جعلت منك نبعاً لا ينضب من الحب والدعم الذي لا يقدر بثمن. كان دعمك اللامحدود وحبك الدافئ مثل درع يحميني من صعوبات الحياة في كل خطوة على طريق النجاح . شكراً لك على كونك أكثر من مجرد عائلة، على كونك صديقة حقيقية ، وسنداً قوياً. لقد جعلت كل إنجاز أحققه أكثر قيمة ومعنى، لأنك كنت جزءاً أساسياً منه.

أمي الروحية أمل

إلى المثال الحقيقي للعزيمة والإصرار في حياتي. إلى من علمني أن بلوغ النجاح يتطلب التعب والصبر وأني دائماً أستطيع..

لقد كنت دائماً رمزاً للقوة ، وقدوة ملهمة في تحقيق الأهداف وتجاوز التحديات.

إلى من علمني معنى النضال الحقيقي، كانت قصصك وتجاربك دروساً قيمة بالنسبة لي، وشجعتني على متابعة حلمي وتحقيق النجاح.

أشكرك من أعماق قلبي على كل ما قدمته من دعم وتشجيع منذ صغري حتى الآن .

فدوى الغالية

إلى أخي الأكبر ورفيق دربي رغم المسافات التي تفصل بيننا.

على الرغم من مغتربك، لم يفتك أبداً أن تكون مصدر دعم وتشجيع لي في طريقي الطويل.

كانت رسائلك وكلماتك الطيبة بمثابة دفعة قوية لي.

أشكرك من أعماق قلبي على كونك الأخ الذي يعزز معنوياتي ويدعمني بكل حب وحنان.

إلى الشخص الذي كنت ولطالما أتمنى أن أراه هنا معي يساندني كعادته لكنها المسافات...

د.فلاح

إلى أختي التي لم تلدها أُمي..

أعلم أن أي كلمات قد تقصر عن التعبير عن مدى تأثيرك العميق في حياتي.لطالما كنت بجانبك كالنجم اللامع في سماء حياتي، وجودك بجانبني، ودعمك المستمر، وابتسامتك التي لا تفارق وجهك كانت مصدر ضحكاتي.

شكراً لك على كونك الكتف الثابت الذي يمكنني الاعتماد عليه في كل لحظة. شكراً لك على كونك الأخت التي لا تعوض والدعامة الثابتة في حياتي.

المهندسة ميلاني

إلى رقيقة دربي و النعمة الأكبر..

وجودك في حياتي كان أكثر من مجرد نعمة، بل كان بمثابة نعمة حقيقية، تقفين بجانبني وتشاركيني كل تحديات النجاح والإنجاز. كانت محبتك ودعمك لي طوق نجاة في أصعب الأوقات، وكنت دائماً الجهة التي ألتجئ إليها في لحظات الحاجة كعهد ثابت يبعث في القوة والإلهام. كانت لحظتنا المشتركة في الدراسة والتعلم محفورة في ذاكرتي كذكريات لا تقدر بثمان.

أشرك من أعماق قلبي على كونك الأخت التي لا تعوض، والسند الذي لا يقدر بثمان.

المحامية جويل

إلى من كانوا أكثر من مجرد أفراد عائلة؛ فتحت بيوتكم وقلوبكم لي في أصعب الأوقات، لقد كانت أجواء بيوتكم الحاضنة مكاناً آمناً وملاذاً للدراسة بالنسبة لي لم يكن كرمكم مجرد فتحاً للأبواب، بل كان فتحاً للقلوب التي امتلأت بالدعم والتشجيع بشكل دائم، وكان لكم مكن ومساندتك الأثر الكبير في تحقيق نجاحي . ستظلون دائماً في قلبي كنموذج للعطاء والمحبة التي لا تعرف حدوداً.

كاتيوشا - ريتا

إلى شركاء النجاح...

أنتم جزء لا يتجزأ من نجاحي ، كنتم معي في كل خطوة من هذه الرحلة الطويلة المليئة بالذكريات التي لا تُنسى... في كل محطة، كان وجودكم بجانبني سبباً للاستمرار والقوة. لقد كنتم أكثر من مجرد زملاء دراسة، بل كنتم دائماً شركاء التعب والانتصارات والسند الحقيقي في كل خطوة. كل لحظة تعب قضيناها معاً، وكل تحدي واجهناه، جعل من إنجازنا هذا أكثر قيمة ومعنى. بفضلكم، جعل الطريق أسهل، وها نحن وصلنا إلى هذا اليوم الذي نحصد فيه ثمرة مجهودنا ونجاحنا.

مايا - نابغ - فرح - مناف - مجد

على الرغم من قصر مدة معرفتنا، إلا أنك أثبت لي أنك خير صديقة وداعمة حقيقية .

لقد أظهرت لي معنى الصداقة الحقيقية، حتى في أصعب الأوقات.

المهندسة ساندرا

إلى أجمل وألطف أم وصديقة...إلى طفليتيها المدللتي

إلى من شاركوني سنين الدراسة والسهر والتعب ...من خففوا لحظات تعبتي بضحكاتهم.

كاترين - بيرلا - ايللا

إلى الشخص الذكي الذي لم يتردد بتقديم المعلومات و الدعم لي

من أثبت لي أن الأصدقاء مواقف وكان خيرة الأصدقاء..

المهندس كابي

وتحقق اليوم ما كان حلمًا بالأمس.

في هذه اللحظة التي أنظر فيها إلى كل ما حققته أود أن أقدم هذا النجاح إلى تلك الروح التي لم تستسلم رغم كل التحديات، وتخطت الصعاب، وسهرت الليالي لتحقيق هذا الإنجاز.

إلى نفسي، التي بقيت مؤمنة بقدرتها على الوصول إلى الهدف مهما كان الطريق شاقاً.

اجتزت اللحظات الصعبة بفضل إصراري وعزمي. لم يكن الطريق سهلاً، لكنه كان يستحق كل لحظة..

أهدي هذا الإنجاز لنفسي، ولكل جزء في رفض الاستسلام وواصل التقدم حتى الآن.

ولكل لحظة شك تخطيتها، ولكل خطوة إلى الأمام تقدمت بها. جعلتني فخورة بذاتي وبكل ما حققته، ومستعدة لكل ما ينتظرني من نجاحات قادمة.

هذه اللحظة ليست نهاية الرحلة، بل هي بداية لآفاق جديدة، وأعد نفسي بأنني سأظل أؤمن بها وأسعى لتحقيق المزيد.

المهندسة ماريلا

إلى التي زرعت في نفسي الإيمان،

وأمدتني بالقوة لتحقيق الحلم،

إلى التي جعلتني أتحدى الصعاب وأواجه الحياة بشجاعة وإصرار.

أمي الغالية روجينا

إلى الذي لم يتوان يوماً عن تقديم كل ما لديه من أجل مستقبلي،

وإلى من كان دائماً مثلي الأعلى وقودتي في الحياة،

إلى من علمني الصبر والإصرار لتحقيق النجاح.

أبي الغالي غالب

إلى الذي كنت دائماً قريباً من قلبي،

إلى من أرى فيه الطموح والتفوق،

أدعو الله أن يوفقك في كل ما تسعى إليه.

أخي العزيز روجيه

إلى التي كانت لي أكثر من مجرد أخت،

أنت رفيقة دربي ومصدر الفرح في حياتي،

شكراً لك على كل لحظة دعم وتشجيع، ولكل لحظة قضيناها معاً.

أختي الغالية جاندارك

إلى الذين كانوا السند الحقيقي في حياتي،

ومنهم أستمّد القوة والطاقة للاستمرار،

إلى الذين أعطوني الدعم والمحبة دون قيد أو شرط.

أفراد عائلتي الأعزاء

إلى الذين كانوا لي عائلة ثانية،

شكرًا لكم على كل اللحظات الجميلة، والدعم المستمر،

لن أنسى الذكريات الرائعة التي صنعناها معاً.

ميشيل غيث، سينتيا الدخل الله، رانيا السمور، كارولين معتوق،

داوود صباغ، رامي سرياني

رامي داناش، فادي بترابي، ريبال عساف

نهاية، إلى الفريق الرائع الذي يشاركني هذا المشروع،

كنتم السند والعون في كل خطوة،

وبفضل تعاوننا وجهودنا وصلنا إلى هذه اللحظة المميزة.

نابغ صايغ، فرح صايغ، مناف صعوب، ماريان رزق

مجد القائد

جدول المصطلحات

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
Overfitting	الانحياز المفرط	عندما يتعلم نموذج التعلم الآلي تفاصيل البيانات التدريبية بشكل زائد، مما يجعله غير قادر على التعميم لبيانات جديدة. يؤدي هذا إلى أداء جيد على البيانات التدريبية ولكنه ضعيف على البيانات الجديدة.
Threshold	العتبة	قيمة محددة تحدد الحدود التي بناءً عليها يتم اتخاذ قرار معين. عندما يتجاوز مقياس معين (مثل الاحتمالية أو النقاط) هذه العتبة، يتم تفعيل إجراء معين أو تصنيف.
Dataset	مجموعة البيانات	مجموعة منظمة من البيانات تُستخدم لتحليلها أو لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي. تتضمن عينات تحتوي على ميزات وربما تسميات مرتبطة بها.

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
Bias	التحيّز	خطأ منهجي في النموذج يؤدي إلى توقعات غير دقيقة بشكل متكرر. يحدث بسبب بيانات غير دقيقة أو افتراضات خاطئة، ويؤدي إلى نتائج منحازة.
Dropout	الانقطاع	تقنية تُستخدم في التدريب على الشبكات العصبية بتعطيل بعض الخلايا العصبية بشكل عشوائي لتقليل الإفراط في التخصيص.
Batch normalizer	التطبيع الجماعي	تقنية تُستخدم لتحسين تدريب الشبكات العصبية بتطبيع مدخلات كل طبقة، مما يساعد في تسريع التدريب وزيادة استقراره.
Learning Rate	معدل التعلم للنموذج	معامل يتحكم في حجم التعديلات على أوزان النموذج أثناء التدريب.

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
YOLO	-	شبكة عصبية تلافيفية مخصصة للكشف عن الأجسام في الصور والفيديوهات. تستخدم الشبكة بنية خاصة تجعلها سريعة الكشف عن الأجسام في الوقت الحقيقي
Bounding Box	الصندوق المحيط	مستطيل يحدد موقع وحجم الجسم داخل الصورة.
Epoch	-	هو مرور كامل عبر مجموعة بيانات التدريب مرة واحدة.
Loss Function	دالة الخسارة	تقيس الفرق بين التنبؤات والقيم الفعلية لتوجيه تحسين النموذج.
Backpropagation	الانتشار العكسي	هو خوارزمية تُستخدم لتحديث أوزان الشبكة العصبية عن طريق حساب الأخطاء ونقلها إلى الوراء عبر الشبكة.
Adam	-	خوارزمية تحسين تعدل معدل التعلم لكل معلمة باستخدام تقديرات للتدرجات، مما يحسن سرعة وكفاءة التدريب.

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
Stochastic Gradient Descent (SGD)	الهبوط التدريجي العشوائي	خوارزمية لتحسين النموذج بتحديث الأوزان باستخدام تدرجات من بيانات صغيرة في كل مرة، مما يجعلها أكثر كفاءة.
Validation Set	مجموعة التحقق	مجموعة بيانات تُستخدم لضبط أداء النموذج وتقييمه أثناء التدريب.
Labeling	التصنيف	عملية تعيين فئة أو قيمة للبيانات في مجموعة البيانات.
Batch Size	حجم الدفعة	عدد أمثلة التدريب المستخدمة لتحديث أوزان النموذج في كل تكرار.
Object Tracking	تتبع الأجسام	عملية متابعة وتسجيل حركة جسم ما عبر سلسلة من الإطارات في الفيديو أو الصور.
Centroid-Based tracking	التتبع المعتمد على المركز	تتبع حركة الجسم من خلال متابعة مركزه عبر الإطارات.

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
Optical Flow	تدفق الضوء	نمط الحركة الظاهرة للأجسام في المشهد البصري استنادًا إلى حركة البكسلات بين الإطارات المتتالية في الفيديو. يساعد في تقدير اتجاه وسرعة الحركة داخل الصورة.
Mean-Shift	الانتقال المتوسط	خوارزمية تجمع تتحرك بالنقاط نحو كثافة جيرانها لتحديد التجمعات في البيانات.
Background Subtraction	إزالة الخلفية	تقنية لفصل الأجسام المتحركة عن الخلفية في الفيديو.
K-Nearest neighbors	-	خوارزمية تصنيف تُحدد الفئة بناءً على الفئات الأكثر شيوعًا بين أقرب K جيران.
Gaussian Mixture Model	نموذج الخليط الغاوسي	نموذج احتمالي يُستخدم لتمثيل توزيع البيانات كمزيج من عدة توزيعات غاوسية لتمثيل بيانات معقدة.
Morphological	-	معالجة الأشكال والهياكل في الصور لتعديل أو استخراج الميزات.

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
Morphological Gradient	التدرج المورفولوجي	تقنية تبرز الحواف في الصور باستخدام الفرق بين التمدد والتآكل.
Erosion	التآكل	عملية تقليص الأجسام في الصور بإزالة البكسلات من حوافها.
Dilation	التمدد	عملية توسيع الأجسام في الصور بإضافة بكسلات إلى حوافها.
Opening	الفتح	عملية لإزالة الضوضاء من الصورة مع الحفاظ على شكل الأجسام الكبيرة تآكل ثم تمدد.
Closing	الإغلاق	عملية لملء الفجوات الصغيرة في الصورة مع الحفاظ على شكل الأجسام، وهي تمدد ثم تآكل.
Contour	-	الخط الذي يحدد شكل الجسم في الصورة.
PLC	التحكم المنطقي القابل للبرمجة	هو جهاز كمبيوتر صناعي يُستخدم للتحكم في الآلات والعمليات بشكل تلقائي

المصطلح	الكلمة العربية	الشرح
HMI	واجهة المستخدم البشرية	هي واجهة تفاعلية تربط الإنسان بالآلة، مما يسمح بمراقبة والتحكم في العمليات الصناعية.
Microcontroller	المتحكم الدقيق	هو دائرة متكاملة صغيرة تتحكم في عمليات محددة داخل الأنظمة المدمجة.

الملخص التجريدي

مع التقدم السريع الذي يشهده العالم في مجال الذكاء الاصطناعي، أصبح من الواضح أن هذه التقنية باتت جزءاً لا يتجزأ من حياتنا اليومية، حيث نجدها مستخدمة في مختلف مجالات الحياة. ومع ذلك، فإن توظيف الذكاء الاصطناعي في البيئات الصناعية لا يزال في مراحله الأولى.

يهدف مشروعنا إلى إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي في البيئة الصناعية من خلال تطوير نظام ذكي لإدارة خط تعبئة المياه. في ظل الثورة الصناعية الرابعة، التي تُعرف بتكامل الأنظمة الفيزيائية والرقمية عبر تقنيات الذكاء الاصطناعي، نسعى للاستفادة من هذا التحول الهائل لتحسين العمليات الصناعية. الثورة الصناعية الرابعة تُحدث تغييراً جذرياً في أساليب التصنيع والإنتاج، مما يتيح عمليات أذكى وأكثر كفاءة ومرونة.

يتمثل جوهر مشروعنا في تصميم نظام يستخدم الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) والذكاء الاصطناعي لإدارة عملية تعبئة المياه في عبوات ذات أحجام مختلفة. يعمل النظام من خلال كاميرا تقوم بتحديد العبوة القادمة في الخط وتحديد حجمها بشكل دقيق.

بناءً على هذه المعلومات، يقوم النظام بفتح صمام الماء لفترة زمنية محسوبة بدقة لملء العبوة بالمقدار الصحيح من الماء. إلى جانب استخدام الذكاء الاصطناعي و الرؤية الحاسوبية، يتم دمج وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) في نظامنا. الـ PLC هو عنصر رئيسي في الأتمتة الصناعية، حيث يوفر القدرة على التحكم في عمليات التصنيع بدقة ومرونة، مما يتيح لنا تخصيص عملية التعبئة بشكل ديناميكي وفقاً للمتطلبات المختلفة. يتجاوز النظام الذكي الذي نطوره حدود خطوط التعبئة التقليدية، حيث يسمح بتعبئة أنواع متعددة من العبوات المختلفة في الحجم، مما يزيد من كفاءة العملية ويوفر مرونة أكبر في الإنتاج. نسعى من خلال هذا المشروع إلى تعزيز التكامل بين الذكاء الاصطناعي والعمليات الصناعية، مما يفتح المجال أمام تطبيقات أوسع في المستقبل.

الفصل الأول

المقدمة

المقدمة

1.1 دوافع المشروع

تُصمم خطوط إنتاج تعبئة المياه التقليدية لإنتاج أحجام محددة من العبوات. على سبيل المثال، قد يكون خط إنتاج مخصصاً لملء عبوات سعة 500 مل، بينما قد يتعامل خط إنتاج آخر مع عبوات سعة 1.5 لتر. يفرض هذا النهج عدة قيود وعيوب بالنسبة لشركات التعبئة:

- **قلة المرونة:** تحتاج المصانع التي ترغب في إنتاج مجموعة متنوعة من أحجام العبوات إلى خطوط إنتاج منفصلة لكل حجم، مما يؤدي إلى تعقيد العمليات وزيادة التكلفة. النظام المقترح سيتيح تكيف خط الإنتاج تلقائياً مع أحجام العبوات المختلفة، مما يلغي الحاجة إلى خطوط مخصصة.
- **استخدام غير فعال للموارد:** قد لا تعمل خطوط الإنتاج المخصصة لحجم واحد بكامل طاقتها إذا كان الطلب يتقلب. يمكن تحسين كفاءة الخط من خلال التكيف مع متطلبات الإنتاج المتغيرة، مما يضمن استغلالاً أمثل للموارد.

الميزات المخطط لها في النسخة الكاملة من النظام:

- **تعزيز قابلية التوسع:** يمكن للشركات إضافة أحجام عبوات جديدة بسهولة دون الحاجة إلى ترقيات كبيرة للبنية التحتية. بالإضافة إلى ذلك، سيتمكن النظام من التكامل مع أنظمة المصنع الأخرى، مثل نظام إدارة المخزون ونظام التخطيط لمتطلبات المواد، مما يعزز من قابلية التوسع وسهولة الاستخدام.
- **تحسين التحليلات والبيانات:** سيتم جمع البيانات من خط الإنتاج في الوقت الفعلي، مما يسمح بتحليل البيانات بشكل دقيق لتحديد فرص التحسين وتعزيز الأداء بشكل مستمر.
- **توفير العمالة وتحسين الكفاءة الإنتاجية:** يمكن تقليل عدد العمال المطلوبين لتشغيل خط الإنتاج، مما يقلل التكاليف التشغيلية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحسين سرعة الإنتاج من

خلال أتمتة المهام مثل: التقاط وفرز العبوات الفارغة، ملء العبوات بدقة عالية، وضع العلامات وطباعة المعلومات على العبوات، فحص الجودة، وضمان سلامة المنتج.

- **تحسين سلامة المنتج والاستدامة:** سيتم ضمان سلامة المنتج من خلال التأكد من أن جميع المنتجات تلي معايير الجودة العالية. كذلك، يمكن تحسين كفاءة استهلاك الطاقة والموارد، مما يقلل من هدر المواد الخام والطاقة.

نعتقد أن نظام تعبئة المياه الذكي الخاص بنا هو الحل الأمثل لزيادة مرونة الإنتاج، تحسين استخدام الموارد، واكتساب القدرة على التكيف مع متطلبات السوق المتغيرة.

2.1. هدف المشروع

يهدف المشروع إلى توسيع مجال العمل على خطوط تعبئة عبوات المياه وجعلها أكثر مرونة وفعالية من خلال السماح للخط بتعبئة أكثر من نوع واحد من العبوات. هذا يدفع الخطوط للعمل بكامل طاقتها إذا كان الطلب على نوع معين من العبوات أقل من غيرها، كما يؤمن حلاً بديلاً في حال حدوث عطل في أحد خطوط التعبئة كي لا يتوقف الإنتاج إلى حين عملية الصيانة.

3.1. الفئة المستهدفة

شركات تعبئة عبوات المياه.

الفصل الثاني

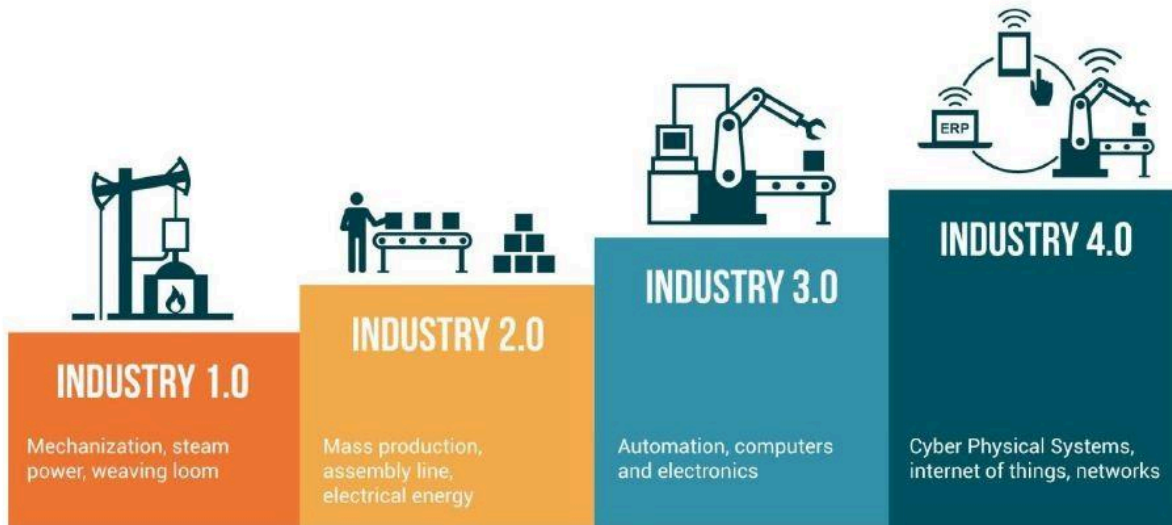
أرضية العمل

أرضية العمل

1.2. الثورة الصناعية 1.0 إلى 4.0

على مدار القرون الماضية، كانت السلع تُصنع يدويًا أو بمساعدة الحيوانات. ومع بداية القرن التاسع عشر، ظهرت الثورة الصناعية الأولى (1.0) التي شهدت استخدام الآلات التي تعمل بالماء والبخار لتعزيز قدرات الإنتاج. هذا التطور أدى إلى نمو الأعمال من منظمات صغيرة إلى منظمات أكبر تضم مالكيين ومديرين وموظفين.

ثم جاءت الثورة الصناعية الثانية (2.0) في بداية القرن العشرين، حيث أصبحت الكهرباء مصدر الطاقة الرئيسي، مما أتاح تصنيع الآلات بشكل أكثر مرونة وفعالية. تميزت هذه الفترة بالإنتاج الضخم للسلع عبر خطوط التجميع واستخدام مبادئ التصنيع في الوقت المناسب والتصنيع المرن لزيادة الكفاءة والجودة.



الشكل (1) الثورات الصناعية الأربعة

في العقود الأخيرة من القرن العشرين، بدأت الثورة الصناعية الثالثة (3.0) مع تطور الإلكترونيات مثل الترانزستور والدوائر المتكاملة، مما أتاح أتمتة الآلات بشكل أكثر شمولية. تميزت هذه الفترة أيضًا بتطوير أنظمة البرمجيات مثل تخطيط موارد المؤسسات، مما مكن من تخطيط وتتبع عمليات الإنتاج بشكل أكثر دقة. أدى البحث عن خفض التكاليف إلى انتقال التصنيع إلى بلدان منخفضة التكلفة وتطوير إدارة سلسلة التوريد.

في القرن الحادي والعشرين، جاءت الثورة الصناعية الرابعة (4.0) مع ربط إنترنت الأشياء بتقنيات التصنيع، مما أتاح للأنظمة تبادل المعلومات واتخاذ القرارات الذكية. تشمل هذه الثورة تقنيات مثل التصنيع الإضافي، الروبوتات، الذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، التي تساعد في تحقيق الإمكانيات الكاملة للأنظمة البرمجيات المتقدمة وتطوير الصناعة بشكل غير مسبوق.

2.2. لمحة موجزة عن عملية التعبئة الآلية

تُعد عملية التعبئة واحدة من أكثر العمليات استخدامًا في صناعة المشروبات. وهي عادةً تتضمن تعبئة وتغطية العبوات التي تستخدم لتخزين المشروبات مثل الحليب، الماء، المشروبات الغازية، وغيرها. تتكون عملية التعبئة من أربع مراحل أساسية:

- مرحلة التغذية: في هذه المرحلة، يتم استلام العبوات النظيفة التي تم إعدادها مسبقًا، ويتم توجيهها و اصطفاؤها على الحزام الناقل بحيث تكون جاهزة للتعبئة.
- مرحلة الملء: في هذه المرحلة، يتم ضخ السائل المراد تعبئته في الزجاجات، مع التأكد من أن كل زجاجة تحصل على الكمية المحددة من المنتج.
- مرحلة وضع الأغذية (التغطية): بعد عملية الملء، تنتقل الزجاجات إلى هذه المرحلة حيث يتم وضع الأغذية على الزجاجات المملوءة، وتُشدّ هذه الأغذية لضمان إغلاق محكم يحافظ على جودة المنتج داخل الزجاجة.
- مرحلة التغليف: في المرحلة الأخيرة، يتم تجميع الزجاجات المغلقة وتغليفها في مجموعات، مما يسهل نقلها وتوزيعها على الأسواق أو نقاط البيع.

تتم هذه المراحل بشكل آلي باستخدام آلات متخصصة تضمن دقة العمليات وسرعتها، مما يسهم في تحقيق إنتاجية عالية وضمان جودة المنتج النهائي

3.2. معايير النجاح

1. **تحسين مرونة خط الإنتاج:** تحويل خط الإنتاج ليكون قادرًا على تعبئة أحجام مختلفة من العبوات بدون الحاجة إلى تعديلات كبيرة.
2. **زيادة الكفاءة:** تحقيق كفاءة تشغيلية أعلى باستخدام الموارد المتاحة بشكل أفضل وتخصيص الهدر في المواد والطاقة.
3. **فعالية الأداء:** فعال يحقق وظائفه بالدقة المرجوة والسرعة المطلوبة في الوقت الحقيقي (real-time).

4.2. معايير الفشل

1. **عدم توافق النظام مع خطوط الإنتاج الحالية:** فشل النظام في العمل مع البنية التحتية الحالية للمصنع.
2. **عدم تحقيق الكفاءة المطلوبة:** عدم تحسين الكفاءة التشغيلية أو زيادة الإنتاجية.
3. **تدهور جودة المنتج:** إذا لم يتمكن النظام من الحفاظ على معايير الجودة المطلوبة أو زاد من نسبة الأخطاء.
4. **عدم إقبال شركات المياه على التحديث** نظراً لأن ثقافة استخدام التكنولوجيا الحديثة المعتمدة على الذكاء الصناعي في البيئة الصناعية غير منتشرة.

5.2. القيود

1. **التحكم في التوقيت:** يجب أن تكون أوقات التعبئة والتبديل بين العبوات دقيقة لضمان سير العمل بسلاسة.

2. **الإضاءة:** يجب أن تكون الإضاءة مناسبة (لا يوجد ظلام - لا يكون الضوء مقابل الكاميرا).
3. **وضوح جزء الصمام:** يجب أن يكون الجزء المحيط بالصمام من خط الإنتاج واضحاً أمام الكاميرا.

6.2. دخل وخرج البرنامج

- **دخل النظام:** فيديو مباشر يعرض خط الإنتاج أثناء تعبئة العبوات المختلفة بالإضافة إلى بيانات من الحساس الكهروضوئي لإيقاف العبوات.
- **خرج النظام:** زمن التعبئة لكل عبوة، عدد العبوات التي تم تعبئتها حسب كل نوع، كمية المياه التي تمت تعبئتها.

الفصل الثالث

الدراسة المرجعية

الدراسة المرجعية

1.3. التعرف على العبوات

Pure Computer Vision .1.1.3

في مشروعنا، قمنا بتجريب تقنيات مختلفة للتعرف على العبوات باستخدام الرؤية الحاسوبية. من بين هذه التقنيات، جربنا استخدام طريقة الرؤية الحاسوبية التقليدية (pure computer vision) باستخدام أربع تقنيات أساسية:

Background Subtraction .1.1.1.3

الشرح العام:

طرح الخلفية هو تقنية تُستخدم لعزل الكائنات المتحركة عن الخلفية الثابتة في الفيديوها والصور. الفكرة الأساسية هي بناء نموذج إحصائي يمثل الخلفية باستخدام مجموعة من الإطارات السابقة. يتم مقارنة كل إطار جديد بهذا النموذج لتحديد التغيرات التي تشير إلى وجود كائن متحرك. الطرق الشائعة لطرح الخلفية تشمل:

- **Frame Difference:** تعتمد هذه الطريقة على مقارنة الإطار الحالي بالإطار السابق (أو مجموعة من الإطارات السابقة) للكشف عن الاختلافات. الاختلافات بين الإطارات تعتبر كائنات متحركة.
- **KNN (K-Nearest Neighbors):** يتم بناء نموذج الخلفية باستخدام مجموعة من الإطارات السابقة، وتتم مقارنة كل بكسل جديد مع هذه الإطارات السابقة باستخدام خوارزمية K-Nearest Neighbors. البيكسلات التي تختلف عن الجيران تعتبر كائنات متحركة.
- **Gaussian Mixture Model (GMM):** يتم نمذجة الخلفية باستخدام خليط من النماذج الغاوسية لكل بكسل. يتم تحديث النماذج بمرور الوقت، حيث تعتبر البيكسلات التي لا تتوافق مع النماذج الغاوسية الخلفية جزءًا من الكائن المتحرك.

- **MOG2 (Mixture Of Gaussians)**: هي نسخة محسنة من GMM، حيث تستخدم خليطًا من النماذج الغاوسية لكل بكسل، مع تحسينات في عملية التحديث والتصنيف. هذه الطريقة تستطيع التعامل مع المواقف ذات الخلفيات الديناميكية بكفاءة أعلى من GMM التقليدية.

الطريقة	الإيجابيات	السلبيات
Frame Difference	<ul style="list-style-type: none"> - سريعة و بسيطة للغاية ولا تحتاج لتدريب. - فعالة للمشاهد التي تحتوي على تغيرات واضحة. 	<ul style="list-style-type: none"> - غير دقيقة في حالة الحركة البطيئة أو التغيرات الطفيفة. - تتأثر بهتزاز الكاميرا . - غير دقيقة مع الحركات السريعة.
GMM	<ul style="list-style-type: none"> - تتكيف مع الخلفيات الديناميكية - قادرة على معالجة التغيرات التدريجية في الخلفية 	<ul style="list-style-type: none"> - تتأثر بالضجيج - بطيئة نسبياً مع الحركات السريعة
KNN	<ul style="list-style-type: none"> - دقة عالية في البيئات الثابتة - مقاومة للتداخلات البسيطة 	<ul style="list-style-type: none"> - حساسة للاهتزازات والضجيج - قد تتأثر بالحركات السريعة
MOG2	<ul style="list-style-type: none"> - مقاومة للاهتزازات الطفيفة - تتعامل جيدًا مع الخلفيات المتغيرة والحركات السريعة 	<ul style="list-style-type: none"> - يمكن أن تتطلب معالجة كثيفة للموارد

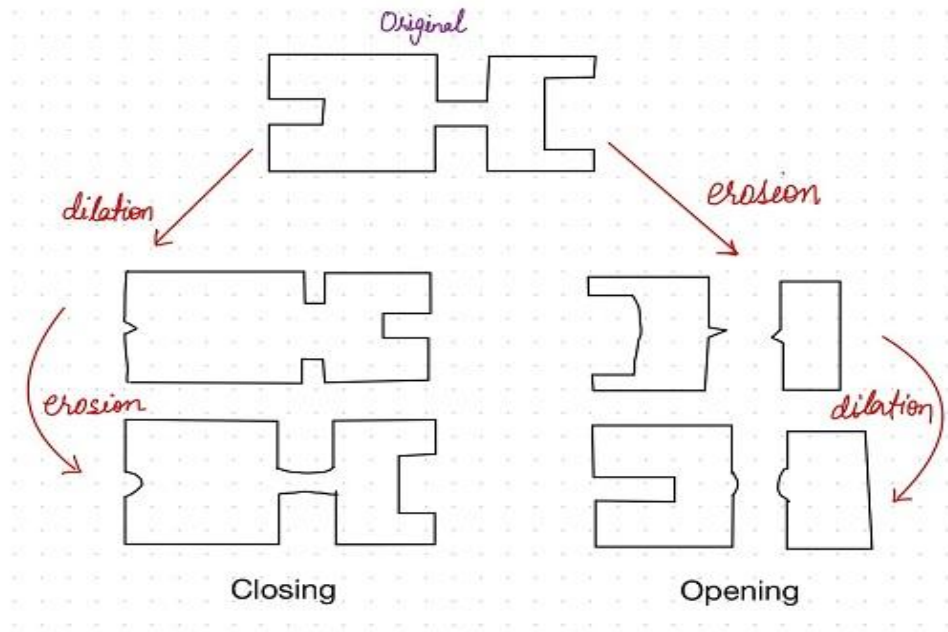
الجدول (1) إيجابيات وسلبيات كل خوارزمية

2.1.1.3. المعالجة المورفولوجية (Morphological Operations)

الشرح العام:

المعالجة المورفولوجية هي مجموعة من العمليات تُطبق على الصور الثنائية لتحسين هياكل البيكسلات بناءً على شكل الكائنات. تُستخدم هذه العمليات عادةً لتحسين النتائج بعد تطبيق تقنيات الـ Background Subtraction. العمليات الأساسية:

- **التآكل (Erosion):** إزالة البيكسلات من حدود الكائنات، مما يجعل المناطق البيضاء أصغر. (foreground) يُستخدم لإزالة الضوضاء وفصل الكائنات المتجاورة.
- **التوسيع (Dilation):** إضافة البيكسلات إلى حدود الكائنات، مما يجعل المناطق البيضاء أكبر. تُستخدم لتقوية الكائنات وسد الفجوات داخلها.
- **الفتح (Opening):** تآكل يتبعه توسع، يُستخدم لإزالة الضوضاء الصغيرة مع الحفاظ على الشكل الأساسي للكائنات.
- **الإغلاق (Closing):** توسع يتبعه تآكل، يُستخدم لسد الفجوات الصغيرة داخل الكائنات.



الشكل (2) تطبيق العمليات المورفولوجية على الأغراض

في كثير من الأحيان، لا تُستخدم عملية واحدة من المعالجة المورفولوجية بشكل منفصل، بل يتم الجمع بين هذه العمليات المختلفة لتحقيق النتيجة المرجوة.

3.1.1.3. استخراج الخطوط المحيطة (Contour Extraction)

الشرح العام:

الخطوط المحيطة (Contours) هي منحنيات تربط النقاط المتجاورة التي لها نفس القيمة في الصورة الثنائية. تُستخدم لتحديد حدود الكائنات بشكل دقيق. يتم استخدام خوارزمية البحث عن الخطوط المحيطة لاكتشاف جميع المنحنيات المغلقة أو المفتوحة في الصورة الثنائية. يمكن تقليل عدد النقاط باستخدام التقريب إلى المضلع لتقليل التعقيد وتحليل الأشكال بشكل أكثر كفاءة.

4.1.1.3. Thresholding

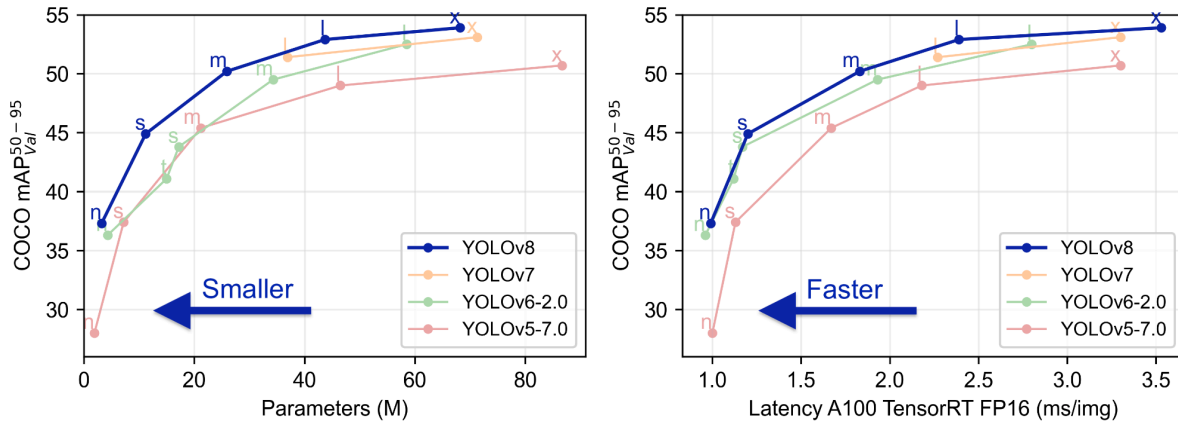
الشرح العام:

العتبة (Thresholding) هي تقنية لتحويل صورة رمادية أو ملونة إلى صورة ثنائية، حيث يتم تعيين البيكسلات إلى لونين فقط (أبيض أو أسود) بناءً على قيمة العتبة المحددة.

أنواع العتبات:

- **العتبة الثابتة (Simple Thresholding):** يتم تعيين البيكسلات إلى الأبيض إذا كانت قيمتها أعلى من العتبة، وإلى الأسود إذا كانت أقل.
- **العتبة التكيفية (Adaptive Thresholding):** تُستخدم للصور ذات الإضاءة غير المتجانسة، حيث يتم حساب العتبة لكل جزء من الصورة بناءً على الإضاءة المحلية.
- **العتبة الثنائية العكسية (Inverse Thresholding):** مثل العتبة البسيطة ولكن مع عكس الألوان.

يُستخدم بشكل واسع في مجال رؤية الحاسوب، خصوصاً في مهمات مثل اكتشاف الأجسام، تصنيف الصور، والتجزئة تم تحسين على إصداراته السابقة لتحقيق أداء أعلى ودقة أفضل.



الشكل (3) تحسين أداء YOLO-V8 عن الإصدارات السابقة

كيف يعمل Yolo-v8 :

الهيكلية الأساسية: يعتمد YOLO-v8 على (CNN) لمعالجة الصور. يتم تقسيم الصورة إلى شبكة (grid) من الخلايا، ويقوم كل خلية بتنبؤ موقع الأجسام المحتملة داخل تلك الخلية بالإضافة إلى احتمالية وجود جسم معين ونوعه.

1.2.1.3. المدخلات إلى النموذج

- **الصورة:** المدخل الأساسي لنموذج YOLO-v8 هو صورة خام. يتم عادةً معالجة هذه الصورة مسبقاً عبر تغيير حجمها إلى حجم ثابت يمكن للنموذج التعامل معه (مثل 640x640 بكسل). ثمَّ تُمثل الصورة كمصفوفة متعددة الأبعاد، حيث يمثل كل عنصر فيها قيم البكسل (مثل قيم RGB).

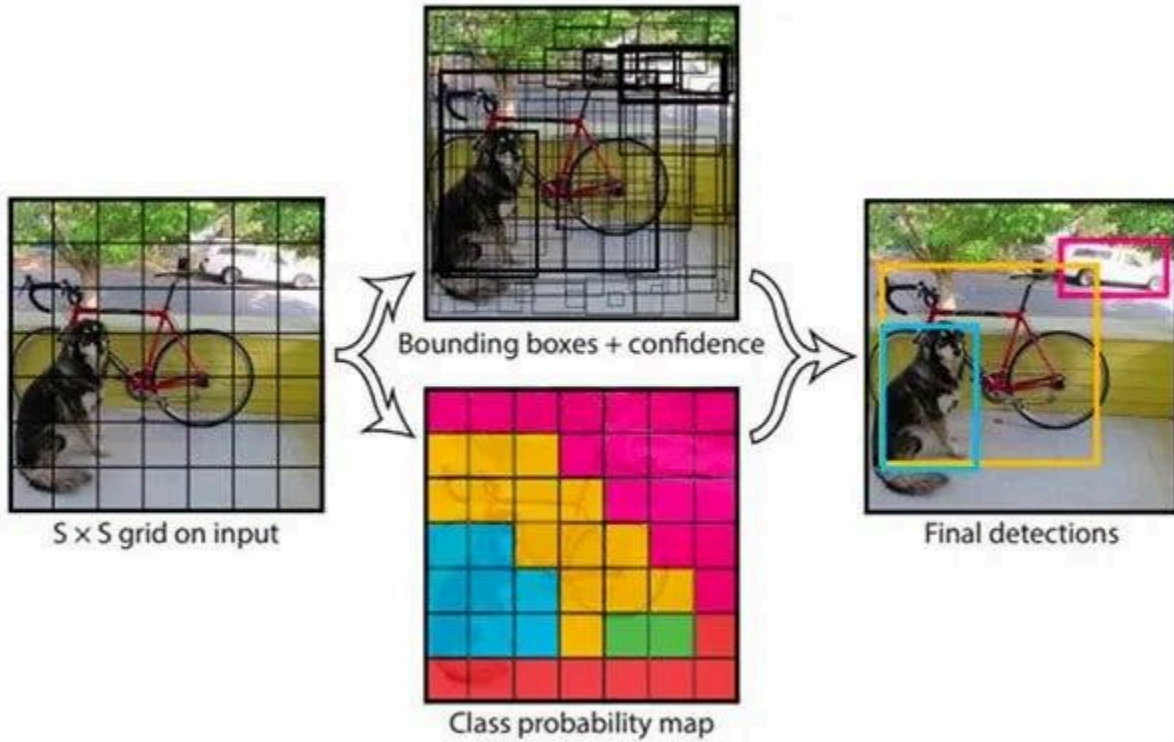
- **المربعات المحيطة (Bounding Boxes):** هذه هي إحداثيات تحدد المنطقة المستطيلة في الصورة حيث يوجد جسم معين. يتم عادةً تمثيل كل مربع محيط بأربع قيم:

$$(X_{min}, Y_{min}, X_{max}, Y_{max})$$

أو بإحداثيات المركز، العرض، والارتفاع

$$(X_{center}, Y_{center}, w, h)$$

- **تسميات الفئات (Class Labels):** كل مربع محيط يرتبط بتسمية تعبر عن نوع الجسم (مثل "شخص"، "سيارة"، "كلب"). تُشفّر هذه التسميات عادةً كمتجهات أحادية.



الشكل (4) طريقة عمل الـ YOLO

2.2.1.3. معالجة النموذج (التمرير الأمامي - Forward Pass)

- **استخراج الميزات:** يتم تمرير الصورة المُدخلة عبر طبقات متعددة من الشبكة العصبية التلافيفية (CNN) لاستخراج ميزات مختلفة تمثل محتويات الصورة. هذه الميزات تلتقط أنماطًا متنوعة مثل الحواف، القوام، والأشكال بمستويات مختلفة من التجريد.
- **تقسيم الشبكة:** يقوم YOLO بتقسيم الصورة إلى شبكة من الخلايا (مثل 13x13، 7x7، حسب حجم النموذج والصورة المُدخلة). كل خلية في الشبكة مسؤولة عن اكتشاف الأجسام التي تقع مراكزها ضمن تلك الخلية.
- **تنبؤ المربعات المحيطة:** لكل خلية في الشبكة، يتنبأ النموذج بعدة مربعات محيطة (عادةً عدد ثابت لكل خلية، مثل 3-5 مربعات). يشمل كل تنبؤ للمربع المحيط:
 - **الإحداثيات:** إحداثيات مركز المربع المحيط، العرض، والارتفاع.
 - **درجة الثقة (Confidence Score):** درجة تشير إلى مدى ثقة النموذج بأن المربع المحيط يحتوي على جسم.
 - **احتمالات الفئات (Class Probabilities):** احتمالات لكل فئة ممكنة، تشير إلى نوع الجسم الذي يعتقد النموذج أنه موجود في المربع.

3.2.1.3. تمرير الصور عبر النموذج

في كل دورة تدريب (Epoch)، يتم تمرير مجموعة من الصور (عادة تسمى دفعة - Batch) عبر النموذج. يتم معالجة هذه الصور بواسطة الشبكة العصبية لاستخراج ميزات عالية المستوى تمثل محتويات الصورة.

بعد تمرير الصور عبر النموذج، يقوم النموذج بتوليد مجموعة من المربعات المحيطة (Bounding Boxes) لكل صورة. كل مربع مصحوب بدرجة ثقة (Confidence Score) تحدد احتمالية وجود جسم داخل هذا المربع، بالإضافة إلى توقع نوع الجسم الموجود.

يمثل الـ Bounding Box النافذة التي ستحيط بالشيء الذي عثرنا عليه وتتكون من عناصر أساسية وهي عرض النافذة وارتفاع النافذة ونوع الغرض

4.2.1.3. حساب الخسارة باستخدام دالة الخسارة (Loss Function)

الهدف الرئيسي للنموذج هو تقليل الفرق بين المربعات المحيطة التي يتوقعها النموذج والمربعات المحيطة الحقيقية (ground truth). يتم حساب هذا الفرق باستخدام دالة الخسارة، والتي تقيس الأخطاء في الموقع (المكان) والحجم للمربعات المحيطة، بالإضافة إلى الأخطاء في تصنيف فئات الأجسام.

دالة الخسارة في YOLO-v8 تأخذ في الاعتبار عدة مكونات:

- **خسارة الموقع** (Localization Loss): تقيس مدى دقة توقع موقع المربع المحيط.
- **خسارة التصنيف** (Classification Loss): تقيس مدى دقة تصنيف النموذج لفئة الجسم داخل المربع.
- **خسارة الثقة** (Confidence Loss): تقيس مدى دقة توقع درجة الثقة بأن المربع يحتوي على جسم.

5.2.1.3. التحديث الخلفي وتحديث الأوزان

بعد حساب الخسارة، يقوم النموذج بإجراء التحديث الخلفي (Backpropagation)، وهي عملية تشمل حساب التدرجات (المشتقات الجزئية للخسارة بالنسبة لكل وزن في الشبكة).

تُستخدم هذه التدرجات لتحديث أوزان النموذج باستخدام خوارزمية تحسين مثل الانحدار المتدرج العشوائي (SGD) أو آدم (Adam). الهدف هو تقليل الخسارة وجعل التنبؤات أكثر دقة.

6.2.1.3. التحقق والاختبار

يتم تقييم أداء النموذج بشكل دوري على مجموعة تحقق (Validation Set) للتأكد من أنه يُعمم جيدًا على بيانات غير مرئية ولا يفرط في التدريب (Overfitting). بعد التدريب، يتم اختبار النموذج على مجموعة اختبار منفصلة لقياس أدائه النهائي

7.2.1.3. النموذج النهائي

بعد التدريب، يكون النموذج النهائي قادرًا على أخذ صورة جديدة غير مرئية كمُدخل وتوليد تنبؤات المربعات المحيطة، درجات الثقة، وتسميات الفئات، مما يمكنه من اكتشاف الأجسام في الوقت الفعلي أو في معالجة الدفعات.

2.3 تتبع الكائنات (Object Tracking)

تتبع الكائنات (Object Tracking) هو عملية متابعة موقع كائن معين بعد التعرف عليه في إطار فيديو على مدى الزمن.

أهم خوارزميات تتبع الكائنات

هناك العديد من الخوارزميات المستخدمة لتتبع الكائنات، وكل منها لها مزايا وعيوب بناءً على الاستخدام المطلوب:

1.2.3. خوارزمية Centroid-Based Tracking

خوارزمية Centroid-Based Tracking هي طريقة بسيطة لتتبع الكائنات تعتمد على تحديد مركز الكائن (centroid) داخل صندوق الإحاطة (Bounding Box) لكل كائن ومن ثم تتبع حركة هذا المركز عبر الإطارات الزمنية.

خطوات عمل Centroid-Based Tracking:

- **الكشف عن الكائن:** يتم استخدام خوارزمية للكشف عن الكائنات في كل إطار فيديو، مثل YOLO، لتحديد صندوق إحاطة حول كل كائن.
- **حساب المركز (Centroid):** يتم حساب مركز الكائن باستخدام الصيغة التالية:

$$Centroid = \left(\frac{Xmin+Xmax}{2}, \frac{Ymin+Ymax}{2} \right)$$

حيث: X_{min}, X_{max} يمثلان حدود الصندوق الأفقية، و Y_{min}, Y_{max} يمثلان حدود الصندوق العمودية.

- **التتبع:** في الإطارات اللاحقة، يتم مطابقة مراكز الكائنات الجديدة مع المراكز المحسوبة في الإطارات السابقة بناءً على أقرب مركز.

2.2.3. خوارزمية Kalman Filter

خوارزمية Kalman Filter هي خوارزمية تستند إلى الرياضيات الاحتمالية والتنبؤ، حيث تُستخدم بشكل رئيسي في الأنظمة التي تحتاج إلى التنبؤ بموقع الكائنات المتحركة بشكل مستمر. تعتمد هذه الخوارزمية على تحديثات متكررة تقوم بتقدير حالة الكائن (مثل الموقع والسرعة) بناءً على الملاحظات السابقة والضوضاء المتوقعة.

معادلات Kalman Filter:

تتكون Kalman Filter من مرحلتين أساسيتين:

1. مرحلة التنبؤ (Prediction Step):

$$x^k|k-1 = F_k x^{k-1|k-1} + B_k u_k$$

- $x^k|k-1$: هي تقدير الحالة المتنبأ بها عند الزمن k .
- F_k : هي مصفوفة انتقال الحالة.
- $x^{k-1|k-1}$: هو تقدير الحالة السابق.
- B_k : هو نموذج الإدخال التحكم.
- u_k : هو متجه التحكم.

$$P_k|k-1 = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$$

- $P_{k|k-1}$ هو التباين المتوقع للتقدير.
- $P_{k-1|k-1}$ هو التباين السابق للتقدير.
- Q_k هو تباين ضوضاء العملية.

2. مرحلة التحديث (Update Step):

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

- H_k هو مكسب كالمان.
- H_k هو نموذج الملاحظة.
- R_k هو تباين ضوضاء القياس.

تحديث الحالة:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1})$$

- $\hat{x}_{k|k}$ هو تقدير الحالة المُحدث.
- z_k هو القياس عند الزمن k .

تحديث التباين:

$$P_{k|k} = (I - K_k H_k) P_{k|k-1}$$

- $P_{k|k}$ هو التباين المُحدث للتقدير.
- I هو مصفوفة الوحدة.

3.2.3. خوارزمية Mean-Shift

خوارزمية Mean-Shift هي خوارزمية تعتمد على تحليل الكثافة في الفضاء المميز لتحديد مركز تجمع البيانات (مثل ألوان البيكسلات) ومن ثم تتبع هذا المركز عبر الزمن.

خطوات عمل Mean-Shift:

1. **اختيار نافذة بدء:** في البداية، يتم تحديد نافذة حول الكائن المستهدف في الإطار.
2. **حساب مركز الكثافة:** يتم حساب مركز الكثافة (أي متوسط موقع البيكسلات ذات القيم المتشابهة) داخل النافذة.
3. **نقل النافذة:** يتم تحريك النافذة نحو مركز الكثافة الأعلى.
4. **التكرار:** تتكرر هذه العملية حتى يتقارب المركز إلى مكان مستقر، وهو ما يعني أنه تم تحديد موقع الكائن بشكل دقيق.

4.2.3. خوارزمية Optical Flow

خوارزمية Optical Flow تعتمد على تحليل الحركة بين الإطارات المتتالية في الفيديو. تقوم بحساب التغيرات في موقع البيكسلات بين إطارات الفيديو، مما يسمح بتحديد حركة الكائنات.

خطوات عمل Optical Flow:

1. **حساب تدفق البيكسل:** يتم حساب التغيرات في مواقع البيكسلات بين إطارات الفيديو بناءً على تدرج الإضاءة.
2. **تحديد حركة الكائن:** باستخدام تدفق البيكسلات، يتم تقدير اتجاه وسرعة حركة الكائن.
3. **التتبع:** يمكن استخدام هذه المعلومات لتتبع الكائنات عبر الإطارات الزمنية.

الخوارزميات	الايجابيات	السلبيات
Kalman Filter	<ul style="list-style-type: none"> - فعالة مع الضوضاء الطفيفة. - كفاءة حسابية عالية. 	<ul style="list-style-type: none"> - غير مناسبة للحركات غير الخطية. - تعتمد على الافتراضات المسبقة.
Mean-Shift	<ul style="list-style-type: none"> - غير حساسة للضوضاء في الخلفية. - فعالة مع الكائنات ذات التغيرات الطفيفة. 	<ul style="list-style-type: none"> - قد تفشل مع الكائنات القريبة المشابهة. - تتطلب ضبط يدوي للمعاملات.
Centroid	<ul style="list-style-type: none"> - سهولة التنفيذ. - فعالة في البيئات المستقرة. 	<ul style="list-style-type: none"> - صعوبة التعامل مع الكائنات المتداخلة. - غير فعالة مع تغييرات كبيرة في الحجم.
Optical Flow	<ul style="list-style-type: none"> - تتبع حركة دقيقة. - مناسبة للكائنات غير الصلبة. 	<ul style="list-style-type: none"> - حساسة للتغيرات في الإضاءة. - تتطلب حسابات مكثفة.

الجدول (2) الإيجابيات والسلبيات لكل طريقة لتتبع الكائنات

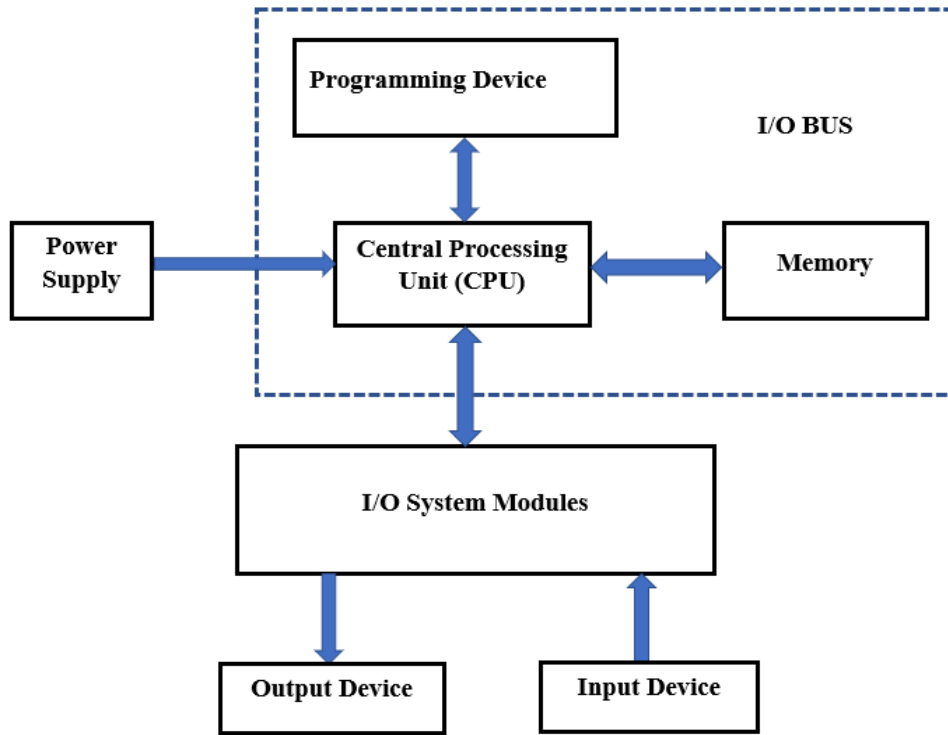
3.3. وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC)

هو جهاز حوسبة قابل للبرمجة يستخدم لإدارة العمليات الكهروميكانيكية، وعادةً ما يكون ذلك في المجال الصناعي. يُشار إلى PLC أحيانًا باسم الكمبيوتر الصناعي، وهو مصطلح يصف الوظيفة الرئيسية لـ PLC كآلة حوسبة صناعية متخصصة.

1.3.3. مكونات PLC

يتم توصيل PLC النموذجي بمصدر طاقة ويتكون من وحدة معالجة مركزية (CPU)، ورف تثبيت (Rack)، وذاكرة للقراءة فقط (ROM)، وذاكرة وصول عشوائي (RAM)، ووحدات إدخال/إخراج (I/O)، ومصدر طاقة، وجهاز برمجه.

تتميز PLC بتصميم معياري؛ حيث يتم وضع وحدات الإدخال/الإخراج والوحدات المتخصصة الأخرى في رف PLC.



الشكل (5) ترابط مكونات الـ PLC مع بعضها البعض.

1.1.3.3 مزود الطاقة Power Supply

يقوم مزود الطاقة بتحويل التيار المتردد (AC) إلى تيار مستمر (DC). يستخدم التيار المستمر بواسطة وحدة المعالجة المركزية ومكونات الإدخال/الإخراج.

2.1.3.3 وحدة المعالجة المركزية CPU

وحدة المعالجة المركزية هي عقل جهاز التحكم المنطقي المبرمج. تحتوي وحدة المعالجة المركزية على وضعين تشغيليين: وضع البرمجة ووضع التشغيل. في وضع البرمجة، تقوم وحدة المعالجة المركزية بتنزيل المنطق في شكل تعليمات برمجة ينشئها مستخدم على جهاز كمبيوتر شخصي. في وضع التشغيل، تقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ المنطق.

تتحكم وحدة المعالجة المركزية في جميع عمليات جهاز التحكم المنطقي المبرمج وفقًا لتعليمات البرمجة المخزنة في الذاكرة. ينقل نظام ناقل التحكم المعلومات من وإلى وحدة المعالجة المركزية.

3.1.3.3 وحدات الإدخال والإخراج I/O modules

تستقبل وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة أو تستشعر البيانات من أجهزة الإدخال. يشير مفهوم استشعار البيانات إلى طبيعة بيانات إدخال وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة والتي تأتي في شكل إشارات إلكترونية.

تتعامل وحدات الإدخال الرقمية مع الإشارات المنفصلة. تحول وحدات الإدخال التناظرية الجهد إلى أرقام يمكن لوحدة المعالجة المركزية فهمها.

تتضمن مخرجات وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة الصمامات ومحركات التشغيل والمضخات.

يمكن لوحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة اتخاذ قرارات منطقية وتنفيذ إجراءات بناءً على بيانات الإدخال التي تتلقاها.

4.1.3.3. جهاز البرمجة Programming device

عادةً ما يكون جهاز البرمجة عبارة عن جهاز كمبيوتر شخصي. توجه وحدات الإدخال/الإخراج إشارات الإدخال إلى وحدة المعالجة المركزية لجهاز PLC حيث يتم إنشاء إشارات الإخراج. يتم تحديد تنسيق بيانات الإخراج بواسطة برنامج تطبيقي يتم تنفيذه على جهاز البرمجة.

5.1.3.3. الذاكرة والتخزين Memory and storage

تخزن ذاكرة القراءة فقط بيانات نظام التشغيل وبرامج التشغيل. وتخزن ذاكرة الوصول العشوائي حالة بيانات الإدخال والإخراج وبرامج التطبيق وتفاصيلها.

6.1.3.3. الاتصالات Communication

للتواصل مع الأجهزة الخارجية، تستخدم الـ PLCs معيار (RS-232)، وهو معيار اتصال تسلسلي. على مستوى التحكم، تتواصل PLCs مع مكونات الحقل على المستوى المادي باستخدام مجموعة متنوعة من بروتوكولات الاتصال اعتمادًا على المكون. تستخدم PLCs أيضًا بروتوكولات اتصال مختلفة للتواصل عبر الشبكات ومع الأجهزة اللاسلكية.

7.1.3.3. واجهة الآلة البشرية (HMI)

تستخدم وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة مجموعة من المنافذ وبروتوكولات الاتصال للاتصال بتطبيقات التحكم مثل أنظمة التحكم الإشرافي واكتساب البيانات (SCADA).

يتفاعل المشغلون في المصانع الصناعية ومديرو الخطوط مع وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة في الوقت الفعلي باستخدام واجهة الآلة البشرية (HMI). واجهة الآلة البشرية هي لوحة تحكم المشغل، أي الواجهة بين الشخص ووحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة. تسمح واجهة الآلة البشرية للمشغل بتنسيق العمليات والأجهزة الصناعية وإدارتها والتحكم فيها.

2.3.3. برمجة ال PLC

إن لغات البرمجة الأكثر شيوعاً هي المخطط السلمي، مخطط الوظائف (المهمات) واللوائح التوضيحية.

1.2.3.3. لائحة التوضيح (STL)

إن لغة البرمجة هذه تمتلك خاصية تخزين الأوامر والتي بمساعدتها من الممكن برمجة الوصلات المنطقية والفترات كافة. إن الأوامر الموضحة تتألف من أوامر مستقلة أو خطوط التوضيح مجهزة بتعليقات. وهذا يجعل البرنامج أسهل للفهم وقابلًا لإيجاد الأخطاء منه بسهولة.

```

Network 18 :
  AN  M      101.7
  JC  en15

  A   M      25.1
  R   Q      17.2
  R   Q      17.3

  A   M      25.1
  A   I      3.0
  AN  I      3.1
  A   I      3.2
  AN  I      3.3
  A   I      4.0
  AN  I      4.1
  L   S5T#1S
  SD  T      1
  A   T      1
  R   M      101.7
  S   M      102.0
  R   M      25.1
  R   M      105.0
  R   M      105.1
en15: NOP  O

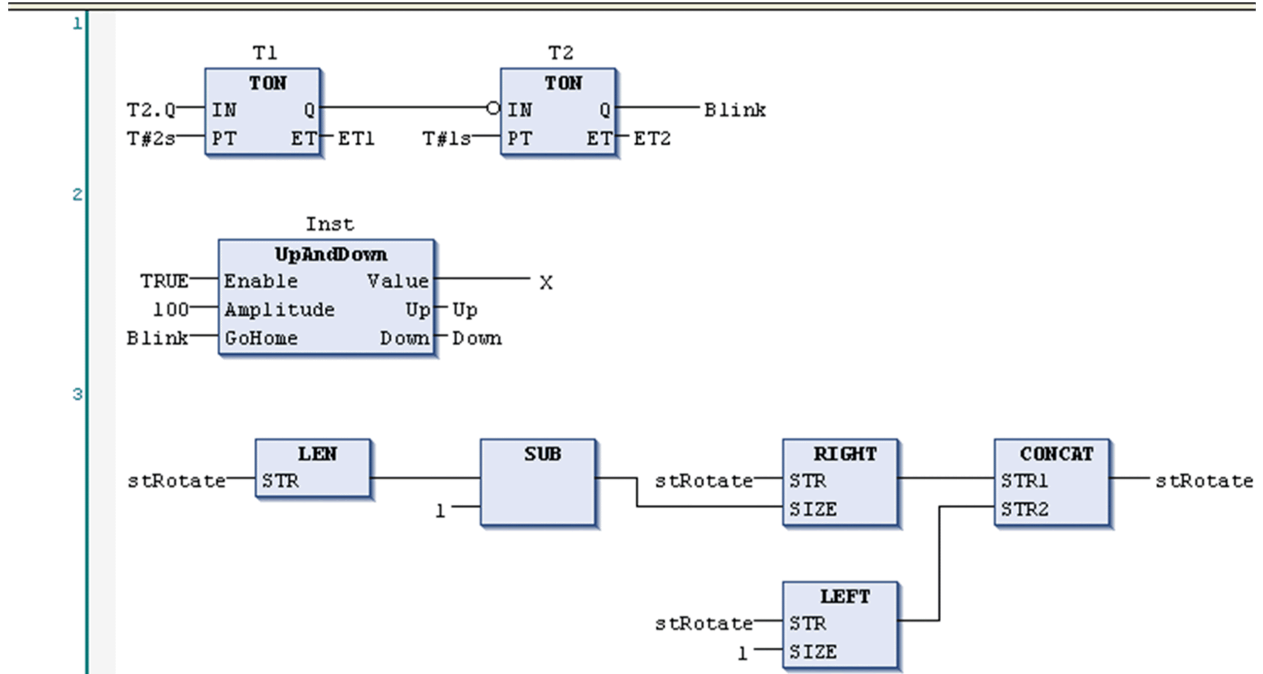
```

الشكل (6) لائحة التوضيح (STL)

2.2.3.3. مخطط الوظائف (FBD)

يمكن إدخال نمط مخطط الوظائف مباشرة إلى جهاز PLC كبرنامج. يتكون جهاز البرمجة هنا من واجهة مستخدم تتضمن مفاتيح مخصصة تحمل رموزاً تمثل الكتل الوظيفية المختلفة في مخطط

الوظائف، بالإضافة إلى شاشة تعرض المخططات البيانية الناتجة. يتم نقل هذه الرموز من خلال أداة البرمجة إلى الشاشة، حيث يتم بناء المخطط بشكل مرئي.

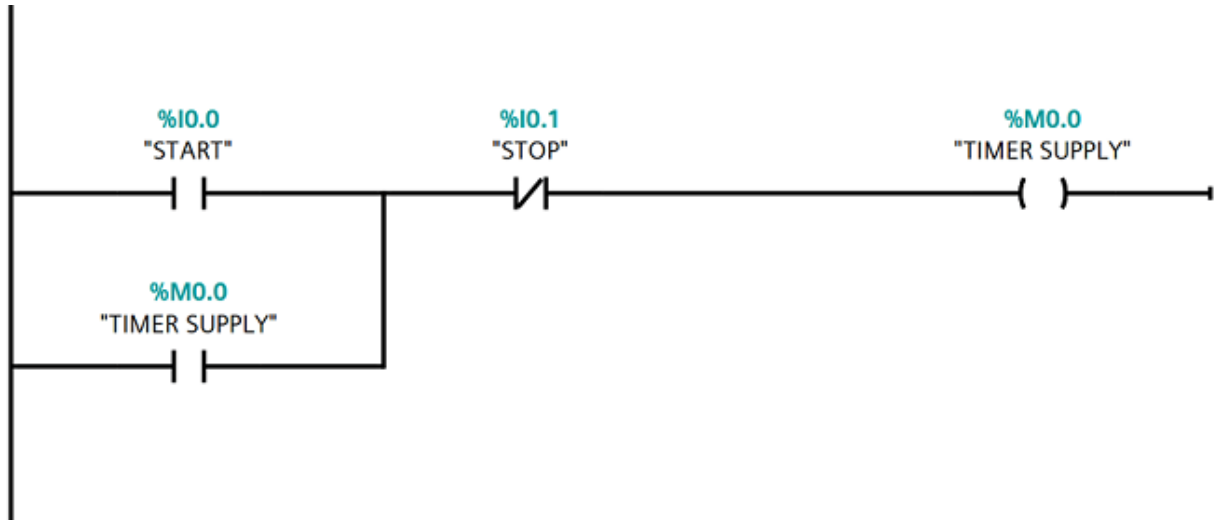


الشكل (7) مخطط الوظائف (FBD)

3.2.3.3 المخطط السلمي (LDR)

من الممكن إدخال نمط المخطط السلمي مباشرة إلى جهاز PLC على شكل برنامج. وهنا يتألف جهاز البرمجة من لوحة أزرار مطبوع على أزرارها رموز المخطط السلمي وشاشة إظهار خطوط بيانية. لهذا فإن الرموز تنقل من نمط البرمجة إلى الشاشة. وعندما تكتمل يحدث الترجمة إلى لغة الآلة وتنقل إلى ذاكرة البرنامج.

إن لغة البرمجة هذه هي وسيلة برمجة ممتازة للمصمم الخبير في تقنية الحاكمت.



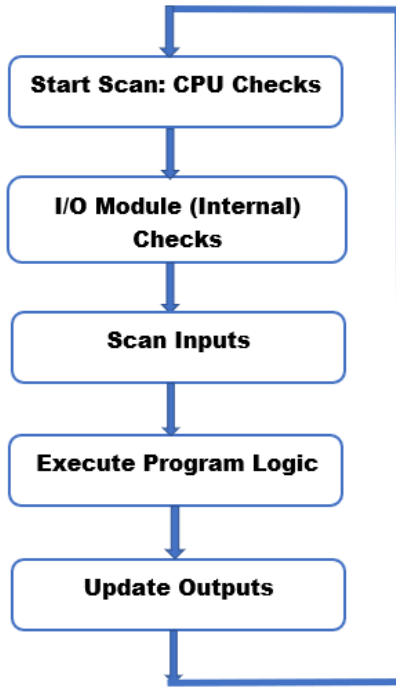
الشكل (8) المخطط السلمي (LDR)

3.3.3. آلية عمل الـ PLC

يعمل PLC في دورات مسح تتضمن أربع خطوات أساسية:

1. **الفحوصات الداخلية:** يقوم المعالج بفحص مكونات الأجهزة والبرمجيات بحثًا عن الأعطال ويختبر ذاكرة البرنامج.
2. **مراقبة المدخلات:** يجمع المعالج بيانات حالة أجهزة المدخلات المتصلة به ويسجلها في ذاكرة الوصول العشوائي (RAM).
3. **تنفيذ المنطق:** ينفذ المعالج برنامج المستخدم بناءً على البيانات المخزنة في الذاكرة.
4. **التحكم في المخرجات:** يحدث المعالج حالة وحدات المخرجات بناءً على تنفيذ البرنامج.

تتكرر هذه الخطوات بشكل مستمر في دورة تشغيل متواصلة.



الشكل (9) آلية عمل الـ PLC

الإيجابيات	السلبيات
أسهل في البناء والتثبيت والصيانة من أجهزة التحكم المنطقية التقليدية	تحتاج عادةً إلى شاشات خارجية لعرض البيانات بطريقة سهلة الاستخدام
لا تتطلب توصيلات معقدة لأن منطق التحكم يتم تنفيذه بواسطة البرنامج	قد تتطلب استكشاف الأخطاء وإصلاحها على نطاق واسع من قبل متخصصين
يمكن إجراء التعديلات عن بُعد	-
مصممة لتحمل الظروف البيئية القاسية مثل البرد والحرارة والغبار والرطوبة	-

الجدول (3) إيجابيات وسلبيات الـ PLC

4.3. الأبحاث المشابهة

1.4.3. اكتشاف شكل ومستوى العبوات باستخدام الانحراف المعياري المحلي وتحويل هوف

(Shape and Level Bottles Detection Using Local Standard Deviation and Hough Transform):

النقاط الرئيسية:

• المنهجية

- يقترح المؤلفون تقنية تحليل جديدة تجمع بين الانحراف المعياري المحلي (LSD) للكشف عن الشكل وتحويل هوف للكشف عن المستوى.
- الانحراف المعياري المحلي (LSD): يعزز تباين الصورة لتجزئة شكل الزجاجة بدقة من خلال تعديل كسب التباين، مما يتجنب مشاكل التجزئة الزائدة.
- تحويل هوف: يطبق على الصور الثنائية للكشف عن الخطوط التي تمثل مستوى السائل، مما يسمح بتحديد المستويات القصوى والدنيا.

• التنفيذ

- تم اختبار الطريقة على 155 صورة عينة (100 لاكتشاف الشكل، 55 لاكتشاف المستوى) باستخدام MATLAB.
- تم استخراج ميزات الشكل (الارتفاع، العرض، المساحة، الامتداد) وميزات المستوى (أعلى وأدنى مستويات الماء) من الصور.
- تم استخدام مصنف شجرة القرارات لتصنيف الزجاجات على أنها جيدة أو معيبة بناءً على هذه الميزات.

• النتائج

- حققت التقنية المقترحة دقة بنسبة 97% في اكتشاف الشكل و93% في اكتشاف المستوى، مما يشير إلى إمكانياتها للتطبيق الصناعي.
- تمكنت طريقة LSD من التعامل بفعالية مع مشاكل التباين، وقدم تحويل هوف كشفًا قويًا للمستوى حتى في الظروف المشوشة.

2.4.3. الفحص الآلي لأغطية العبوات باستخدام نظام الرؤية الحاسوبية

(AUTOMATED BOTTLE CAP INSPECTION USING MACHINE VISION SYSTEM):

يقدم طريقة لأتمتة عملية فحص أغطية الزجاجات باستخدام نظام رؤية حاسوبية يعتمد على تقنيات معالجة الصور لضمان جودة الإنتاج على خطوط الإنتاج.

النقاط الرئيسية:

1. نظرة عامة على النظام

- يتكون النظام المقترح من وحدة فحص ووحدة رفض، يتم التحكم فيهما بواسطة متحكم دقيق (Microcontroller).
- يقوم مستشعر الأشعة تحت الحمراء (IR) باكتشاف وجود الزجاجات على الحزام الناقل. عند اكتشاف الزجاجة، تلتقط الكاميرا صورة لغطاء الزجاجة، ثم تتم معالجتها باستخدام MATLAB لتحديد ما إذا كان الغطاء تالفاً.
- إذا تم اكتشاف عيب، يقوم نظام الرفض، الذي يتضمن ذراعاً مدفوعاً بمحرك DC، بإزالة الزجاجة المعيبة من خط الإنتاج.

2. تقنيات معالجة الصور

- اكتشاف الحواف لتحديد حدود غطاء الزجاجة.
- تجميع البيانات باستخدام خوارزمية K-means للتمييز بين الغطاء والخلفية عن طريق تعبئة الصورة بالألوان الأبيض والأسود.
- كشف خصائص المنطقة لحساب مساحة الغطاء ومقارنتها بالقيم المحددة مسبقاً لتحديد ما إذا كان تالفاً.

3. سيناريوهات الفحص

- النظام قادر على اكتشاف عدة أنواع من العيوب:
- التلاعب أو التلف المرئي من الجهة الجانبية والعلوية.
- الزجاجات بدون أغطية و الزجاجات ذات الأغطية بألوان مختلفة.

الفصل الرابع

الدراسة التحليلية والتصميمية

الدراسة التحليلية والتصميمية

1.4. المتطلبات الوظيفية (Functional Requirements)

1. التعرف على نوع العبوة

- استخدام الكاميرا المتصلة بنموذج YOLO المدرب للتعرف على نوع العبوة (صغيرة، متوسطة، كبيرة) عند مرورها في نقطة محددة في الفيديو.
- تحديد زمن التعبئة المناسب بناءً على نوع العبوة (16 ثانية للصغيرة، 19 ثانية للمتوسطة، 21 ثانية للكبيرة).

2. تسجيل البيانات

- حفظ زمن التعبئة المحدد في ملف CSV.
- تسجيل عدد العبوات من كل نوع (صغيرة، متوسطة، كبيرة).
- تسجيل متحول للتحكم بإيقاف أو تشغيل الخط.
- حساب كمية المياه المعبأة في اليوم وتسجيلها.

3. إيقاف العبوة عند الصمام

- يتم إيقاف العبوة تلقائيًا عند مرورها أمام حساس (غير الكاميرا) عند الصمام.

4. نقل البيانات إلى PLC

- نقل ملف CSV إلى نظام PLC.
- قراءة نظام PLC لملف CSV لتخزين القيم و استخدامها للتحكم في الخط.

5. التحكم في الخط عبر PLC

- استخدام البيانات المقروءة للتحكم في تشغيل/إيقاف الخط وصمامات المياه والهواء والحنفية.

6. واجهة المستخدم لمدير الخط

- عرض واجهة تحكم تسمح لمدير الخط بتشغيل (أو إيقاف) كل من: الخط، صمام المياه، صمام الهواء، الحنفية.

- عرض معلومات زمن التعبئة، عدد العبوات (صغيرة، متوسطة، كبيرة)، وكمية المياه المعبأة في اليوم.

2.4. المتطلبات غير الوظيفية (Non-Functional Requirements)

1. الاستجابة الزمنية

- يجب أن يكون النظام قادرًا على التعرف على العبوات واتخاذ القرارات اللازمة في وقت لا يتجاوز 0.5 ثانية لضمان تدفق مستمر على الخط.

2. الأمان والسلامة

- يجب أن يتوافق النظام مع معايير الأمان الصناعي لضمان سلامة العاملين والعمليات.

3. الموثوقية والمتانة

- يجب أن يعمل النظام بشكل مستمر ودون انقطاع في ظروف التشغيل القاسية (مثل درجات الحرارة العالية أو وجود رطوبة).

4. التوافق

- يجب أن يكون النظام متوافقًا مع أنظمة التحكم الموجودة مسبقًا في المصنع (مثل PLC المستخدم)، وأي تغييرات يجب أن تكون محدودة لتقليل التكلفة.

5. القابلية للصيانة

- يجب أن يكون النظام سهل الصيانة، مع توفير التوثيق الكامل لكل من الكود وعمليات الصيانة.

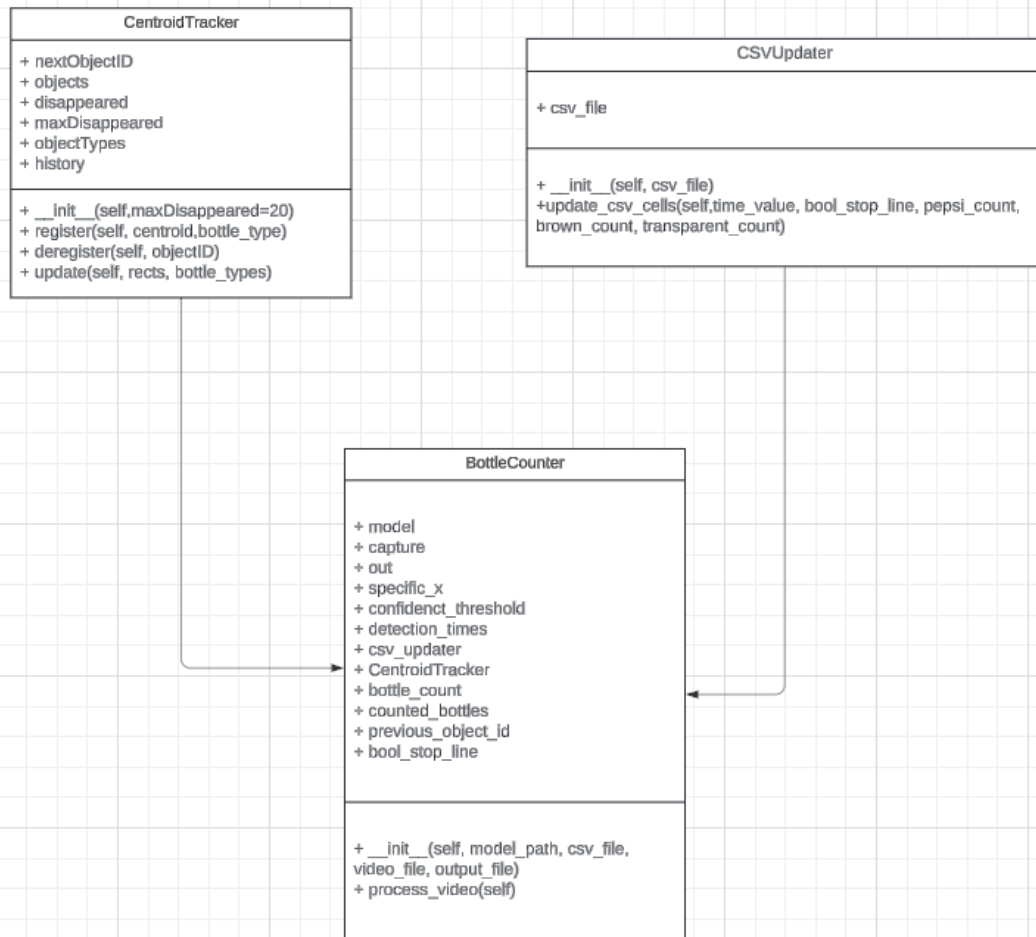
6. قابلية التوسع

- يجب تصميم النظام بحيث يمكن إضافة أنواع جديدة من العبوات في المستقبل دون الحاجة إلى تغييرات كبيرة في البنية التحتية للنظام.

7. التفاعل مع المستخدم

- يجب أن تكون واجهة المستخدم سهلة الاستخدام وقابلة للفهم من قبل الموظفين الفنيين دون الحاجة إلى تدريب مكثف.

3.4. مخطط الصفوف (Class Diagram)



الشكل (10) مخطط الصفوف

4.4. البنية التصميمية للمشروع

1.4.4. التعرف على العبوة وتحديد نوعها

قمنا ببناء نموذج YOLO للتعرف على ثلاثة أنواع مختلفة من العبوات وتصنيفها.

1.1.4.4. إعداد البيانات

- **تحديد العبوات:** في البداية قمنا بتحديد العبوات التي سنقوم بالعمل عليها وهي ثلاثة أنواع تختلف بأحجامها وهي كالتالي:
 1. عبوات صغيرة: العبوة البنية وحجمها (ml 275)
 2. عبوات متوسطة: العبوة الزرقاء وحجمها (ml 325)
 3. عبوات كبيرة: العبوة الشفافة وحجمها (ml 360)
- **جمع الصور:** قمنا بجمع مجموعة صور متنوعة لأنواع العبوات الثلاث التي لدينا، والتي تشمل زوايا مختلفة للعبوات وإضاءات متعددة لضمان قدرة النموذج على التعرف على العبوات في ظروف الإضاءة وزوايا التصوير المختلفة.
- **حجم مجموعة البيانات:** العدد الكلي للصور التي قمنا بجمعها ونقوم باستخدامها هي 488 صورة، موزعة كالتالي:
 1. العبوات الصغيرة (البنية): 164 صورة.
 2. العبوات المتوسطة (الزرقاء): 163 صورة.
 3. العبوات الكبيرة (الشفافة): 151 صورة.
- **ترميز البيانات (Labeling):** باستخدام RoboFlow قمنا بتحديد مربعات محيطية (Bounding Boxes) حول كل عبوة يدوياً وتحديد الفئة المناسبة لكل منها.
- **جودة البيانات:** كان أحد التحديات الرئيسية هو ضمان جودة الصور المتناسقة. تسببت التباينات في الإضاءة ودقة الصور في صعوبات في الحفاظ على التناسق عبر مجموعة البيانات. يمكن أن تؤثر هذه التباينات على دقة النموذج، لذا كان من الضروري اتخاذ خطوات لضمان جمع الصور في ظروف متشابهة بقدر الإمكان. لذا قمنا بجعل مجموعة البيانات متوازنة بالنسبة للفئات الثلاث من العبوات. هذا يعني أن كل فئة من العبوات الثلاثة ممثلة

بعدد متساوٍ من الصور تقريباً في مجموعة البيانات، وايضاً تمت ازالة الصور المكررة واستبعاد اي صور كانت غير واضحة أو ذات إضاءة سيئة، مما يساعد على تدريب نموذج YOLO-v8 بشكل أكثر دقة وإنصافاً. بالتالي، النموذج لن يكون منحازاً لأي فئة معينة وسيكون قادراً على التعرف على كل نوع من العبوات بشكل متساوٍ.

- **القيود:**

تحتوي المجموعة حالياً على عدد محدود من الصور. سيؤدي زيادة عدد الصور وتحسين التوازن بين الفئات إلى تحسين فائدة المجموعة. يمكن أن تكون هناك أيضاً تحديات تتعلق بتنوع البيانات وتغطية جميع السيناريوهات الممكنة التي قد تواجهها النماذج في التطبيقات العملية.

2.1.4.4. إعدادات التدريب

- **عدد الدورات (Epochs):**

خلال عملية التدريب، جربنا عدداً مختلفاً من الدورات لتحديد الأنسب للتعلم. قمنا بتجربة قيم متعددة حتى تمكنا من تحديد العدد الأمثل للدورات الذي يساعد النموذج في تعلم الأنماط المميزة لكل نوع من العبوات.

- **حجم الدفعة (Batch Size):**

اختبرنا العديد من القيم لحجم الدفعة أثناء التدريب. هذه التجارب كانت ضرورية لتحديد حجم الدفعة الذي يوفر توازناً بين سرعة التدريب ودقة النتائج. القيم المختلفة ساعدتنا على الوصول إلى الحجم المناسب الذي يدعم عملية التدريب بكفاءة.

- **معدل التعلم (Learning Rate):**

كذلك، قمنا بتجربة عدة معدلات للتعلم، بهدف إيجاد القيمة التي تتيح للنموذج التعلم التدريجي للأوزان والمعالم دون حدوث تجاوزات في الأداء أو فقدان الدقة.

- **أفضل نموذج:** بعد إجراء العديد من التجارب والتحسينات على الإعدادات المختلفة توصلنا إلى أفضل نموذج تم تدريبه باستخدام 100 دورة، حجم دفعة 32، ومعدل تعلم 0.001.

2.4.4. تتبع العبوة

بعد التعرف على نوع العبوة وتصنيفها بين الأنواع الثلاثة، قمنا بتطبيق عملية تتبع العبوة عبر الإطارات لمعرفة موقعها على طول خط الإنتاج. الهدف من التتبع كان مراقبة تحرك العبوة بشكل مستمر حتى تصل إلى نقطة محددة على الخط، حيث نقوم عندها بتحديث ملف CSV بالبيانات المطلوبة.

لقد جربنا العديد من خوارزميات تتبع الأجسام، ولكن وجدنا أن أفضل أداء تم تحقيقه كان باستخدام خوارزمية Centroid Tracking. هذه الخوارزمية أثبتت فعاليتها الكبيرة نظرًا لعدة عوامل تتعلق بخصائص خط الإنتاج لدينا، حيث أن:

- سرعة الحركة ثابتة على طول الخط.
- الحركة مستقيمة دون أي انعطافات أو تغييرات في الاتجاه.

بالإضافة إلى ذلك، تتميز خوارزمية Centroid بكونها سهلة الحساب مقارنةً بالخوارزميات الأخرى، مما يجعلها مثالية لبيئات ذات الحركة المنتظمة والمستقرة مثل خط الإنتاج لدينا. هذه المزايا مكنتنا من تتبع العبوات بدقة وكفاءة عالية، مع الحفاظ على بساطة وسرعة الأداء.

3.4.4. إرسال الأوامر إلى ال PLC

عند مرور كل عبوة (مركزها) عبر نقطة محددة مسبقًا في الإطار، نقوم بتحديث ملف CSV بشكل ديناميكي. في كل مرة تعبر عبوة هذه النقطة، يتم تعديل القيم التالية داخل الملف:

- زمن تعبئة العبوة الحالية: بناءً على نوع العبوة، يتم تحديث زمن التعبئة المناسب.
- عدد العبوات الصغيرة، المتوسطة، والكبيرة: يتم زيادة عدد العبوات لكل فئة بناءً على نوع العبوة التي مرت.
- كمية المياه التي تم تعبئتها حتى الآن: يتم حسابها عن طريق ضرب عدد كل نوع من العبوات بحجمها المحدد (على سبيل المثال، 275ml للعبوة الصغيرة)، ثم جمع النتائج للحصول على إجمالي كمية المياه المعبأة.

بعد تحديث هذه القيم، نقوم بحفظ ملف CSV.

استخدامنا لملف CSV يتيح لنا الربط بسهولة مع وحدة التحكم PLC، حيث يتم قراءة هذا الملف بشكل دوري للتحكم في عملية التعبئة وضبط المعلومات على خط الإنتاج بناءً على البيانات المحدثة.

4.4.4. تصميم الخط

عملنا على خط إنتاج مصغر لتمثيل فكرة مشروعنا. يهدف هذا الخط إلى محاكاة عملية تعبئة العبوات في خطوط الإنتاج الحقيقية، وذلك لفهم كيفية عمل النظام وتحديد أي تحديات أو مشكلات قد تواجهنا.

1.4.4.4. المواصفات الفنية للآلة

الآلة مصممة لتعبئة عبوات تحتوي مادة سائلة تعمل بتكنولوجيا التعبئة الزمنية وتقانات الهواء المضغوط و المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC.

165	الارتفاع (CM)
130	الطول (CM)
11.5	العرض (CM)
220V/AC-50 HZ	جهد التغذية
3	ضغط الدارة (BAR)
180	انتاجية الآلة - عبوة / ساعة
0.33	سرعة السير الناقل - M/SEC
50	وزن حمولة السير الناقل - KG

الجدول (4) مواصفات خط التعبئة

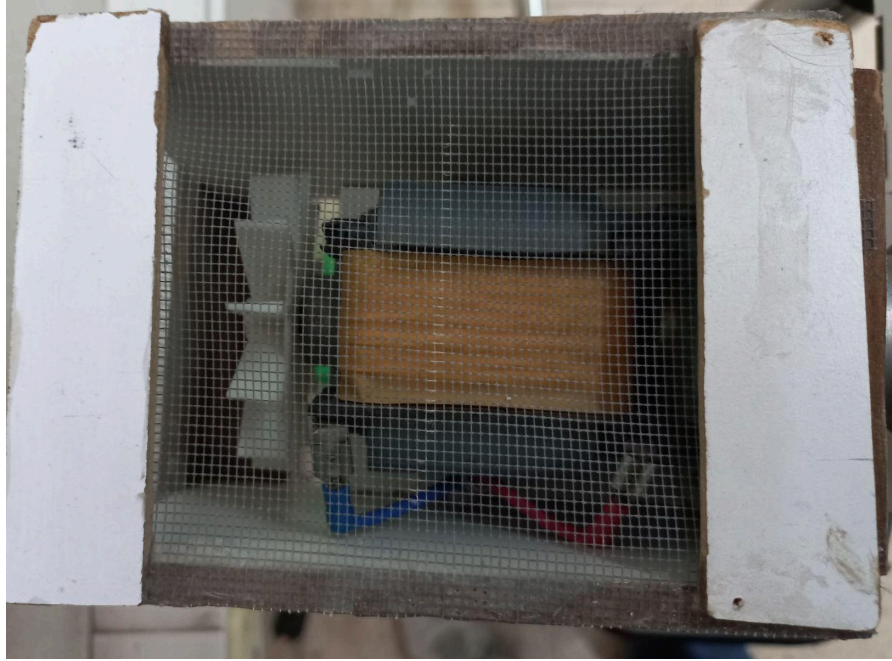


الشكل (11) خط التعبئة المستخدم

2.4.4.4. أهم مكونات خط التعبئة

• المحرك:

يعمل بجهد 220 فولت ويقوم بتدوير الـ Conveyor Belt بسرعة تبلغ 0.33 م/ث. نظرًا لأن PLC تعمل بجهد 24 فولت، تم توصيل المحرك بوحدة التحكم عن طريق Relay. يعمل الـ Relay كوسيط للتحكم في المحرك، حيث يسمح لـ PLC بإرسال إشارات تشغيل أو إيقاف للمحرك.



الشكل (12) المحرك المستخدم في خط التعبئة

• صمام المياه:

صمام المياه المستخدم يعمل بجهود 220 فولت، وهو مسؤول عن التحكم في تدفق المياه. يتم تشغيل الصمام لفتح وإغلاق تدفق المياه بناءً على الإشارات المرسلة من PLC عبر Relay. هذا الإعداد يسمح لوحدة التحكم بالتحكم الفعّال في عملية الفتح والإغلاق، وبالتالي تنظيم تدفق المياه عند الحاجة.



الشكل (13) صمام الماء في خط التعبئة

• ضاغط الهواء:

يستخدم ضاغط الهواء لتوفير الهواء المضغوط اللازم لتشغيل صمام الهواء. يتم توصيل الضاغط بالصمام عبر أنبوب هوائي، حيث يقوم بتزويد الصمام بالهواء المضغوط الذي يتم التحكم في تدفقه بواسطة إشارات من الـ PLC. يعمل الضاغط بشكل مستمر لضمان توفر الضغط المناسب لفتح وإغلاق الصمام حسب الحاجة.



الشكل (14) ضاغط الهواء في خط التعبئة

• صمام الهواء:

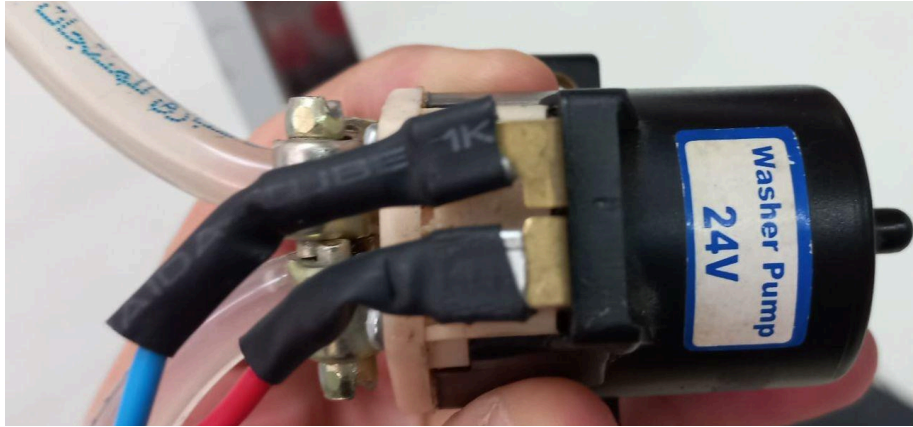
صمام الهواء يعمل بجهد 24 فولت ويتم توصيله مباشرة بوحدة التحكم PLC. يتحكم في تدفق الهواء المضغوط من ضاغط الهواء إلى المشغلات الهوائية. هذه المشغلات تعتمد على الهواء المضغوط لتوليد حركة ميكانيكية (الضغط أو الدفع). حيث يقوم صمام الهواء بتوجيه الهواء إلى المشغلات الهوائية التي تضغط على العبوات أثناء عملية التعبئة، مما يثبت العبوات في مكانها ويضمن تعبئة دقيقة ومتوازنة.



الشكل (15) صمام الهواء في خط التعبئة

● مضخة المياه:

تعمل بجهد 24 فولت، وهي مسؤولة عن توفير ضغط إضافي لضمان تدفق المياه من الخزان (موضوع على ارتفاع أعلى من صمام المياه) إلى صمام المياه بشكل ثابت ومنظم. تتلقى المضخة أوامر من وحدة التحكم PLC وتعمل بالتنسيق مع تأثير الجاذبية الناتج عن ارتفاع الخزان، مما يساعد في تحسين كفاءة وسلاسة عملية التعبئة. تعتبر هذه المضخة عنصرًا مهمًا في النظام، حيث تساعد في ضمان وصول كمية المياه المناسبة إلى العبوات دون تأخير أو تعطيل.



الشكل (16) مضخة المياه في خط التعبئة

• الحساس الضوئي:

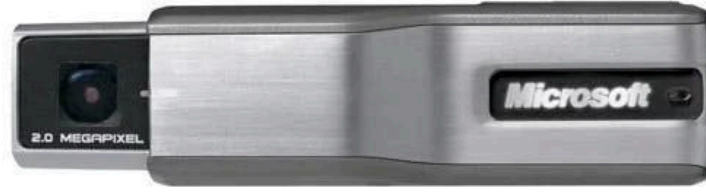
يعمل بجهد 24 فولت ويتم توصيله مباشرة بوحدة التحكم PLC. يعتمد الحساس على آلية إرسال واستقبال شعاع ضوئي. عند مرور العبوة وقطع هذا الشعاع، يقوم الحساس بإرسال إشارة إلى PLC لإيقاف الحزام الناقل مؤقتًا. هذا الإيقاف الدقيق يضمن تموضع العبوة بدقة تحت الفوهة المخصصة للتعبئة، مما يمنع حدوث أي فائض أو نقص في عملية التعبئة. نتيجة لذلك، يساهم الحساس في تقليل الهدر وزيادة كفاءة العملية الإنتاجية.



الشكل (17) الحساس الضوئي في خط التعبئة

• الكاميرا:

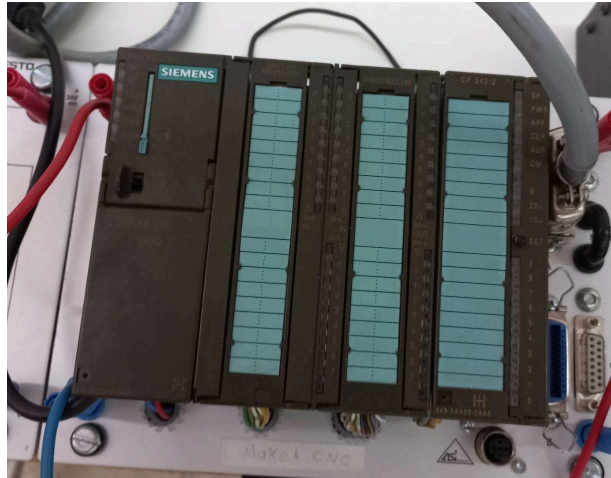
استخدمنا كاميرا LifeCam NX-6000 من مايكروسوفت للبت المباشر أثناء عملية الإنتاج، حيث توفر أداءً أسرع وأفضل من كاميرا الهاتف. تتميز الكاميرا بدقة 2 ميجابكسل للصور الثابتة، وجودة فيديو تصل إلى 640x480 بكسل مع 30 إطارًا في الثانية (FPS). كما تعتمد على عدسة زجاجية وتقنية التركيز التلقائي لضمان وضوح الصورة في مختلف الظروف، ويتم توصيلها بسهولة عبر USB 2.0.



الشكل (18) الكاميرا المستخدمة

• PLC :

وحدة المعالجة المركزية (S7-300 CPU 314C-2 DP) من سيمنز هي وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة توفر حلول أتمتة مدمجة. تحتوي على 24 مدخلًا رقميًا، 16 مخرجًا رقميًا، 4 مدخلات تناظرية، و مخرجين تناظرين، ما يجعلها مناسبة لمعالجة الإشارات الرقمية والتناظرية. تتميز بسرعة معالجة تصل إلى 60 ألف تعليمات في الثانية وذاكرة عمل بحجم 96 كيلو بايت، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات الأتمتة متوسطة الحجم. تشمل واجهات الاتصال واجهة MPI للبرمجة والتواصل. تدعم التوسع المعياري بإضافة وحدات إدخال/إخراج إضافية لتلبية احتياجات النظام المتزايدة. مثالية للتطبيقات التي تتطلب معالجة قوية في مساحات صغيرة مثل ماكينات التعبئة وخطوط الإنتاج.



الشكل (19) ال PLC المستخدمة.

5.4.4. آلية عمل الـ PLC

يعمل الـ PLC على التحكم في تشغيل الخط بناءً على ثلاث حالات استخدام، تم تصميمها باستخدام مخططات السلم المنطقي (Ladder Diagram - LDR)، وتمت تهيئة النظام بشكل دقيق منذ البداية عبر إعداد التكوين المادي (Hardware Configuration).

بعد إعداد التكوين المادي، تم تعريف جميع عناوين المدخلات والمخرجات في جدول الرموز (Symbol Table) وتمت تسميتها بشكل واضح لتسهيل عملية التحكم وربطها بشكل صحيح بالـ LDR. في كل حالة استخدام، يتم تحديد التابع الذي سيتم تنفيذه من خلال OB1 الذي نقوم باختياره يدويًا حسب الوضع المطلوب.

الحالات الثلاثة التي يمكن تحديدها هي:

1. **الوضع التقليدي (بدون كاميرا):** في هذا الوضع، يتم تشغيل الخط بالطريقة التقليدية حيث يتم تعبئة نوع واحد من العبوات بحجم ثابت، ويتم التحكم في الخط بواسطة الحساسات التقليدية التي توقف الخط عند مرور العبوة وتعتمد زمن تعبئة ثابت للعبوات.
2. **الوضع باستخدام الحساس والكاميرا:** في هذا الوضع، تُستخدم الكاميرا للتعرف على العبوة وكم تحتاج من الزمن ليتم تعبئتها، بينما يقوم الحساس بإيقاف الخط عندما تصل العبوة إلى المكان المناسب للتعبئة. هذا يوفر دقة إضافية ومرونة أكثر في خط التعبئة.
3. **الوضع باستخدام الكاميرا فقط:** في هذا الوضع، يتم الاعتماد على الكاميرا فقط للتعرف على العبوة وكم تحتاج من الزمن ليتم تعبئتها، والتحكم في إيقاف الخط بناءً على المعلومات التي تقدمها الكاميرا، دون الحاجة لاستخدام الحساس.

يقوم OB1 بدور أساسي في تحديد أي من التتابعات الثلاثة سيتم تفعيله وتنفيذه، مما يسمح بالمرونة في التحكم بناءً على متطلبات التشغيل

	Status	Symbol	Address	Data type	Comment
1		Sensor	I 0.0	BOOL	
2		Start Button	M 0.0	BOOL	
3		Stop Button	M 0.1	BOOL	
4		Conveyor Motor	Q 0.0	BOOL	
5		Water Valve	Q 0.1	BOOL	
6		Water Pump	Q 0.2	BOOL	
7		Air Pump	Q 0.3	BOOL	
8		Filling Timer	T 0	TIMER	
9		Wait Timer	T 1	TIMER	
10					

الشكل (20) جدول الرموز

6.4.4. تصميم واجهة HMI للتحكم بـ PLC

تم تصميم واجهة تحكم الإنسان بالآلة (HMI) للتحكم في الـ PLC بشكل فعال وسهل الاستخدام، وذلك من خلال عدة خطوات:

1. **تعريف جدول الـ Tags:** الـ Tags هي روابط بين العناصر الرسومية في واجهة الـ HMI والمتغيرات الموجودة داخل الـ PLC. يتم تعريف كل Tag برمز أو اسم يعبر عن مدخل أو مخرج أو حالة معينة في النظام، ويتم استخدامها لربط العناصر التفاعلية مثل الأزرار وحقول العرض بالقيم المتغيرة في الـ PLC. يمثل كل Tag نقطة اتصال بين الـ HMI ووحدة المعالجة في الـ PLC، مما يسمح بنقل البيانات بين النظامين بشكل سلس.
2. **تصميم شكل الواجهة:** بعد تعريف الـ Tags، تم تصميم شكل الواجهة باستخدام عناصر رسومية مثل الأزرار وحقول الإظهار (Displays). هذه العناصر تسمح للمشغل بالتفاعل مع النظام والتحكم في عمليات الـ PLC. تم ربط كل زر أو حقل إظهار بـ Tag معين، مما يجعل الضغط على زر أو تغيير قيمة في حقل العرض يتصل مباشرة بـ PLC ويؤثر في العمليات الجارية.
3. **كتابة VB Script:** تم إنشاء كود برمجي باستخدام VB Script، يقوم هذا الكود بقراءة البيانات من ملف CSV خارجي يحتوي على زمن التعبئة، امر إيقاف الخط، عدد كل نوع من العبوات،

كمية المياه التي تمت تعبئتها. بعد ذلك، يتم ربط هذا السكريبت بمتحول داخلي (Internal Variable) في النظام.

4. **دورة الذاكرة (Cycle Memory):** تم تعيين المتحول الداخلي الناتج من الـ VB Script ليعمل كـ Cycle Memory في إعدادات الـ PLC. هذا يعني أن الـ PLC يقوم بتنفيذ هذا المتحول بشكل دوري كل 0.1 ثانية، مما يضمن تحديثًا مستمرًا للبيانات وقراءة القيم الجديدة من ملف الـ CSV بشكل دوري.

هذا التصميم يضمن تفاعلًا ديناميكيًا وفعالًا بين الـ HMI و الـ PLC، مما يسمح بتحديث البيانات والتحكم في العمليات بشكل مستمر وسريع، مما يعزز من كفاءة وأداء النظام.

Name	Display name	Connection	Data type	Symbol	Address	Array elements	Acquisition cycle
brown		S7-300	Int	<Undefined>	MW 32	1	100 ms
c		S7-300	Bool	<Undefined>	M 52.0	1	100 ms
liters		S7-300	Real	<Undefined>	MD 36	1	100 ms
M200.0		S7-300	Bool	<Undefined>	M 200.0	1	100 ms
pepsi		S7-300	Int	<Undefined>	MW 30	1	100 ms
Q0.0		S7-300	Bool	<Undefined>	Q 0.0	1	100 ms
Q0.1		S7-300	Bool	<Undefined>	Q 0.1	1	100 ms
Q0.2		S7-300	Bool	<Undefined>	Q 0.2	1	100 ms
Q0.3		S7-300	Bool	<Undefined>	Q 0.3	1	100 ms
remainder		S7-300	Real	<Undefined>	MD 216	1	100 ms
Start		S7-300	Bool	<Undefined>	M 0.0	1	100 ms
Stop		S7-300	Bool	<Undefined>	M 0.1	1	100 ms
t		S7-300	Int	<Undefined>	MW 50	1	100 ms
transparent		S7-300	Int	<Undefined>	MW 34	1	100 ms

الشكل (21) الـ tags في الـ HMI

الفصل الخامس

التجريب والنتائج

التجريب والنتائج

1.5. الكشف عن العبوات والتعرف عليها

Pure Computer Vision .1.1.5

في بداية العمل قمنا بالعمل باستخدام الرؤية الحاسوبية فقط (Pure Computer Vision) وكانت طريقة العمل كالتالي:

- **الحصول على الفيديو:**

يتم التقاط الفيديو من كاميرا الموبايل وتحويله إلى إطارات (Frames).

- **فصل الخلفية عن المقدمة:**

يتم استخدام خوارزمية Background Subtraction لفصل الخلفية عن المقدمة.

- **معالجة الإطار:**

يتم إعادة حجم الإطار وتحديد منطقة الاهتمام (ROI) لتسريع المعالجة.

- **إزالة الضوضاء:**

يتم تطبيق Threshold و Morphological Operations لإزالة الضوضاء.

- **استخراج وتصنيف الكونتور:**

يتم استخراج الكونتور وتصنيفه بناءً على الحجم و aspect ratio لتحديد العبوات.

- **تحديد نوع العبوة:**

يتم تحديد نوع العبوة بناءً على ارتفاع الكونتور.

- **إرسال زمن فتح الصمام:**

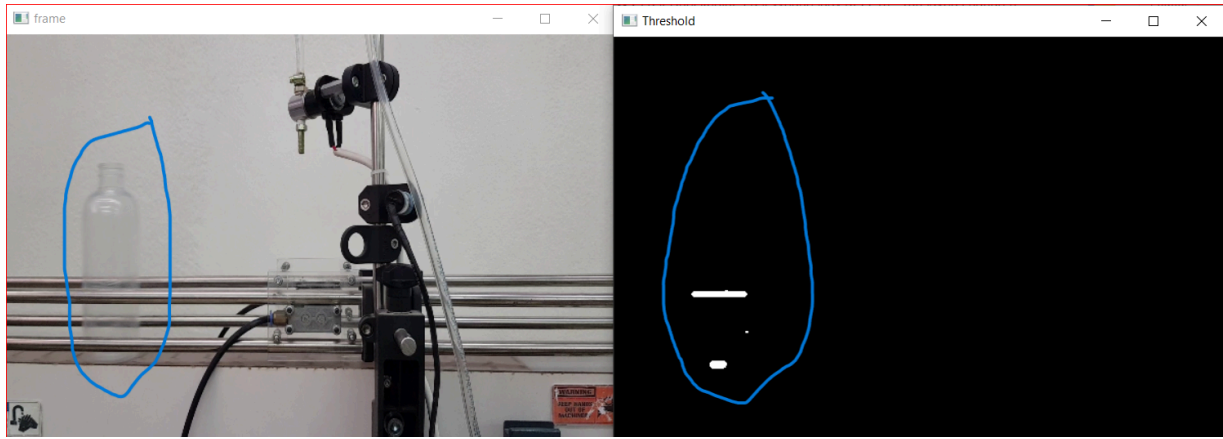
يتم استرجاع زمن فتح الصمام من dataset وحفظه في ملف CSV ليتم قراءته من قبل PLC.

- **فتح الصمام:**

يقوم PLC بفتح الصمام لتعبئة العبوة حسب الزمن المحدد.

سليات المنهجية:

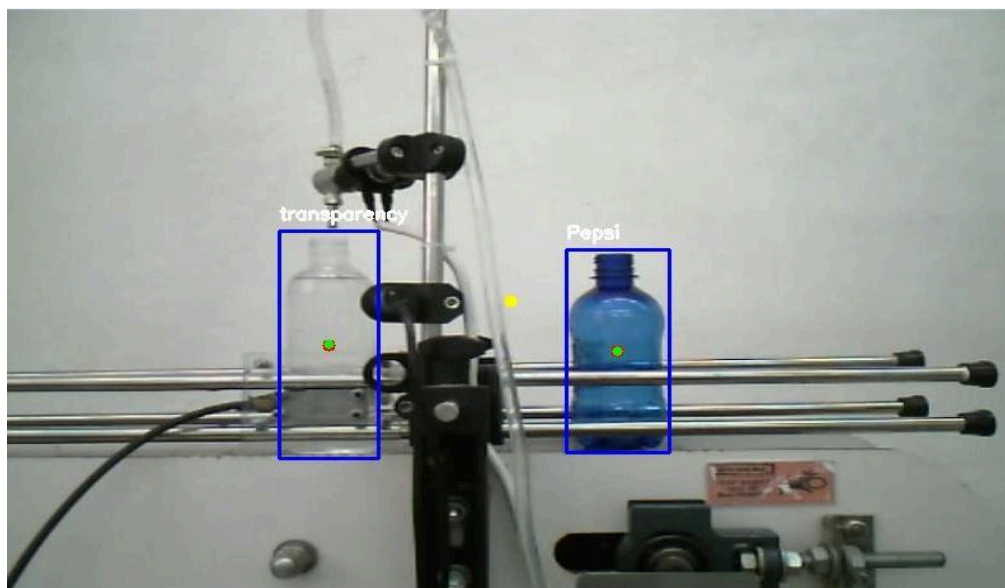
- **عدم الثبات في التعرف على العبوات:** الارتفاع المتغير للعبوات يصعب من التعرف عليها بشكل ثابت.
- **موقع الكاميرا ثابت:** تغيير موقع الكاميرا يغير من حجم الكونتور مما يؤثر على الدقة.
- **مشاكل في عزل الخلفية: Background Subtraction** لا يعمل جيدًا مع العبوات الشفافة ويظهر تأثيرًا من أي حركة في الخلفية، مما يضعف الدقة.



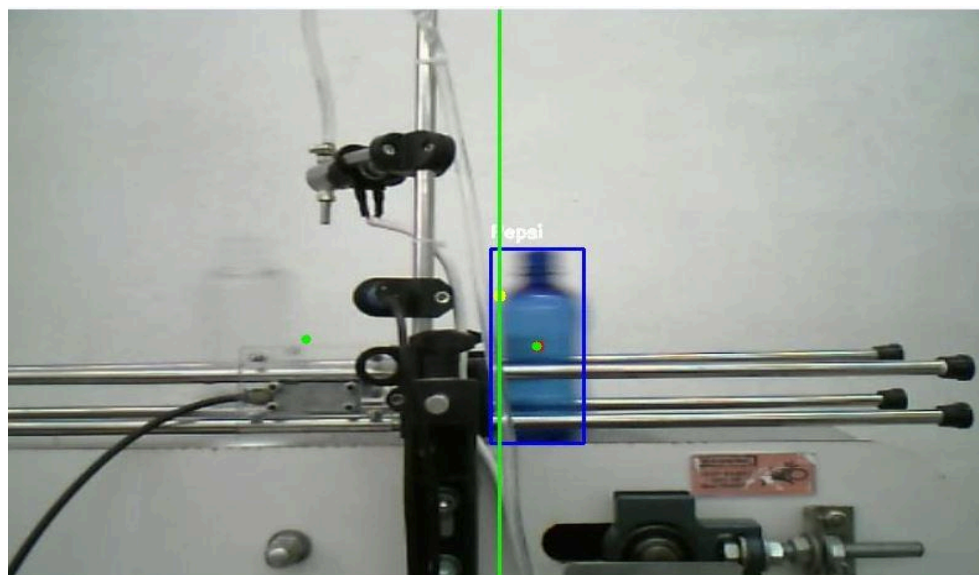
الشكل (22) عدم التقاط العبوة الشفافة ابدأ

2.1.5. باستخدام نموذج YOLO-V8

حدث استخدام نموذج YOLO-v8 تحسينًا كبيرًا في عملية التعرف على العبوات وتحديد نوعها. النموذج يعمل بكفاءة عالية مع العبوات الزرقاء والبنية، حيث يتم التعرف عليها بدقة عالية دون أي أخطاء تذكر. أما بالنسبة للعبوة الشفافة، فيعمل النموذج بشكل جيد جدًا، ولكن أحيانًا قد يفقد التتبع للحظات أثناء الحركة. على الرغم من ذلك، لم يؤثر هذا الفقدان القصير على عملية التعبئة بأي شكل، وظلت العملية تسير بسلاسة.



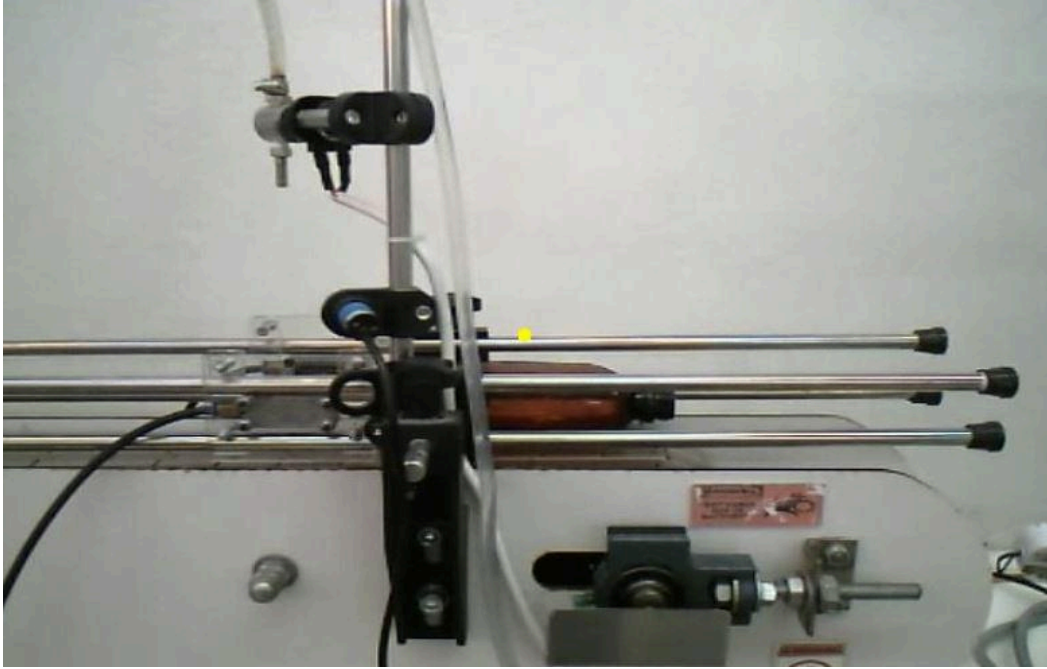
الشكل (23) التعرف على العبوات وتصنيفها باستخدام نموذج YOLO



الشكل (24) تتبع العبوات أثناء الحركة

في الشكل (24)، نلاحظ أولاً وجود خط، يتم رسم هذا الخط عند مرور العبوة عليه وذلك من أجل تحديث القيم في ملف ال CSV ، كما نلاحظ أيضاً على اليسار قليلاً أننا فقدنا تتبع العبوة الشفافة في تلك اللحظة.

2.5. حالة وقوع عبوة أثناء الحركة



الشكل (25) حالة أن العبوة واقعة.

نلاحظ في الشكل (25) أنه في حال كانت لدينا عبوات واقعة فإنه يتم تجاهلها ولا يتم التعرف عليها أصلاً ولا يتم تحديث القيم في ملف ال CSV.

3.5. العمل على ثلاث حالات مختلفة للخط

قمنا بتجربة ثلاث حالات مختلفة لتشغيل خط التعبئة، لكل حالة منها ميزات وقيود محددة:

1. الحالة الأولى - بدون استخدام الكاميرا

- في هذه الحالة، تم الاعتماد على الحساسات فقط لتشغيل الخط.
- هذه الحالة مخصصة لتعبئة نوع واحد فقط من العبوات، ويكون زمن التعبئة ثابت ويتم تعديله يدويًا في وحدة التحكم PLC.
- يتم استخدام حساس واحد لإيقاف العبوة عند صمام التعبئة.
- الميزة الأساسية هنا هي البساطة، ولكن العيب الرئيسي هو القدرة المحدودة على تعبئة نوع واحد فقط من العبوات.

2. الحالة الثانية - باستخدام الكاميرا والحساس

- هذه الحالة تعتمد على الكاميرا بالتعاون مع الحساس.
- تتيح هذه الحالة تعبئة أكثر من نوع واحد من العبوات (في نطاق عملنا، ثلاث أنواع مختلفة) دون الحاجة إلى تعديل زمن التعبئة يدويًا في PLC.
- من حيث السرعة، هذه الحالة مطابقة تمامًا للحالة الأولى.
- الميزة الأساسية هنا هي المرونة في التعامل مع عدة أنواع من العبوات دون التأثير على سرعة الإنتاج.

3. الحالة الثالثة - باستخدام الكاميرا فقط

- في هذه الحالة، يتم الاعتماد بالكامل على الكاميرا دون استخدام الحساس لإيقاف العبوة.
- في البداية، حاولنا تعديل ملف CSV لتحديد النقطة التي يجب فيها إيقاف الخط بناءً على بيانات الكاميرا. جربنا نقاطًا مختلفة بين بداية الخط وحتى صمام التعبئة، ولكن النتائج لم تكن مرضية.

- حاولنا أيضًا حساب الزمن اللازم للوصول العبوة إلى صمام التعبئة استنادًا إلى سرعة الخط والمسافة، واستخدمنا مؤقتًا يبدأ عند تغيير مركز العبوة. عند انتهاء المؤقت، يتم تعديل قيمة المتحول الذي يوقف الخط، ولكن هذه الطريقة لم تنجح أيضًا.
- السبب الرئيسي لفشل هذه الطريقة كان بطء قراءة ملف CSV في PLC، حيث تتم القراءة كل 0.1 ثانية. هذا الزمن أبطأ من الاستجابة التي يوفرها الحساس، مما أدى إلى توقف العبوة في مواقع مختلفة على الخط بدلاً من الموقع المطلوب.

الفصل السادس

التحقيق

التحقيق

1.6. الادوات

- تم استخدام لغة Python لتطوير الخوارزميات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي نظرًا لما توفره من مرونة وأدوات مخصصة. استخدمنا مكتبات مثل OpenCV لمعالجة الصور، Ultralytics YOLO لتنفيذ نموذج الذكاء الاصطناعي للتعرف على الأشياء، و NumPy للعمليات الحسابية وتحليل البيانات.
 - عملية نقل البيانات تتم من خلال ملف CSV، حيث يتم تخزين نتائج التعرف على العيوب وأوقات التعبئة في هذا الملف ليتم نقلها لاحقاً إلى ال PLC. هذه الطريقة تتيح النقل السلس والموثوق للبيانات بين الأنظمة المختلفة بشكل بسيط ومنظم. كما أنه من السهل التعامل مع ملفات CSV باستخدام مكتبة csv المدمجة في لغة Python، مما يسهل عملية قراءة وكتابة البيانات بشكل مباشر وبسيط.
 - SIMATIC Manager هو بيئة برمجية شاملة من سيمنز تُستخدم لبرمجة وتكوين وإدارة وحدات التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)، وخصوصًا سلسلة S7-300 و S7-400 و S7-1200. يتميز البرنامج بقدرته على تنظيم المشاريع بشكل هرمي، مما يسهل إدارة مهام الأتمتة المعقدة وتحسين هيكل البرمجة. بالإضافة إلى ذلك، يتكامل SIMATIC Manager بسلاسة مع أدوات سيمنز الأخرى مثل S7-PLCSIM لمحاكاة البرامج و WinCC لتطوير واجهات التشغيل البشرية (HMI)، مما يتيح بيئة تطوير متكاملة لحلول الأتمتة الصناعية.
- لقد استخدمنا SIMATIC Manager في برمجة وحدة S7-300 CPU 314C-2 DP، حيث بدأنا بإنشاء مشروع جديد ثم قمنا بتكوين الأجهزة باستخدام أداة تكوين الأجهزة المدمجة لتحديد تخطيط الأجهزة الفعلي. بعد ذلك، قمنا بتطوير كتل البرمجة مثل OB1 (الكتلة التنظيمية الرئيسية) وغيرها من الوظائف المطلوبة. بعد الانتهاء من البرمجة، قمنا بتجميع البرنامج

للتحقق من خلوه من الأخطاء، ومن ثم قمنا بتنزيله إلى وحدة المعالجة المركزية عبر واجهة MPI. أخيرًا، اختبرنا البرنامج وراقبنا أدائه للتأكد من عمله بشكل صحيح.

- WinCC Flexible هو برنامج تطوير متكامل من سيمنز، مخصص لإنشاء و برمجة واجهات المستخدم البشرية (HMI) المستخدمة في أنظمة الأتمتة الصناعية. يتيح البرنامج تصميم واجهات تفاعلية وبديهية للمشغلين، ويدعم الاتصال المباشر وحدات التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) مثل S7-300، باستخدام بروتوكولات مثل MPI و Ethernet، مما يضمن نقل البيانات والتحكم في العمليات بسهولة.

لقد استخدمت WinCC Flexible لبرمجة HMI لوحدة S7-300 CPU 314C-2 DP، حيث قمت بتصميم شاشات تفاعلية للمشغلين، إعداد الاتصال بين HMI ووحدة PLC، وربط عناصر الواجهة بعلامات PLC لضمان عرض البيانات والتحكم في العمليات. بعد الانتهاء من البرمجة، قمت باختبار الواجهة ومحاكاتها داخل البرنامج.

2.6. العوائق

1.2.6. الكاميرا

في بداية المشروع، استخدمنا كاميرا الموبايل كأداة أساسية لتصوير الفيديو المباشر. تم ربط الكاميرا بتطبيق IP WebCam الذي يرسل الفيديو عبر الإنترنت، ولكننا واجهنا مشكلتين رئيسيتين:

- **بطء النقل:**

نظرًا لأن الفيديو كان يتم إرساله عبر اتصال بالإنترنت، عانينا من بطء شديد في النقل، مما أثر سلبًا على الأداء والقدرة على التعرف على العبوات في الوقت الفعلي.

- **التأخير الزمني:**

التأخير في استلام الفيديو كان كبيرًا جدًا، مما جعلها غير عملية وغير ملائمة لخط الإنتاج الذي يعتمد على السرعة والدقة.

للتغلب على هذه المشاكل، قررنا استبدال كاميرا الموبايل بـ WebCam يتم توصيلها مباشرة عن طريق وصلة USB. هذا التغيير أدى إلى تحسينات كبيرة في سرعة النقل، حيث لم نعد نعاني من مشاكل التأخير الزمني. ومع ذلك، برزت عقبة أخرى:

• محدودية دقة الكاميرا:

الكاميرا المستخدمة كانت تعمل بمعدل 30 إطار في الثانية (fps) و بدقة 2 ميغابيكسل (MP). هذه الإمكانيات كانت كافية لتحسين السرعة، لكنها لم تكن مثالية لتحقيق الدقة المطلوبة في التعرف على التفاصيل الدقيقة للعبوات، مما أثر على أداء النظام في البيئات ذات الحركة السريعة أو التفاصيل الصغيرة.

2.2.6. قراءة ملف ال CSV

كان هذا الملف يتم قراءته من قبل VB Script المدمج في النظام والمتصل بـ Cycle Memory. لكن المشكلة كانت أن VB Script يقوم بقراءة الملف كل 0.1 ثانية فقط.

هذا التردد المحدود في القراءة خلق تحديًا في اللحظات التي كان من المفترض فيها التعامل مع تغيرات سريعة في البيانات، حيث لم يكن النظام قادرًا على التفاعل في الوقت الفعلي مع تلك التغيرات. نتيجة لذلك، تأخر التحكم في بعض الأحيان، مما أثر على الكفاءة الإجمالية للخط. لتجاوز هذا العائق، نبحث حاليًا في حلول تتيح زيادة تردد القراءة أو اعتماد طرق أسرع للتفاعل مع البيانات الفورية دون الاعتماد فقط على دورة الذاكرة.

3.2.6. خط الانتاج

عند فحصنا للخط لبدء العمل عليه، واجهتنا مشكلة كبيرة، فقد اكتشفنا أن بعض التوصيلات كانت مقطوعة وأن وحدة PLC لم تكن موجودة. قمنا بإحضار وحدة PLC جديدة من الكلية لمحاولة حل المشكلة. بعد ذلك، قررنا فك جميع القطع الكهربائية في الخط وفحص كل منها

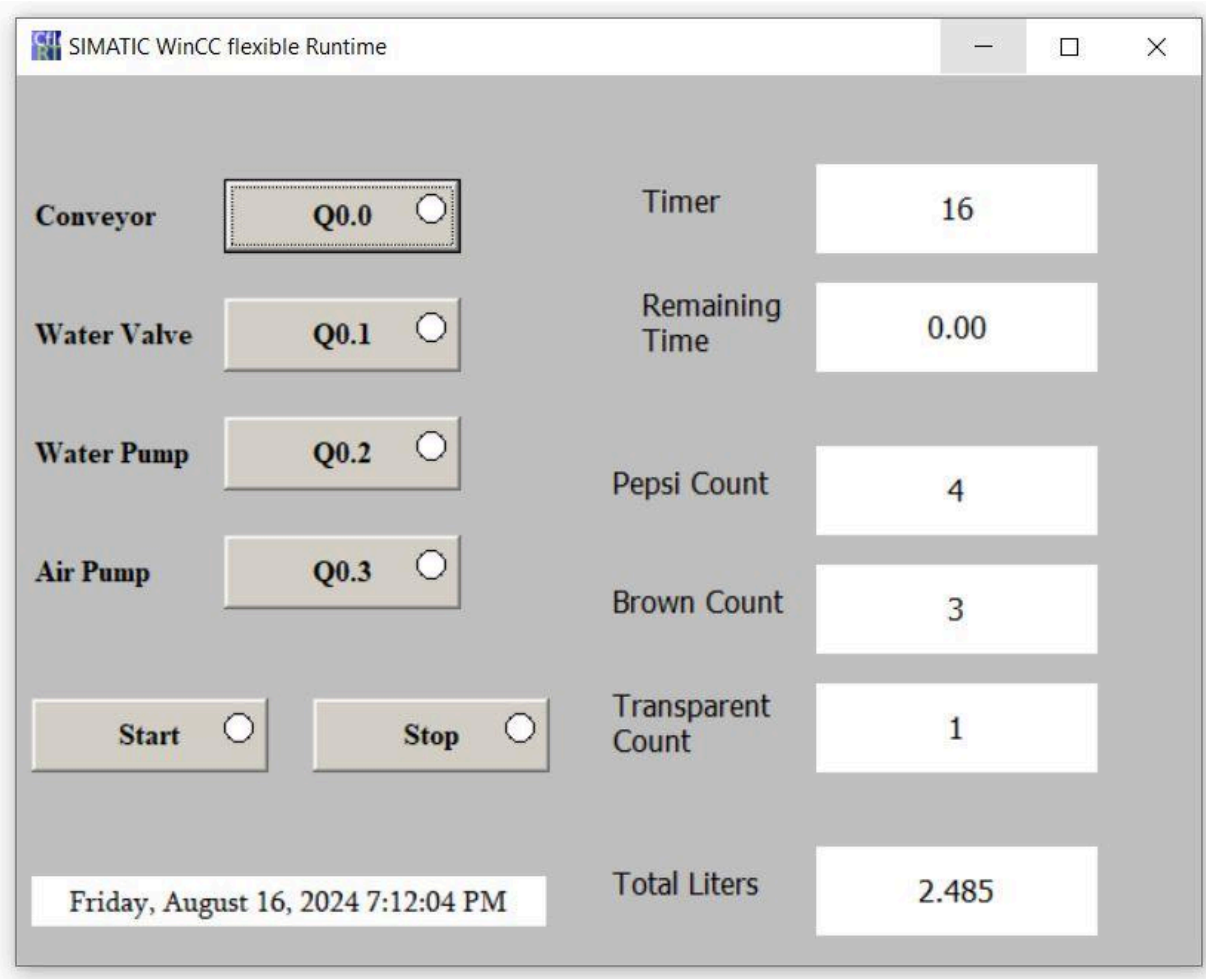
بشكل منفصل لمعرفة خصائصها واحتياجاتها من الطاقة. كنا نحتاج إلى تحديد الجهد المطلوب لكل قطعة حتى نتمكن من إعادة توصيلها بشكل صحيح.

لكن التحدي الأكبر كان أنه لم يكن هناك توثيق واضح للخط أو مكوناته، مما جعل عملية الفحص والتحديد أكثر صعوبة. كنا نعمل بشكل شبه عشوائي لتحديد خصائص كل مكون كهربائي وفهم كيفية تشغيله ضمن النظام ككل، مما استغرق وقتًا وجهدًا كبيرين لإعادة الخط إلى العمل.

الفصل السابع

دليل الاستخدام

دليل الاستخدام



الشكل (26) واجهة المستخدم (HMI)

- **Q0.0 :** يرمز إلى خط السير، عند الضغط عليه يعمل المحرك و يتحرك الخط.
 - **Q0.1 :** يرمز إلى صمام المياه، عند الضغط عليه يفتح الصمام.
 - **Q0.2 :** يرمز إلى مضخة المياه، عند الضغط عليه يعمل ضاغط المياه.
 - **Q0.3 :** يرمز إلى مضخة الهواء، عند الضغط عليه يعمل ضاغط الهواء.
- تستخدم هذه الأزرار الأربعة بشكل رئيسي من أجل التحقق من عمل المكونات السابقة.

- **Start** : هو الزر الذي يقوم العامل بضغطه ليبدأ الخط بالعمل, بعد أن تكون العبوة قد وضعت على الخط.
- **Stop** : هو الزر الذي يقوم العامل بضغطه لأيقاف عمل جميع المكونات و القيام بعملية reset إلى ال timers.
- **Timer** : يدل على قيمة الزمن الذي سوف تتم خلاله تعبئة العبوة.
- **Remaining Time** : يدل على قيمة الزمن المتبقي من المؤقت أثناء التعبئة.
- **Transparent Count** : يدل على عدد عبوات ال Transparent التي تتم تعبئتها.
- **Brown Count** : يدل على عدد عبوات ال Brown التي تتم تعبئتها.
- **Pepsi Count** : يدل على عدد عبوات ال Pepsi التي تتم تعبئتها.
- **Total Liters** : يدل على عدد اللترات الكلي الذي تم تعبئته.

الفصل الثامن

الخاتمة و الآفاق المستقبلية

الخاتمة و الآفاق المستقبلية

1.8. الخاتمة

في الختام، يمثل هذا المشروع خطوة مهمة نحو المستقبل من خلال دمج الذكاء الاصطناعي في خطوط تعبئة عبوات المياه. يبرز مشروعنا القدرة على الاستفادة من التكنولوجيا في تحسين كفاءة الصناعات التقليدية، حيث نجحنا في تخطي الحاجة إلى خطوط إنتاج مخصصة لكل حجم عبوة من خلال تطوير نظام يعتمد على الكاميرات ونموذج YOLO المدرب على التعرف على أنواع العبوات المختلفة. هذا النظام يتيح إمكانية تحديد أوقات التعبئة لكل نوع من العبوات بشكل تلقائي وسلس دون الحاجة إلى إعادة برمجة أو تعديل في المعدات.

يمتد تأثير هذا المشروع إلى تحسين العمليات الصناعية وتقليل التكاليف، حيث قللنا من الحاجة إلى شراء معدات جديدة لكل نوع عبوة أو تحديث الخطوط. بدلاً من ذلك، يوفر النظام القدرة على تحديثات برمجية سهلة وسريعة، مما يسمح بإضافة ميزات جديدة أو تحسينات على الأداء دون الحاجة إلى إعادة بناء البنية التحتية بالكامل.

علاوة على ذلك، يُمكن هذا النظام من تحسين الكفاءة التشغيلية للمديرين والمشغلين، من خلال واجهة تحكم تعرض جميع البيانات بشكل فوري وتتيح التحكم في العملية بسهولة. هذا التحول من الأنظمة التقليدية المعقدة إلى الأنظمة الذكية المعتمدة على البرمجيات والذكاء الصناعي يفتح الباب أمام عالم من الإمكانيات لتحسين العمليات الصناعية وزيادة مرونتها.

وأخيراً، يؤكد مشروعنا على قدرة التكنولوجيا الرقمية على إحداث تغيير جذري في كيفية عمل الصناعات المختلفة، مما يعزز من الكفاءة، ويقلل من الفاقد، ويوفر تجربة أكثر مرونة واستدامة. ومع استمرارنا في استكشاف المزيد من الابتكارات، نحن واثقون بأن مشروعنا هذا سيظل إلهاماً لمزيد من التطور والتحول في عالم الأتمتة الصناعية و الذكاء الصناعي.

2.8. الآفاق المستقبلية

نحن نقف على أعتاب مستقبل مشرق مليء بالإبداع والابتكار. بينما يتوسع مشروعنا الهندسي في تطبيق التكنولوجيا الحديثة لتحسين خطوط تعبئة عبوات المياه، ننظر إلى مجموعة من الأفكار الإبداعية والتطورات التي ستعزز من قدراته وترفع من شأنه. الآفاق المستقبلية لمشروعنا تشمل:

- **الاستغناء عن الحساسات والعمل فقط عن طريق الكاميرا:**

نطمح إلى تطوير المشروع بحيث تعتمد كافة مراحل الكشف والتحكم في الخط على الكاميرا ونموذج الذكاء الاصطناعي فقط، مما يقلل من تعقيد النظام ويزيد من دقته في اكتشاف مواضع العبوات.

- **زيادة أنواع أكثر للعبوات:**

مع توسع المشروع، نخطط لإضافة القدرة على التعامل مع أنواع أكثر من العبوات ذات أحجام وأشكال مختلفة، مما يعزز مرونة الخط و يتيح له العمل مع مجموعة واسعة من المنتجات دون الحاجة لتغييرات كبيرة في المعدات.

- **الصيانة التنبؤية:**

بدمج الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات المستمرة من المعدات، يمكن استخدام الخوارزميات التنبؤية لتحديد متى قد تحتاج الآلات إلى الصيانة قبل حدوث أي أعطال. هذا يساهم في تقليل التوقفات غير المتوقعة في خط الإنتاج وتحسين كفاءة التشغيل وإطالة عمر المعدات.

- **التوسع في مراحل أخرى لإنتاج عبوات المياه:**

نطمح إلى التوسع في مراحل أخرى مثل تصميم العبوات، الطباعة عليها، أو حتى تعبئتها بمنتجات أخرى غير المياه مثل العصائر أو المشروبات الغازية، مما يفتح آفاقاً جديدة لتطبيق المشروع في مجالات متنوعة.

الفصل التاسع

المراجع

المراجع

- [1] "OpenCV - Official Website," OpenCV. Available: <https://opencv.org/>.
- [2] "OpenCV GitHub Repository," GitHub. Available: <https://github.com/opencv/opencv>.
- [3] J. Doe, "Visual Recognition," Foundations of Deep Learning, Jun. 2019. [Online]. Available: <https://foundationsofdl.com/2019/06/02/visual-recognition/>.
- [4] P. Bobin, "IOT-Based Automatic Bottle Filling and Capping System - Arduino Code," GitHub, [Online]. Available: <https://github.com/paulbobin/IOT-Based-Automatic-Bottle-Filling-and-Capping-System-Project/tree/main/Arduino%20Code>.
- [5] "Object Detection Zoo Part 5: Bottle Detection," Medium, [Online]. Available: <https://medium.com/analytics-vidhya/object-detection-zoo-part-5-bottle-detection-aede763bbac3>.
- [6] "Calculating the Volume of a Bottle of Water Using Disk Method," Physics Forums, [Online]. Available: <https://www.physicsforums.com/threads/calculating-the-volume-of-a-bottle-of-water-using-disk-method.1005660/>.
- [7] "Literature on Bottle Inspection Systems," Cognex, [Online]. Available: https://www.cognex.com/downloads/literaturemain?event=1f419b50-ac6f-43be-8b51-fe1ec8a5d757&cm_campid=9793CD6B-CF93-E711-8137-005056A466C7.
- [8] "Vision-Based Liquid-Level Detection," SAGE Journals, [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1729881420932715>.

- [9] "Cap and Fill Check Inspection," Mettler Toledo, [Online]. Available:
https://www.mt.com/us/en/home/products/Product-Inspection_1/CI_Vision/cap-and-fill-check.html.
- [10] "Vision-Based Liquid-Level Detection in Amber Glass," Semantic Scholar, [Online]. Available:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Vision-based-Liquid-Level-Detection-in-Amber-Glass-Felipe-Olegario/a01cd7c8bca795bf0198c353b763c76588c1d14a>.
- [11] "OpenCV for Line Production," Issart Blog, [Online]. Available:
<https://blog.issart.com/opencv-to-line-production/>.
- [12] "The Evolution of Smart Factories," ResearchGate, [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/330336790_INDUSTRY_10_TO_40_THE_EVOLUTION_OF_SMART_FACTORIES.
- [13] "An Industry 4.0 Approach to Bottling Process Automation," ResearchGate, [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/335184140_An_Industry_40_approach_to_develop_auto_parameter_configuration_of_a_bottling_process_in_a_small_to_medium_scale_industry_using_PLC_and_SCADA.
- [14] SIMATIC S7-300 CPU Specifications, SPS-Service. [Online]. Available:
https://sps-service.eu/media/sps-service/pdf/SIMATIC_S7-300_CPU_Specifications.pdf.
- [15] "Roboflow - Computer Vision Simplified," Roboflow, [Online]. Available:
<https://roboflow.com/>.
- [16] A. Bochkovskiy, "YOLO - Real-Time Object Detection," GitHub, [Online]. Available:
<https://github.com/AlexeyAB/darknet>.
- [17] YOLOv8 - Ultralytics, GitHub. [Online]. Available:
<https://github.com/ultralytics/ultralytics>.