الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

هندسة الطاقة الكهربائية

ماجستير نظم القدرة الكهربائية

تصميم وتنفيذ روبوت آلي لرمي كرات يتم التحكم به عن طريق محركات خطوية

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة نظم القدرة الكهربائية

إعداد الطالبة: م. دينا أبوطراب

إشراف

د.م. مصطفى الحزوري

د.م. أنس وبـــــي

دمشق 2023

موافقة لجنة الحكم على طباعة رسالة الماجستير

بالإشارة إلى قرار مجلس كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية رقم /1515 / تاريخ 3/12 / 2023 وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادر بالمرسوم الجمهوري رقم /250/ لعام 2006 وقرار مجلس جامعة دمشق رقم /3379 / ص.م تاريخ 12 / 11 / 2020 القاضي بشأن الموافقة على تسجيل رسالة الماجستير لطالبة الدراسات العليا المهندسة دينا أبو طراب في هندسة الطاقة الكهربائية بعنوان :

تصميم وتنفيذ روبوت آلي لرمي كرات يتم التحكم به عن طريق محركات خطوية

واستناداً لأحكام المادتين 163 و164 من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم الجمهوري رقم /250/ تاريخ 2016/7/10 وقرار مجلس الجامعة رقم 8/1436 تاريخ 2012/2/15 المتضمن إجراءات القيد في الدراسات العليا وتشكيل لجان الحكم واجراءات المناقشة العلنية للرسائل والأطروحات والدفاع عنها ومنح الدرجات العلمية, وقرار مجلس البحث والدراسات العليا رقم /3[illegible]/ المتخذ في الجلسة رقم /17/ المنعقدة بتاريخ 2023/5/29 القاضي بتشكيل لجنة الحكم على رسالة الماجستير في هندسة الطاقة الكهربائية التي أعدتها المهندسة دينا ابو طراب من السادة الأساتذة:

الدكتور مصطفى الحزوري: استاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق عضواً مشرفاً

الدكتور محمد ياسين علي : باحث في مركز الدراسات والبحوث العلمية عضواً

الدكتور رائد الشرع: استاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق عضواً

وبعد أن قامت لجنة الحكم بمناقشة رسالة الماجستير التي تقدمت بها المهندسة دينا أبو طراب علنياً في تمام الساعة الحادية عشرة والنصف من صباح من يوم الأربعاء الموافق 2023/7/26 فقد قامت الباحثة بالتعديلات المطلوبة من اللجنة على الرسالة وأصبحت جاهزة للطباعة.

دمشق 3 / 8 /2023

الدكتور	الدكتور	الدكتور
رائد الشرع	محمد ياسين علي	مصطفى الحزوري

كلمـــــــــــة شـــــــــــــكر

قال الله تعالى في كتابه الكريم: "ومن يشكر فإنما يشكر لنفسه".

فـي البدايـة لا بـدّ لـي مـن التوجـه اولاً بالشـكر والحمـد لله عـزّ وجـلّ الـذي وفقنـي للوصـول إلـى هـذه المرحلـة، ومهّـد لـي الطريـق لأنـال هـذه الدرجـة فـي التحصـيل العلمي.

كمـا أننـي أتوجـه بالشـكر والامتنـان لعـائلتي التـي كانـت السـند الأول لـي فـي الوصـول إلى ما وصلت اليه.

وأتوجـه بالشـكر الجزيـل لكـل مـن الـدكتور مصـطفى الحـزوري والـدكتور أنـس وبـي لإشـرافهما علـى هـذا البحـث ومنحهمـا لـي الوقـت الكثيـر لخـروج هـذه الرسـالة العلميـة بالشـكل الـذي ظهـرت عليـه، كمـا كـان لنصـائحهما دور أساسـي فـي إتمـام دراسـتي العلمية.

والشـكر موصـول لأعضـاء لجنـة المناقشـة الكـرام الـدكتور محمـد ياسـين علـي والـدكتور رائـد الشـرع علـى تفضـلهم بقبـول مناقشـة رسـالة الماجسـتير هـذه، كـذلك علـى ملاحظاتهم القيّمة التي أغنت البحث.

و لا يسـعني سـوى تقـديم الشـكر العميـق للأسـتاذ المهنـدس شـادي صـعب الـذي تفـانى فـي مسـاعدتي بإنجـاز التجـارب النهائيـة العمليـة للبحـث، إضـافة لتوجيهاتـه الدَقيقـة بمناقشة النتائج.

إضـافة لشـكري الكبيـر للـزملاء فـي مركـز البحـوث والدراسـات العلميـة الـذين منحـوني جـزءَ مـن وقـتهم، مـن البدايـةِ إلـى النهايـة، فـي سـبيل خـروج البحـث بـأدق النتـائج وأكثرها فعالية.

المحتويـــــــات

فهرس المحتويات I
فهرس الأشكال V
فهرس الجداول VIII
الملخـــــــص 1
المقـــــــدمة 2
الفصل الاول
الإطار النظري العام 4
1-1- المشكلة العلمية للبحث 5
1-2- الهدف من البحث 5
1-3- أهمية البحث 5
1-4- مكونات البحث 5
1-5- مناهج البحث وأدواته 6
1-6- تساؤولات البحث 7
1-7- الدراسات المرجعية 7
1-7-1- الدراسة المرجعية الأولى 7
1-7-2- الدراسة المرجعية الثانية 9
1-7-3- الدراسة المرجعية الثالثة 10
1-7-4- الدراسة المرجعية الرابعة 11
1-7-5- الدراسة المرجعية الخامسة 13
1-7-6- الدراسة المرجعية السادسة 14
1-7-7- الدراسة المرجعية السابعة 16
1-7-8- الدراسة المرجعية الثامنة 17
الفصل الثاني
معالجــة الصــورة 19
2-1- معالجة الصورة 20
2-2- الصورة الرقمية 20
2-3- الخوارزميات الكلاسيكية في معالجة الصور 21
2-3-1- خوارزميات كشف الحواف للأجسام 22
2-3-1-1- مقارنة بين المشغلات 23
2-3-2- خوارزمية كاني لكشف الحافة 24
2-3-3- أدوات معالجة الصورة 25

2-4- اكتشاف جسم ما وتتبعه 26
2-4-1- اكتشاف جسم متحرك بواسطة كاميرا واحدة ثابتة 27
2-4-1-1- كشف وتتبع هدف متحرك بكاميرا ثابتة بالفضاء اللوني RGB TO HSV... 28
2-4-1-1-1- خوارزمية كشف جسم ملون وتتبعه باستخدام الفضاء اللوني 30
2-4-2- الرؤية الستيريوسكوبية 30
الفصل الثالث
المحركات الخطوية والأردوينو 34
3-1- المحركات الخطوية 35
3-2- الإنكودرات 40
3-3- حساسات نهاية الشوط 42
3-4- بطاقة الأردوينو 42
الفصل الرابع
تصميم نموذج عملي وشرح مكونات النظام 47
4-1- المخطط الصندوقي للنموذج التطبيقي المنفذ للبحث 48
4-1-1- الجزء البصري 49
4-1-1-1- الكاميرات المستخدمة 49
4-1-1-2- الجسميات المستخدمة 49
4-1-1-3- قياسات الجسميات والكاميرات 50
4-1-1-3-1- قياس البعد المحرقي للجسميات 50
4-1-1-3-2- قياس حقل الرؤيا للكاميرات 52
4-1-2- الجزء الإلكتروميكانيكي 54
4-1-2-1- منصة الإمالة 54
4-1-2-2- المحركات الخطوية المستخدمة 55
4-1-2-3- الإنكودرات المستخدمة 56
4-1-2-4- حساسات نهاية الشوط المستخدمة 57
4-1-2-2- بطاقة قيادة المحركات والإطلاق 58
4-1-3- قاذف الكرات 58
4-1-4- منصة الكاميراتين 61
4-2- ضبط توازي المحورين البصريين 62
4-3- ضبط منصة القاذف مع الكاميرتين 64
4-4- التوصيلات الإلكترونية للمنصة ودارات القيادة 65

الفصل الخامس
التجارب العملية والنتائج والتوصيات 69
5-1- لغـة البــرمجة البايثــون..... 70
5-2- تنفيذ التخاطب بين بطاقة الأردوينو والبايثــون 70
5-3- تجارب كشف وتحديد بعد جسم ثابت (له ارتفاع معروف) بكاميرا واحدة ثابتة 71
5-3-1- خوارزمية تقدير مسافة جسم عن كاميرا ثابتة 73
5-3-2- تجربة كشف جسم ثابت (ذو ارتفاع معروف) وتحديد بعده عن الكاميرا الثابتة عن البعد المحرقي f=61.4 mm..... 74
5-3-3- تجربة كشف جسم ثابت (ذو ارتفاع معروف) وتحديد بعده عن الكاميرا الثابتة عن البعد المحرقي f=17.48 mm..... 76
5-4- اكتشاف الهدف المتحرك وتتبعه بواسطة كاميرا ثابتة 76
5-5- تجربة تتبع الجسم في الفضاء اللوني HSV تم استخدام جسم ذو لون أحمر..... 77
5-6- تجربة كشف جسم ملون وتتبعه بالرؤية الستيريوسكوبية 79
5-6-1- حساب أكبر مسافة كشف 79
5-6-2- حساب الحد الأدنى لمجال الرؤية المشترك للكاميرتين 80
5-6-3- خوارزمية تتبع جسم بالفضاء اللوني HSV وتوقع موقعه المستقبلي مع حساب زاوية السبق..... 81
5-6-4- تجربة تقدير بعد جسم ثابت ملون بالفضاء اللوني بواسطة التنظير المجسم..... 82
5-7- إجراء تجارب الرمي وإنشاء جدول الرمي 83
5-7-1- حالة الرمي المباشر على مسافة 2.5m 83
5-7-2- حالة الرمي المباشر على مسافة 5m 84
5-7-3- حالة الرمي المائل على مسافة 5m 88
5-7-4- حالة الرمي المائل على مسافة 7.5m 88
5-7-5- نتائج تجارب الرمي 89
5-8- خوارزميات العمل المتبعة في التجربة النهائية للبحث 90
5-8-1- المخطط التدفقي العام للبحث 90
5-8-1-1- المخطط التدفقي لمرحلة أخذ العينات 91
5-8-1-2- خوارزمية تصميم النموذج الرياضي لحساب الموقع المستقبلي للجسم المتحرك 92
5-8-2- خوارزمية تصميم النموذج الرياضي لحساب زمن الإطلاق وانتظار وصول الهدف 93
5-9- التجربة النهائية 95
5-10-ملخص عن خطوات البحث وماتم إنجازه ومعوقات العمل 96

5-10-1 - ملخص وخطوات البحث 96
5-10-2- معوقات البحث وإجراء التجارب 96
5-11- التوصيات والآفاق المستقبلية 97

فهرس الأشـــــــكال

الشكل (1-1) روبوت الحراسة والبندقية الآلي 8
الشكل (1-2) المخطط الصندوقي لآلية عمل بندقية الحراسة لالتقاط الصور 8
الشكل (1-3) المخطط التدفقي لعمل النظام المقترح لمسدس الحراسة الآلي 10
الشكل (1-4) خوارزمية اكتشاف جسم في الفضاء اللوني RGB 11
الشكل (1-5) المخطط التدفقي لخوارزمية الطرح في الخلفية 12
الشكل (1-6) اكتشاف جسم متحرك أمام كاميرا المراقبة وتحديده بإطار بواسطة البايثون ومكتبة رؤية الكمبيوتر 13
الشكل (1-7) مبدأ عمل التنظير المجسم 14
الشكل (1-8) التصميم المقترح لآلة رمي الكرات 17
الشكل (2-1) تمثيل الصورة 20
الشكل (2-2) الصورة الأصلية للعجلة 22
الشكل (2-3) تمثيل العجلة بعدة مشغلات 22
الشكل (2-4) تحويلات الألوان والفضاء اللوني 28
الشكل (2-5) تطبيق الفلتر الأزرق وتتبع الكرة الزرقاء 28
الشكل (2-6) المخطط التدفقي لآلية عمل تتبع الجسم الملون في الفضاء اللونيHSV 29
الشكل (2-7) مسقط نقطة ما على المحور البصري في صورة 30
الشكل (2-8) مسقط نقطة ما على المحور البصري في صورتين 30
الشكل (2-9) حالات عمل التنظير المجسم 31
الشكل (2-10) حساب مسافة هدف ما عن كاميرتين (الرؤية الستيريوسكوبية) بمبدأ التثليث 31
الشكل (3-1) مقطع عرضي في المحرك الخطوي-حيث يكون الدوار نواة حديدية ذات ممانعة متغيرة 34
الشكل (3-2) المخطط الأساسي للتحكم بالمحرك الخطوي 35
الشكل (3-3) يبين محركاً خطوياً ذو بنية بسيطة بأربع وشائع (ملفات) في الثابت 36
الشكل (3-4) نمط الموجة لقيادة محرك خطوي 37
الشكل (3-5) نمط الخطوة الكاملة لقيادة المحرك الخطوي 37
الشكل (3-6) نمط نصف الخطوة في قيادة المحرك الخطوي 38
الشكل (3-7) الخطوة المايكروية في قيادة المحرك الخطوي 38
الشكل (3-8) مبدأ عمل الإنكودرات البصرية 40
الشكل (3-9) يبين انواع بطاقات الأردونيو 43
الشكل (3-10) بطاقة أردوينو اونو 45
الشكل (4-1) مخطط صندوقي للنموذج التطبيقي للبحث 47

الشكل (4–2) الكاميرا المرئية المستخدمة في إجراء البحث 48
الشكل (4–3) مجموعة الجسميات التي تم تركيبها على الكاميرا المرئية 49
الشكل (4–4) المشهد الظاهر في عينيه تلسكوب جهاز الFOCOMETER 50
الشكل (4–5) يبين طريقة قياس حقل الرؤية بواسطة جهاز MÖLLER- FIELD OF VIEW COLLIMATOR 51
الشكل (4–6) مخطط تفصيلي لمنصة الإمالة (PTP) 53
الشكل (4–7) منصة الإمالة 54
الشكل (4–8) المحرك الخطوي المستخدم 55
الشكل (4–9) الانكودر المستخدم في المنصة الحاملة لقاذف الكرات 55
الشكل (4–10) الدوران عكس عقارب الساعة القناة A تسبق القناة B 56
الشكل (4–11) حساس نهاية الشوط المستخدم في المنصة الحاملة لقاذف الكرات 56
الشكل (4–12) بطاقة القيادة والتحكم بالمحركات والصمام الكهربائي وتوصيلاتها مع بطاقة الأردوينو 57
الشكل (4–13) المخطط الصندوقي لقاذف الكرات 58
الشكل (4–14) كاسر الضغط مع الصمام الكهربائي 59
الشكل (4–15) قاذف الكرات المثبت على منصة الإمالة 59
الشكل (4–16) آلية ضبط اتجاه الكاميرا 60
الشكل (4–17) المنصب الحامل للكاميراتين وآليات الضبط 61
الشكل (4–18) شرح توازي المحورين البصريين 61
الشكل (4–19) يبين الصورة المعروضة من كلا الكاميرتين، إضافة للوحة التصالب قبل الضبط 62
الشكل (4–20) يبين الصورة المعروضة من كلا الكاميرتين، إضافة للوحة التصالب بعد الضبط 63
الشكل (4–21) مكونات البحث بوضعها النهائي 64
الشكل (4–22) مخطط توصيل دارة القيادة المستخدمة الخاصة بالمحرك الخطوي 65
الشكل (4–23) توضيح توصيل المحركات الخطوية مع دارات القيادة الخاصة بها ببطاقة الأردوينو 66
الشكل (5–1) تمثيل النظام البصري لحساب ارتفاع الهدف على حساس الكاميرا 70
الشكل (5–2) خوارزمية ارتفاع هدف ما على الصورة 71
الشكل (5–3) تمثيل النظام البصري لحساب أبعاد العنصر الحساس (pitch) 72
الشكل (5–4) خوارزمية تقدير مسافة جسم عن كاميرا ثابتة 73

الشكل (5–5) توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 38.2 م 74
الشكل (5–6) توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 20 م 74
الشكل (5–7) تطبيق فلتر المرشح اللوني للون الأحمر وكشف الورود ذات اللون الأحمر بالدرجة المطلوبة 76
الشكل (5–8) توثيق تتبع جسم متحرك بالفضاء اللوني HSV، البعد المقدر من البرنامج 1936 cm بينما كان البعد الحقيقي2000cm 77
الشكل (5–9) أقل مسافة يمكن كشفها بالكاميرتين 79
الشكل (5–10) المخطط التدفقي لخوارزمية تتبع جسم بالفضاء اللونيوتوقع موقعه المستقبلي مع حساب زاوية السبق 80
الشكل (5–11) توثيق تجربة تقدير بعد جسم ثابت عن منتصف المسافة بين الكاميراتين ... 81
الشكل (5–12) توثيق تجربة اكتشاف جسم ملون وتقدير بعده عن الكاميرا اليسارية وتوقع موقع المستقبلي مع إضاقة مؤقت لتأكيد الزمن المطلوب 82
الشكل (5–13) تجربة الرمي المباشر على مسافة 2m 83
الشكل (5–14) تجربة الرمي المباشر على بعد 5m 83
الشكل (5–15) حالة الرمي المباشر 84
الشكل (5–16) حالة الرمي المائل بزاوية 85
الشكل (5–17) تجربة الرمي المائل بزاوية $\theta = 0.86°$ على بعد 5m 87
الشكل (5–18) تجربة الرمي على بعد 7.5m 88
الشكل (5–19) المخطط التدفقي العام للبحث 89
الشكل (5–20) المخطط التدفقي لمرحلة أخذ العينات 90
الشكل (5–21) المخطط التدفقي لتصميم النموذج الرياضي لحساب الموقع المستقبلي للجسم المتحرك 91
الشكل (5–22) المخطط التدفقي لتصميم النموذج الرياضي لحساب زمن الإطلاق 92
الشكل (5–23) تجربة كشف وتتبع جسم متحرك (أحمر) وتحديد بعده وتوقع مساره وتحقيق الإصابة 94

فهرس الجداول

الجدول (1-1) نتائج تجربة قياس بعد جسم بالرؤية الستيريوسكوبية 16
الجدول (2-1) ترميز الألوان الأساسية بالكود العشري 27
الجدول (4-1) قياسات الكاميرات المستخدمة في البحث 52
الجدول (4-2) القيم الإسمية للمحرك المستخدم 54
الجدول (4-3) القيم الإسمية لتشغيل دارة القيادة 65
الجدول (4-4) توصيل المحرك مع دارة القيادة الخاصة به 67
الجدول (4-5) توصيلات المحركات والإنكودرات مع دارات القيادة (الدرايفرات) إلى بطاقة الأردوينو 67
الجدول (5-1) تجربة تحديد مسافة جسم ثابت ذو ارتفاع معروف بكاميرا واحدة عند بعد محرقي f=61.4mm 73
الجدول (5-2) تجربة تحديد مسافة جسم ثابت ذو ارتفاع معروف بكاميرا واحدة عند بعد محرقي f= 17.48 mm 75
الجدول (5-3) توثيق نتائج تجارب الرمي 88

الملخص

يتلخص هذا العمل في تصميم وتنفيذ روبوت آلي يعمل على رمي كرات على أجسام متحركة، يتم التحكم به عن طريق محركات خطوية مقادة بالمايكروكنترولر (الأردوينو).

ولإتمام هذا العمل كان لابد من مراجعة بعض الدراسات المرجعية العربية والأجنبية التي تدخل ضمن إطار هذا العمل وأخذ بعض الأفكار. إذ يتوجب التعرف على طرق قياس مسافة جسم عن موضع ثابت فبرزت الحاجة لاستخدام الكاميرات المرئية ومعرفة مواصفاتها التي تدخل ضمن إطار الحسابات وللتعامل مع الصورة الناتجة من هذه الكمرات فتتطلب ذلك معرفة طرق فصل الهدف عن محيطه و الحاجة لمعرفة تطبيقات معالجة الصورة والطرق المتبعة للحصول على النتائج المرجوة حيث وجدنا نتيجة الدراسات وجود مكتبة مفتوحة المصدر تحوي على تطبيقات جاهزة يمكن استخدامها لتحقيق هذا الهدف .

هذه المكتبة تتعامل مع لغة البرمجة البايثون والتي تعمل في بيئة الزمن الحقيقي إذ تم تصميم البرمجيات والخوارزميات التي تساعد في معرفة بعد الهدف تتبعه ومعرفة موقعه خلال أزمنه متعاقبة ليتم بناء مساره ومن ثم استخدام هذا المسار لتوقع موقعه المستقبلي.

بعد معرفة الموقع المستقبلي للجسم انتقلنا لمرحلة التحكم و توجيه منصة الإمالة الحاملة لقاذف الكرات والمُصمَم اعتماداً على الهواء المضغوط كوسيلة لقذف كرات زجاجية تلقم بشكل يدوي.

للتحكم بهذه المنصة تم تصميم وتنفيذ بطاقة الكترونية لقراءة المرمزات ولإعطاء أوامر الدوران للمحركات، إذ اعتمد البحث على بطاقة أردينو لما تحويه من إمكانيات تؤدي المهمة المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: اكتشاف جسم، الرؤية الستيريوسكوبية، البايثون وopen cv ،الموقع المستقبلي لجسم متحرك.

المقدمة:

في عصرٍ باتت فيه التكنولوجيا تشغل فيه نطاق واسع من حياتنا اليومية، في سبيل تطوير وتحسين حياة الإنسان.

فقد أصبحت الحاجة ملحَةً لتنفيذ ما يساعد على ضمان سلامته وحماية حياته، وهذا يشمل تحقيق الأمان والراحة له، إضافة لمحاولة توفير بديل عنه في المهام التي تشكل خطراً على حياته، والتي تحتاج لمعالجة سريعة وحسابات دقيقة.

في هذا البحث سيتم تصميم وتنفيذ روبوت آلي يعمل على رمي كرات على أجسام متحركة، يتم التحكم به عن طريق محركات خطوية مقادة بالمايكروكنترولر (الأردوينو).

يتم تقديم العمل في 5 فصول حيث يتناول الفصل الأول الإطار العام للبحث من حيث الأهمية والمشكلة العلمية والمبررات التي أفضت إلى القيام بالبحث إضافة الى الأدوات المستخدمة والخطوات المتبعة للوصول الى الهدف المنشود كذلك الدراسات المرجعية العربية والأجنبية حول الروبوتات والمحركات الخطوية والتحكم بها بواسطة بطاقة الأردوينو إضافة لطرق ونظريات كشف الأجسام المتحركة ومعالجة الصورة وتتبع الجسم الهدف (باستخدام لغة البرمجة البايثون ومكتباتها المفتوحة المصدر open cv) وبعض الآليَات المتَبعة في تصميم آلات رمي الكرات.

يعرض الفصل الثاني نظريات معالجة الصورة والطرق المتبعة لكشف الأجسام وقياس بعدها عن المنصة بشكل عام وتطبيقها في هذا البحث.

في الفصل الثالث تم عرض معلومات عامة عن المحركات الخطوية وقيادتها والتحكم بها إضافة إلى بطاقة الأردوينو وبرمجتها.

تطرق الفصل الرابع لمراحل تصميم وتنفيذ الروبوت إضافة لمكونات البحث من أجزاء بصرية (كاميرات) وميكانيكية (شرح عن منصة الإمالة التي تم اعتمادها في هذا البحث وماتحويه من محركات وانكودرات وحساسات نهاية الشوط

إضافة الى مواصفات هذه الأجزاء) وإلكترونية (بطاقة الأردوينو وبرمجتها وتصميم دارة القيادة لمحركات المنصة والتوصيلات الالكترونية) وماتم استخدامه في سبيل تحقيق الهدف المرجو من البحث. أخيراً عرض تصميم وتنفيذ قاذف الكرات وشرح الأجزاء ومواصفاتها.

أخيراً سيقدم الفصل الخامس والأخيرعرضاً للتجارب المنفذة للوصول للتجربة النهائية ومناقشة نتائجها والمعوقات التي واجهت البحث. كذلك الآفاق المستقبلية للبحث والتوصيات.

الفصل الأول

الإطار النظري العام

1-1- المشكلة العلمية للبحث:

أغلب الروبوتات تقوم برمي الكرة على أجسام ثابتة لذا سيقدم البحث دراسة نظرية وعملية لإصابة جسم متحرك بسرعة ما وعلى مسافة معينة، وذلك اعتماداً على جداول الرمي المستخرجة من التجارب العملية المنفذة وبناءً على معادلات الحركة للكرة وحسابات زاوية السبق.

1-2- الهدف من البحث:

تصميم روبوت آلي لرمي كرات على هدف متحرك, يتم التحكم بهذا الروبوت عن طريق محركات خطوية مقادة ببطاقة الأردوينو.

1-3- أهمية البحث:

تكمن الأهمية في التعرف على طرق الكشف السلبي للأجسام، حيث سيتم دراسة طرق اكتشاف جسم ثابت أو متحرك بواسطة كاميرا واحدة أو كاميرتين، وظروف استخدام كل منها، إضافة لتقدير بعده عن الروبوت وتتبعه ومعرفة معادلة مساره وتوقع موقعه المستقبلي، إذ سيتم رمي كرات مختلفة الأوزان على هذه الأجسام المتحركة لمسافات مختلفة بواسطة قاذف كرات.

1-4- مكونات البحث:

- الدراسات المرجعية والاطار العام .
- الدراسة النظرية وتشمل:
  - نظريات معالجة الصورة وتحصيل المعلومات.
  - طرق كشف الأجسام باستخدام مكتبات الكمبيوتر مفتوحة المصدر.
  - المحركات الخطوية والتحكم بها وبطاقة الأردوينو.

- الآليات المتَبعة في تصميم آلات رمي الكرات.
- تصميم وتنفيذ نموذج عملي تطبيقي.
- إجراء تجارب عملية.
- لكشف الأجسام ثابتة كانت أو متحركة وتقدير بعدها عن الروبوت وتوقع موقعها المستقبلي.
- لرمي الكرة على الجسم المتحرك.
- استخلاص نتائج التجارب وتوثيقها ومناقشتها.
- التوصيات والآفاق المستقبلية المتوقعة للبحث.

1-5- مناهج البحث وأدواته:

سيتم في هذا البحث بدايةً تجميع الأفكار المطروحة في الدراسات المرجعية واعتماد الطرق المقترحة في اكتشاف الأجسام، ثم تفصيل دراسة نظرية شاملة لنظريات معالجة الصور وتحصيل البيانات والمعلومات التي نحتاج اليها من كشف الهدف المتحرك المطلوب، تحديد إحداثيات مركزه، تقدير بعده عن كاميرا المراقبة والقيام بالحسابات اللازمة لاستنتاج معادلة المسار والموقع المستقبلي للهدف كتابع للزمن وحساب زاوية الرمي (المدى) وزاوية السبق (الاتجاه) و إرسال النتائج كأوامر حركة لمنصة الإمالة المثبت عليها قاذف الكرات، حيث سيتم أيضاً دراسة الآليات المستخدمة في تصميم آلات رمي الكرات إذ ستُعتمد آلية الهواء المضغوط في إجراء تجارب هذا البحث.

في سبيل تحقيق الهدف المرجو من هذا البحث يجب تأمين المكونات الأساسية:

كاميرتين مرئيتين(CCD)، حاسب محمول بمعالج أداء عال نسبياً وذلك للقيام بعمليات معالجة الصور وتحصيل البيانات المطلوبة، بورد أرودوينو أونو، منظم ضغط إيطالي، صمام كهربائي 12 v، حجرة هواء مضغوط bar 330، منصة إمالة، سيارة تحكم عن بعد (لعبة أطفال) لتجسيد الهدف المتحرك.

1-6- تساؤلات البحث:

تدور تساؤلات حول النقاط التالية:

- ماهي أساليب كشف جسم متحرك ونظريات معالجة الصور؟
- هل يمكن تقدير مسافة جسم ما متحرك عن طريق كاميرا واحدة أو كاميرتين وماهي الطريقة الأكثر دقة وما ميزات كل طريقة؟
- ما هي أقصى مسافة يمكن العمل عندها من حيث اكتشاف الجسم وتحديد بعده وإمكانية اصابته؟
- هل يمكن حساب زاوية السبق وتوقع الموقع المستقبلي للجسم المتحرك بناء على معلومات الحركة واحداثيات الجسم إضافة لمعرفة زوايا الرمي المطلوبة؟
- ماهي دقة إصابة الجسم المتحرك، إضافة لتحديد الأبعاد الحدية لهذا الجسم.

سيتم في هذا البحث إيجاد أجوبة وحلول لهذه التساؤلات كما سيُتحديد ما إذا كان منهج البحث المعتمد ذو فائدة ومدى قبول نتائج تطبيقه.

1-7-الدراسات المرجعية:

1-7-1- تصميم وتنفيذ روبوت ذو بندقية الحراسة عن طريق التقاط الصور

Design and Implementation of Image Capture Sentry Gun Robot (2018)

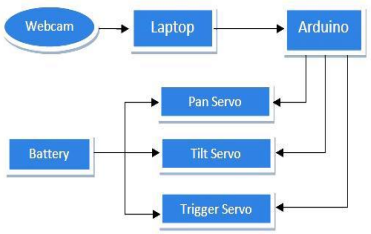
Muhammad Kashif, Muhammad Arslan, Rocky Chakma, Farhad Banoori, Abdullah Al Mamun, Ganantu Lal Chakma

هدفت الدراسة الى تطوير وتصميم روبوت حراسة شبه مستقل باستخدام وحدة تحكم وبطاقة أردوينو، إضافة إلى ثلاثة محركات سيرفو (محرك للاتجاه محرك للإرتفاع ومحرك للإطلاق).

تعتمد الدراسة على بندقية مثبتة على حامل يتمتع بدرجتي حرية على المحورين (الشاقولي والأفقي)، يمكن تشغيله من مكان آمن، حيث يستخدم كاميرا ويب عالية الدقة لمسح المنطقة المستهدفة، إذ يتم اكتشاف الحركة برمجياً بطريقة الطرح في الخلفية والتي يمكن من خلالها اكتشاف الأهداف الثابتة والمتحركة.

الشكل(1-1) روبوت الحراسة ذو البندقية الآلية

تجلت أهمية الدراسة كون هذا الروبوت يتميز بحالتي تشغيل (آلي ويدوي)، في الوضع الآلي يمكن الإطلاق على كائن أو كائنين في اطار يتحرك (3-4) اميال/ ساعة وهي سرعة المشي البشري، لكن سلبية حالة التشغيل الآلي هي إمكانية الوقوع في كمين (هدف مزيف) بالتالي الوقوع في خطأ تحديد الهدف المطلوب وإصابته. مجال الرمي الذي يمكن تحقيق اصابة عنده يقدر بـ 25 قدم=7 م. يتم إرسال معلومات الهدف إلى بطاقة الأردوينو وتتم ملاحقة الهدف. سلبيات هذا النظام أن كاميرا الويب غير كافية لملاحقة الهدف في الوقت الحقيقي كما أن معالجة الصورة كانت أكبر قيد في هذه الدراسة ويحتاج لمعالجات متطورة.



الشكل (1-2) مخطط صندوقي لآلية عمل بندقية الحراسة لالتقاط الصور

1-7-2- نظام مستقل لاكتشاف الأهداف المتحركة والإطلاق عليها على الحدود (أردوينو ومحرك خطوي)

Autonomous Detection and Shooting Of Moving Objects At Borders With Arduino and stepper Motors (2018)

Aswin Jhonty, Dhanasekaran, Dinesh Kumar, Kavin Kumar, Ravindran

كان الهدف من هذه الدراسة تطوير مسدس آلي لحراسة الحدود (بين الهند والباكستان) لتقليل عدد الجنود وحمايتهم والحاجة إلى تصميم يقاوم المناخ القاسي ويكون ذو تكلفة منخفضة، يُكتشف الجسم المتحرك عن طريق كاميرا بطريقة الطرح في الخلفية ويتم تقديم المعلومات كدخل للنظام. يتم التخلص من الهدف بواسطة بندقية كهرومغناطيسية (تعتمد القوة الكهرومغناطيسية لإطلاق مقذوفات عالية السرعة).

يتم إرسال موقع الكائنات إلى المايكروكنترولر (الأردينو) والذي بدوره يعطي أمر للمحركات الخطوية بالدوران للموقع المطلوب، إذ يتمتع النظام بدرجتي حرية على المحورين الشاقولي والأفقي، ليتم تحريك البندقية بزوايا محددة للتسديد على الجسم المتحرك.

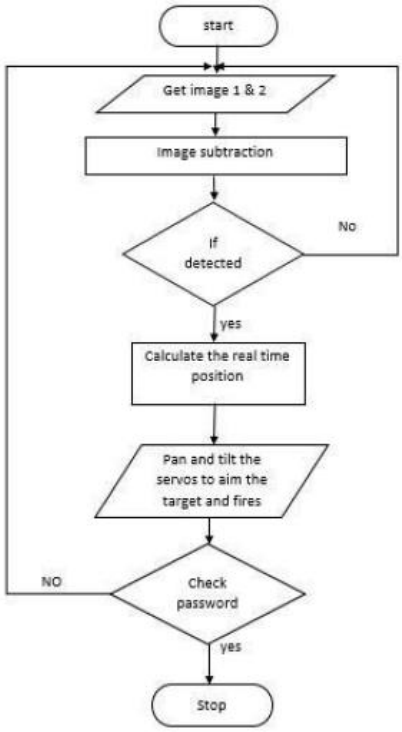
يُكتشف الجسم المتحرك بطريقة الطرح في الخلفية و open cv ويتم حساب موقع الكائنات بواسطة زاوية البيكسل عن طريق المعادلات التالية:

$$position\ of\ the\ obj.in\ horizontal\ place = \frac{number\ of\ pixels\ covered\ by\ the\ obj.in\ x}{maximum\ anglesturning\ of\ pan\ servo}$$

$$position\ of\ the\ obj.in\ horizontal\ place = \frac{number\ of\ pixels\ covered\ by\ the\ obj.iny}{maximum\ anglesturning\ of\ pan\ servo}$$

سلبية هذه الدراسة أنها تطبق على البشر والحيوانات وليس على مركبات وعربات.

يبين الشكل التالي المخطط التدفقي لعمل نظام الحراسة الآلي.



الشكل (1-3) المخطط التدفقي لعمل النظام المقترح لمسدس الحراسة الآلي

1-7-3- تتبع لوني بكاميرا لجسم متحرك باستخدام معلومات الحركة

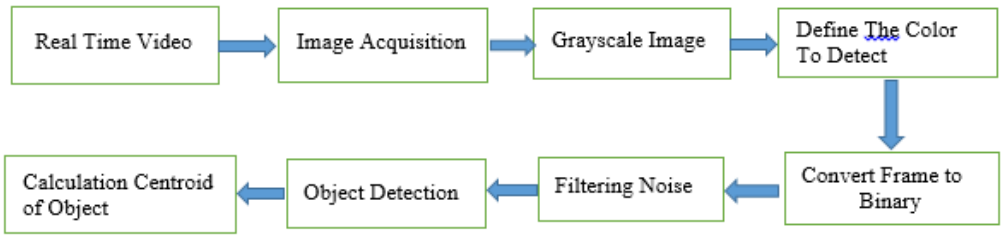
Color Based Moving Object Tracking with An Active Camera Using Motion Information (2017)

Mahit Güneş, Mahmut Altun,Yunus Çelik

هدفت هذه الدراسة إلى تصميم وتنفيذ نظام في الزمن الفعلي، والذي يمكنه تتبع أهداف ملونة في بيئات ديناميكية باستخدام كاميرا. إذ يتكون التصميم من ثلاثة أجزاء رئيسية هي اكتشاف الكائن ورسم حدود محيطة به ومن ثم تتبع هذا الكائن.

تلتقط الكاميرا الكائن حيث تم استخدام ميزة اكتشاف الكائنات المستندة إلى اللون في الفضاء اللوني (RBG) ثم يتم العثور على أشكال الكائنات، وتحديده وتقوم بإنشاء مربع محيط به ، وفقًا لمعلومات الصندوق المحيط تحسب الخوارزمية النقطة الوسطى للكائن.

يتم تحديد إحداثيات الكائن باستخدام النقطة الوسطى للكائن ثم تتبع العملية عن طريق تنشيط محركات منصة الامالة عبر اتصال Arduino-MATLAB. يمكن للمنصة أن تدور 270 و180 درجة على المحورين الأفقي الشاقولي على التوالي.



الشكل (1-4) خوارزمية اكتشاف الجسم في الفضاء اللوني (RBG)

كما هو مبين في المخطط التدفقي فإنه يتم التقاط صورة من الفيديو المعروض في الزمن الحقيقي ويتم تحويلها للتدرج الرمادي، بعدها يُعرَف اللون المطلوب اكتشافه وتُحوَل الصورة إلى النظام الثنائي والتصفية من الضجيج، بعدها يتم اكتشاف الكائن المطلوب وتحديد احداثيات مركز هذا الجسم ومن ثم تتبعه.

1-7-4- تتبع جسم متحرك وتحديد السرعة والمسافة بناءً على خوارزمية الطرح في الخلفية

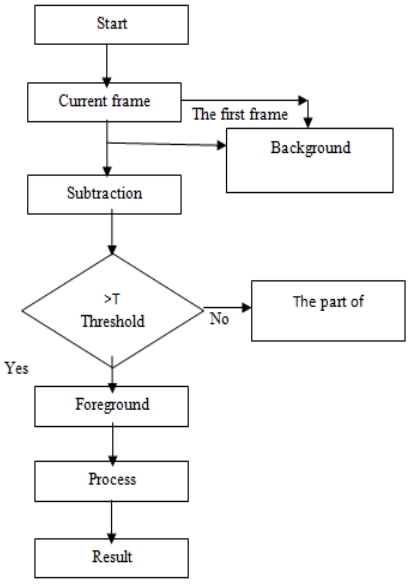
Moving Object Tracking Distance and Velocity Determination based on Background Subtraction Algorithm (2013)

الهدف من هذا المشروع هو تطوير خوارزمية لكشف وتتبع جسم باستخدام خوارزمية طرح الخلفية في الزمن الحقيقي حيث يتم تحسين جودة الصورة من خلال تطبيق مرشحين على الصورة .

يقوم المرشح الأول تقليل الضجيج في الصورة حيث يحافظ هذا المرشح على حواف الصورة، بينما يقوم المرشح الثاني بتنعيم الصورة مما يتيح بفصل الجسم عن الخلفية .

تقوم خوارزمية طرح الخلفية على استخراج الجسم عن الخلفية حيث يتم حساب الفرق بين اطارين ويخزن الفرق المطلق.

يتم مقارنة هذا الفرق مع عتبة ديناميكية فإذا كان هذا الفرق أكبر من هذه العتبة نحصل على الموقع الجديد للجسم المتحرك وبالتالي يمكن قياس المسافة التي يتحرك بها هذا الجسم أما إذا كان هذا الفرق أصغر من هذه العتبة فيعتبر الجسم ثابت كما هو موضح في المخطط التدفقي الشكل (1-5)



الشكل (1-5) المخطط التدفقي لخوارزمية الطرح في الخلفية.

لحساب السرعة يتم تسجيل الأزمنة بين الإطارات المتلاحقة وبالتالي يمكن حساب سرعة الجسم. تُستخدم هذه الطرق بشكل فعال لاكتشاف الأجسام وتعتمد الطريقة على افتراض أن الخلفية ثابتة خلال فترات زمنية قصيرة.

1-7-5- نظام كشف الحركة في البايثون ومكتبة رؤية الكمبيوتر مفتوحة المصدر.

A Motion Detection System in Python and Open cv.

Bhumika Gupta , Ashish Chaube , Ashish Negi , Umang Goe (2021)

تم في هذه الدراسة اقتراح نظام كشف حركة في منطقة معينة وذلك بهدف تحقيق الأمان وتحديد الوقت الذي تقترب فيه الحركة من الكاميرا، إذ يعتمد البرنامج المقترح على التقاط الإطار الأول عبر كاميرا الويب. حيث سيتم التعامل

مع هذا الإطار باعتباره الإطار الأول. و بذلك يمكننا الحصول أو معرفة وجود حركة عن طريق حساب فرق الطور بين الإطار الأول والإطار الجديد.

يعتمد النظام المقترح في هذه الدراسة على مكتبة open cv في برنامج البايثون حيث يقوم العمل على عدة مراحل:

- تعريف المتغيرات وتحديد الثوابت.
- التقاط الصورة من الفيديو وتحديد الإطار.
- تحويل الإطار إلى التدرج الرمادي.
- إحاطة الجسم بإطار وتحديد شرط كشف بتحديد العتبة لإظهار البيكسلات أو حذفها.
- إضافة إلى تحديد وقت دخول الجسم إلى المشهد وخروجه.

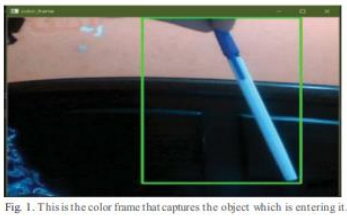


Fig. 1. This is the color frame that captures the object which is entering it.

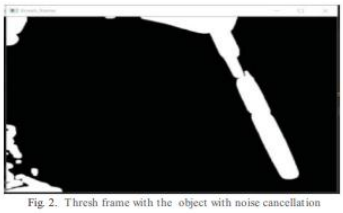


Fig. 2. Thresh frame with the object with noise cancellation

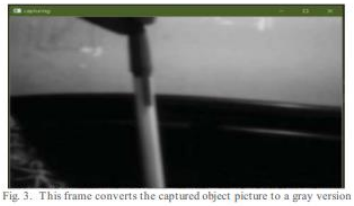


Fig. 3. This frame converts the captured object picture to a gray version

الشكل (1-6) اكتشاف جسم متحرك أمام كاميرا المراقبة وتحديده بإطار بواسطة البايثون ومكتبة رؤية الكمبيوتر.

1-7-6- قياس المسافة اعتماداً على التصوير الستيريوسكوبي

Distance measuring based on stereoscopic pictures (2008)

Jernej Mrovlje ,Damir Vrančić

تطرقت هذه الدراسة لتعداد طرق كشف الجسم النشطة والسلبية، إضافة للتعريف بطريقة الرؤية الستيريوسكوبية وشرح آلية عمل التنظير المجسم من حيث تقدير بعد الجسم عن الكاميرتين، حيث أن التنظير المجسم هو تقنية تستخدم لتسجيل الصور المجسمة (ثلاثية الأبعاد) وتمثيلها، إذ يمكن أن تخلق إحساساً بالعمق باستخدام صورتين تم التقاطهما في مواضع مختلفة قليلاً.

تأتي أهمية الدراسة من حيث بيان السمة الرئيسية لهذه الطريقة وهي استخدام كاميرتين. حيث يمكن حساب مسافة الكائن من الاختلاف النسبي لموضع الكائن على كلتا الكاميرتين توضح الدراسة تنفيذ هذه الخوارزمية ضمن حزمة برنامج Matlab وتعطي نتائج تجارب تعتمد على بعض الصور المجسمة التي تم التقاطها في مواقع مختلفة في الفضاء. من أهم شروط عمل التنظير المجسم أن تكون الكاميرتين متوازيتان أفقياً وأن يتم التقاط الصورة بنفس اللحظة في حالة الجسم المتحرك، إضافة لوجود الجسم موضوع الدراسة ضمن مجال الرؤية المشترك لكلا الكاميرتين.

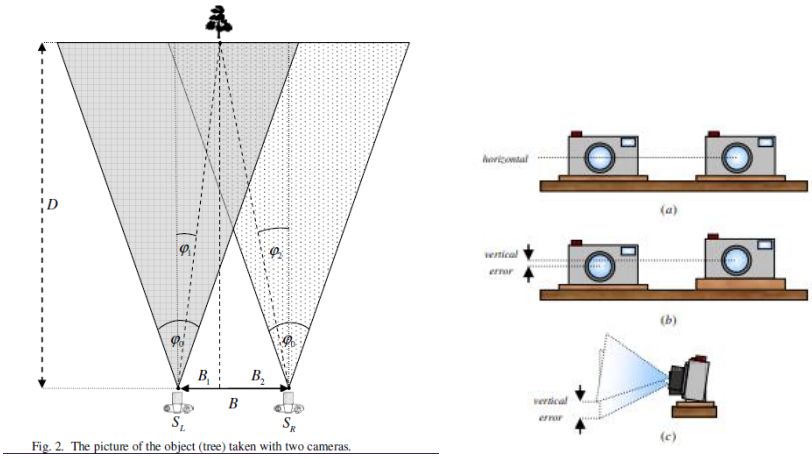


Fig. 2. The picture of the object (tree) taken with two cameras.

الشكل (1-7) مبدأ عمل التنظير المجسم

$$B = B_1 + B_2$$

$$D = \frac{B}{tan\emptyset_1 + tan\emptyset_2}$$

$$\frac{X_1}{\frac{X_0}{2}} = \frac{\tan \emptyset_1}{\tan \frac{\emptyset_0}{2}}$$

$$D = \frac{B.X_0}{2 \times \tan \frac{\emptyset_0}{2} \times (x_l - x_D)}$$

1-7-7- قياس المسافة باستخدام كاميرا الستيريو.

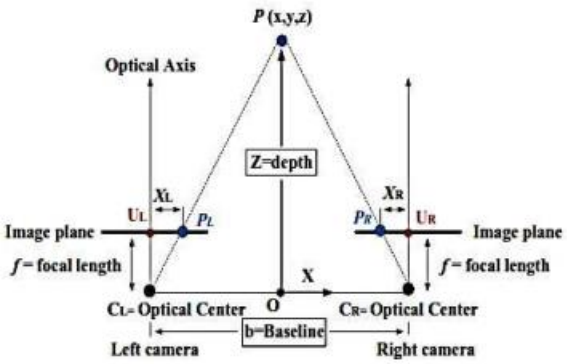
Distance Measurement with A Stereo Camera (2017)

Kusworo Adi, Catur Edi Widodo.

قدمت هذه الدراسة عرض لطرق كشف الجسم النشطة و السلبية، إضافة لتعريف الصور المجسمة وبيان أهمية هذه التصوير المجسم بحساب مسافة الجسم اعتماداً على المعلومات البصرية التي يتم الحصول عليها من زوج من الصور الملتقطة بواسطة الكاميرتين. إذ وبالاعتماد على علم المثلثات يمكن معرفة مسافة الجسم عن موقع المراقب, من العلاقة بين مواضع الجسم في المشهد من اليمين واليسار. تشمل مراحل إجراء التجربة في هذا البحث معايرة الكاميرا وتصحيح الصورة وحساب التباين وإعادة البناء ثلاثي الأبعاد. ومن ثم حساب المسافة.

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{z}} = \frac{(\mathbf{b}+\mathbf{x_r})-\mathbf{x_l}}{\mathbf{z}-\mathbf{f}}$$

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{f} \times \mathbf{b}}{\mathbf{X_l} - \mathbf{X_r}}$$



كانت نتائج التجربة مبينة في الجدول الآتي حيث تبين أن الأشياء التي تقع على بعد 3 إلى 6 أمتار يتم قياسها بشكل صحيح لمسافاتها ، بمتوسط خطأ 4٪.

الجدول (1-1) نتائج تجربة قياس بعد جسم بالرؤية الستيريوسكوبية

No	Actual distance (m)	Measured distance (m)	*Error* (%)
1	6.67	6.44	3.45
2	6.07	6.12	0.82
3	5.47	5.39	1.46
4	4.87	4.68	3.90
5	4.27	4.2	1.64
6	3.67	3.44	6.27
7	3.07	3.33	8.47

1-7-8- آلة رمي الكرة متعددة الألعاب : التصميم والتصنيع

Integrated Novel Multi-Game Ball Throwing Machine: Design and Fabrication (2019)

هدفت الدراسة إلى تطوير آلة اقتصادية بغرض رمي عدة كرات في ألعاب متعددة، بتلقيم آلي وذلك لتجنب مساعدة الشخص الثاني.

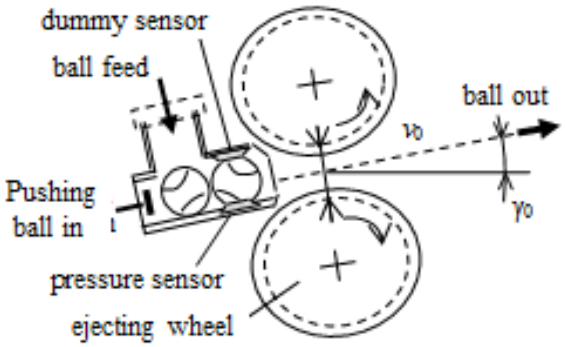
انواع آلات رمي الكرات تندرج تحت 3 انواع :

1- ألات تعمل بالهواء المضغوط.

2- الآلات التي تعمل بالزنبرك.

3- آلات دوارة واحدة أو متعددة

تأتي أهمية الدراسة كون الآلة المقترحة في هذا التصميم منخفضة التكاليف, اضافة الى بنتيها القوية. الآلية التي تم استخدامها لإسقاط الكرة في هذه الدراسة هي أن "الكرة يتم تمريرها من خلال فجوة (فتحة) بين عجلتين دوارتين (يتم تعديل الفجوة بحيث تكون أقل إلى حد ما من قطر الكرة المراد رميها) وبسبب قوة الاحتكاك تكون الكرة مسقطة ببعض السرعة (تعتمد سرعة الكرة على سرعة دوران العجلات التي يمكن تغييرها).



الشكل(1-8) التصميم المقترح لآلة رمي الكرات

نلاحظ من الدراسات السابقة والتي تم عرض ملخص عن بعضها أنه تم استخدام طريقة طرح الخلفية لكشف الجسم الهدف وتتبعه، إذ يكون دخل النظام صورة من كميرا المراقبة يتم إجراء عملية معالجة واستخلاص بعض المعلومات المفيدة من هذه الصورة بواسطة مكتبة رؤية الكمبيوتر مفتوحة المصدر، وإرسال هذه المعلومات إلى المعالج المعتمد (وكان في بعض هذه الأبحاث المايكروكنترولر الأردوينو) ليقوم الأخير بإرسال زوايا الحركة المطلوبة لمنصة الإمالة والتي تستخدم للتتبع، كما تبين هذه الدراسات استخدام تتبع جسم ما في الفضاء اللوني وذلك في حال فشل التتبع بالبيئات ذات الإضاءة المختلفة والظلال والضجيج اعتماداً على طريقة طرح الخلفية.

كما تم التعرف على مبدأ التنظير المجسم والذي يعتبر من الأساليب المتبعة في اكتشاف الأجسام و يتم بواسطة كاميرتين ثابتتين متوازيتين، إضافة لتحديد بعد الجسم عن منتصف المسافة بينهما.

أخيراً تم عرض بعض الآليات المتبعة في تصميم آلات رمي الكرات والتي تمكن من الاستغناء عن العنصر البشري في العمل.

الفصل الثاني

معالجة الصورة

في هذا الفصل سيتم التعرف على معالجة الصورة تعريفها وخطواتها وأدواتها تعداد خوارزميات كشف الحواف المتبعة إضافة لطرق كشف الأجسام المتحركة وتتبعها.

2-1- معالجة الصور: هي طريقة لإجراء بعض العمليات على صورة ما، للحصول على صورة محسنة أو لاستخراج بعض المعلومات المفيدة منها. إذ يُعتبر نوع من معالجة الإشارة يكون فيه الإدخال صورة وقد يكون الإخراج صورة أو خصائص مرتبطة بتلك الصورة.

تتضمن معالجة الصور بشكل أساسي الخطوات الثلاث التالية:

- استيراد الصورة (تحصيل) عبر أدوات الحصول على الصور.
- تحليل الصورة ومعالجتها.
- الإخراج الذي يمكن من خلاله تغيير الصورة أو إنشاء تقرير يعتمد على تحليل الصورة.

هناك نوعان من الطرق المستخدمة لمعالجة الصور، وهما:

- معالجة الصور التناظرية : تستخدم للنسخ المطبوعة مثل المطبوعات والصور الفوتوغرافية.
- معالجة الصور الرقمية : تتم باستخدام أجهزة الكمبيوتر.

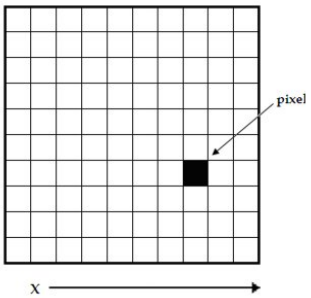
2-2- الصورة الرقمية:

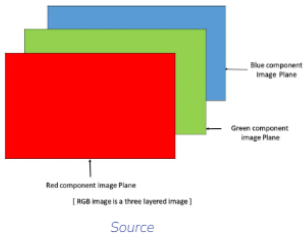
تمثل الصورة الرقمية بعدد كبير من المربعات، يحمل كل مربع جزء من الصورة ندعو هذا المربع بالبيكسل (عنصر الصورة). بالتالي كلما زاد عدد البيكسلات زادت دقة الصورة.

وحدات البكسل هي عناصر الصورة التي تحتوي على معلومات حول الكثافة واللون. يتم ترتيب وحدات البكسل على شكل مصفوفة (x,y).

فيما يلي أنواع مختلفة من الصور:

- صورة RGB: تحتوي على ثلاث طبقات من الصورة ثنائية الأبعاد، وهذه الطبقات هي قنوات الأحمر والأخضر والأزرق.





الشكل (2-1) تمثيل الصورة

- صورة Gray Scale: (صورة التدرج الرمادي) تحتوي هذه الصور على ظلال من الأسود والأبيض وتحتوي على قناة واحدة فقط.

2-3- الخوارزميات الكلاسيكية في معالجة الصور:

- معالجة الصور المورفولوجية: عبارة عن تقنية لتعديل البيكسل في الصورة في حالة التدرج الرمادي للصورة، الهدف من المعالجة المورفولوجية للصور هو إزالة العيوب غير المرغوبة من الصورة أو تحسين جودتها.

تستخدم في عدد من التطبيقات مثل: معالجة بصمة الإصبع، عرض الصور من منظار فضائي، وتحليل الصور الطبية.

- معالجة الصور الغاوسية: يُستخدم التمويه الغاوسي على نطاق واسع في برامج الرسوميات، وعادةً ما يعمل على تقليل الضوضاء في الصورة وكذلك تقليل التفاصيل غير المفيدة. التأثير المرئي لتقنية التمويه يشبه تقليل التركيز في الصورة ويمكن تخيله كعرض للصورة من خلال شاشة شفافة.

يتم استخدام التنعيم الغاوسي أيضًا كمرحلة ما قبل المعالجة في خوارزميات معالجة الصورة من أجل تحسين هياكل الصور بمقاييس مختلفة.

- تحويل فوريه في معالجة الصور: يستخدم في إعادة بناء الصور أو ضغطها أو تصفيتها.
- كشف الحواف في معالجة الصور: يعد اكتشاف الحواف تقنية للعثور على حدود الكائنات داخل الصور. إذ يعمل عن طريق كشف الانقطاع في السطوع. وهذا يفيد في استخراج معلومات الحواف الحادة من الصورة و تقليل كمية البيانات بشكل كبير وإلغاء المعلومات غير المفيدة مع الحفاظ على الخصائص الهيكلية المهمة في الصور.

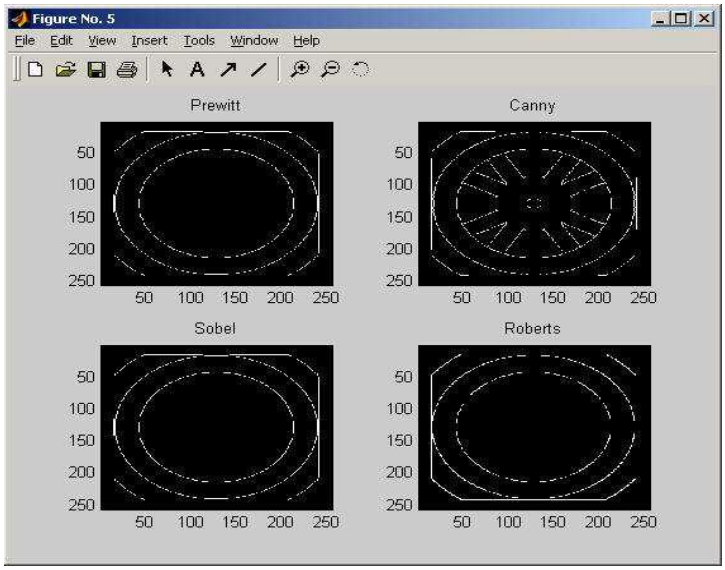
2-3-1- خوارزميات (تقنيات) كشف الحواف للأجسام: اكتشاف الحافة: Edge Detection

- مشغل سوبل – Sobel operator
- عامل تشغيل روبرت – Robert’s cross operator
- مشغل بريوت – Prewitt’s operator
- لابلاس من غاوص – Laplacian of Gaussian
- خوارزمية كاني لكشف الحافة – Canny Edge Detection Algorithm

2-3-1-1- مقارنة بين المشغلات: [1]

تظهر الشكل الأول الصورة الأصلية التي تم عليها تطبيق خوارزميات كشف الحافة (من خلال برنامج الماتلاب) والنتائج في الصورة الثانية حيث يظهر أن مشغل كاني هو أفضل أنواع المشغلات لذلك تم الاعتماد عليه في البحث.

الشكل(2-2) الصورة الأصلية للعجلة[19]



الشكل (2-3) تمثيل العجلة بعدة مشغلات[19]

2-3-2 خوارزمية كاني لكشف الحافة:[2]

يستخدم خوارزمية متعددة المراحل لاكتشاف مجموعة واسعة من الحواف في الصور. تم تطويرها بواسطة John F. Canny في عام 1986.

تسمى النقاط التي يتغير فيها سطوع الإضاءة بشكل حاد حواف.

إن الشرط الأساس لتطبيق الخوارزمية هو تحويل الصورة الى التدرج الرمادي ومن ثم تطبق المراحل التالية:

1) تقليل الضجيج: (Noise Reduction)
2) حساب التدرج: (Gradient calculation)

تقع مستوى شدة التدرج بين 0 و255 يجب أن يكون للحواف الموجودة في النتيجة النهائية نفس الكثافة (على سبيل المثال، البكسل الأبيض = 255).

3) نفي الحد الأقصى للقمع: (Non-maximum suppression)

تقوم الخوارزمية بتتبع قيمة شدة البيكسل على طول الحافة ويتم ضبط قيمة البيكسل على الصفر في حال لم يكن واقعاً على الطرف العلوي للحافة.

نظرًا لأن الصورة النهائية يجب أن تحتوي على حواف رفيعة، يجب علينا إجراء خطوة لتقليل الحواف.

تظهر بعض الاختلافات في شدة الحواف حيث تميل بعض وحدات البكسل إلى أن تكون أكثر سطوعًا من غيرها. تم حل هذه المشكلة في الخطوتين التاليتين:

4) تحديد العتبة المزدوجة: (Double thresholding)

يتم تحديد عتبة عليا وعتبة دنيا: تصنف من خلالها البيكسلات من حيث قوة التدرج اللوني الى بيكسلات قوية (أكبر من العتبة العليا) وبيكسلات ضعيفة (أكبر من العتبة الدنيا) ويتم حذف البيكسلات التي قيمة تدرجها أقل من العتبة الدنيا.

في هذه الخطوة، يتم تحديد ثلاثة أنواع من البكسل –قوي وضعيف وغير ذي صلة. تتمتع وحدات البكسل القوية بكثافة عالية لدرجة أننا على يقين من أنها تساهم في الحافة النهائية. وحدات البكسل الضعيفة لها شدة لا تكفي لاعتبارها قوية، ولكنها ليست صغيرة بما يكفي لاعتبارها غير ملائمة لاكتشاف الحواف. تعتبر وحدات البكسل الأخرى غير ذات صلة بالحافة.

5) تتبع مسار الحواف باستخدام دورة البطاء (Edge Tracking by hysteresis)

حيث يتم تحديد البيكسلات والحواف لإدخالها في صورة الحافة النهائيةالتي يتم استخراجها من الحواف الحقيقة للصورة من خلال النظر الى بكسل الحافة الضعيفة ووحدات البيكسل المجاورة (8 نقاط محيطة بالبيكسل المحدد) طالما يوجد بيكسل حافة قوي واحد متضمن في حلقة النقاط يمكن تحديد هذا البيكسل كبيكسل قوي يجب الحفاظ عليه.

استنادًا إلى نتائج العتبة، يتكون التباطؤ من تحويل وحدات البكسل الضعيفة إلى وحدات بكسل قوية، إذا وفقط إذا كانت واحدة على الأقل من وحدات البكسل الموجودة حول البكسل الذي تتم معالجته واحدة قوية.

2-3-3- أدوات معالجة الصور:

تم الاعتماد على مكتبة **رؤية الكمبيوتر مفتوحة المصدر Open source computer (Open CV) vision** تتكون هذه المكتبة من حوالي أكثر من 2000 خوارزمية مفيدة لرؤية الكمبيوتر والتعلم الآلي.

يمكن استخدام هذه الخوارزميات لاكتشاف الوجوه والتعرف عليها، وتحديد الأشياء، وتصنيف الأفعال البشرية في مقاطع الفيديو، وتتبع حركات الكاميرا، وتتبع الأجسام المتحركة، واستخراج نماذج ثلاثية الأبعاد للكائنات، وإنتاج سحب نقطية ثلاثية الأبعاد من كاميرات الستيريو، وتجميع الصور معًا لإنتاج دقة عالية، والعثور على صور مماثلة من قاعدة بيانات الصور، وإزالة العيون الحمراء من الصور التي تم التقاطها باستخدام الفلاش، ومتابعة حركات العين، والتعرف على المشهد وإنشاء علامات لتراكبها مع الواقع المعزز، وما إلى ذلك.

تحتوي على واجهات C++ و Python و Java و MATLAB ويدعم أنظمة التشغيل Windows و Linux و Android و Mac OS.

-هناك عدة طرق يمكنك من خلالها استخدام open cv في معالجة الصور، منها:

- تحويل الصور من مساحة لونية إلى أخرى، مثل بين RGB و HSV والرمادي وما إلى ذلك.
- إجراء عتبة على الصور، مثل،عتبة بسيطة، عتبة تكيفية، إلخ.
- تجانس الصور، مثل تطبيق مرشحات مخصصة على الصور وتشويش الصور.
- تجزئة الصورة.

2-4- اكتشاف جسم ما وتتعبه:

تتبع الكائن هو عملية تحديد موقع كائن واحد أو أكثر ومتابعته بمرور الوقت باستخدام الكاميرا، حيث على افتراض أن إضاءة المشهد لا تتغير، فإن تغيرات الصورة ترجع إلى الحركة النسبية بين الكائنات في هذا المشهد وكاميرا المراقب وهنا نميز الحالات التالية[3]

- كاميرا ثابتة، أشياء متحركة.
- كاميرا متحركة، أشياء ثابتة.
- كاميرا متحركة، أشياء متحركة.

يوجد العديد من الخوارزميات المستخدمة لاكتشاف الأجسام وذلك **بناء على معلومات الجسم ومعطيات الكاميرا** التي يتم استخدامها للمراقبة.

2-4-1- اكتشاف جسم متحرك بواسطة كميرا واحدة ثابتة:[4] [5]

الأساليب المستخدمة حاليًا في اكتشاف الأجسام المتحركة هي:

1) طريقة طرح الإطار: تطبق من خلال الفرق بين إطارين متتاليين لتحديد وجود الأجسام المتحركة. حسابها بسيط وسهل التطوير. بالنسبة لمجموعة متنوعة من البيئات الديناميكية، تتمتع بقدرة قوية على التكيف، ولكن من الصعب في الغالب الحصول على مخطط تفصيلي كامل للكائن المتحرك، وبالتالي فإن اكتشاف الجسم المتحرك غير دقيق.
2) طريقة التدفق الضوئي (البصري): هي حساب مجال التدفق البصري للصورة، والقيام بمعالجة المجموعات وفقًا لخصائص توزيع التدفق البصري للصورة. تعطي هذه الطريقة معلومات الحركة الكاملة وتكتشف الكائن المتحرك من الخلفية بشكل أفضل، لكن بسبب كمية الحسابات الكبيرة والحساسية للضجيج والأداء الضعيف لإزالته، أدى ذلك لجعل طريقة التدفق البصري غير مجدية في العمليات التي تتطلب عملاً في الزمن الحقيقي الفعلي.
3) طريقة طرح الخلفية: هي استخدام الاختلاف بين الصورة الحالية وصورة الخلفية لاكتشاف الأجسام المتحركة، باستخدام خوارزمية بسيطة. ويمكنه توفير معلومات حول الكائن في حالة وجود خلفية معروفة بالفعل. هذه الطريقة فعالة لتعزيز تأثير اكتشاف الأجسام المتحركة.

2-4-1-1- كشف وتتبع هدف متحرك بكاميرا ثابتة بالفضاء اللوني RGB TO HSV:[6]

إن المعلومات التي يتم الحصول عليها من اختلاف الإطار أو طريقة الطرح في الخلفية مفيدة جداً لكنه من غير الممكن بناء متتبع قوي باستخدام هذا النهج، إضافة لكونها حساسة للإضاءة والضجيج بالتالي لايمكن تتبع كائن بشكل كامل.

لبناء متعقب كائن قوي، نحتاج إلى معرفة خصائص الكائن التي يمكن استخدامها لتتبعه بدقة. لذا يصبح الفضاء اللوني مفيد في هذه الحالة، إذ لا تصلح مساحة ألوان RGB نفسها بشكل جيد لتتبع الكائن. تعتبر مساحة اللون HSV(HUE-SATURATION-VALUE) (تدرج اللون والتشبع والقيمة) أقرب إلى كيفية إدراك البشر للألوان، ومن ثم يتم استخدامها لتتبع الكائنات.

نقوم بتحويل الإطار الذي تم التقاطه من مساحة RGB إلى الفضاء اللونيHSV ثم نستخدم عتبة اللون لتتبع أي كائن ذو لون معين.وهنا نحن بحاجة لمعرفة "توزيع اللون" للكائن بحيث يمكن تحديد النطاقات المناسبة للعتبة.

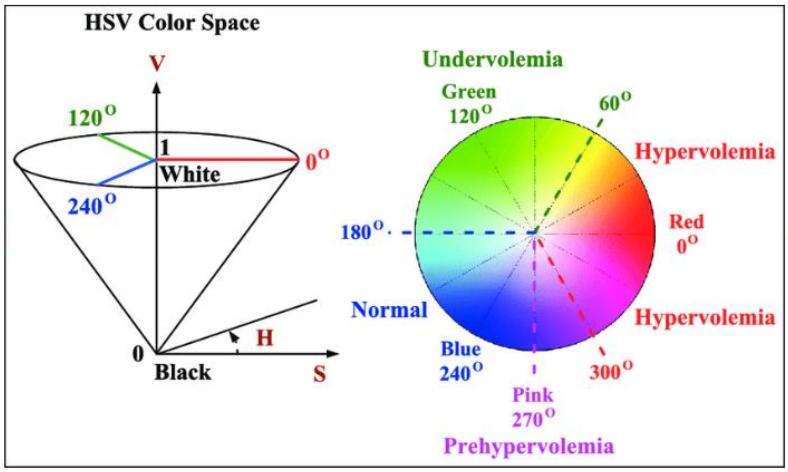
يمكن تطبيق هذا النهج باستخدام OPENCV وأيضا يمكن إنشاء (قناع–MASK) لكل لون من الألوان المراد تتبعها.

الجدول (2–1) ترميز الألوان الأساسية بالكود العشري

اللون	بالكود العشري
الأسود	(0,0,0)
الأبيض	(255,255,255)
الأحمر	(255,0,0)
الأخضر	(0,255,0)
الأزرق	(0,0,255)

- تحويلات الألوان RGB إلى الفضاء اللوني HSV:

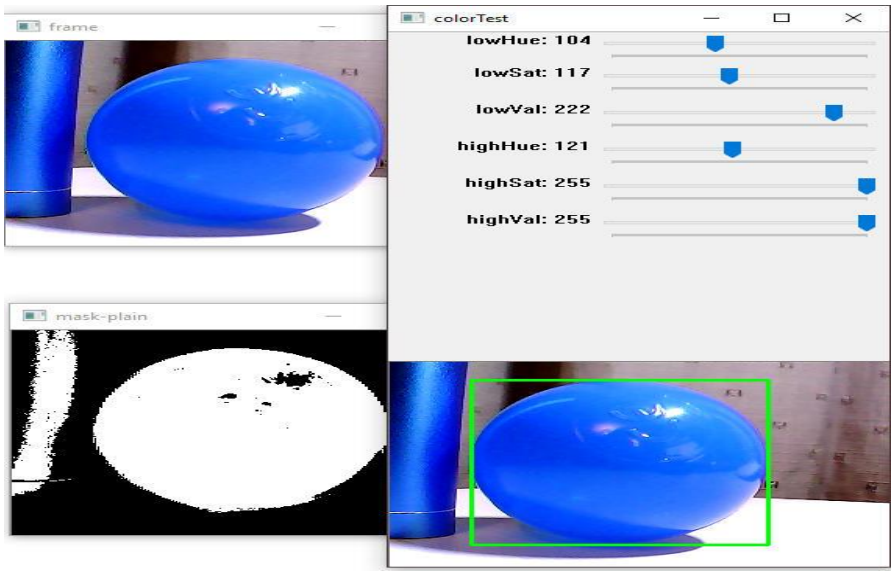
يبين الشكل (2-4) علاقة الفضاء اللوني RGB إلى الفضاء اللوني HSV وتحويلاته.



HSV color space and RGB color transformation.

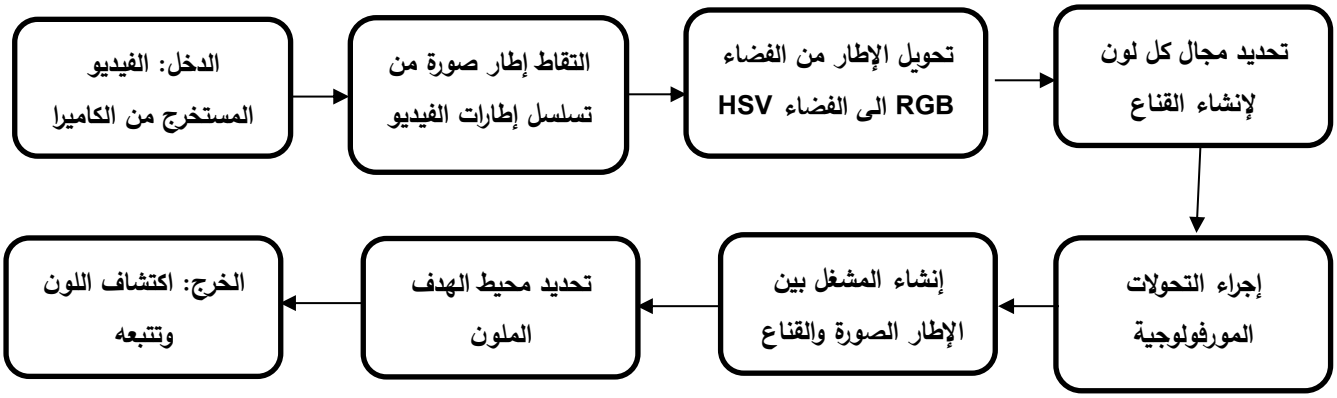
الشكل (2-4) تحويلات الألوان والفضاء اللوني

مثال تطبيق فلتر المرشح اللوني للون الأزرق على الصورة وتتبع الكرة الزرقاء حسب القيم المختارة لكل من(H-S-V)



الشكل(2-5) تطبيق فلتر اللون الأزرق وتتبع الكرة الزرقاء

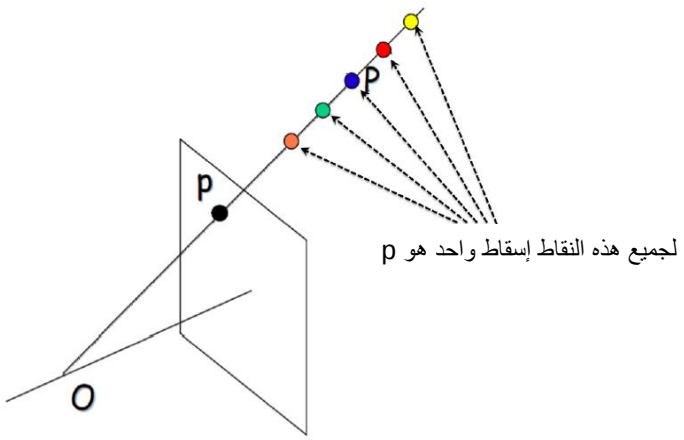
2-4-1-1-1- خوارزمية كشف جسم ملون وتتبعه باستخدام الفضاء اللوني:



الشكل (2-6) المخطط التدفقي لآلية عمل تتبع الجسم الملون في الفضاء اللونيHSV

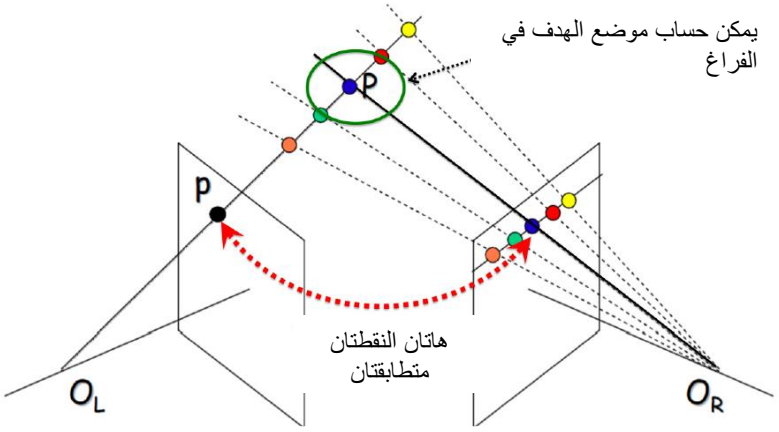
2-4-2- الرؤية الستيريوسكوبية (STEREO VISION)

الرؤية الستيريوسكوبية أو التنظير المجسم: هو تقنية تستخدم كاميرتين لتسجيل الصور المجسمة (ثلاثية الأبعاد) وتمثيلها. حيث يسبب الاختلاف الناتج عن توضع البيسكلات في الصورتين انطباع بالعمق. تسمح لنا الصور المجسمة بحساب المسافة من الكاميرتين إلى الكائن المختار داخل الصورة، إذ يتم حساب المسافة بالاعتماد على الاختلافات بين الصور والبيانات التقنية الإضافية متل البعد المحرقي (البؤري) والمسافة بين الكاميرتين . بالتالي فإن دقة تقدير الموضع تعتمد على دقة الصورة والتشوهات البصرية والمسافة بين الكاميرتين . على افتراض وجود كاميرا تقوم بتصوير مشهد يحتوي على عدة أهداف تقع على محور واحد يحتوي المركز البصري كاميرا ، فإن مسقط هذه الأهداف في الصورة هو نقطة واحدة P.



الشكل(2-7) مسقط نقطة ما على المحور البصري في صورة

لذلك لا يمكن توقع موضع أي هدف في الفراغ إلا بوجود كاميرا ثانية تشكل مع الأولى نظام ستيريوسكوبي (كما في حالة عيني الإنسان) يقوم على تحديد إسقاط نفس الهدف في الكاميرا الثانية.

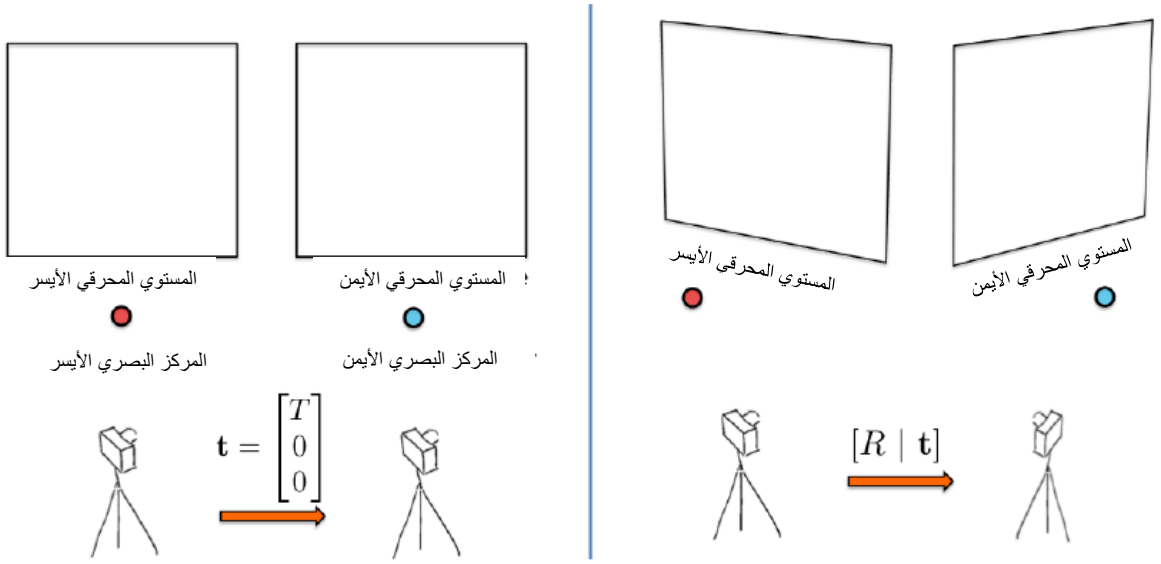


الشكل (2-8) مسقط نقطة ما على المحور البصري في صورتين

يمكن تمييز حالتين في نظام الرؤية الستيريوسكوبية:

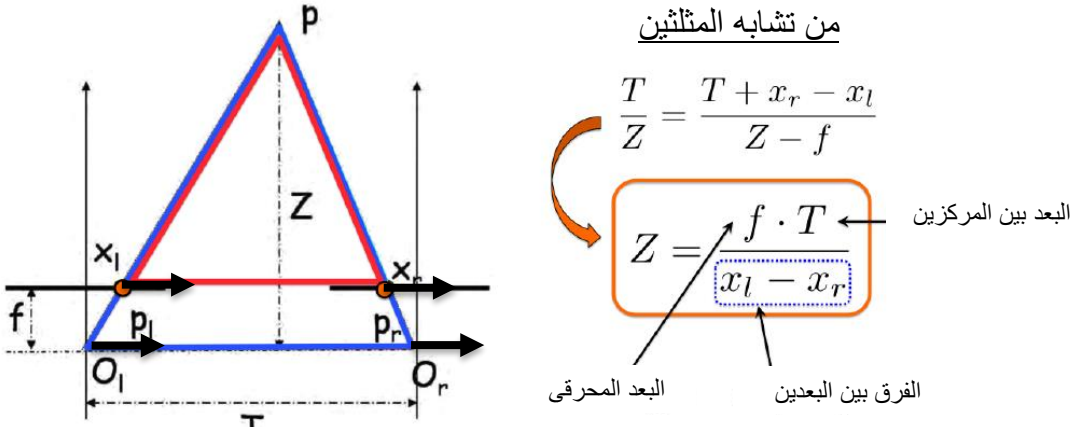
الحالة المثالية: تكون الكاميرتان متوازيتين حيث تحتوي مصفوفة الانتقال على شعاع الانسحاب t فقط.

الحالة العامة: تحوي مصفوفة الانتقال على شعاع الانسحاب t ومصفوفة الدوران R.



الشكل(2-9) حالات عمل التنظير المجسم

في الحالة المثالية، وعلى فرض البعد المحرقي لكل من الكمرتين هو f والمسافة الفاصلة بينهما هي T، فتكون مسافة الهدف Z بحسب مبدأ التثليث ومن تشابه المثلثات:



الشكل(2-10) حساب مسافة هدف ما عن كاميرتين (الرؤية الستيريوسكوبية) بمبدأ التثليث

من الواضح في العلاقة السابقة أن بعد الهدف Z يتناسب عكساً مع الفرق الأفقي بين موضعي الهدف عن مركز الحساس في الصورتين اليمينية واليسارية $x_l - x_r$ والذي سندعوه بالتشتت الأفقي. وبما أن محوري الكاميراتين متوازيان والصورتين تقعان في نفس المستوي فإن التشتت العمودي معدوم وبالتالي يمكن حساب باقي المركبات لإحداثيات الهدف في الجملة العامة بالنسبة لمركز أحد الكاميراتين.

في هذا البحث سيتم اعتماد الكاميرا اليسارية كمرجع لحساب مسافة الجسم عن منصة الكاميرتين كما يلي:

$$X = x_l \times Z/F$$

$$Y = y_l \times Z/F$$

ومنه تصبح مسافة الهدف عن الكاميرا اليسارية:

$$dist = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

الفصل الثالث

المحركات الخطوية

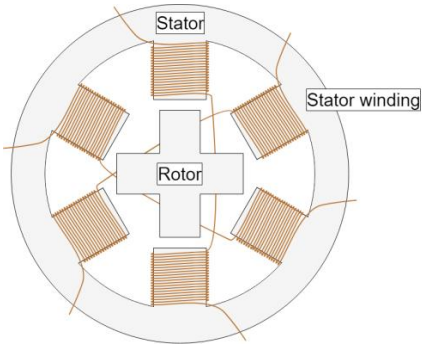
والأردوينو

سيقدم هذا الفصل لمحة مختصرة عن القسم الالكتروميكانيكي للبحث, حيث سيتم عرض معلومات عامة عن المحركات الخطوية والإنكودرات بشكل عام، إضافة لحساسات نهاية الشوط.

كذلك سيتم الحديث عن بطاقة الأردوينو وميزاتها وأنواعها.

3-1- المحركات الخطوية:

- **تعريفاً:** هي محركات كهربائية تتمثل ميزتها الرئيسية في أن محور الدوران يدور بمقدار ثابت من الدرجات بتغذيتها بعدد محدد من النبضات. يتم الحصول على هذه الميزة بفضل الهيكل الداخلي للمحرك، والتي تسمح بمعرفة الموضع الزاوي الدقيق للمحور عن طريق حساب كيفية تنفيذ الخطوات ببساطة، دون الحاجة إلى جهاز استشعار، (لكن في بعض الأحيان وبسبب انزلاق الخطوات او فقدان بعض الخطوات حسب دارة القيادة والتطبيق قد نضطر الى استخدام جهاز استشعار–انكودرات).
- **مبدأ عملها:** كما هو الحال مع المحركات الكهربائية، فإن المحركات الخطوية لها جزء ثابت (الجزء الثابت) وجزء متحرك (الدوار)، يوجد على الجزء الثابت أسنان يتم توصيل الأسلاك عليها، بينما يكون الجزء المتحرك (الدوار) إما مغناطيسًا دائمًا أو قلبًا حديديًا ذو ممانعة متغيرة.



الشكل (3-1) مقطع عرضي في المحرك الخطوي–حيث يكون الدوار نواة حديدية ذات ممانعة متغيرة.

❖ **التحكم في المحرك الخطوي:**

يتم التحكم بالمحرك عن طريق تغذية ملفات المحرك بتسلسل محدد، لتوليد المجال المغناطيسي الذي سيتحاذى معه الجزء الدوار. حيث تستخدام العديد من العناصر الإلكترونية لتوفير الجهد اللازم للملفات، وبالتالي السماح للمحرك بالعمل بشكل صحيح.

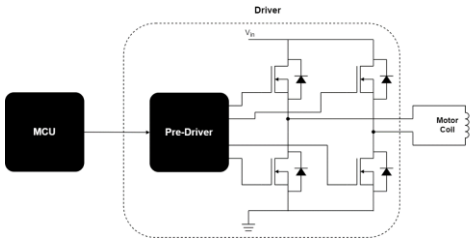
ابتداءً من المحرك الخطوي تتكون دارة التحكم من:

- جسر الترانزستور هو الجزء من الدارة الذي يتحكم فعليًا في التوصيل الكهربائي لملفات المحرك.

يمكن اعتبار الترانزستورات على أنها قواطع يتم التحكم فيها كهربائيًا، إذ تسمح هذه القواطع عند إغلاقها بتوصيل الملف المسؤوول عن الإمداد الكهربائي وبالتالي تدفق التيار في الملف.

لكل ملف من ملفات المحرك يوجد جسر ترانزستور واحد.

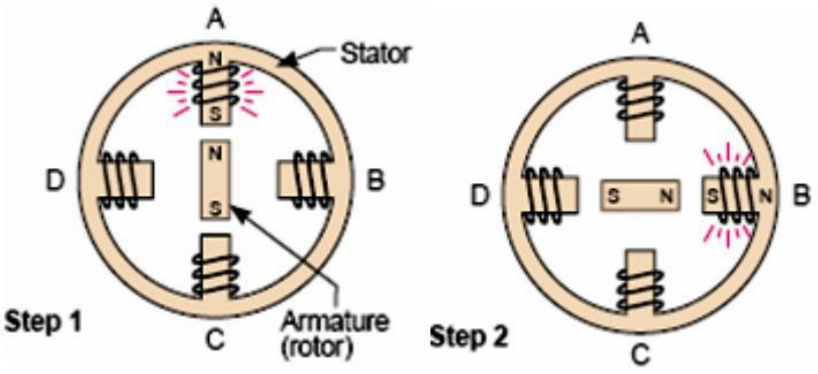
- Pre-drive: هو الجزء الذي يتحكم في تنشيط الترانزستورات، ويوفر الجهد والتيار المطلوبين، ويتم التحكم فيه بدوره بواسطة وحدة المعالجة المركزية MCU.
- وحدة MCU هي وحدة تحكم دقيقة تتم برمجتها عادةً بواسطة مستثمر المحرك وتولد إشارات محددة لادارة القيادة للحصول على سلوك المحرك المطلوب. يتم احتواء جسر المحرك الأولي وجسر الترانزستور في جهاز واحد يسمى دارة القيادة (الدرايفر).



الشكل (3-2) المخطط الأساسي للتحكم بالمحرك الخطوي

❖ توليد إشارات القيادة:

تحدد سرعة المحرك الخطوي بواسطة تردد النبضات التي يتم اعطاؤها للمحرك، بينما يتم تحديد الزاوية التي يدورها الجزء الدوار بواسطة عدد النبضات، حيث تقوم دارة القيادة والتحكم بتبديل التغذية على ملفات الثابت في كل دور، نبضة وبالتالي فإن الحقل المتولد من ملفات الثابت يدور بخطوة بعد كل نبضة.



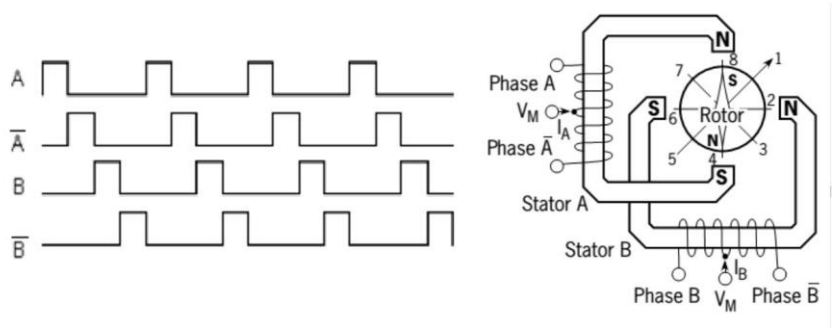
الشكل (3-3) يبين محركاً خطوياً ذو بنية بسيطة بأربع وشائع (ملفات) في الثابت.

عند نقل التغذية من ملف لآخر يدور المحرك بزاوية معينة تسمى خطوة المحرك.في هذه الحالة هي (90 درجة) كما ان المحرك بحاجة لأربع خطوات ليدور دورة كاملة.

يوجد عدة أنماط لتشغيل المحرك الخطوي وذلك بحسب طريقة توليد نبضات القيادة وتسلسلها، وهي كالتالي:

➢ نمط الموجة (Wave Drive):

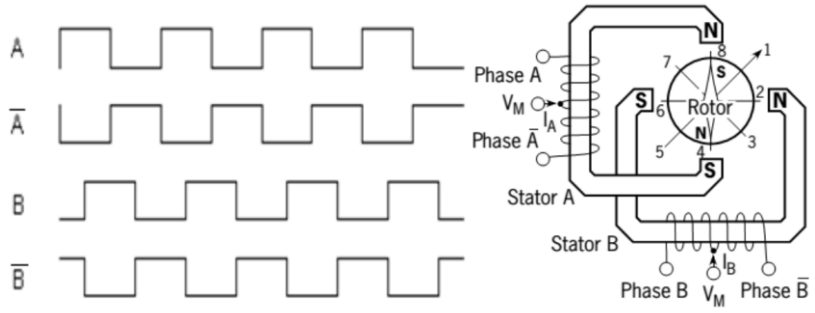
في هذا النمط يتم تنشيط ملف واحد وفقاً للتسلسل $(A \to B \to \overline{A} \to \overline{B})$ ، فينتج عن ذلك دوران الدائر إلى المواضع $(8 \to 2 \to 4 \to 6)$, كما هو موضح بالشكل (3-4)، ونتيجة لذلك يتحرك المحرك خطوة كاملة ويكون مكان التوقف الميكانيكي باتجاه أقطاب الملفات، أي باتجاه الملف المغذى.



الشكل(3-4) نمط الموجة لقيادة محرك خطوي

- **نمط الخطوة الكاملة (full step):**

في هذا النمط في كل لحظة يتم تنشيط ملفين،حيث يتم تنشيط ملفات الثابت في المحرك وفقا للتسلسل $(AB \to A\bar{B} \to \overline{AB} \to \bar{A}B$) فينتج عن ذلك دوران الدائر إلى المواضع $(1 \to 3 \to 5 \to 7)$ كما هو موضح بالشكل (3-5), ونتيجة لذلك يتحرك المحرك خطوة كاملة ويكون مكان التوقف الميكانيكي بين قطبي ملفين، أي في منتصف المسافة بين الملفين المغذيين.

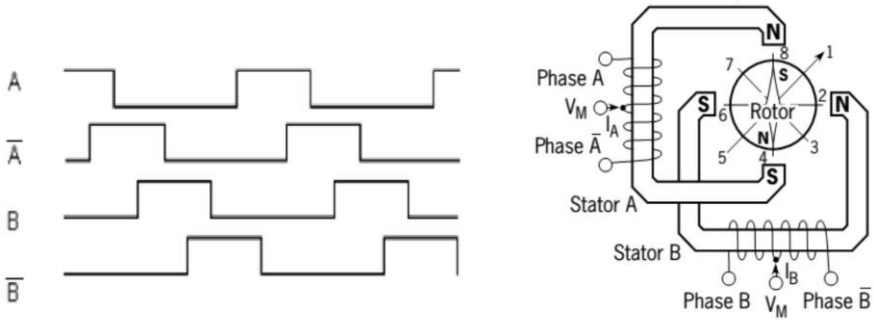


الشكل(3-5) نمط الخطوة الكاملة لقيادة المحرك الخطوي

- **نمط النصف خطوة (half step drive):**

في هذا النمط يتم تنشيط ملفات الثابت وفقا للتسلسل $(AB \to B \to \bar{A}B \to \bar{A} \to \overline{AB} \to \bar{B} \to \overline{AB} \to A)$

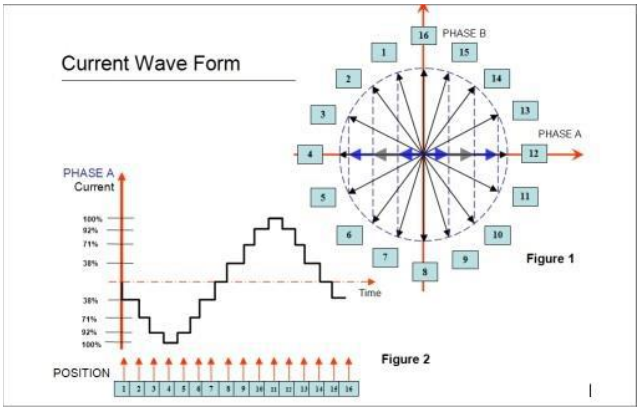
فينتج عن ذلك دوران الدائر وفق التسلسل $(1\to2\to3\to4\to5\to6\to7\to8)$، كما هو موضح بالشكل (3-6).



الشكل (3-6) نمط نصف الخطوة في قيادة المحرك الخطوي.

- **نمط الخطوة الميكروية (micro stepping drive):**

هذا النمط يختلف عن الأنماط السابقة من حيث آلية تنشيط الملفات، وتسمح هذه الطريقة للمحرك بالانتقال خطوات صغيرة وذلك بتطبيق تيار جيبي بمستويات متعددة (درجي) على ملفات المحرك، كما هو مبين بالشكل (3-7) ، تسمح هذه القيادة بالحصول على خطوات صغيرة وبالتالي الدقة العالية في الحركة والوصول إلى الموضع المطلوب، إلا أن وحدة القيادة لهذا النمط معقدة مقارنة بالأنماط السابقة.



الشكل (3-7) الخطوة المايكروية في قيادة المحرك الخطوي.

❖ **محاسن المحرك الخطوي:**

1) التموضع الدقيق و موثوقية الحركة حيث أنّ دقّة المحركات الخطوية الجيدة تصل إلى 93- 95 % من الخطوة. وهذا الخطأ غير تراكمي.
2) استجابة ممتازة عند بدء الحركة وعند التوقف أو عكس الاتجاه.
3) عدم وجود تماس بين الدائر و الثابت يعطي وثوقية عالية وعمر طويل للمحرك الخطوي.
4) تفيد دقة المحرك الخطوي واستجابته للنبضات الكهربائية في إمكانية تشغيله في حلقة مفتوحة، مما يجعل من التحكّم به أمراً سهلاً نسبياً وأقل تكلفة.
5) يؤمّن المحرك الخطوي مجالاً واسعاً من السرعات، حيث أنّ سرعة الدوران تتناسب مع تردّد نبضات الدخل.
6) يؤمّن المحرك الخطوي إمكانية التثبيت عند موضع معين حيث أنّ العزم الأعظمي يكون في حالة التوقّف مع الإبقاء على تغذية الوشائع المناسبة في الثابت.

❖ **مساوئ المحرّك الخطوي:**

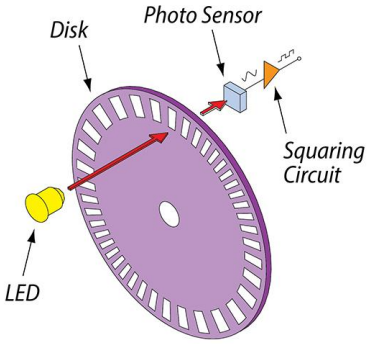
1) صعوبة الوصول إلى سرعات عالية.
2) إمكانية حدوث الطنين في حالة عدم التحكم الصحيح.

2-3- الإنكودرات (الحساسات) (Encoders)

عبارة عن حساس (مرمز) يقوم بتحويل الحركات (الفيزيائية) الميكانيكية إلى إشارات (بيانات) كهربائية يمكن استخدام هذه البيانات للتحكم بالسرعة أو الموضع أو الزاوية.

تستخدم أجهزة الترميز (الإنكودرات) أنواعاً مختلفة من التقنيات لإنشاء إشارة، بما في ذلك: المرمزات الميكانيكية والمغناطيسية والمقاومة المتغيرة إضافة إلى المرمزات البصرية والتي تعد من أكثر الأنواع انتشاراً.

في الإنكودرات البصرية (optical encoder)، يوفر المرمز التغذية المرتدة بناءً على مرور الضوء وانقطاعه، كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (3–8) مبدأ عمل الإنكودرات البصرية

يتألف من قرص يثبت مع محور المحرك أو محور علبة السرعة يتوضع على وجهيه مرسل ومستقبل ضوئي بحيث يمر الضوء من المرسل إلى المستقبل عبر ثقوب متساوية و متوضعة على محيط القرص وبالتالي نحصل على نبضة عند مرور الضوء عبر الثقب أثناء دوران المحرك.

❖ تصنيف الإنكوردات:

أولاً ميكانيكياً :

- **الإنكودر الدوراني Rotary encoder** يستخدم لمعرفة الموضع الزاوي وحساب السرعة الزاوية وهو ما تم شرحه آنفاً.
- **الإنكودر الخطي Longitudinal encoder** يستخدم لقياس المسافة المقطوعة والسرعة الخطية حيث يستبدل القرص في هذه الحالة بمسطرة مستقيمة يتوضع على أحد طرفيها الثقوب.

ثانياً ترميز الخرج:

- الترميز الثنائي Binary code

- الترميز الرمادي gray code

ثانياً: طريقة قياس الحركة:

- **الإنكودر المطلق :Absolute encoder** يستخدم لقياس الموضع الفعلي للجسم (زاوية الدوران,المسافة المقطوعة) حتى عند انقطاع التغذية عنه لا توجد حاجة لإعادته إلى الموضع البدائي.
- **الإنكودر الترددي :Incremental encoder** يستخدم لقياس الفرق بين الموضع السابق والموضع الحالي كما يمكن أن يستخدم لقياس الموقع الفعلي بشرط عدم انقطاع التغذية عنه وفي حال إنقطاع التغذية يجب إعادته الى الموقع البدائي لمعرفة الموقع الفعلي.

❖ تؤثر الصدمات والاهتزازات في اداء الانكودر حيث تؤدي الصدمات والاهتزازات إلى سقوط الجزء الدوار الداخلي من مكانه وكسره وبالتالي ينتج عنه تلف الإنكودر. كما أن عدم استقامة محور الإنكودر مع المحرك يؤدي إلى تلف محاور ارتكاز الانكودر وتصبح حركته غير منتظمة.

3-3- حساسات نهاية الشوط: limit switch

❖ وهي عبارة عن مفاتيح ON/OFF تستخدم بشكل كبير في التحكم الآلي. فكرة عملها: تحمل مفاتيح نهاية الشوط عدداً من نقاط التوصيل ويتغير وضع هذه النقاط عند اصطدام جسم بها (أو حجب إضاءة أو مرور قطعة مغناطيسية) لتعمل هذه النقاط على تشغيل حمل ما (مثل محرك مثلاً) أو إيقافه أو إصدار تنبيه ....إلخ، وذلك حسب التطبيق المطلوب وتبعاً لدارة التحكم، لذلك تستخدم في الروافع والمصاعد وخطوط الإنتاج والسير الكهربائي.

❖ تُصنف حساسات نهاية الشوط في ثلاثة أنواع : ميكانيكية – مغناطيسية – ضوئية.

3-4- بطاقة الأردوينـــــــــــــو ARDUINO :

عبارة عن بورد الكتروني مفتوح المصدر (يمكن لأي شخص الاطلاع والتعديل على الشفرات الخاصة به) قابل للبرمجة باستخدام لغة البرمجة Arduino C وباستخدام برنامج خاص يسمى IDE لأداء وظائف مختلفة في مختلف المجالات (التحكم، القياسات، الاتصالات) بصورة سهلة.

ويتميز بسهولة التعامل معه وبساطة لغته البرمجية المشتقة من لغة C التي تعد أساس لغات البرمجة الحديثة، ويمكن تشغيل بطاقة الأردوينو عن طريق وصله بالحاسب وجعله يتعامل مع أحد البرامج الموجودة على الجهاز أو بالإمكان تشغيله باستقلالية تامة.

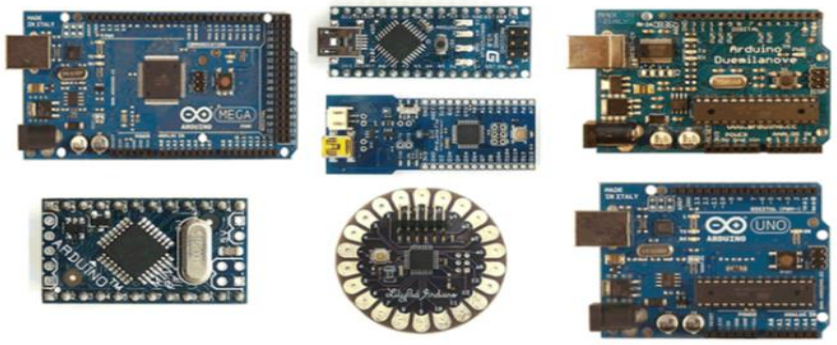
وما يميزه عن باقي المتحكمات الدقيقة هو إمكانية دمجه في مشاريع يتم برمجتها بلغات متطورة (Java,MATLAB)، ومشاريعه تتراوح بين مشاريع بسيطة كالتحكم في المحركات Motors ، استشعار الطقس أو الحرارة أو الزلازل، وجهاز تنبيه بوصول رسائل على الفيس بوك أو تويتر, إلى مشاريع عملاقة كبناء قمر صناعي اعتماداً عليه.

❖ **ميزات بطاقة الأردوينو:**

- **البساطة:** بطاقة الأردوينو مصممة لتناسب احتياجات الجميع، محترفين، أساتذة، طلاب وهواة الإلكترونيات التفاعلية.
- **الثمـن:** بطاقة الأردوينو أقل ثمناً مقارنةً مع البطاقات الأخرى من نفس النوع فثمن أغلى بطاقة Arduino لا يتجاوز 50$.
- **التركيب الذاتي (Self-Assembly):** يمكن تحميل ورقة البيانات Datasheet الخاصة بالأردوينو مجاناً من الموقع الرسمي وشراء القطع وتركيبها ذاتياً.
- **بيئة برمجية سهلة وبسيطة:** البيئة البرمجية مصممة لتكون سهلة للمبتدئين وثابتة و قوية للمحترفين.

- **متعدد المنصات:** برنامج الأردوينو له القدرة على العمل في بيئة windows، الماك Mac OS و اللينكس Linux وأغلب المتحكمات الإلكترونية الأخرى تعمل على الويندوز فقط.
- **Open Source Software**: مكتوب بلغة C++ و متاح للجميع لتحميله و بإمكان المبرمجين التعديل عليه وفق احتياجاتهم.
- **Open Source Hardware**: الأردوينو مصنوع أساساً من متحكمات ATMEGA8 و ATMEGA16 و المخططات منشورة تحت ترخيص Creative Commons مما يتيح لمصممي الدارات الإلكترونية تصميم داراتهم الخاصة.

❖ أنواع الأردوينو:



(UNO, Mega, Nano, Mini, Lilypad, Demulive, Boarduino)

الشكل(3-9) يبين انواع بطاقات الأردونيو

وتختلف عن بعضها من حيث عدد المداخل والمخارج والتي تحدد عدد الأجهزة التي يمكن التحكم بها وعدد الحساسات التي يمكن دمجها مع البورد وكذلك نوع المتحكم الدقيق وسرعة المعالج الموجود بداخلها.

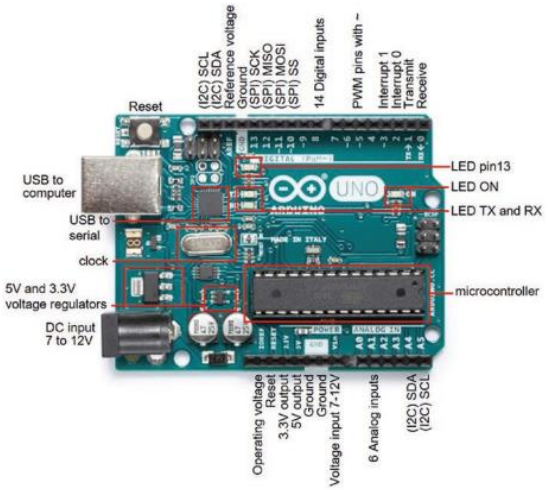
معظم لوحات الاردوينو لديها هذه المكونات المشتركة:

Power {USB / Barrel Jack}: كل لوحة Arduino تحتاج إلى وسيلة للاتصال بمصدر الطاقة يمكن تشغيل Arduino UNO من كابل USB قادم من جهاز الكمبيوتر أو عبر منفذ Barrel Jack، أيضا فإن تحميل التعليمات البرمجية على لوحة Arduino يتم عبر منفذ USB ويتراوح الجهد الموصى به لمعظم بطاقات Arduinoبين 6 و12 فولت.

- ❖ تعريف بأجزاء الأردوينو التالية Pins {5V, 3.3V, GND, Analog, Digital, PWM, ARE}
  - إن الأطراف الموجودة على لوحة الاردوينو يتم من خلالها توصيل الأسلاك لإنشاء دارة معينة وعادةً ما تحتوي على "رؤوس" بلاستيكية سوداء تسمح بتوصيل السلك مباشرة باللوحة.
  - GND اختصار الـ "Ground" هناك العديد منها على لوحة الأردوينو كما يمكن استخدام أي منها لتوصيل مع الدارة.
  - 5V &3.3V : يوفر الأول مصدر جهد 5 فولت والثاني مصدر جهد 3.3 فولت.
  - Analog: عبارة عن منافذ يتم استخدامها لإدخال إشارة تماثلية للاردوينو.
  - Digital: هذه الأطراف عبارة عن منافذ رقمية تستخدم في حالة إدخال أو إخراج اشارة رقمية من وإلى لوحة الاردوينوو عددها 14 pins مرقمة من الـ (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)
  - PWM: وهي عبارة عن منفذ رقمي يستخدم للتحكم بسرعة المحركات (التحكم بعرض النبضة).
    - AREF :تستخدم في وضع "Analog Reference" ويستخدم هذا الوضع لتعيين جهد مرجعي"Reference Voltage" خارجي.

- ❖ **وظيفة أزرار و مؤشرات بطاقة الأردوينو:**
  - Reset Button :هو الزر المسؤول عن عمل Reset أي إعادة تشغيل للبرنامج المثبت على بطاقة الأردوينو.
  - Power LED Indicator: مؤشر ضوئي للدلالة على أن بطاقة الاردوينو تعمل.

- TX RX LEDs: هي مؤشرات ضوئية لعملية استقبال أو إرسال المعلومات (Data) من وإلى بطاقة الأردوينو حيث (TX) اختصار للإرسال أما (RX)اختصار للاستقبال.
- Main IC: وهو عبارة عن المتحكم الصغري الموجود على بطاقة الاردوينو.
- Voltage Regulator: هو منظم الجهد المسؤول عن توفير وتنظيم الجهد للأردوينو.



الشكل(3-10) بطاقة أردوينو اونو [21]

الفصل الرابع

تصميم نموذج عملي

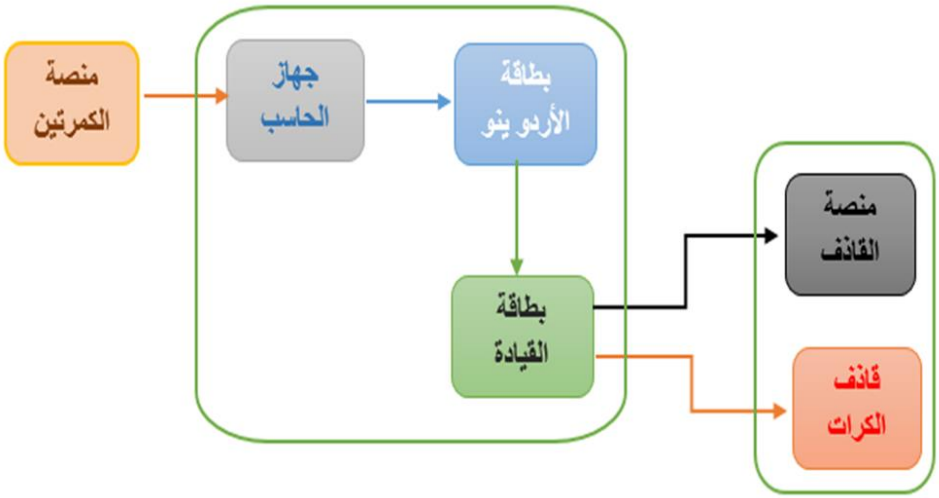
وشرح مكونات النظام

في هذه الفصل سنتطرق للمكونات الأساسية للبحث بشكل تفصيلي, حيث يضم هذا الفصل المكونات البصرية للبحث والتي تتحدث عن مواصفات الكاميرات المستخدمة ومواصفات الجسميات إضافة لطرق قياس البعد المحرقي وحقل الرؤية للكاميرات, في الجزء الميكانيكي سيتم التحدث عن المنصات المستخدمة, المنصة الحاملة للكاميرات و المنصة الحاملة لقاذف الكرات من محركات خطوية، انكودرات، حساسات نهاية الشوط، كذلك تصميم قاذف الكرات وأجزائه، وفي النهاية الجزء الالكتروني والبرمجي والذي يعرض لمحة عن لغة البرمجة البايثون وكيفية التخاطب بينها وبين بطاقة الأردوينو, إضافة لربط المحركات بدارات القيادة الخاصة بها مع بطاقة الأردوينو.

4-1- المخطط الصندوقي للنموذج التطبيقي المنفذ للبحث:

يتم أخذ الصور من الكاميرتين ومعالجتها واستخلاص المعلومات منها عن طريق نظريات معالجة الصورة بواسطة جهاز الحاسب ليتم إجراء العلميات الحسابية اللازمة ضمنه وإرسال النتائج الى بطاقة الأردوينو والتي بدورها تقوم باستقبال الأوامر البرمجية من الحاسب وإرسال أوامر الحركة والإطلاق إلى بطاقة القيادة.

تقوم الأخيرة بإرسال زوايا الحركة وأمر الإطلاق الى منصة الإمالة وقاذف الكرات.



الشكل(4-1) مخطط صندوقي للنموذج التطبيقي للبحث

4-1-1- الجزء البصري:

وهي المكونات البصرية التي استخدمت في تنفيذ البحث، يتضمن كاميرات مرئية، جسميات والتي هي عبارة عن مجموعة من العدسات المجمَعة حسب ترتيب معين.

إضافة لقياسات خاصة بالكاميرات من بعد محرقي وحقل رؤية والأجهزة التي تم الاستعانة بها لإجراء القياسات.

4-1-1-1- الكاميرات المستخدمة:

تم استخدام كاميرات مرئية من طراز Samsung-SCB-6003 مواصفاتها الفنية مبينة باللوحة الاسمية بالكاميرا، بالتالي فإن معطيات الكاميرا من عدد بيكسلات كليّة في المحورين إضافة إلى دقة الكاميرا والمساوية ل 1920×1080 معروفة.

	SCB-6003N/P
VIDEO	
Imaging Device	1/3" 2M CMOS
Total Pixels	1,956(H) x 1,266(V) 2.47M pixels
Effective Pixels	1,944(H) x 1,092(V) 2.12M pixels
Scanning System	Progressive scan
Min. Illumination	Color : 0.04 Lux (F1.2) B/W : 0.004 Lux (F1.2)
S / N Ratio	52dB (AGC Off, Weight On)
Video Output	BNC (AHD, CVBS selectable)
Resolution	1920 x 1080
Max. Framerate	30fps@1080p
LENS	
Mount Type	C / CS
OPERATIONAL	

الشكل (4-2) الكاميرا المرئية المستخدمة في إجراء البحث

4-1-2- الجسميات المستخدمة:

تم تأمين جسميات لتركيبها على الكاميرات، حيث تتصف ببعد محرقي متغير مما يجعل حقل الرؤية متغيراً ضمن مجال معين.

الشكل(4-3) مجموعة الجسميات التي تم تركيبها على الكاميرا المرئية

4-1-1-3- قياسات الجسميات و الكاميرات :

تمت عمليات القياس في مخابر المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا في دمشق.

4-1-1-3-1- قياس البعد المحرقي للجسميات:

تم القياس بواسطة جهاز قياس البعد المحرقي **FOCOMETER** والذي يستخدم بشكل أساسي لقياس الأبعاد المحرقية، ويعتمد مبدأ عمله على قياس طول خيال لجسم عرف طوله.

مكونات الجهاز:

يتألف الجهاز بشكل أساسي من المكونات التالية:

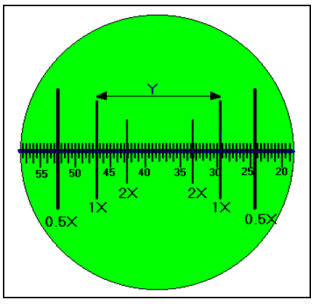
- هيكل الجهاز والذي يحوي الشبكة والمسطرة واللتين بواسطتهما يتم القياس.
- تلسكوب قياس البعد المحرقي لعنصر أو لنظام بصري.
- مجموعة حظارات دائرية ذات فتحات مختلفة.
- منبع ضوئي.

نضع العدسة بشكل متمركز فوق الحظار ونمحور جملة المسطرة والتلسكوب بحيث تكون نقطة تقاطع شبكة التلسكوب في مركز المسطرة عن طريق اللولبين الجانبيين، نحرك العدسة برفق على الحامل حتى نحصل على الخط الذي عليه أرقام من الشبكة قريباً من التقاطع، حيث نرى الشبكة وفي منتصفها مسطرة أفقية ويتوضع عليها أزواج متناظرة من المحاور.

نختار زوجين متماثلين على الشبكة وليكن **(1x)** للسهولة ونثبت صفر المسطرة على الإحداثية اليمينية **(1x)** بواسطة اللولب السفلي ونضع مركز التصالب على صفر المسطرة بواسطة اللولب العلوي، ثم بعد ذلك نقوم بتحريك مركز التصالب بواسطة اللولب العلوي حتى ينطبق على الإحداثية المناظرة**(1x)** التي تظهر على اليسار.

نحسب المسافة بين الإحداثيتين ونضربها بالرقم الذي اخترناه على الشبكة **(1)** فنحصل على البعد المحرقي للعدسة مقدراً بالـ(مم)، وفي حال اختيارنا الإحداثية **(2x)** أو **(0.5x)** كمبدأ للقياس نضرب الناتج بـ **(2)** أو **(0.5)**

- نسبة ارتياب الجهاز 0.006

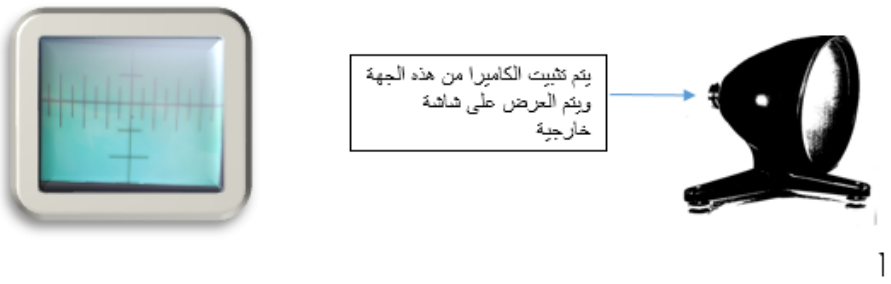


الشكل (4-4) المشهد الظاهر في عينيه تلسكوب جهاز الFOCOMETER

4-1-1-3-2- قياس حقل الرؤية للكاميرات:

تم استخدام جهاز **MÖLLER- FIELD OF VIEW COLLIMATOR**

حيث يتم وضع الكاميرا مقابل فتحة الجهاز ويتم عرض المشهد على شاشة خارجية كما في الشكل التالي:



الشكل (4-5) يبين طريقة قياس حقل الرؤية بواسطة جهاز MÖLLER- FIELD OF VIEW COLLIMATOR

يظهر لدينا محورين مدرجين:

- المحور الأفقي (-650/+650)

تدرجاته بال ميلي راديان وكل تدريجه يساوي 10 ميلي راديان

$$1x = 10\ \text{mrad}$$

نقوم بالحساب والتحويل لدرجات:

$$\pi = 180°$$

- المحور الشاقولي (-33/+33)

تدرجاته بالدرجة وكل تدريجه تساوي 5 درجات

$$1y = 5°$$

وبهذا تم الحصول على قياسات الكاميرات التي تم استخدامها في إجراء التجارب، وهي ملخصة في الجدول التالي:

الجدول (4−1) قياسات الكاميرات المستخدمة في إجراء تجارب البحث (البعد المحرقي −حقل الرؤية).

القيـاسـات	الكاميرا الأولـى	الكاميرا الثانيـة	ملاحظـات
الحقـل الأفقـي			
أصغـر حقـل	$3° \mp 0.14^{\circ}$	$3.16° \mp 0.14^{\circ}$	
أكبـر حقـل	$49.2° \mp 0.14^{\circ}$	$48.7° \mp 0.14^{\circ}$	
الحقـل الشاقولـي			
أصغـر حقـل	$3° \mp 0.25^{\circ}$	$3.13° \mp 0.25^{\circ}$	
أكبـر حقـل	$48.46° \mp 0.25^{\circ}$	$47.7° \mp 0.25^{\circ}$	
البعـد المحرقـي			
أصغـر حقـل	$91.79mm \pm 0.91$	$86.77mm \pm 0.87$	في الكاميرا الثانية لم تكن الصورة واضحة تماما لذا تم القياس عند نقطة كان عندها أفضل صورة: $82.4mm \pm 0.82$
أكبـر حقـل	$5.78 \mp 0.06\ mm$	$5.28 \mp 0.05\ mm$	

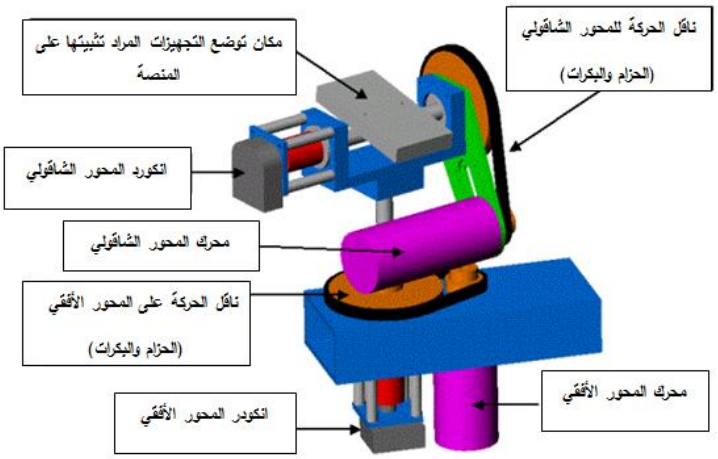
4-1-2- الجزء الإلكتروميكانيكي

يتضمن المكونات الميكانيكية التي تم استخدامها في تنفيذ المشروع من منصة إمالة ومانتتضمنها من محركات خطوية ودارات القيادة الخاصة بها، وإنكودرات وحساسات نهاية الشوط، كذلك بطاقة الأردوينو المستخدمة.

إضافة لتصميم قاذف الكرات وأجزائه العامة، وتصميم بطاقة القيادة صلة الوصل بين الأردوينو والمنصة.

4-1-2-1- منصة الإمالة (Pan-Tilt-Platform)

تعتبر منصة الإمالة (PTP) مناسبة لمجموعة واسعة من التطبيقات في الحياة الواقعية، بما في ذلك المراقبة ودوريات الحدود بالإضافة لذلك يتم استخدامها على نطاق واسع في الأنظمة الجوية بدون طيار للتصوير الجوي وتتبع الهدف حيث يسمح التصميم الميكانيكي لهذه المنصات بحرية الحركة على المحورين الأفقي والشاقولي بشكل دوراني بواسطة محركات خطوية بالتالي يتأثر نظام التشغيل بتغيرات الحمل وعزم دوران **[11]**



الشكل (4-6) مخطط تفصيلي لمنصة الإمالة (PTP)

تتألف منصة الإمالة من الجسم المعدني الحامل لمحوري الحركة التي تتم عبر مجموعة حركة مؤلفة من محرك خطوي وعلبة سرعة ومستشعر دوراني وبطاقة التحكم بالمنصة وبطاقة قيادة المحركات والإطلاق وبطاقة التغذية التي تؤمن الجهود اللازمة لكل أجزاء الدارة .

تم تثبيت مجموعة قاذف الكرات على المنصة بالإضافة إلى منظار صغير تم ضبطه على التوازي مع قاذف الكرات كما في الشكل التالي:

الشكل(4-7) منصة الإمالة

4-1-2-1-1- المحركات الخطوية المستخدمة:/Hybrid Stepper Motor:60SH65- 2008AF/

الجدول (4-2) جدول القيم الإسمية للمحرك

زاوية الخطوة	º1.8
القوة المحورية الأعظمية	15 N
القوة القطرية العظمى	75 N
جهد التشغيل	4.8 V
تيار التشغيل	2 A

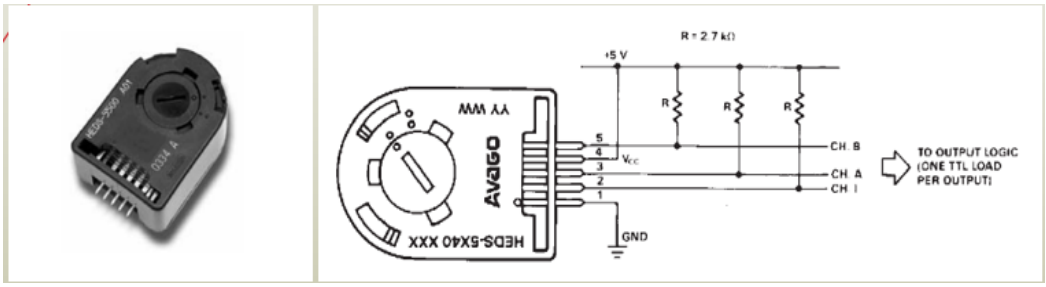
الشكل(4-8) المحرك الخطوي المستخدم

4-1-2-1-2- الإنكودرات المستخدمة:

Optical Incremental Encoder- AVAGO- HEDS-5640-A06

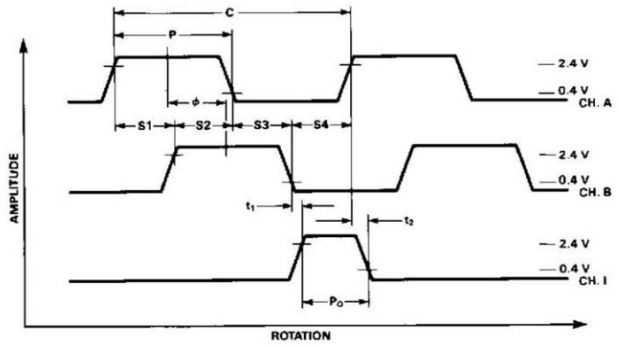
حيث يتم تحويل الحركة الدائرية على محور المحرك إلى خرج رقمي على قناتين أو ثلاث قنوات.

- التغذية : 4.5 V to 5.5 V
- تيار الدخل : 30 mA-85 mA
- الدقة على محور المحرك : 500 CPR
- قطر الدخل : 1/4 in
- طريقة توصيل الانكودر مبينة بالشكل:



الشكل (4-9) الانكودر المستخدم في المنصة الحاملة لقاذف الكرات.

الدوران عكس عقارب الساعة القناة A تسبق القناة B كما في الشكل:



الشكل (4-10) الدوران عكس عقارب الساعة القناة A تسبق القناةB

4-1-2-1-3-حساسات نهاية الشوط المستخدمة – OPB360Slotted Optical Switch

عبارة عن مرسل (Led) ضوئي للأشعة تحت الحمراء وترانزستور ضوئي يعمل كمستقبل.

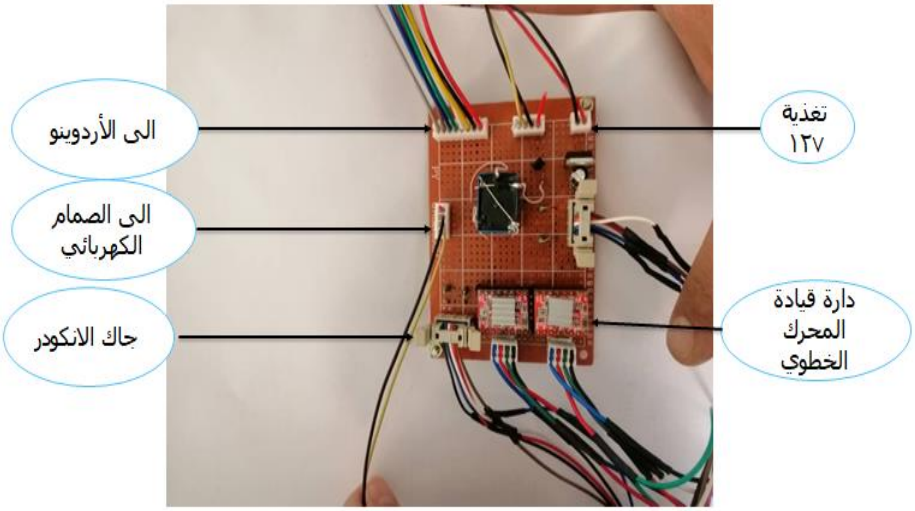
يؤدي مرور أي جسم بين الترانزستور الضوئي والمرسل الضوئي الى حجب الضوء عن المستقبل وبالتالي تغيير حالة الحساس (0 -1) بالتالي معرفة إتمام دورة كاملة للمحرك.

الشكل (4-11) حساس نهاية الشوط المستخدم في المنصة الحاملة لقاذف الكرات.

4-1-2- بطاقة قيادة المحركات والإطلاق:

تم تصميم بطاقة القيادة وتوصيلها مع بطاقة الأردوينو, حيث تم توزيع العناصر الالكترونية التي تساعد في إنجاز علمية التحكم والإطلاق بدءاً من دارات قيادة المحركات والانكودرات إضافة لريليه للتحكم بالصمام الإلكتروني وجاكات التغذية وإرسال واستقبال الأوامر من وإلى منصة الإمالة وقاذف الكرات.

تقوم هذه البطاقة بدور المتحكم لجميع الأوامر المطلوب تنفيذها من المنصة، بينما تمثل بطاقة الأردونيو دور المعالج وإرسال الأوامر إلى هذه البطاقة، إضافة لكونها صلة الوصل بين الحاسب والمنصة.



الشكل (4-12) بطاقة القيادة والتحكم بالمحركات والصمام الكهربائي وتوصيلاتها مع بطاقة الأردوينو

4-1-3- قاذف الكرات:

تم اعتماد آلية الهواء المضغوط في تصميم قاذف الكرات، إذ تعتبر هذه الآلية أقل تكلفة وأخف وزناً نسبة للآليات الاخرى المعتمدة في تصاميم آلات الرمي كما أنها ملائمة للتثبيت على منصة الإمالة.

المخطط الصندوقي لتصميم قاذف الكرات المصمم في البحث:

الشكل (4-13) المخطط الصندوقي لقاذف الكرات

يتألف قاذف الكرات من:

- حجرة هواء مضغوط (330 bar) مع صمام عدم رجوع لمنع تسريب الغاز في حالة عدم توصيل حجرة الهواء المضغوط بكاسر ومنظم الضغط.
- مخفض ومنظم الضغط (0-15 bar)

يعمل منظم الضغط على تنزيل قيمة الضغط من 300 bar الى 150 bar حيث يمكن قراءة الضغط من مقياس الضغط الموصول به ويعمل على اختيار ضغط العمل الذي سيستخدم في التجارب وهو 10 bar أيضاً يمكن قراءة قيمة الضغط من مقياس الضغط الموصول به.

- صمام كهربائي (1/8"- 12v).

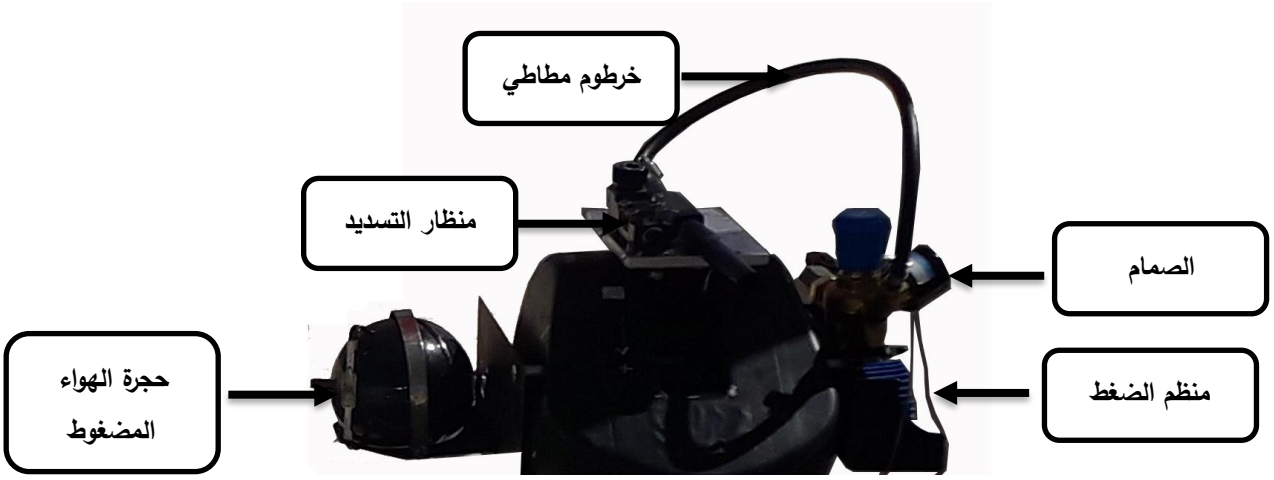
تستخدم الصمامات بشكل عام للسماح أو لمنع مرور الغازات، ويتم التحكم في الصمام بواسطة تيار كهربائي يعمل على تشغيل الملف الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يؤدي لفتح أو إغلاق الصمام. تعمل هذه الصمامات بسرعة وبكفاءة، وهي صغيرة الحجم وتعمر طويلاً.

في البحث يتم وصل الصمام مع منظم ضغط من جهة ومن الجهة الأخرى يتم وصلة الى أنبوبة قاذف الكرات بواسطة خرطوم مطاطي يتحمل انفلات الغاز المضغوط.

الشكل (4-14) كاسر الضغط مع الصمام الكهربائي

- أنبوبة الرمي بطول 40 cm وقطر Ø=11.8mm
- الكرات المستخدمة في البحث عبارة عن كرات زجاجية بقطر 11.7mm ووزن 2g
- منظار التسديد : تم تثبيت منظار صغير الحجم على منصة الإمالة بعد أن تم ضبطه على التوازي مع أنبوبة الرمي و يستخدم للتسديد على الهدف المطلوب في حالة الرمي المباشر (رمي أفقي) كما يستخدم لضبط المنصة مع الكاميرات.

يظهر في الشكل مكونات قاذف الكرات المثبتة على منصة الإمالة، إضافة لمنظار التسديد المستخدم.



الشكل (4-15) قاذف الكرات المثبت على منصة الإمالة

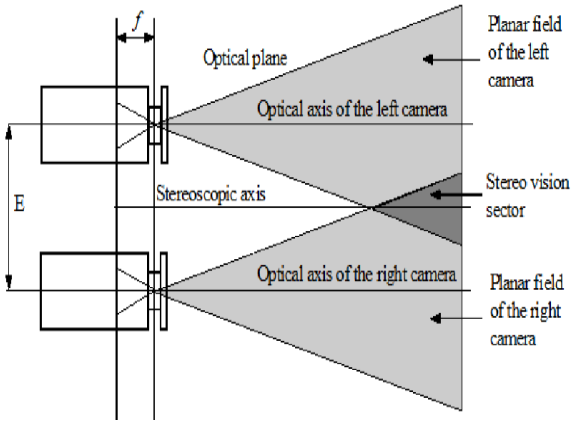
4-1-4- منصة الكاميراتين:

- ❖ المنصب الحامل للكاميرات: وهو منصب ثلاثي الأرجل تثبت عليه كاميرا واحدة بواسطة ملائم يمتلك رأس المنصب ألية ميكانيكية بثلاث درجات حرية (انسحابية شاقولية، دورانية حول الشاقول، دورانية حول الأفق) تمكننا من تحرك الجزء المثبت عليه (الكاميرا أو حامل الكاميرتين).
- ❖ آلية ضبط اتجاه الكاميرا : وهي آلية ميكانيكية تمتلك درجتي حرية (دورانية حول الشاقول و دورانية حول الأفق) مبينة في الشكل(34).
- ❖ حامل الكمريتين : وهو عبارة عن مقطع جاسئ من الألمنيوم تثبت عليه آليتي ضبط اتجاه الكاميرات التي تثبت بها الكاميرات. وهي مبينة في الشكل(35).

الشكل (4-16) آلية ضبط اتجاه الكاميرا

الشكل (4-17) المنصب الحامل للكاميراتين وآليات الضبط.

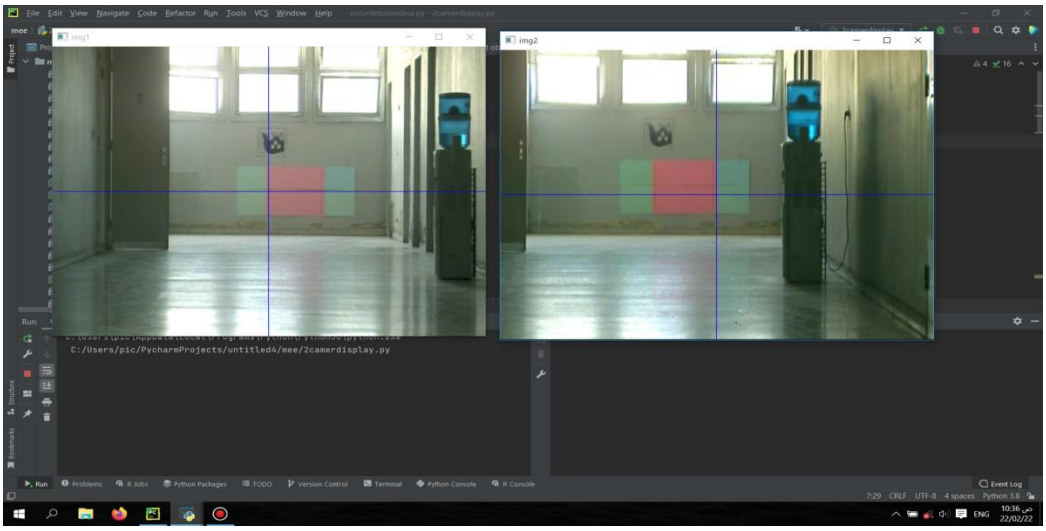
4-2- ضبط توازي المحورين البصريين للكاميرتين:



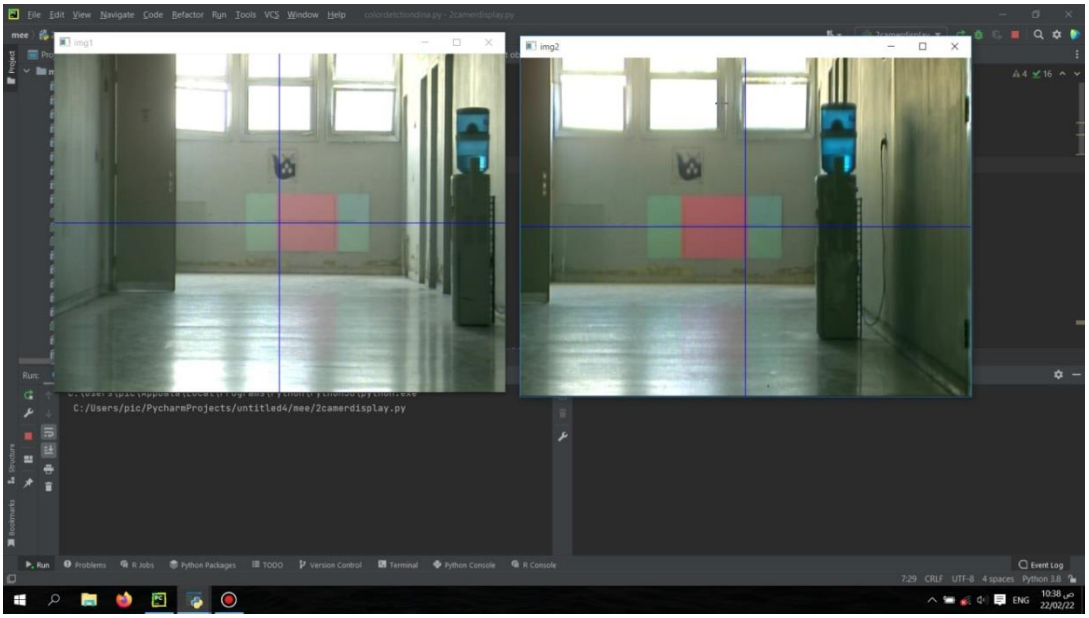
الشكل (4-18) شرح توازي المحورين البصريين

لتحقيق عملية الضبط تم رسم تصالبين متوازيين (المحور الأفقي مشترك والمحورين الشاقولين متوازيين) على لوحة ثُبّتت على مسافة قدرها (25 m) وباستخدام الpython – open cv تم تحصيل الصورة من كلا الكاميرتين مرسوم على كل صورة تصالب مركزي.

تم الضبط باستخدام آليتي ضيط اتجاه الكاميرتين والمنصب ثلاثي الأرجل بحيث تم تطابق التصالب الموجود في صورة الكاميرا اليسارية على التصالب اليساري للوحة، كذلك تطابق التصالب الموجود في الكاميرا اليمينية على التصالب اليميني الموجود باللوحة.



الشكل (4–19) يبين الصورة المعروضة من كلا الكاميرتين، إضافة للوحة التصالب قبل الضبط



الشكل (4-20) يبين الصورة المعروضة من كلا الكاميرتين، إضافة للوحة التصالب بعد الضبط

4-3- ضبط منصة القاذف مع الكاميرتين:

بنفس الطريقة السابقة يتم ضبط المنصة مع الكاميرتين حيث تم تحديد بعد أنبوبة قاذف الكرات المثبت على المنصة عن الكاميرا اليسارية ب 30 cm ويستخدم في هذه الحالة منظار التسديد الذي تم تثبيتة على منصة الإمالة.

الشكل (4-21) مكونات البحث بوضعها النهائي.

4-4- التوصيلات الالكترونية للمنصة ودارات القيادة.

❖ دارة قيادة المحرك الخطوي وتوصيلاتها:

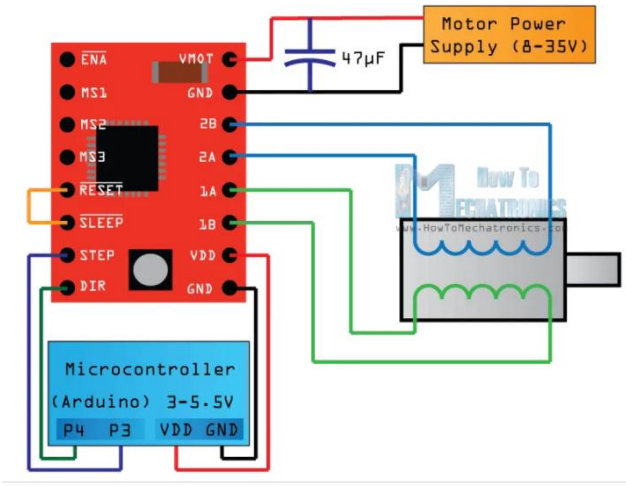
تم اعتماد دارة القيادة من نوع A4988 وهي تحوي على مترجم مدمج لسهولة التشغيل, كما يمكن التحكم بالمحرك خطوة كاملة, نصف خطوة, ربع خطوة, 8/1 و 16/1 من الخطوة. تحتوي دارة القيادة على مقياس ضبط فرق الجهد والتيار إضافة لدارة حماية من الحرارة الزائدة والتيار الزائد.

❖ جدول القيم الإسمية لتشغيل دارة القيادة حسب ماورد في ورقة المواصفات الفنية:

الجدول(4-3) القيم الإسمية لتشغيل دارة القيادة

الجهد المنطقي الأدنى	3.3 v
الجهد المنطقي الأعظمي	5v
تيار الطور	1 A
تيار الطور الأعظمي	2 A
جهد التشغيل الأدنى	8 V
جهد التشغيل الأعظمي	35 V

❖ مخطط توصيل دارة القيادة المستخدمة الخاصة بالمحرك الخطوي:



الشكل(4-22) مخطط توصيل دارة القيادة المستخدمة الخاصة بالمحرك الخطوي

نبدأ من أسفل يمين للدارة بحيث يكون وضع دارة القيادة كما في الشكل أعلاه:

(VDD- GND) توصل إلى مصدر طاقة من 3 إلى 5.5 فولت وفي البحث ستكون وحدة التحكم المعتمدة هي Arduino الذي سيوفر 5 فولت.

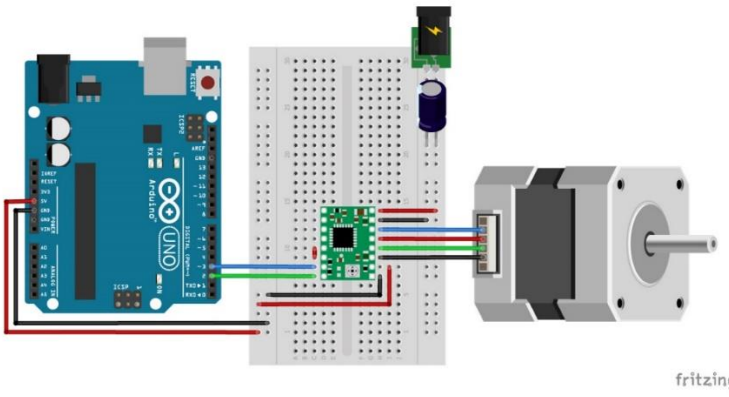
- (1B-1A-2A-2B) الدبابيس الأربعة التالية مخصصة لتوصيل المحرك. سيتم توصيل دبابيس A1,B1 بملف واحد للمحرك ودبابيس B2, A2 بالملف الآخر للمحرك، لتشغيل المحرك.
- (VMOT– GND) توصل بمصدر الطاقة من 8 إلى 35 فولت، إضافة لاستخدام مكثف فصل $47\mu F$ على الأقل لحماية دارة القيادة من ارتفاع الجهد.

يساراً:

- DIR (DIRECTION): دبوس التحكم باتجاه دوران المحرك.
- STEP: دبوس التحكم بمقدار الخطوة المراد للمحرك دورانها إذ مع كل نبضة يتم إرسالها إلى هذا الدبوس، يتحرك المحرك خطوة واحدة.

✓ تم قصر دبوسي الإيقاف وإعادة التشغيل (SLEEP- RESET) إذ يتم تجاهل كل أوامر دبوس الخطوة في حال كان الجهد على دبوس إعادة التشغيل منخفضاً لذا تم ربطه من مع دبوس الإيقاف المؤقت لجعل جهده المنطقي مرتفعاً.

✓ في البحث يتم التحكم بمحركين لكلا المحورين (الأفقي الدوراني –PAN /الشاقولي الدوراني –TILT) لذا تم استخدام دارتين قيادة وكانت التوصيلات مع بطاقة الأردودينو على النحو التالي:



الشكل(4–23) توضيح توصيل المحركات الخطوية مع دارات القيادة الخاصة بها ببطاقة الأردوينو

- توصيل المحرك مع دارة القيادة الخاصة به:

الجدول (4-4) توصيل المحرك مع دارة القيادة الخاصة به

أسود	1B
أخضر	1A
أحمر	2B
أزرق	2A

توصيلات المحركات والإنكودرات مع دارات القيادة (الدرايفرات) إلى بطاقة الأردوينو:

الجدول (4-5) توصيلات المحركات والإنكودرات مع دارات القيادة (الدرايفرات) إلى بطاقة الأردوينو

النقطة/ اللون	توصيفها	إلى الأردوينو
أحمر	PAN -Direction 1	10
أسود	PAN -Step 1	9
أصفر	TILT-Direction 2	8
أبيض	Step 2-TILT	7
أخضر	PAN – Enc.1- A	4
أزرق	PAN – Enc.1- B	2
بني	TILT -Enc.2- A	5
رمادي	TILT -- B2Enc.	3

الفصل الخامس

التجارب العملية

والنتائج والتوصيات

في هذا الفصل سيتم تقديم لمحة عن لغة البرمجة التي تم الاعتماد عليها في تنفيذ البحث، إضافة الى عرض بعض نتائج التجارب التي تم إجراؤها في سبيل الوصول للتجربة النهائية لتحقيق الهدف المطلوب من البحث، كما سيتم عرض الخوارزميات المستخدمة والمخططات الصندوقية لمراحل العمل.

أخيراً يتضمن الفصل ملخص عن الأعمال المنفذة في البحث، وما واجهه البحث من معوقات والآفاق المستقبلية المتوقعة للبحث.

5-1- لغـــــــة البـــــرمجة البايثـــــــــون:

ابتكرها المبرمج الهولندي جويدو فان روسوم "Guido van Rossum" في عام 1991 وأشتق اسمها من مسلسله الكوميدي المفضل.(Monty Python's Flying Circus)

اختار لها "فان روسوم" أن تكون مفتوحة المصدر. هذا يعني أنه يمكن لأي شخص تطويرها كما يحلو له. ساعد هذا على زيادة انتشارها وتوسيع مكتباتها البرمجية، لتصبح إحدى اللغات التي يُروّج لها اليوم، ويستخدمها العديد من الأشخاص. وفقًا لبحث أجرته Statista، كانت (بايثون) أكثر لغات البرمجة شيوعًا لعدة سنوات فهي لغة "لكافة الاستخدامات " من حيث سهولة الاستخدام فهي واحدة من أسهل اللغات للتعلم والقراءة.

حيث أراد "فان روسوم" أن تكون لغة بايثون مفهومة مثل اللغة الإنجليزية البسيطة، هذا يجعل اللغة سهلة القراءة. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي بايثون هيكلية أكثر وضوحًا فلا تتطلب العديد من أسطر التعليمات البرمجية –مثل C أو –Java للحصول على نتائج قياسية. كذلك وفرة المكتبات اذ تقدم مكتبات بايثون العديد من (البرمجيات) المفيدة التي تلغي الحاجة إلى كتابة وظائف مشتركة من البداية.

5-2- تنفيذ التخاطب بين بطاقة الأردوينو والبايثـــون:

يتم ذلك عن طريق مكتبة تدعم الاتصالات التسلسلية (RS-232) : PYSERIAL

إضافة الى البروتوكول العام FIRMATA والذي يسمح بالاتصال بين المتحكمات الصغرية والبرمجيات، حيث يتيح لنا التواصل بين الArduino – python بسهولة وسرعة.

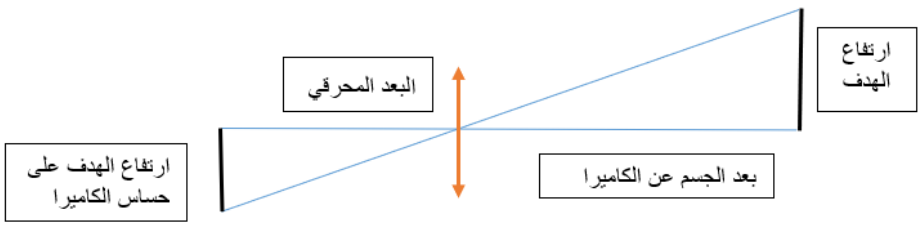
تم كتابة كود برمجي على برنامج IDE الخاص ببرمجة بطاقة الأردوينو للتحكم بالمحركات الخطوية ودوران المنصة الحاملة للقاذف بالزوايا المطلوبة إضافة لإعطاء أمر الإطلاق عن طريق تغذية الصمام الكهربائي بالتالي انفلات الهواء المضغوط بالحجرة الهوائية وانطلاق الكرة الزجاجية.

إذ يقوم تابع إعادة المنصة للمبدأ (صفر المحورين) عند كل تشغيل، بينما يقوم البايثون بمعالجة الصورة وتحصيل المعلومات اللازمة لإجراء الحسابات المطلوبة وإرسالها الى الأردينو الذي بدوره يتحكم بالمحركات والصمام.

5-3- تجارب كشف وتحديد بعد جسم ثابت (له ارتفاع معروف) بكاميرا واحدة ثابتة:

يمكن حساب المسافة بين الكاميرا والجسم وذلك بمعرفة مواصفات الكاميرا و ارتفاع الجسم الهدف.

كما يظهر الشكل التالي:



الشكل (5-1) تمثيل النظام البصري لحساب ارتفاع الهدف على حساس الكاميرا

المعلومات المطلوب توافرها لحساب مسافة الهدف من الكاميرا وهي:

- ارتفاع الهدف h_r
- البعد المحرقي f

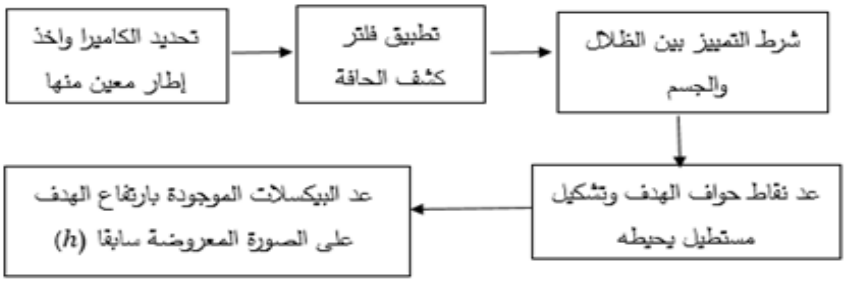
- ارتفاع الهدف على الحساس.

وبالتالي يجب أولا تحديد ارتفاع الهدف على الحساس والذي يمكن معرفته من عدد البيكسلات و أبعاد البكسل الواحد (pitch). وبما أننا نستخدم جهاز تحصيل الصورة (Easy Cap) فبالتالي سيتم قياس قيمة أبعاد البكسل بشكل تجريبي وذلك من خلال معرفة عدد البكسلات على الشاشة و وضع الجسم على بعد معلوم عن الكاميرا.

- **حساب ال pitch:**

Pitch: هو البعد بين مركزي عنصريين متتاليين في الحساس.

تم تصميم خوارزمية بسيطة (الكود بلغة البايثون) لتحصيل الصورة وتطبيق خوارزمية كاني لكشف الحواف كما هو مبين في المخطط التدفقي التالي.



الشكل(5-2) خوازرمية حساب ارتفاع هدف على الصورة

المعطيات التي تم الاعتماد عليها:

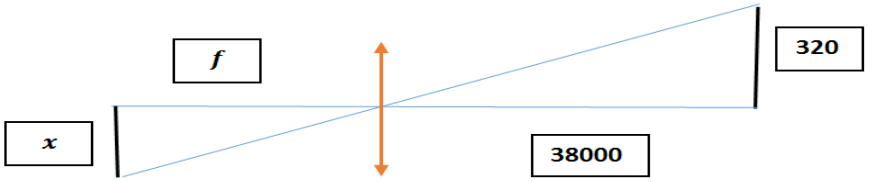
البعد المحرقي $f = 61.4\ mm$

ارتفاع الهدف الحقيقي $h_{r=}320mm$

المسافة الموضوعة عندها الهدف $d_r = 38000mm$

كانت النتائج :

عدد البيكسلات (ارتفاع الهدف على الصورة) $\mathrm{h} = 112\ pixel$



الشكل(5-3) تمثيل النظام البصري لحساب أبعاد العنصر الحساس (pitch)

من الشكل:

$$\tan\theta = \frac{x}{f} = \frac{320}{38000} \qquad (5-1)$$

$$\tan\theta = \frac{320}{38000} = \frac{x}{f} = \frac{x}{61.4} \qquad (5-2)$$

$$x = \frac{61.4 \times 320}{38000} = 0.517\ mm$$

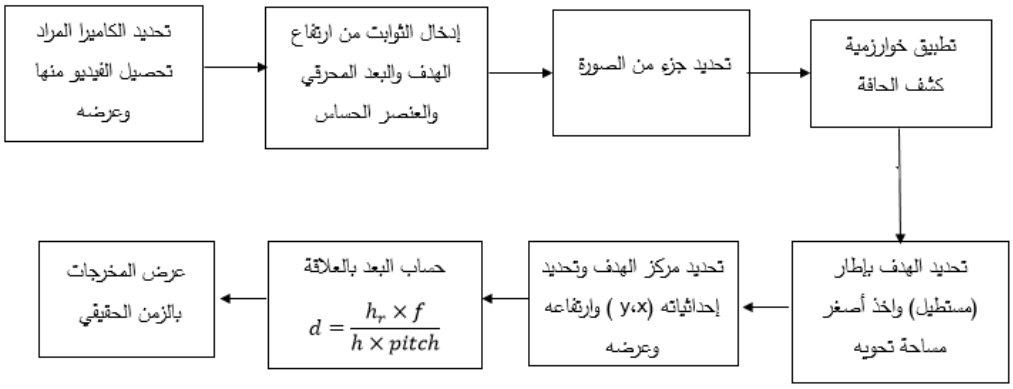
$$pitch = \frac{x}{h} = \frac{0.517}{112} = 4.6 \times 10^{-3} mm \qquad (5-3)$$

$$pitch = 4.6\ \mu m$$

وبالتالي أصبح بالإمكان قياس المسافة أي جسم علم ارتفاعه.

5-3-1- خوارزمية تقدير مسافة جسم عن كاميرا ثابتة:

كما هو مبين بالشكل:



الشكل(5-4) خوارزمية تقدير مسافة جسم عن كاميرا ثابته

5-3-2- تجربة كشف جسم ثابت (ذو ارتفاع معروف) وتحديد بعده عن الكاميرا الثابتة عند البعد المحرقي للكاميرا $\mathbf{f = 61.4\ mm}$.

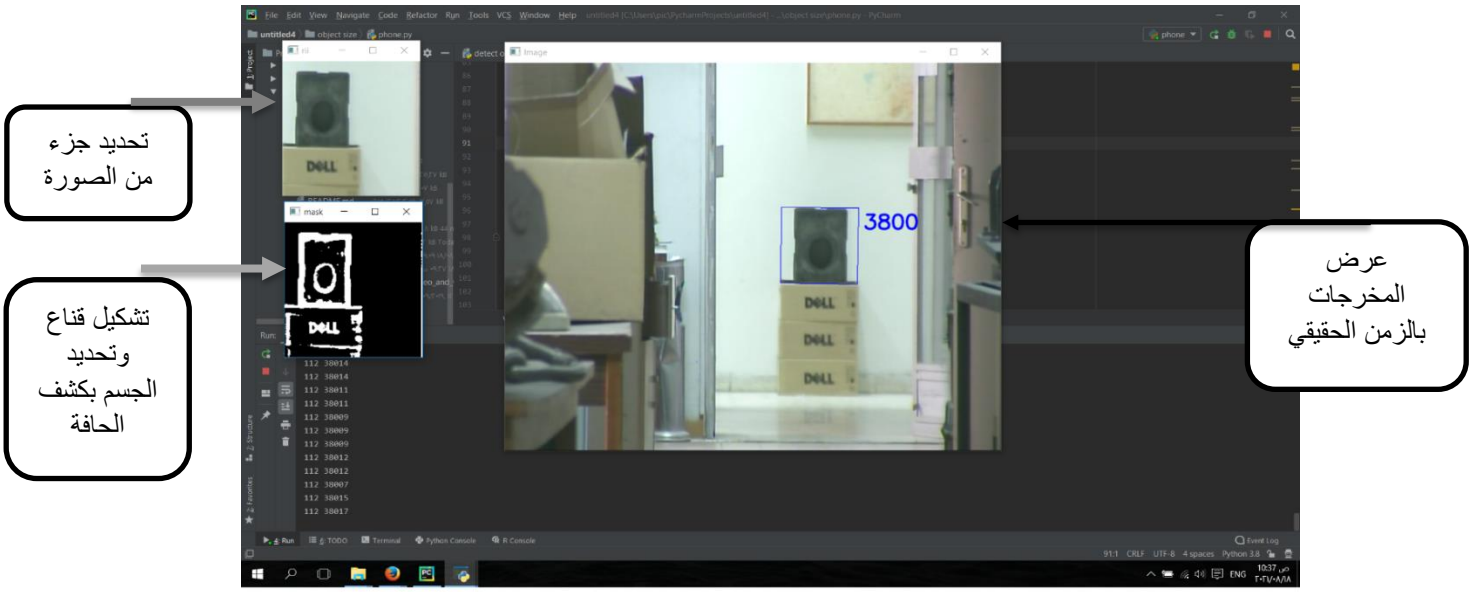
فكانت النتائج كما هي مبينة في الجدول التالي:

الجدول (5-1) تجربة تحديد مسافة جسم ثابت ذو ارتفاع معروف بكاميرا واحدة عند بعد محرقي f=61.4mm.

البعد (المسافة الحقيقية) dr_m	عدد البيكسلات n_p	البعد المقدر من البرنامج d_m	الخطأالنسبي
38.2 m	111	38.16 m	0.001
35 m	123	35.05 m	0.001
30 m	143	29.792 m	0.006
25 m	170	25.03 m	0.001
20 m	214	20.09 m	0.001

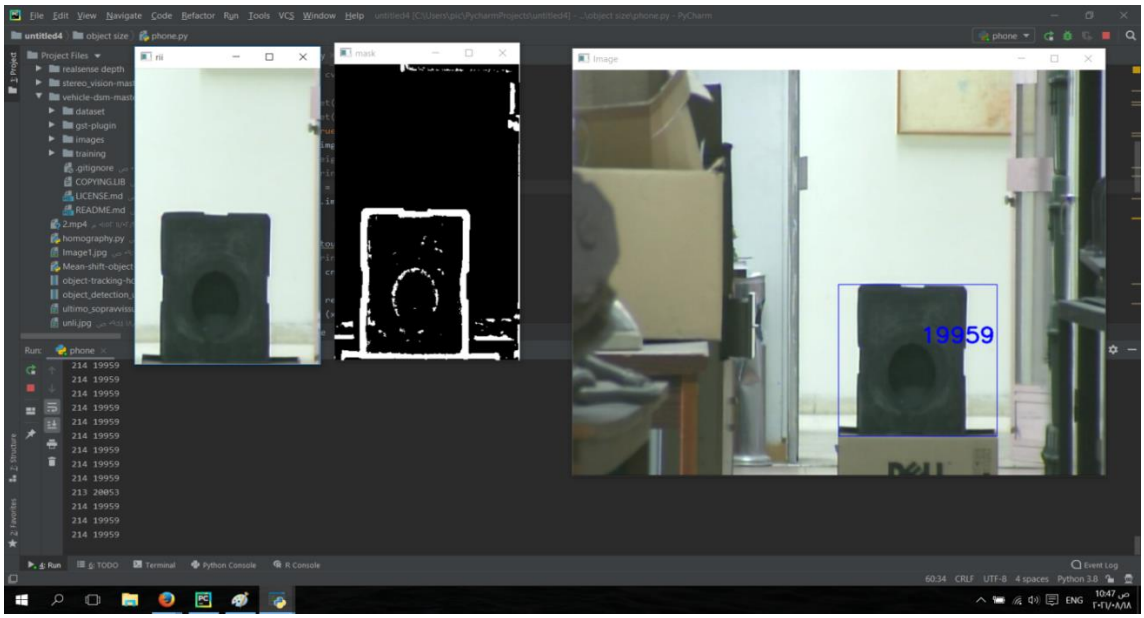
نلاحظ ان الخطأ النسبي الأعظمي هو = 0.6% .

- **توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 38.2 م:**



الشكل (5-5) توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 38.2 م

- **توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 20 م:**



الشكل (5-6)توثيق التجربة عند مسافة حقيقية 20 م

5-3-3- تجربة كشف جسم ثابت (ذو ارتفاع معروف) وتحديد بعده عن الكاميرا الثابتة، عند البعد المحرقي للكاميرا $\mathbf{f = 17.48\ mm}$

تم تغيير البعد المحرقي وذلك لدراسة تأثير هذا العامل على النتائج.

فكانت النتائج كما هي مبينة في الجدول التالي:

الجدول (5-2) تجربة تحديد مسافة جسم ثابت ذو ارتفاع معروف بكاميرا واحدة عند بعد محرقي f=17.48 mm

البعد (المسافة الحقيقية) dr_m	عدد البيكسلات n_p	البعد المقدر من البرنامج d_m	الخطأ النسبي
$34.7\ m$	24	$34.78\ m$	0.002
$30\ m$	27	$29.81\ m$	0.006
$25\ m$	34	$24.55\ m$	0.018
$15\ m$	56	$14.908\ m$	0.006
$10\ m$	84	$9.82\ m$	0.018

نلاحظ أنه عند تصغير البعد المحرقي للكاميرا يزداد الخطأ النسبي، إذ أن هذا الاستنتاج صحيح حيث عند تصغير البعد المحرقي يزداد حقل الرؤية وبالتالي ينقص عدد البيكسلات التي تمثل الهدف على حساس الكاميرا فيزداد الخطأ في تقدير مسافة (بعد) الجسم عن الكاميرا.

5-4- <u>اكتشاف الهدف المتحرك وتتبعه بواسطة كاميرا واحدة ثابتة:</u>

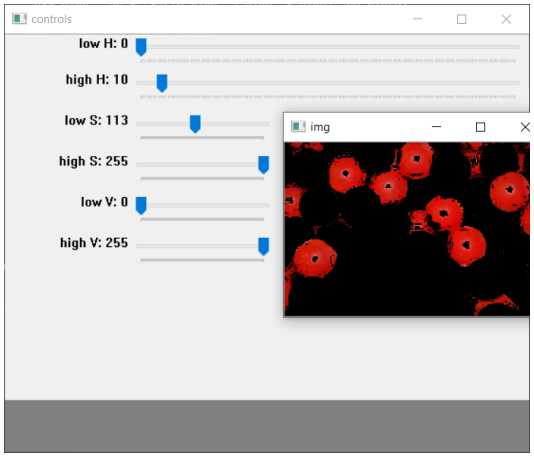
من أكثر الخوارزميات شيوعاً هي خوارزمية طرح الخلفية والتي تعرف على أنها خوارزمية سائدة للكشف عن الاجسام المتحركة في أنظمة المراقبة بالفيديو، وتقوم باكتشاف الكائنات عن طريق الفرق بين الخلفية الثابتة الأولية وإطارات الصور المتتالية.

تم إجراء تجربة لتتبع جسم متحرك بواسطة طريقة الطرح في الخلفية في الصالة الرياضية للمعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا لكن بسبب الاختلافات في الإضاءة وظهور خيالات للجسم، زادت عدد بيكسلات تمثيل الهدف (الهدف مع خياله) على الحساس ولم تُحتسب النقطة الوسطى للجسم بشكل صحيح، مما نتج عنه خطأ في حساب بعد الجسم عن الكاميرا، لذلك تم اللجوء إلى نظرية كشف الجسم وتتبعه بالفضاء اللوني.

5-5- تجربة تتبع الجسم في الفضاء اللوني HSV تم استخدام جسم ذو لون أحمر.

تم كتابة الكود البرمجي بلغة البايثون بحيث يُطبّق قناع (ماسك – فلتر) للون الأحمر فقط، وبذلك يتم اكتشاف الهدف وتحديده ومن ثم تتبعه.

مثال على تطبيق قناع المرشح اللوني للون الأحمر وكشف الورود ذات اللون الأحمر بالدرجة المطلوبة:

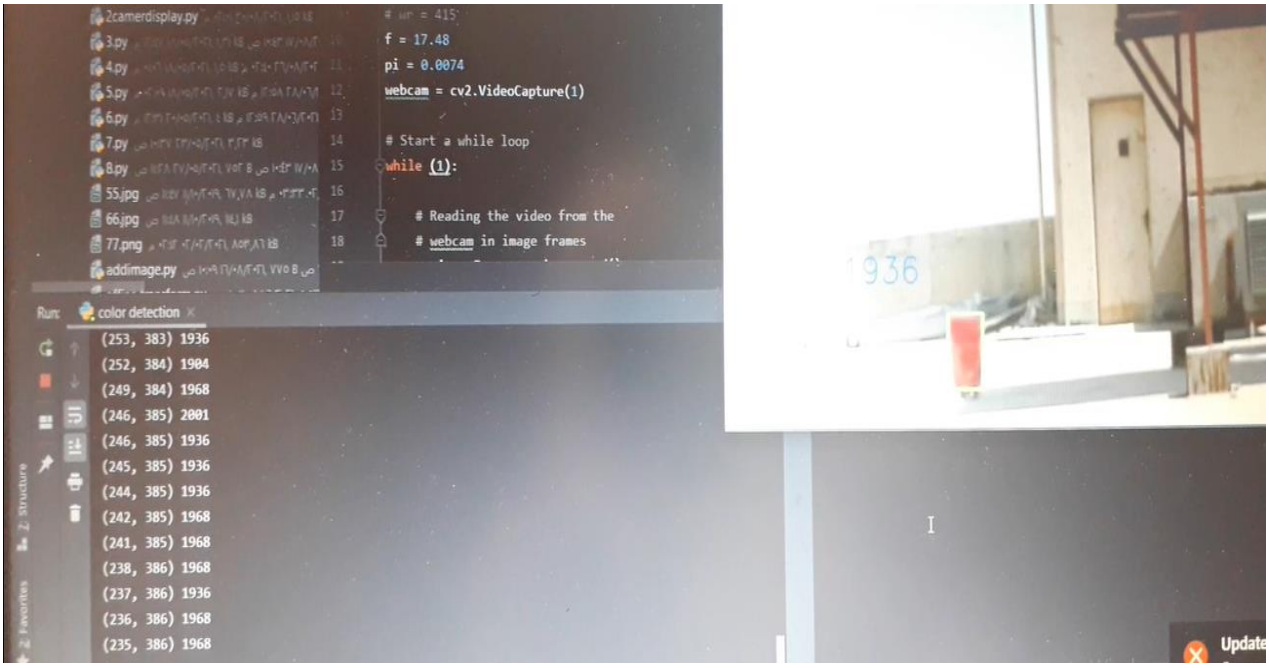


الشكل (5-7) تطبيق فلتر المرشح اللوني للون الأحمر وكشف الورود ذات اللون الأحمر بالدرجة المطلوبة.

توثيق تجربة تتبع جسم ملون (أحمر) في الفضاء اللوني HSV إضافة لتحديد بعده (مسافته) عن كاميرا مرئية واحدة ثابتة:

عُرضت المخرجات في الزمن الحقيقي على شاشة العرض (الفيديو المستخرج من الكاميرا) إذ أن البعد المقدر من البرنامج 1936 cm بينما كان البعد الحقيقي2000cm، وتم تتبع الجسم الملون (الأحمر) أثناء حركته.

ملاحظة: عُرض فيديو التتبع في سمينار تقدم العمل، وأُضيفت صورة ثابتة مقتطعة من الفيديو في رسالة البحث.



الشكل (5-8) توثيق تتبع جسم متحرك بالفضاء اللوني HSV، البعد المقدر من البرنامج 1936 cm بينما كان البعد الحقيقي2000cm

مما سبق وجدنا أنه يمكن اكتشاف جسم ما ثابتاً كان أم متحركاً (علم عنه ارتفاعه) وذلك باستخدام كاميرا واحدة ثابتة معلومة المعطيات حيث أُجريت تجارب موثقة لاكتشاف هدف ملون وتتبعه وحساب بعده عن هذه الكاميرا، لكن هذه حالة خاصة.

لذا ولاكتشاف جسم ما ملون وإجراء عملية تتبع له، إضافة لتقدير بعده عن الكاميرا تم اللجوء إلى الطريقة الثانية والتي يمكن استخدامها في الحالة العامة وذلك باستخدام كاميرتين ثابتتين (ذوات معطيات معلومة) على مبدأ التنظير المجسم والتي تعرف بالرؤية الستيريوسكوبية.

5-6- تجربة كشف جسم ملون وتتبعه بالرؤية الستيريوسكوبية (التنظير المجسم):

- البعد المحرقي لكل من الكاميراتين $f = 17.102\ mm$
- حقل الرؤية عند هذا البعد مساوياً ل $FOV = 16.11°$
- البعد بين الكاميراتين (المسافة بين مركزي الكاميراتين) $T = 890\ mm$

5-6-1- حساب أكبر مسافة لكشف هدف باعتبار البعد بين محوري الكاميرتين البصريين

$$T = 0.89\ m$$

$$\boldsymbol{Z = \frac{f \times T}{X_l - X_r}}$$

شرط كشف هدف ما على حساس الكاميرا هو أن يكون الهدف شاغلاً لثلاثة بيكسلات على الأقل، وبالتالي يكون الفرق بين البعدين:

$$X_l - X_r = 6 \times 4.6 \times 10^{-6} \qquad (5-4)$$

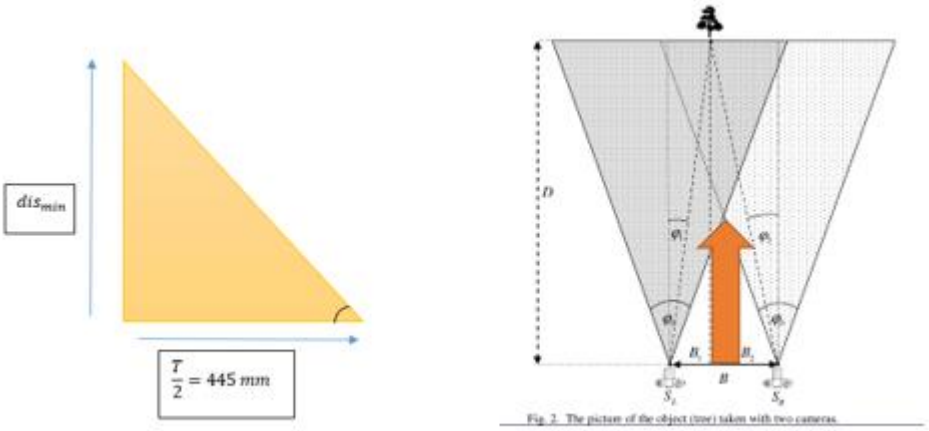
$$Z = \frac{17.102 \times 10^{-3} \times 0.89}{6 \times 4.6 \times 10^{-6}} \qquad (5-5)$$

$$Z = 551.5\ m$$

وهي أقصى مسافة يمكن كشف هدف ما عندها بالنسبة للكاميرتين.

5-6-2- حساب الحد الأدنى لمجال الرؤية المشترك للكاميرتين:

أي حساب أقل مسافة يمكن للكاميرتين كشف الجسم عنده .



الشكل(5-9) أقل مسافة يمكن كشفها بالكاميرتين

حقل الرؤية $\varphi = 16.11°$

فإن نصف الحقل:

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{16.11}{2} = 8.055°$$

بالتالي فالزاوية المتممة لها:

$$\beta = 90 - 8.055 = 81.945\ °$$

نصف المسافة بين الكاميرتين :

$$\frac{B}{2} = \frac{890}{2} = 445mm$$

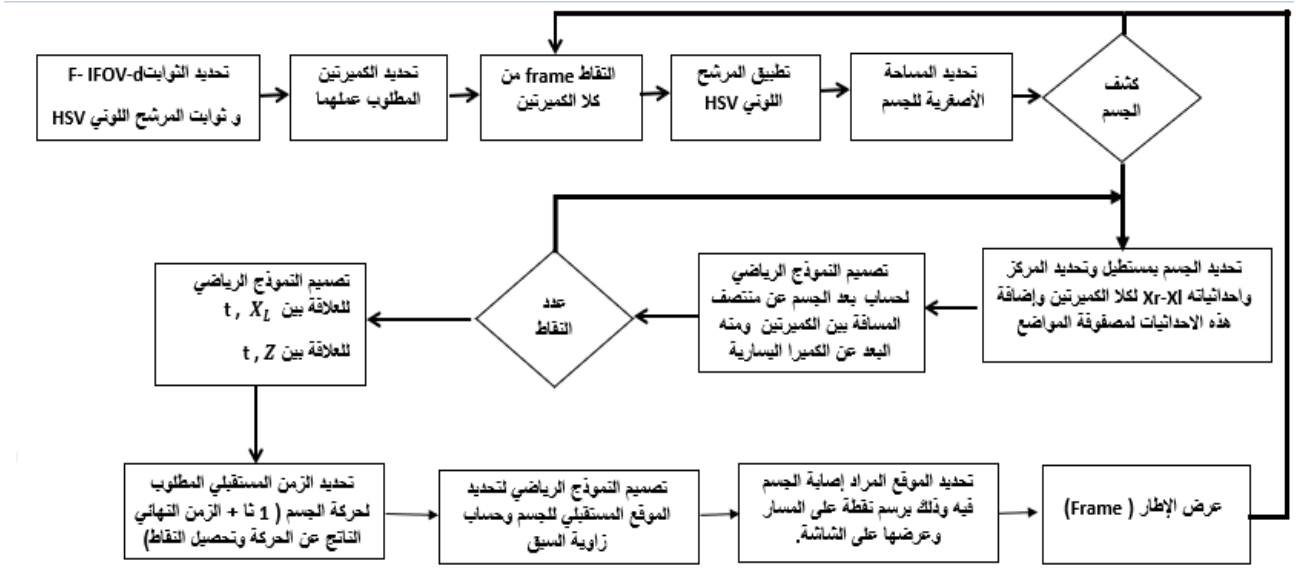
لذا فإن أقل مسافة يمكن كشفه بالنسبة للكاميرتين:

$$dis_{min} = \tan 81.945 \times \frac{\mathrm{B}}{2} = 3144\ mm = 3.144\ m$$

أي أن الجسم لا يمكن اكتشافه في حال كان بعده عن منتصف المسافة بين الكاميرتين أقل من $3.144\ m$

وبالتالي المسافة التي تم تثبيت الكاميرتين عندها كافية للبحث.

5-6-3- خوارزمية تتبع جسم بالفضاء اللوني HSV وتوقع موقعه المستقبلي مع حساب زاوية السبق:



الشكل (5-10) خوارزمية تتبع جسم بالفضاء اللوني HSV وتوقع موقعه المستقبلي مع حساب زاوية السبق

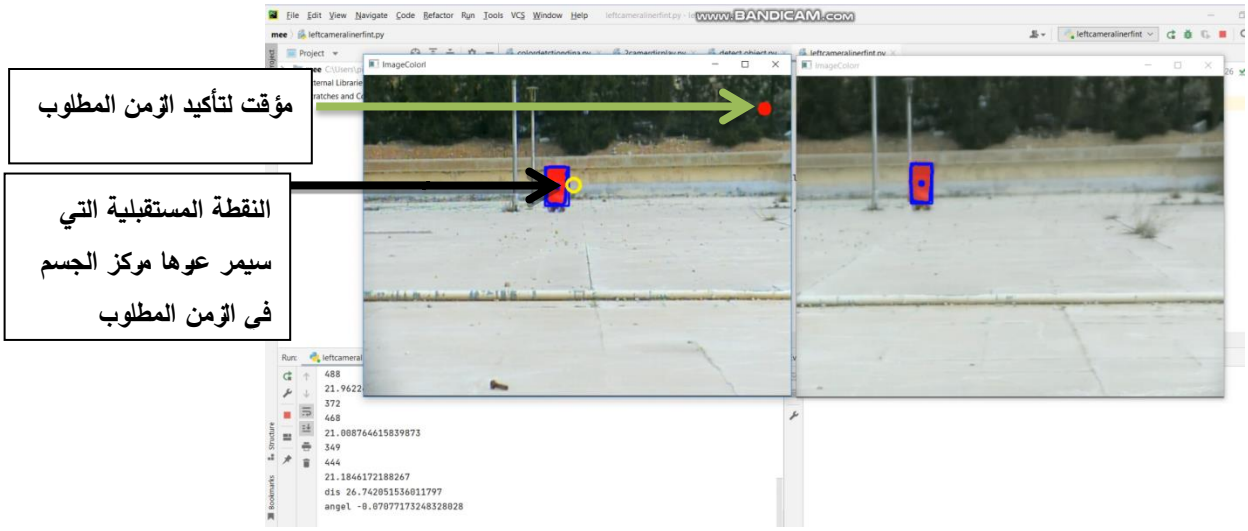
5-6-4- تجربة تقدير بعد جسم ثابت ملون بالفضاء اللوني بواسطة التنظير المجسم

البعد الحقيقي للهدف (30 m) وكان البعد المقدر (29.6 m)، إضافة لحساب زاوية الرمي وكانت في هذه التجربة 0.2 راديان عن مركز الشاشة.

الشكل (5-11) توثيق تجربة تقدير بعد جسم ثابت عن منتصف المسافة بين الكاميراتين .

ملاحظة: الجسم ثابت هنا لم يتغير موقعه لذا فإن موقعه المستقبلي حسب المعادلات المستنتجة لمعادلة مساره وفق الخوارزمية تم تحديده برسم الدائرة الصفراء المبينة.

وثقت تجربة التتبع لجسم متحرك، حيث تم تقدير بعده عن الكاميرا اليسارية، وتوقع موقعه المستقبلي وتحديد النقطة التي سيمر عبرها مركز هذا الجسم برسم دائرة في الزمن المطلوب. إذ أُضيف مؤقت زمني أعلى يمين الشاشة لتأكيد الزمن.



الشكل(5-12) توثيق تجربة اكتشاف جسم ملون وتقدير بعده عن الكاميرا اليسارية وتوقع موقع المستقبلي مع إضافة مؤقت لتأكيد الزمن المطلوب

5-7- إجراء تجارب الرمي وإنشاء جدول الرمي:

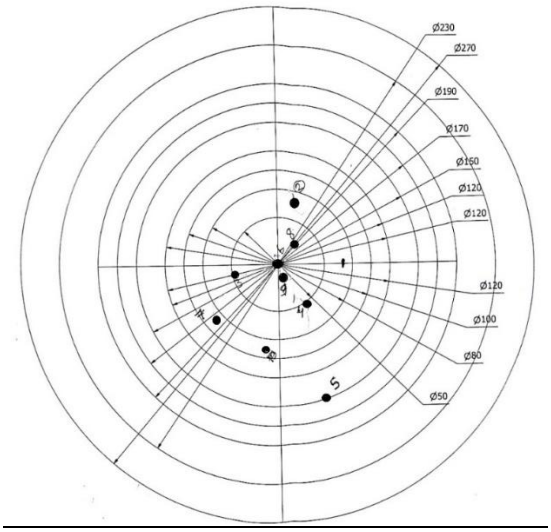
للتأكد من دقة حسابات المعادلات والخوارزميات المتبعة في تنفيذ عمليات حساب الزوايا المطلوبة لتحريك المنصة وتأكيد إصابة الجسم المتحرك، تم إجراء تجارب رمي على لوحة حيث رُسم عليها عدة دوائر بأقطار مختلفة، متمركزة بنقطة محددة، إضافة لتحديد مايسمى بقطر دائرة الانتثار للكرة المقذوفة.

تم في كل تجربة رمي عشر كرات، وتحديد موقع الإصابة لكل كرة على اللوحة.

5-7-1- حالة الرمي المباشر على مسافة 2.5 m.

باعتبار المسافة الأفقية x وهي (بعد منصة القاذف عن الهدف) والمسافة الشاقولية y (قيمة الانحراف عن المركز الهدف). نلاحظ تمركز جميع الإصابات ضمن دائرة الانتثار بقطر 100mm

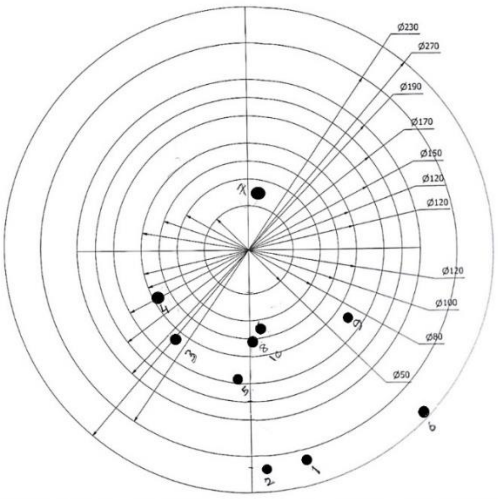
$$x = 2.5\,m\,, y = 0$$



الشكل (5-13) تجربة الرمي المباشر على مسافة 2m

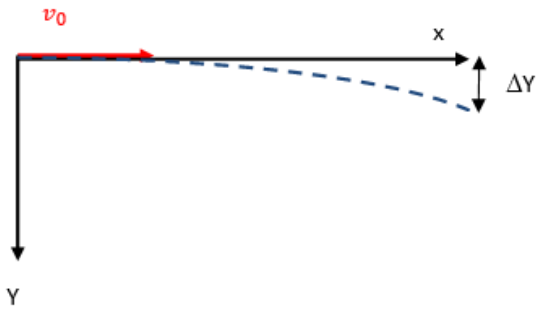
5-7-2- حالة الرمي المباشر على مسافة 5 m.

نتيجة التجارب وجدنا أن مركز دائرة التناثر مزاح بمقدار 7.5 cm عن مركز الهدف بالتالي تصبح حالة الرمي رمي مائل بزاوية مقدارها θ ولحساب الزاوية المطلوبة.



الشكل (5-14) تجربة الرمي على بعد 5m

من معادلات الحركة:



الشكل(5-15) حالة الرمي المباشر

$$x = 5\ m\ , y = 7.5\ cm$$

$$x = v_{x0}.t$$

ومنه:

$$\boxed{\boldsymbol{t} = \frac{\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{v_{x0}}}} \qquad (5\text{-}6)$$

$$y = -\frac{1}{2}\, g.t^2 + y_0.t$$

$$y_0 = 0$$

$$v_{y0} = 0$$

$$\boxed{y = -\frac{1}{2}\, g.t^2} \qquad (5\text{-}7)$$

من المعادلتين:

$$y = -\frac{1}{2}\, g.\ \frac{x^2}{v_0^2} \qquad (5-8)$$

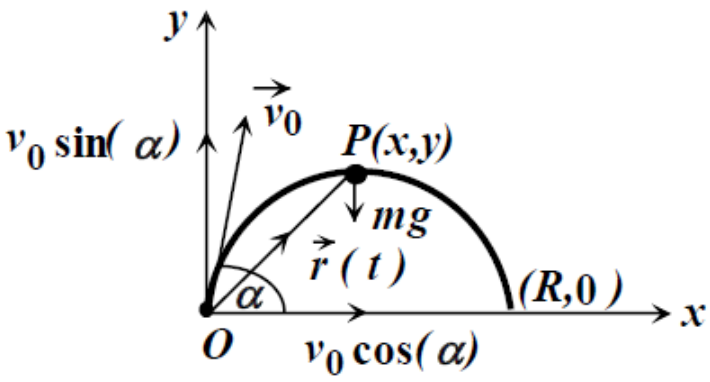
بالتعويض:

$$7.5 \times 10^{-2} = -\frac{1}{2} \times 10 \times \frac{5^2}{v_0^2}$$

$$v_0^2 = \frac{5 \times 25}{7.5 \times 10^{-2}}$$

$$\boxed{v_0 = 40.82\ m/s} \qquad (5\text{-}9)$$

باعتبار الرمي مائل تصبح معادلات الحركة:



الشكل (5–16) حالة الرمي المائل بزاوية

بإسقاط شعاع الحركة (السرعة على المحور x):

بتعويض قيمة السرعة:

$$x = v_{x0}.t$$

$$v_{x0} = v_0.\cos\theta$$

و على المحور y :

$$v_{y0} = v_0 . \sin\theta$$

$$x = v_0 . \cos\theta . t$$

$$t = \frac{x}{v_0 . \cos\theta}$$

$$y = -\frac{1}{2} g \times \frac{x^2}{v_0^2 . \cos\theta^2} + v_0 . \sin\theta \times \frac{x}{v_0 . \cos\theta}$$

بما أن $y = 0$ وباختصار v_0 , ضرب الطرفين ب $\cos\theta$ والتقسيم على x لتصبح المعادلة:

$$g . x = 2 \times v_0^2 \times \sin\theta \times \cos\theta$$

من علاقات المثلثات نعوض:

$$2 \times \sin\theta \times \cos\theta = \sin 2\theta$$

بالتالي: $\boxed{\frac{g.x}{v_0^2} = \sin 2\ \theta}$ *(5-10)*

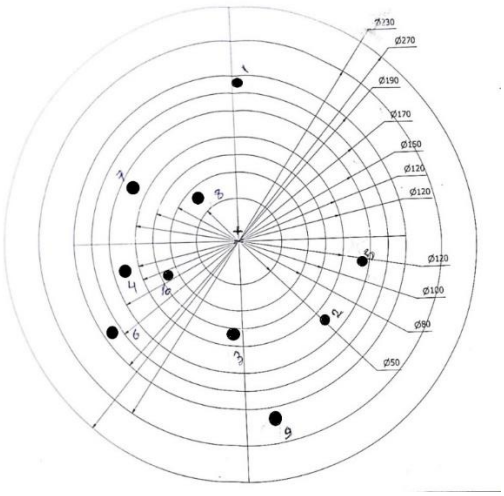
بتعويض السرعة الابتدائية تكون قيمة الزاوية θ

$$\frac{10 \times 5}{40.82^2} = \sin 2\ \theta$$

$$\boldsymbol{\theta = 0.86°}$$

5-7-3- حالة الرمي المائل على مسافة 5m

تم إعادة التجربة السابقة مع رفع زاوية منصة القاذف بمقدار θ حيث كانت النتائج كما هو مبين في الشكل:



الشكل (5-17) تجربة الرمي المائل بزاوية $\theta = 0.86°$ على بعد *5m*

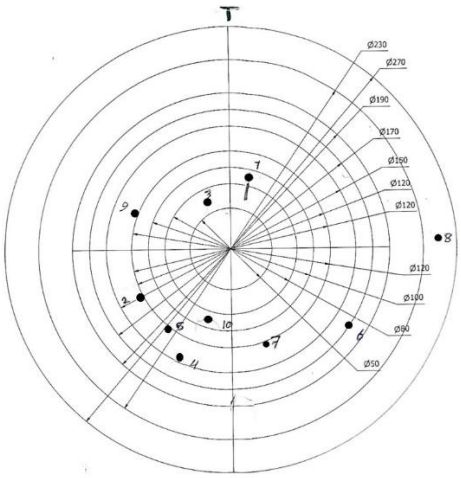
5-7-4- حالة الرمي المائل على مسافة 7.5 m

تم إعادة حساب الزاوية θ من أجل المسافة $x = 7.5$ m

فتكون θ بالتعويض بالمعادلة (5-10)

$$\theta = 1.29°$$

وعليه تكون نتائج الرمي في هذه الحالة:



الشكل (5-18) تجربة الرمي على بعد 7.5m

5-7-5- نتائج تجارب الرمي:

تلخيص نتائج التجارب في جدول الرمي والذي يضم المسافة التي تم إجراء التجربة عندها:

الجدول (5-3) توثيق نتائج تجارب الرمي

رقم التجربة	مسافة الهدف $x = m$	زاوية التسديد $\theta =^{\circ}$	نصف قطر دائرة الانتشار $y = cm$	ضغط الخرج $P = bar$	سرعة الكرة $v_0 = m/s$
1	2.5	0	5 cm	10 bar	40.82 m/s
2	5	0.86	7.5 cm		
3	7.5	1.29	7.5 cm		
4	10	1.7	7.5 cm		

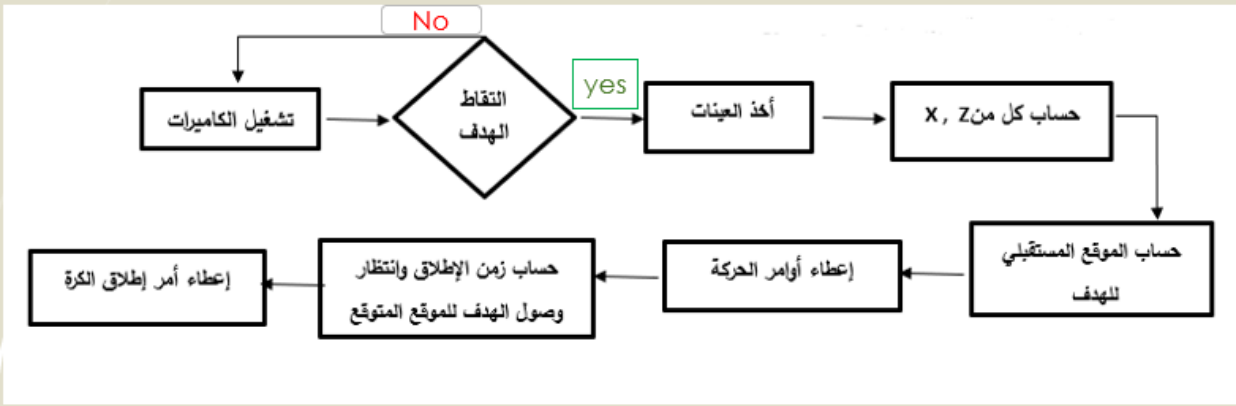
بعد الانتهاء من معرفة زاوية الرمي عند كل مسافة تم الانتقال إلى مراحل التجربة النهائية:

كشف جسم ملون متحرك بالتنظير المجسم وتتبعه وتوقع موقعه المستقبلي ورمي الكرة والتحقق من إصابة الجسم.

5-8- خوارزميات العمل المتبعة في التجربة النهائية للبحث:

تم كتابة كود برمجي ببرنامج البايثون لتحقيق الهدف المطلوب من البحث وهو تتبع جسم متحرك وإطلاق الكرة.

5-8-1- المخطط التدفقي العام للبحث:

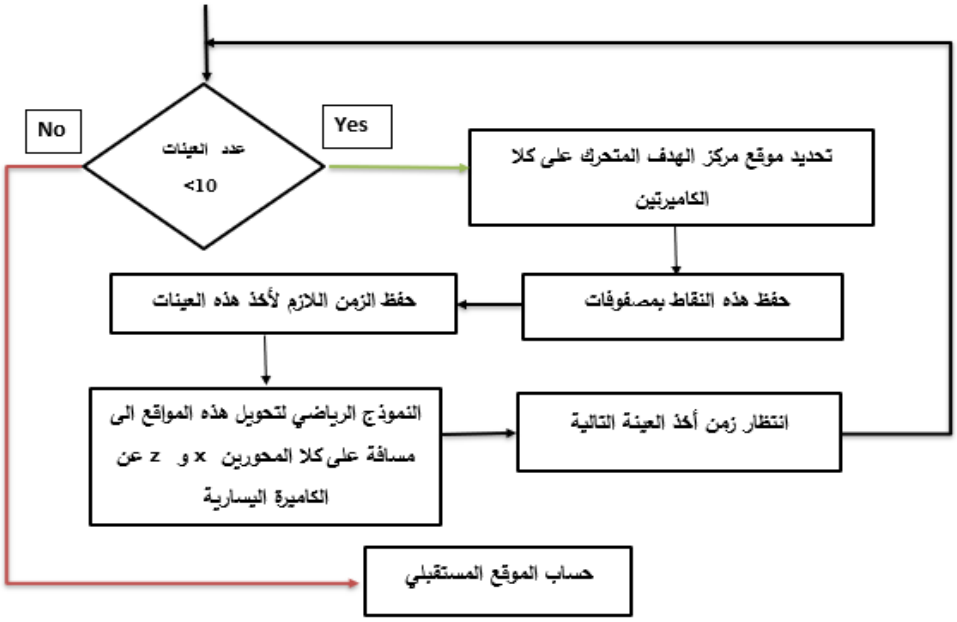


الشكل (5-19) المخطط التدفقي العام للبحث

حيث سنقدم فيما يأتي شرح عن كل مرحلة:

- تشغيل الكاميرات: يتم في هذه الخطوة اختيار الكاميرات المراد تشغيلها والتقاط الإطارات منها.
- التقاط الهدف: إن شرط التقاط الهدف المطلوب (اللون الأحمر) هو أن يكون ضمن مجال الرؤية المشترك للكاميرتين.
- مرحلة أخذ العينات: تم تحديد عدد العينات بعشر عينات لتحديد مسار الهدف، حيث كلما كان عدد العينات أكبر كان تحديد المسار أدق، ولكن بسبب معوقات إجراء التجربة كان عدد العينات (=10) كافٍ لإجراء العمليات الحسابية.

5-8-1-1- المخطط التدفقي لمرحلة اخذ العينات:



الشكل (5-20) المخطط التدفقي لمرحلة أخذ العينات

- تصميم النموذج الرياضي لتحويل هذه المواقع إلى مسافة على كلا المحورين X, Z: وذلك لحساب بعد الهدف عن الكاميرا اليسارية على المحورين x و z حسب المعادلات المذكورة سابقاً (في فقرة االرؤية الستيريوسكوبية)

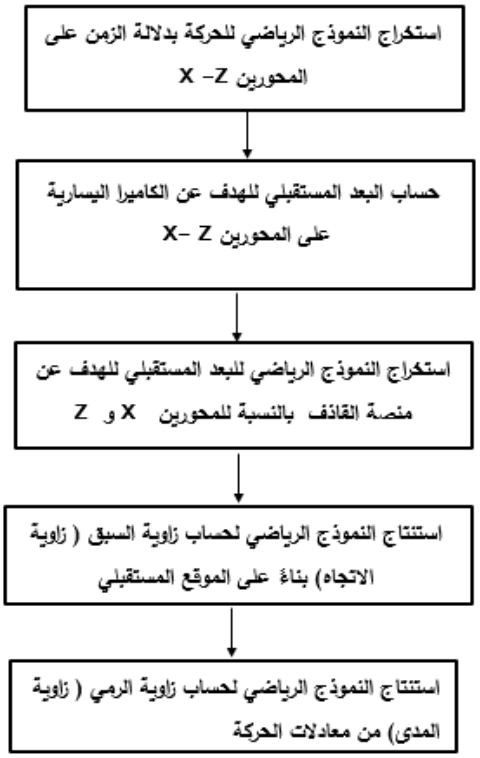
تم إلغاء البعد الثالث لتسهيل (اختصار) الحسابات، بجعل كل من منصة الكاميرتين ومنصة القاذف والجسم الهدف بارتفاع واحد.

- خوارزمية تصميم النموذج الرياضي لحساب الموقع المستقبلي:

تم الاعتماد على العينات المأخوذة والتي من خلالها تُحسب (x ,z) لكل نقطة وإدخالها في معادلتي تقريب بمعيار المربعات الأصغرية.

5-8-1-2- خوارزمية تصميم النموذج الرياضي لحساب الموقع المستقبلي للجسم المتحرك:

يبن الشكل التالي المخطط التدفقي لمرحلة تصميم النموذج الرياضي لحساب الموقع المستقبلي للجسم المتحرك:



الشكل (5-21) المخطط التدفقي لمرحلة تصميم النموذج الرياضي للموقع المستقبلي للجسم المتحرك

المعادلة على المحور x عبارة عن معادلة من الدرجة الثانية:

$$x = at^2 + bt + c$$

حيث (a ,b) ثوابت ناتجة عن التقريب.

بينما المعادلة على المحور z فهي معادلة من الدرجة الأولى:

$$z = At + B$$

حيث (A , B) ثوابت ناتجة عن التقريب.

وبتعويض زمن الإطلاق في المعادلة نحصل على موقع الهدف المستقبلي.

معادلة حساب زاوية السبق: وهي زاوية الدوران حول المحور الشاقولي:

$$pan = arc\tan\left(\frac{x+L}{z}\right) \qquad (5\text{-}11)$$

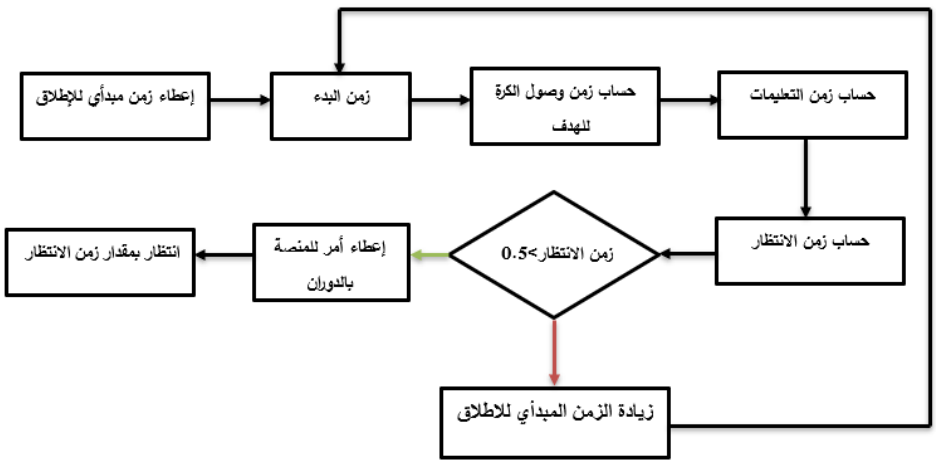
حيث $L = 30\ cm$ وهو بعد مركز الكاميرا اليسارية عن مركز أنبوبة الرمي كما ذكر سابقاً (فقرة ضبط المنصة مع الكميرا اليسارية).

بالنسبة لزاوية الرمي $Tilt$ وهي زاوية الدوران حول المحور الأفقي: وقد تم حسابها من معادلات الحركة المذكور في تجارب الرمي.

5-8-2- خوارزمية تصميم النموذج الرياضي لحساب زمن الإطلاق وانتظار وصول الهدف:

يجب أن يتم الدوران والإطلاق قبل وصول الهدف إلى الموقع المستقبلي.

يبين المخطط التدفقي التالي تصميم النموذج الرياضي لحساب زمن الإطلاق كما يتم انتظار وصول الهدف:



الشكل (5-22) المخطط التدفقي لتصميم النموذج الرياضي لحساب زمن الإطلاق

حيث:

1. إعطاء زمن مبدئي للإطلاق وتحديده ب(2 ثا) $t_{shoot} = 2 \ \ s$
2. زمن البدء starttime
3. حساب الزمن اللازم لوصول الكرة للهدف بالاعتماد على الموقع المستقبلي للهدف t_f
4. حساب زمن تنفيذ التعليمات.

$$t_{ins} = endtime - starttime$$

5. حساب زمن انتظار قبل عملية الإطلاق:

$$t_s = t_{shoot} - t_{ins} - t_f$$

6. شرط تنفيذ عملية الإطلاق:

$$t_s > 0.5$$

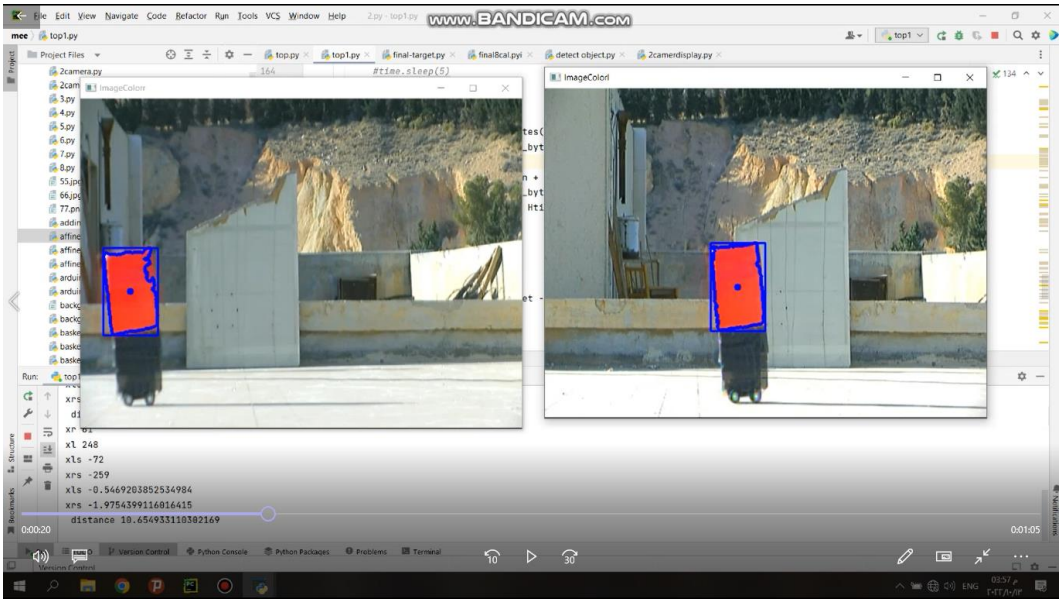
7. إعطاء امر للمنصة بالدوران بمقدار الزوايا المحسوبة.
8. انتظار بمقدار t_s.
9. إرسال أمر الإطلاق الى قاذف الكرات.
10. في حال عدم تحقق الشرط (في الخطوة 6) يتم زيادة الزمن المبدأي للإطلاق بمقدار(1 ثا) وتكرار الخطوات السابقة بدءأ من الخطوة الثانية.

5-9- التجربة النهائية ومناقشة النتائج:

أخيراً تم إجراء تجارب اكتشاف الجسم الملون (الأحمر) وتتبعه إضافة لحساب بعده عن منصة الكاميرتين ومنه بعده عن الكاميرا اليسارية، ومن ثم بعده عن المنصة الحاملة للقاذف ليأتي بعدها توقع موقعه المستقبلي بالتالي حساب زوايتي الرمي والسبق وإعطاء الأمر بالدوران والإطلاق اعتماداً على الخوارزميات المذكورة آنفاً.

تم تحقيق الإصابة لجسم متحرك أحمر أبعاده (35،84cm) وهو عبارة عن سيارة تحكم عن بعد (لعبة أطفال) على مسافة 15m، إذ كانت زاوية الرمي (زاوية المدى $Tilt = 3^{\circ}$) وزاوية السبق (زاوية الاتجاه $pan = 14^{\circ}$) بضغط هواء قدره (10 bar).

تم توثيق التجارب بمقاطع فيديو تم عرضها في سيمنارات التقدم التي جرت في جامعة دمشق – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم الطاقة الكهربائية.



الشكل(5-23) تجربة كشف وتتبع جسم متحرك (أحمر) وتحديد بعده وتوقع مساره وتحقيق الإصابة.

5-10-ملخص عن خطوات البحث وماتم إنجازه ومعوقات العمل:

5-10-1-ملخص البحث:

تم تنفيذ نموذج تطبيقي للبحث وفق الخطوات التالية:

1) تم في هذا البحث عرض طرق كشف الاجسام المتحركة في الزمن الحقيقي وتحصيل معلومات عنها من إحداثيات الموقع والمسافة إضافة لتوقع الموقع المستقبلي وحساب زاوية السبق وذلك بهدف تحقيق الإصابة.

2) تم إجراء تجارب كشف الجسم سواء كان ثابتاً أو متحركاً بواسطة كاميرا واحدة ثابتة و كاميراتين ثابتتين وتم تقدير بعده عن الكاميرا بنسبة 100% عند عدة مسافات.

3) تم إجراء تجارب رمي على الجسم الثابت وتحقيق إصابة مؤكدة بنسبة 100% وذلك عند عدة مسافات.

4) كذلك تم إجراء تجارب الرمي على الجسم المتحرك عند مسافة 15m وتم تحقيق الإصابة 50%.

5-10-2- معوقات البحث وإجراء التجارب:

تعتبر نتائج التجارب مقبولة نتيجة لوجود المعوقات التالية:

1- عدم إمكانية تصنيع أنبوبة الرمي كقطعة واحدة.

2- نصف قطر دائرة الانتثار هو 7.5 cm هو ما يشكل 20% من عرض الجسم.

3- عدم توفر مكان بمساحة مناسبة لإجراء تجربة رمي عند مسافات أبعد.

4- إضافة إلى أن المسافة المقطوعة بالهدف المتحرك (سيارة تحكم عن بعد) كانت قصيرة وهي غير كافية لدوران المنصة على محور الاتجاه أكبر من 14 درجة.

5- عدم القدرة على التحكم بسرعة الهدف المتحرك (سيارة تحكم عن بعد) لأخذ عدد عينات أكبر وبفارق زمني أكبر مما يزيد من دقة تحديد المسار واستنتاج معادلته وتوقع الموقع المستقبلي كما ذكر في الفقرات السابقة.

5-11- التوصيات والآفاق المستقبلية:

1) إجراء النمذجة الرياضية بإدخال معاملات إضافية كالرطوبة وسرعة الهواء ودرجات الحرارة.
2) اختيار هدف محدد عن طريق الشاشة من عدة اهداف موجودة في حقل الرؤية وملاحقتها وإصابتها.
3) الأخذ بعين الاعتبار البعد الثالث.
4) الأخذ بعين الاعتبار طبيعة المقذوف ووزنه.
5) التعويض عن الكاميرتين بقائس مسافة ليزري
6) استبدال المحركات الخطوية بمحركات اكثر دقة.

Reference:

[1] Himanshu Aggarwal"Study and comparison of various image edge detection techniques"International Journal of Image Processing (IJIP), Volume (3) : Issue (1)

[2] CAI-XIA DENG, GUI-BIN WANG , XIN-RUI YANG" Image Edge Detection Algorithm Based on Improved Canny Operator" Proceedings of the 2013 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Tianjin, 14-17 July, 2013.

[3] Benesova_Digital Image Processing Lecture Objects "Object tracking & Motion detection in video sequences.

[4] HARRIS GEORGIO- SOPHIA KARAGIORGOU- YANNIS KONTOULIS- NIKOS PELEKIS- PETROS PETROU- DAVID SCARLATTI-YANNIS THEODORIDIS," Moving Objects Analytics: Survey on Future Location & Trajectory Prediction Methods"

[5] Sunanda R. Hanchinamania , Sayantam Sarkarb,*, Satish S Bhairannawarc" Design and Implementation of High Speed Background Subtraction Algorithm for Moving Object Detection" 6th International Conference On Advances In Computing & Communications, ICACC 2016, 6-8 September 2016, Cochin, India

[6] Gowher Shafi" Object Tracking Using HSV Values and OpenCV" IJRASET39238, **ISSN :** 2321-9653-2021

[7] Manaf A. Mahammed1, Amera I. Melhum2, Faris A. Kochery " Object Distance Measurement by Stereo VISION" International Journal of Science and Applied Information Technology (IJSAIT), Vol.2 , No.2, Pages : 05-08 (2013)

[8] Jernej Mrovlje, Damir Vrancic "Distance measuring based on stereoscopic pictures" 9th International PhD Workshop on Systems and Control: Young Generation Viewpoint 1. - 3. October 2008, Izola, Slovenia

[9] Sidra Mehtabو Jaydip Sen" Object Detection and Tracking Using OpenCV in Python.

[10] Parekh, Kayton B., "A Computer Vision Application to Accurately Estimate Object Distance" (2010).Mathematics, Statistics, and Computer Science Honors Projects. Paper 18

[11] Yihui Fan, Xingyan Zheng , Bin Ye, Yuzhe Yang and Da Zhao "Multi-Identification and Motion Control of a Two-Axis Pan- Tilt Platform" Journal of Physics: Conf. Series 1267 (2019) 012086

[12] Yang Chen, Hairong Chu, Tingting Sun, Lihong Guo, Feng Zhang " Two-axis gimbal platform controller design in finite time application occasions: LMI approach" Optik - International Journal for Light and Electron Optics- 2017

[13] Muhammad Kashif, Muhammad Arslan, Rocky Chakma, Farhad Abdullah Al Mamun, Ganantu Lal Chakma " Design and Implementation of Image Capture Sentry Gun Robot" Atish Dipankar University of Science & Technology, Bangladesh - EECR 2018

[14] Aswin Jhonty, Dhanasekaran, Dinesh Kumar, Kavin Kumar, Ravindran "Autonomous Detection and Shooting of Moving Objects at Borders With Arduino and Stepper motors" International Journal of Recent Trends in Engineering & Research (IJRTER) Conference on Electronics, Information and Communication Systems (CELICS'18) Special Issue; March - 2018 [ISSN: 2455-1457]

[15] Benetta Aranjo, Prashant Kumar Soori, and Puja Talukder " Stepper Motor Drives for Robotic Applications" -2012 IEEE International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2012), Melaka, Malaysia: 6-7 June 2012

[16] Nitin Dongre, Bharat khurana, Dr. Sanjay Ikhar "Innovation in Ball Throwing machine" - International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 6.887 Volume 6 Issue III, March 2018- Available at www.ijraset.com - March 2018

[17] R.HARI SUDHAN-M.GANESH KUMAR- A.UDHAYA PRAKASH-S.ANU ROOPA DEVI- P. SATHIYA. "ARDUINO ATMEGA-328 MICROCONTROLLE". TERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH IN ELECTRICAL, ELECTRONICS, INSTRUMENTATION AND CONTROL ENGINEERING Vol. 3, Issue 4, April 2015

[18] Neil Cameron-"Arduino Applied Comprehensive Projects for Everyday Electronic" ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-3959-9 ISBN-13 (electronic): 978-1-4842-3960-5 https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3960-5 Library of Congress Control Number: 2018965611

[20] كتاب أردوينو ببساطة .

Abstract:

This work is summarized in the design and implementation of an automatic robot that throws balls at moving objects, this robot is driven by stepper motors and controlled by microcontrollers (Arduino).

In order to complete this work, it was necessary to review some Arab and foreign studies that concern of this work and to take some ideas. So that lead up to use the specification of visual cameras as a method of measuring the distance between the object and the camera, which based on proceeding image applications to separating the target from its surroundings.to obtain the desired results. As a result of the studies, we found that there is an open source library that contains applications to achieve this goal.

This library deals with the Python programming language, which works in a real-time environment, so algorithms are designed to measuring distance of the target, tracking it, saving location during successive times, and building its path, then using this path to predict the future location.

After knowing the future location of the body, the stage of controlling the pan tilt platform that carries the manually fed glass ball compressed air launcher starts.

An electronic board was designed and implemented to read the encoders and to drive the motors. An Arduino card is used to controlling stepper motors because of its capabilities that perform the required task.

Keywords: detecting an object, stereoscopic vision, Python and open cv, the future location of a moving object

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Mechanical & Electrical Engineering
Electrical Power Engineering Department
Master Of Electrical Power System

Design and Implementation of an Automated Robot for Ball Launching using Stepper Motors

A study prepared for obtaining a master's degree in electrical power systems engineering

By: Eng. Dina Abo Turab

Supervised by:

Dr. Eng. Mustfa Al Hazzori **Dr. Eng. Anas Wappy**

Damascus 2023