



الجمهورية العربية السورية  
جامعة المنارة  
كلية الهندسة  
قسم هندسة الميكاترونكس

---

استخدام تقنيات معالجة الصورة وروبوت الكابل في فرز  
أشكال

---

## إعداد الطلاب

كرم بهاء الدين عمار      علي رامز ديك      عبد الرحمن بدر زيني

## إشراف

د. ایاد حاتم      م. عدي ناصر

العام

الدراسي

**2021-2020**

تصادق لجنة الحكم بعد قراءتها ومناقشتها للمشروع، أن  
المشروع ملائم من حيث النوعية والأهمية ليكون بحثاً  
**مشروع الفصل**

We exam committee, certify that we have read this  
project and that in our opinion it is fully adequate, in  
scope and quality, as dissertation for final project

Exam committee	التوقيع	أسماء لجنة الحكم
<i>Prof. Alaa Eldin Husam Eldin</i>		أ.د. علاء الدين حسام الدين
<i>Prof.Ramez Koudsieh</i>		أ.د. رامز قدسية
<i>prof.Bassam Atieh</i>		أ.د. بسام عطية
<i>D.Hassan Alahmad</i>		د. حسن الأحمد

## الشكرا و العرفان

## الإهداء

## الفهرس

II.....	الشكر والعرفان.....
III.....	الإهداء .....
IV.....	الفهرس .....
VII.....	فهرس الجداول.....
VII.....	فهرس الأشكال .....
1 .....	المقدمة.....
1 .....	الهدف من المشروع .....
2 .....	-1 الفصل الأول الصورة الرقمية ومعالجتها.....
2 .....	1-1. الصورة الرقمية.....
4 .....	1-1-1. أنواع الصور الرقمية.....
7 .....	1-1-2. أنواع الملفات الشائعة للصور الرقمية.....
10.....	1-2. معالجة الصورة .....
11 .....	1-2-1. أساسيات المعالجة الرقمية للصور .....
13 .....	1-2-2. تطبيقات معالجة الصورة.....
13.....	1-3. التعرف على الأنماط.....
14 .....	1-3-1. الخطوات العامة لنظام التعرف على الأنماط.....
16 .....	1-3-2. طرق التعرف على الأنماط .....
18 .....	1-3-3. تطبيقات التعرف على الأنماط .....
19.....	5-1. دراسات سابقة .....
21.....	6.1 مقارنة بين cable robot & planner robot .....

22.....	<b>الفصل الثاني المتحكمات الدقيقة.....</b>	-2
	22. مقدمة	1-2
23.....	2-2. تعريف المتحكمات الدقيقة.....	
25.....	3-2. أنواع المتحكمات الدقيقة .....	
	4-2. الأردوينو	26
27 .....	4-1-4-2 - ميزات الأردوينو.....	
28 .....	4-2-2 - أنواع الأردوينو.....	
30.....	3- الفصل الثالث الجانب التصميمي .....	
30.....	3-1. الأردوينو أونو .....	
32.....	3-2. محرك سيرفو SG90 .....	
34.....	3-3. محرك تيار مستمر DC Motor .....	
35 .....	3-1-3-3 . مكونات المحرك المستمر.....	
36 .....	3-2-3-3 . مبدأ عمل المحرك المستمر .....	
36.....	3-4. موديول قيادة محركات L298N .....	
37 .....	مبدأ التحكم.....	
38.....	3- 15 دارة قيادة المحرك المستخدمة (sabertooth 2×12) .....	
39.....	3-6. حساس IR .....	
42.....	4- الفصل الرابع الجانب العملي.....	
47.....	4-2-4. الجزء البرمجي للمشروع .....	
47 .....	4-2-4-1. برمجة الأردوينو .....	

49.....	النتائج.....
50.....	المراجع.....

## فهرس الجداول

الجدول 1-1. أنواع اللواحق للصور. 7

## فهرس الأشكال

الشكل 1—1. بنية الصورة الرقمية. 2

الشكل 1—2. مجال الطيف الكهرومغناطيسي. 3

الشكل 1—3. الصورة الثانية. 4

الشكل 1—4. الصورة ذات التدرج الرمادي. 5

الشكل 1—5. الصورة الملونة. 6

الشكل 1—6. صورة JPEG محفوظة في جودة عالية لليسار وفي جودة منخفضة لليمين. 9

الشكل 1—7. العمليات على الصورة. 12

الشكل 1—8. الفرق بين معالجة الصورة والتعرف على الانماط. 14

الشكل 1—9. مراحل تميز الانماط. 14

الشكل 1—10. المخطط الهيكلي لنظام فرز الكائنات. 20

ذراع	11-1	الشكل
21.....		روبوت.....
روبوت	12-1	الشكل
21.....		الكابل.....
<b>26 .....</b>	<b>الشكل 2—1. بعض أنواع المحكمات الدقيقة .....</b>	
<b>28 .....</b>	<b>الشكل 2—2. أردوينو أونو .....</b>	
<b>29 .....</b>	<b>الشكل 2—3. أردوينو نانو.....</b>	
<b>30 .....</b>	<b>الشكل 3—1. الأردوينو أونو ومداخله.....</b>	
<b>33 .....</b>	<b>الشكل 3—2. محرك Servo SG 90 .....</b>	
<b>35 .....</b>	<b>الشكل 3—3. أجزاء محرك التيار المستمر.....</b>	
<b>37 .....</b>	<b>الشكل 3—4. دارة قيادة L298 module .....</b>	
<b>38 .....</b>	<b>الشكل 3—5. أطراف L298n .....</b>	
saber	التحكم	دارة
		الشكل 6-3
39.....		tooth
حساس	7-3مكونات	الشكل
41.....		IR

الشكل	8-3	توصيل	حساس	IR	مع	الاردوينو
أونو.....	41.....					

الشكل 4—1. بعض أجزاء النموذج مصنوعة من البليكسي. .... 43 .....

الشكل 4—2. تركيب السيور على النموذج. .... 44 .....

الشكل 4—3. محرك السيرفو في الحجره المجهزه على روبوت الكابل. .... 45 .....

الشكل 4—4. خط السير و معالجه الصورة. .... 46 .....

الشكل 4—5. بيئه تطوير الاردوينو IDE.... 48 .....

## المقدمة

فرز الألوان هو ببساطة فرز الأشياء حسب لونها. يمكن القيام بذلك بسهولة من خلال الرؤية، ولكن عندما يكون هناك الكثير من الأشياء التي يجب فرزها، فإن آلات فرز الألوان الآلية تكون مفيدة للغاية.

تعتمد معظم هذه الآلات على مبدأ معالجة الصور الرقمية وبالتالي تمييز الألوان، ويمكن التقاط الأشياء ووضعها في المكان المناسب بواسطة محرك سيرفو.

يمكن استخدام هذه الآلات في تطبيقات مختلفة حيث يكون تحديد اللون وتمييزه وفرزه أمراً مهماً، بعض مجالات التطبيق تشمل الصناعة الزراعية (كفرز الحبوب على أساس اللون)، صناعة الأغذية، إعادة التدوير وغيرها من الاستخدامات، كذلك لا تقتصر التطبيقات على هذه الأمثلة حيث يمكن تطبيقها على صناعات مختلفة.

## الهدف من المشروع

يهدف مشروعنا هذا إلى تصميم خط سيور يقوم بفرز المنتجات بناء على شكلها، حيث يقوم محرك تيار مستمر بتحريك السيور الذي يحمل المنتجات "علب"، ويعمل محرك سيرفو على تنظيم المسافة بين العلب اعتماداً على قراءة حساسات IR.

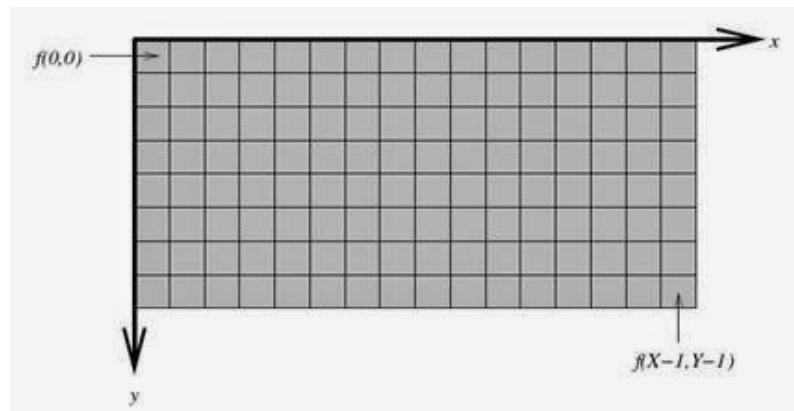
تقوم كاميرا الهاتف الذكي أو كاميرا ويب بتصوير العلب وإرسال الصور إلى برنامج الماتلاب الذي يقوم بدوره بمعالجة الصورة وتحديد شكلها ، وبناء على ذلك يتم فرزها باستخدام روبوت الكابل

## الفصل الأول

### الصورة الرقمية ومعالجتها

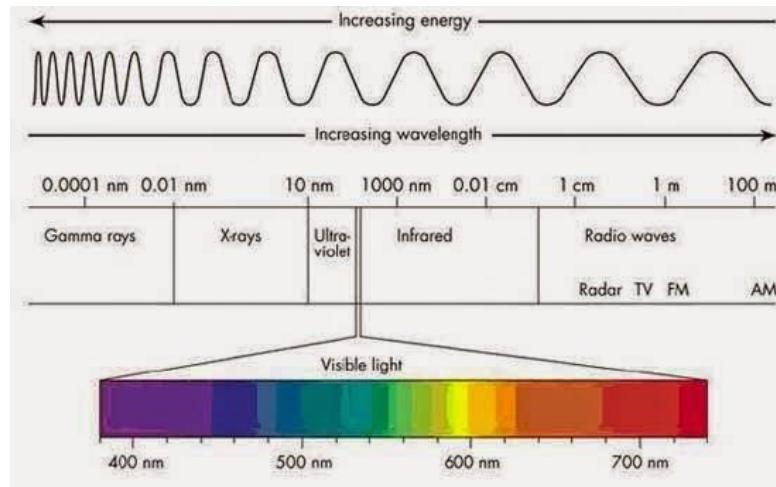
#### ١-١. الصورة الرقمية

هي تمثيل للصور ثنائية الأبعاد على الحاسوب بواسطة الصفر والواحد (0 - 1). وت تكون كل صورة رقمية على الكمبيوتر من البيكسل وهو أصغر وحدة في الصورة. كل صورة هي مصفوفة تحتوي على صفوف وأعمدة من البيكسلات، كما هو موضح في الشكل (1-1)، وكلما زادت عدد البيكسلات كلما كانت الصورة أوضحت.



الشكل 1—1. بنية الصورة الرقمية.

يتم تجهيز الصورة الرقمية ومعالجتها وفق كمبيوتر رقمي، ولكن خلافاً للبشر الذين تقتصر الرؤية عندهم على الطيف الكهرومغناطيسي فإن آلات التصوير تشمل كامل الطيف من غاما إلى радиوية، ويوضح مجال الطيف الكهرومغناطيسي الشكل (1-2).



الشكل 1—2. مجال الطيف الكهرومغناطيسي.

علمًا أنه لا توجد حدود واضحة في مستويات معالجة الصور، إلا أنه يمكن تصنيف هذا المجال إلى ثلاثة مستويات:

1-المستوى المنخفض low level: يتم في هذا المستوى العمل على مستوى البكسل، حيث يتم تقليل الضجيج ويعتمد على الدخل والخرج.

2- المستوى المتوسط middle level: يتم في هذا المستوى تقسيم الصورة ووصف مكوناتها لجعلها مناسبة للتعامل مع الكمبيوتر، ويكون الدخل صورة أما الخرج سمات مستخرجة من الصورة (حواف ومعالم و هوية مكونات).

3-المستوى المرتفع high level: يتم تحليل الصورة والحصول على النتائج المرجوة مثل التعرف على خط.

- إن الاهتمام بموضوع المعالجة الرقمية للصور ينبع من مجالين أساسين، هما:

- ✓ تحسين المعلومات المضورة لتسهيل تفسيرها وفهمها للبشر.
- ✓ معالجة بيانات الصورة لأغراض: التخزين على وسائل مختلفة، إرسال الصورة من مكان آخر بأقل عرض نطاق ممكن، الإدراك الآلي للصورة ومحتوياتها بدون مساعدة بشرية...).

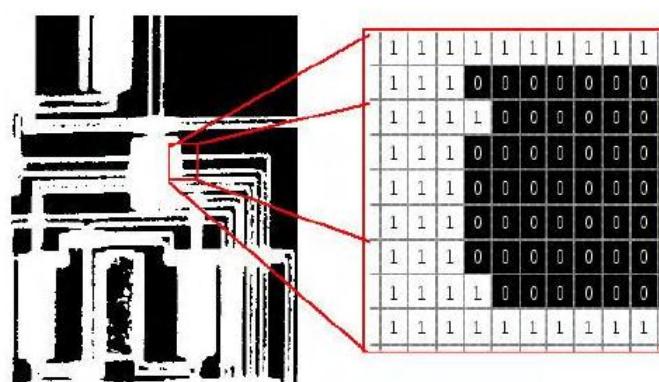
### ١-١-١. أنواع الصور الرقمية

يتم تقسيم الصور الرقمية:

#### ١-١-١-١. حسب اللون إلى:

صورة ثنائية Binary Image: وهي الصورة التي تحتوى على اللونين الأبيض والأسود

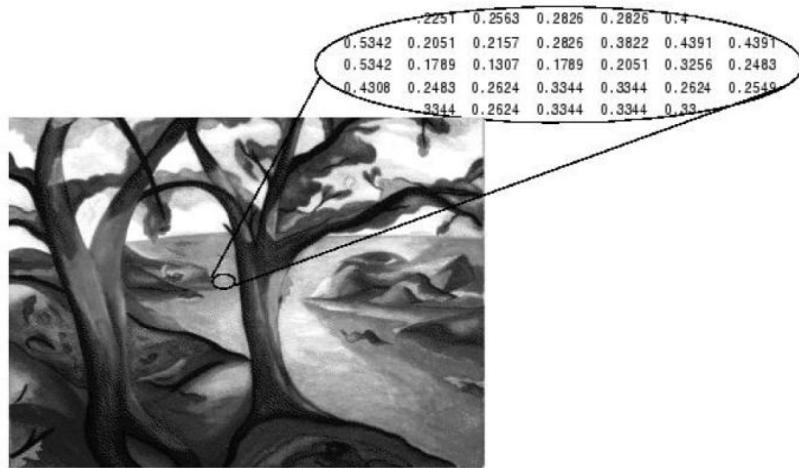
فقط وتحمل كل بيكل كل بيكل بها إما الصفر أو الواحد، نلاحظ كما هو موضح بالشكل (3-1) أنه عند اللون أبيض يأخذ البيكسل القيمة (1) وعند اللون الأسود يأخذ القيمة (0).



الشكل ١—٣. الصورة الثنائية.

صورة مترجدة الرمادي Gray scale Image: وهي الصورة التي تحتوى الأبيض والأسود مع تدرجات الرمادي، وتمثل شدتها بأرقام من 0 إلى 255، حيث يمثل الواحد اللون الأبيض والشدة عندما تكون 255 فإن اللون لهذه البيكسل يكون أسود، وعند تمثيل هذه الصورة على الكمبيوتر تمثل عن طريق أعمدة متساوية وصفوف متساوية من البيكسلات كل بيكسل بها 8 بيت تحديد الشدة من 0 إلى 255.

أي أنها تمثل بمصفوفة ذات بعدين حجمها  $m \times n$  و عناصرها من نوع double وتقع ضمن المجال [0, 1] كما هو موضح في الشكل (4-1).



الشكل 1—4. الصورة ذات التدرج الرمادي.

الصور الملونة Color Image: هي الصور الرقمية التي تدعم الألوان عن طريق تخصيص ثلاثة خانات بكل بيكسل لتحديد شدة الألوان الثلاثة الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق)، وكل خانة تحتوي 8 بيت للكتابة عليها. مثلاً شدة الأخضر قد تكون 00100000 أي أن هناك 24 بيت بكل بيكسل، كما في الشكل (5-1) الذي يوضح القيم التي تأخذها البيكسلات في حالة الصورة الملونة.



الشكل 1—5. الصورة الملونة.

يوجد طرق أخرى لتمثيل الصور، مثل أن يتم تمثيل الصورة كدالة  $f(x, y, \dots)$  وطرق أخرى، وتعرض الصور الرقمية عن طريق الملفات **W**.GIF, Bmp, JPEG, PNG, RAW

### 2-1-1-1 . حسب التخزين

8 bit : ويتم فيها تقسيم كل بكسل إلى 8 برات وبالتالي يكون عدد الألوان  $(8^8)$  فينتاج

لون 256.

16 bit : أيضاً تقسم البيكسلات بالشكل السابق فيكون  $2^{16} = 65536$  لون.

32 bit : أيضاً تقسم البيكسلات بالشكل السابق فيكون  $2^{32} = 4294967296$  لون.

وبالتالي كلما زاد عدد البتات كلما زادت دقة اللون أي زيادة بعدد التدرجات اللونية لكل لون.

### 3-1-1-1 . حسب اللاحقة

يمكن رؤية الأنواع الموضحة في الجدول (1-1) من الصور في Image Viewer.

الجدول 1-1. أنواع اللواحق للصور.

Extension	File Type
.jpg , .jpeg	Joint Photographic Experts Group (JPEG )
.tiff , .tif	Tagged Image File Format (TIFF)
.png	Portable Network Graphics (PNG)
.gif	Graphics Interchange Format (GIF)
Dip , .bmp.	صورة نقطية
.wdp بتنسيق	صورة عالية الجودة

### 1-1-2. أنواع الملفات الشائعة للصور الرقمية

يعد نوع الملف طريقة قياسية لتخزين المعلومات في الكمبيوتر حتى يمكن قراءتها وعرضها بواسطة برنامج، ويمكن استكشاف نوع الملف عن طريق النظر إلى آخر ثلاثة أحرف من اسم الملف. يتم الإشارة إلى هذه الأحرف كملحق اسم الملف.

تستخدم البرامج المختلفة ملحقات مختلفة عند حفظ ملفات، تتضمن أنواع ملفات الرسومات الشائعة تنسيقات JPEG (.jpg), TIFF (.tif) ، وفي بعض الأحيان صورة نقطية بتنسيق (.bmp). بالإضافة إلى ذلك، بعض الكاميرات الرقمية يمكنها حفظ الصور في تنسيق

RAW الذي يكون غير مضغوط ولا يكون به أي تأثيرات تم تطبيقها مثل موازنة اللون الأبيض أو التصفية الحادة.

توجد أنواع عديدة من تنسيقات ملفات الصور RAW التي يمكن أن تختلف حسب الشركة المصنعة للكاميرا، وعادةً ما يكون لملفات الصور RAW أعلى جودة لتنسيقات ملفات الصور ومن الممكن فتحها وتحريرها في العديد من برامج الصور المختلفة.

### ما نوع الملف الذي يجب أن استخدمه؟

في أغلب الأحيان يكون JPEG (.jpg) أفضل أنواع الملفات، نظراً لأنه ينشئ صوراً عالية الجودة ذات أحجام ملفات صغيرة عن طريق ضغط البيانات، وهو ملائم لتخزين الصور ومشاركتها. إذا كنت تحتاج إلى مستوى عالٍ جداً من الجودة المرئية (على سبيل المثال، إذا كنت تقوم بطباعة صور كبيرة بحجم 8\*10 إنش ينبغي حفظ الصورة بتنسيق TIFF (.tif) أو RAW أو حفظ صورة JPEG في أقل مستوى ضغط متوفّر.

### JPEG مزايا

- يمكن لغالبية البرامج عرض ملفات JPEG وفتحها وحفظها.
- تعد ملفات JPEG ملائمة للبريد الإلكتروني نظراً الصغر حجم ملفاتها.
- نظراً لأنه يمكنك تغيير مقدار الضغط المستخدم لحفظ ملف JPEG يمكنك التحكم في حجم الملف وجودة الصورة.

### JPEG عيوب

- تقوم ملفات JPEG بضغط الصور تلقائياً عند حفظها، و هذا يقلل من الجودة المرئية بمقدار قليل، أي أنه عند استخدام مستوى عال من الضغط فمن الممكن أن تصبح جودة الصورة رديئة.
- تعد صور JPEG نسخة غير تامة من الصورة الأصلية المعروضة في محدد منظر الكاميرا، إذا التقى الصور في مستوى الجودة الفائقه للكاميرا يصبح من الصعب تمييز الفارق بينهما، على الرغم من ذلك في كل مرة يتم فيها إعادة حفظ صور في تنسيق ملف JPEG تقصى جودة الصورة قليلاً كما لو أنه يتم نسخ نسخة من نسخة. يعتمد مقدار الجودة الذي يتم فقدانه على مقدار ضغط الصورة. يكون عادةً من الصعب ملاحظة هذا النقص في الجودة، ولكن إذا تم القيام بتغيرات بشكل متكرر في نفس الصورة وتم حفظها في مستوى جودة منخفض الشكل (6-1) فقد نلاحظ تدريجياً فقداً في حدة اللون ودقته.



الشكل 1—6. صورة JPEG محفوظة في جودة عالية لليسار وفي جودة منخفضة لليمين.

## ٢-١. معالجة الصورة

يمكن للبعض أن يتصور أن المعالجة الرقمية للصور تعني فقط عمليات تزيين الصور وإدخال بعض الزخارف والرسوم عليها أو حذفها لتظهر بعد ذلك في مظهر آخر يختلف عن الأصل، إلا أن المعالجة الرقمية للصور تتعدى ذلك بل إنها في الحقيقة تكاد لا تهتم بهذا الجانب من معالجة الصور أصلاً. حيث أنه يتم هنا التركيز على التشفير الرقمي المناسب للصور وإيجاد طرائق معالجة هذه البيانات الرقمية حتى تكون هذه الصور أو المعلومات التي تحملها الصور قابلة للاستعمال من قبل الآلة التي يمكن أن تكون جهاز حاسوب أو رجل آلي أو غيره من الماكينات.

تكتسي المعالجة الرقمية للصور أهمية كبيرة في ميدان إدراك الصور، أي عندما نحاول مثلاً أن نجعل الحاسوب أو الرجل الآلي يفهم الصورة أو معناها، كما أنها أيضاً مهمة جداً في ميدان التعرف على الأنماط أو الأشكال. فيمكن مثلاً أن تصور إنسان آلي يتعرف على شكل الإنسان (مثلاً الإنسان يساوي مستطيل كبير يتفرع منه أربع مستطيلات صغيرة دائرة) ويقوم بتحيته، في حين أنه لا يحيي القطة المنزلية مثلاً، كما أن للتعرف على الأنماط أهمية كبيرة في المعالجة الآلية للصور التي تلتقطها المكوكات لسطح الأرض، وهذا استعمال عسكري، كما أنها مهمة أيضاً في الملاحة اعتماداً على خرائط أو صور من الأرض.

معالجة الصورة (image processing) هي أحد فروع علم الحاسوب والمعلوماتية، تهتم بإجراء عمليات على الصور بهدف تحسينها طبقاً لمعايير محددة أو استخلاص بعض المعلومات منها.

يتكون نظام معالجة الصور التقليدي من ستة مراحل متتالية، وهي على الترتيب:

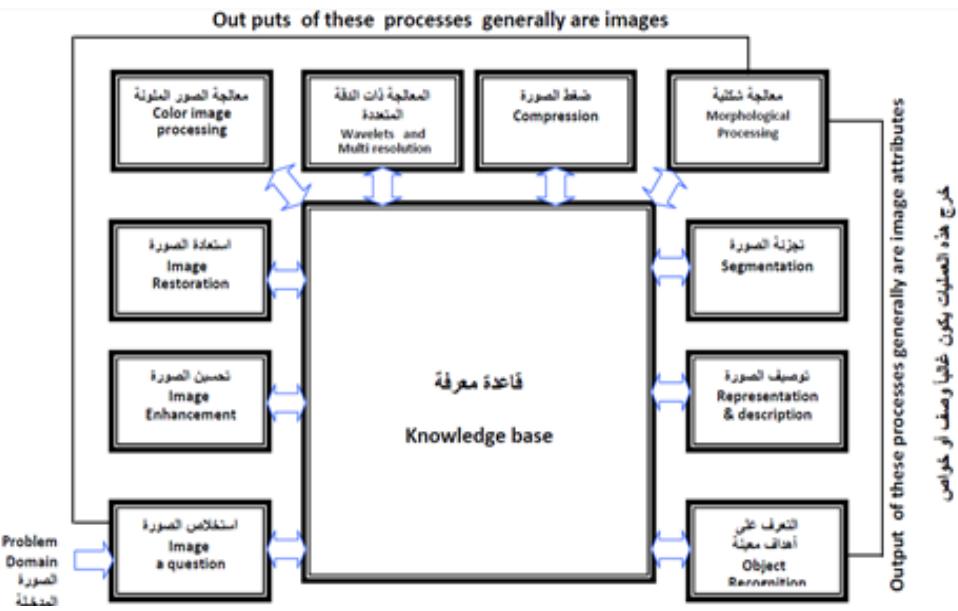
1. التقاط الصورة (image acquisition): بواسطة حساس ضوئي (على سبيل المثال آلة تصوير، حساس ليزر وغير ذلك).
2. المعالجة المبدئية (pre-processing): كتصفية الصورة من التشويش أو تحويلها إلى صورة ثنائية.
3. تقطيع الصورة (segmentation): لفصل المعلومات المهمة (على سبيل المثال أي جسم في الصورة) عن الخلفية.
4. استخلاص المميزات (features extraction) أو الصفات.
5. تصنيف المميزات (classification) وربطها بالنمط الذي تعود إليه والتعرف على الأنماط.
6. فهم الصورة (image understanding).

تستخدم نظم معالجة الصورة في الكثير من التطبيقات ولا سيما تطبيقات التحكم الآلي، الإنسان الآلي، الرؤية الحاسوبية وغيرها..

المعالجة الخطية للملف: حيث تعامل الصورة كإشارة ويتم تطبيق طرائق المعالجة الرقمية للإشارة عليها.

## 1-2-1. أساسيات المعالجة الرقمية للصور

لا تقتصر هذه العمليات على تلك التي يكون دخلها وخرجها صورة، بل تمتد إلى تلك التي يكون دخلها صورة وخرجها خصائص وسمات مستخرجة من الصورة. هذه العمليات موضحة بالشكل (7-1).



الشكل 1—7. العمليات على الصورة.

#### 1-1-2-1. تحسين الصورة (Image Enhancement)

هناك العديد من الخوارزميات لتحسين الصور حسب الغرض المراد، فمن الأغراض المهمة ترقية الصورة من التشويش، والذي ينتج لعدة أسباب كحساس الكاميرا أو أثناء نقل وتخزين الصور، وكذلك يتم تحسين الصورة بتقليل أو إزالة الضبابية من الصورة. من الأمور المهمة قبل معالجة الصورة تصحيح وإعادة توزيع الألوان والإضاءة، ويتم ذلك بعدة طرق حسب الحاجة، كتوزيع درجات الألوان بالتساوي أو زيادة أو تقليل التباين والسطوع.

#### 1-1-2-2. ضغط الصورة (Compression Image)

يهتم ضغط الصورة بالخوارزميات التي تقلل كمية البيانات الازمة لتمثيل الصورة بغرض تقليل حجمها التخزيني. ضغط الصور مهم جداً، فبدونه سيكون من الصعب مشاركة الصور من خلال الإنترنط وستشغل الصور مساحات ضخمة من القرص الصلب.

### **3-1-2-1. تقسيم الصورة (Segmentation Image)**

يعتبر التقسيم الآلي للصورة من المجالات المهمة في معالجة الصور، والمقصود بتقسيم الصورة فصل العناصر المميزة في الصورة عن العناصر الأخرى. ويمكن عمل ذلك بعدة طرق كاكتشاف الحواف المميزة أو الأجزاء المتجانسة لوناً أو نقشاً أو حسب معلومات مسبقة عن العنصر المراد. بعد فصل هذه العناصر المميزة نستطيع إجراء العديد من العمليات كالتعرف عليها أو قياس حجمها.

### **1-2-2. تطبيقات معالجة الصورة**

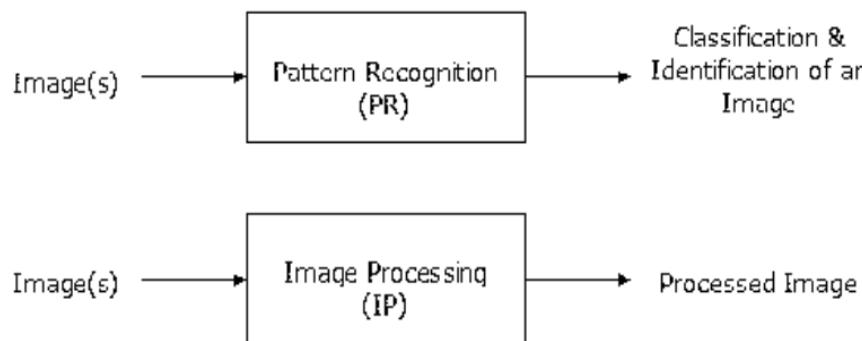
التعرف على أنماط أو أجسام ضمن الملف:

مثلاً تعرف أماكن وجود الوجوه البشرية (إن وجدت) في صورة ما، أو تحسس وجود أورام في صورة شعاعية مطابقة عدة صور ملقطة لمكان ما بهدف تكون صورة واحدة كبيرة لهذا المكان (بانوراما).

### **1-3. التعرف على الأنماط**

يعتبر علم التعرف على الأنماط أحد فروع الذكاء الصناعي الذي يهدف إلى إيجاد وتطوير تقنيات التعرف على الأنماط (Pattern) أو هياكل (Structure) محددة تم تصنيفها وفق مجموعات تسمى بالأصناف (Classes)، يمكن للنمط أن يكون صورة أو مقطع صوتي أو إضاءة....الخ.

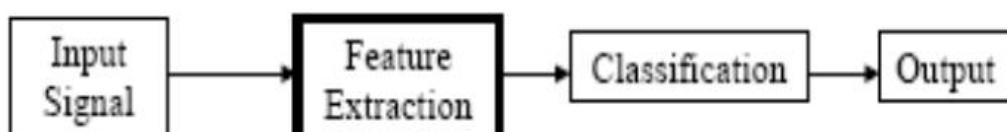
كثيراً ما يحدث التباس ما بين التعرف على الأنماط و معالجة الصورة، الشكل (1-8) يوضح الفرق بينهما. حيث يمكن تعريف تميز الأنماط بأنه تصنيف بيانات الادخال إلى أصناف تحدد هويتها عن طريق استخلاص الخواص والمعالم أو الهيئات المهمة للبيانات، بمعنى أي برنامج لتميز الأنماط يعامل الصورة فيعطي تصنيفاً أو تعريفاً للصورة، وأي برنامج للعمليات على الصورة فيعطي صورة بعد تطبيق العمليات عليها.



الشكل 1—8. الفرق بين معالجة الصورة والتعرف على الأنماط.

### 1-3-1. الخطوات العامة لنظام التعرف على الأنماط

يتكون نظام التعرف على الأنماط من أربع مراحل موضحة بالشكل (1-9)، وفيما يلي توضيح لهذه المراحل:



الشكل 1—9. مراحل تميز الأنماط.

### **(1-3-1). المعالجة الأولية (pre-processing)**

يتم في هذه المرحلة تهيئة النمط للمراحل التالية، وذلك بعمل بعض من عمليات المعالجة بغرض التحسين، ويتم إزالة التشويش (Noise Removal) من النمط وتبسيطه بهدف تقليل كمية البيانات المعالجة.

### **(1-3-2). استخلاص الخصائص المميزة (Features Extraction)**

في هذه المرحلة يتم إيجاد أفضل مجموعة من صفات وخصائص النمط التي تساعد في عملية التصنيف، فمثلاً: توجد حروف في اللغة العربية نهائية بمعنى (لا تتصل بحرف بعدها)، ومن أمثلتها (و، ز، ر، د)، وعند الحصول على الحرف من صفاتة المميزة يمكن أن يتم تضمينه مع المجموعة المناسبة له.

### **(1-2-1). التصنيف (Classification)**

ندخل الخصائص المميزة في شكل مصفوفة خصائص (Feature Vector)، ومن ثم نحدد نوع النمط الذي ينتمي له الـ Vector، ومن ثم نستخدم التقنيات الموجودة بالتصنيف. يتم التعلم عن طريق عرض مجموعة من الأنماط على المصنف، وتنتمي هذه العملية إما بواسطة معلم (تصنيف مراقب) أو غير معلم (تصنيف غير مراقب).

### **(1-3-4). مرحلة ما بعد المعالجة (Post Processing)**

نقوم بتحويل خرج النظام إلى شكل يمكن التعامل معه ومحاولة معالجة الأخطاء الملاحظة بهدف تحسين الدقة العامة للنظام، مثلاً: تمرير الكلمات المخرجة على معجم أو الحصول على خطأ معين للكلمة بشكل ثابت.

## 1-3-2. طرق التعرف على الأنماط

هناك أربع طرق أساسية مستخدمة في التعرف على الأنماط:

### 1-3-1. طريقة مطابقة القوالب (Template Matching and Correlation)

(Method)

تقوم هذه الطريقة على تخزين مجموعة من القوالب (Template) أو النماذج (Proto) من كل صنف في الحاسوب، وفي مرحلة التصنيف تتم عملية مقارنة الصورة المدخلة (types) مع القوالب (Template)، فإذا كانت نتيجة مقارنته مع الصنف S أكبر (Input Pattern) من نتيجة مقارنتها مع الصنف Y فإنها تصنف ضمن الصنف S وهكذا .....

تم عملية مقارنة الصورة بعد تخزين الصورة المدخلة على شكل مصفوفة وتقارن مع القوالب الموجودة في الجهاز (Pixel to Pixel) وتعطي قيمة المقارنة.

الصعوبة الوحيدة في هذه الطريقة هي الاختيار الجيد للقوالب من كل صنف، بالإضافة إلى تحديد معايير المقارنة وخصوصاً فيما إذا كانت الصورة المدخلة تحمل تشوهات.

### 1-3-2. الطريقة الإحصائية (Statistical Approach)

في هذه الطريقة توصف كل صورة ونمط بواسطة مجموعة من الخصائص (Feature) والتي يمكن أن نعبر عنها بقيم حقيقية (Set Of

في مرحلة التعلم: يقدم كل نمط كمتجه من الخصائص (Feature Vector). عادة تتم عن طريق تقسيم مساحة الصورة إلى مناطق مجزأة، كل منطقة تقارن مع صنف. فمثلاً لو أردنا التعرف على صورة تفاحة، فأولاً نحدد ما هي خصائص التفاحة التي نخزنها في مرحلة

التعرف، على سبيل المثال: اللون، الشكل، الدوران، المنطقة السفلية، المنطقة العليا .....  
إلخ)، تقسم الصورة إلى أجزاء وكل جزء يقارن الخصائص الموجودة فيه مع خصائص  
الصنف المخزنة وهكذا ..... .

الصعوبة هنا هي في اختيار مجموعة الخصائص لكل فئة وقواعد القرار في التعرف على  
النمط.

### 3-2-3-1 طريقة التركيب (Syntactic and Structural Approach)

في هذه الطريقة لا نكتفي فقط بالقيم الرقمية لخصائص كل صنف، بل نضيف عليها  
العلاقات بين الخصائص في كل صنف والتي تتيح لنا معلومات هيكلية ضرورية في التعرف  
على الأنماط. في مرحلة التعلم: يمثل النمط عادة كشجرة (tree) أو رسم بياني (graph) أو  
سلسلة حرفية (string) من العناصر الأولية وال العلاقات الخاصة بها.

عملية التصنيف تتم خلال تحليل التركيب (Syntax Analysis) أو بمعنى آخر برنامج  
تعريب (Parsing Procedure). أعلى نسبة مقارنة ناتجة من مقارنة الصورة المدخلة مع  
كل شجرة (tree) أو (string) أو (graph) تحدد الصنف الذي تنتهي إليه الصورة المدخلة.

مثلاً إذا كان في الصورة المدخلة يوجد دائرتين لو كانت المسافة بينهما ما بين 1 إلى 2 سم  
فمن الممكن أن تصنف الصورة على أنها صورة نظارة مع الأخذ بالاعتبار الخصائص  
الأخرى وعلاقتها فيما بينها، أما لو كانت المسافة بينهما متراً تقريباً فمن الممكن أن تصنف  
على أنها أنوار سيارة مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الأخرى طبعاً.

تستخدم هذه الطريقة في التعرف على الأهداف (Recognition Target) أو الصواريخ وغيرها.

#### 4-3-2-4. الشبكات العصبية الاصطناعية (Neural Network Approach)

هي إحدى التقنيات الحديثة نسبياً في الحوسبة، و هي مستوحاة من طريقة عمل العقل البشري والجهاز العصبي المركزي.

تكون الشبكات العصبية، كما في الخلايا العصبية الحية، من عدد كبير من وحدات المعالجة العصبية المشابكة تشابكاً كبيراً فيما بينها، بحيث تكون قادرة على معالجة أنواع معينة من المشاكل، وهي تحتاج إلى التدريب بحيث يتم ضبط الشبكات (الأوزان). بعد عملية التدريب يمكن اعتبار الشبكة العصبية خبيرة في فئة المعلومات التي تم تدريبها عليها.

#### 3-3-1. تطبيقات التعرف على الأنماط

تهدف البحوث والتقنيات الخاصة بهذا العلم إلى إيجاد أو تطوير تقنيات التعرف على أنماط أو هيئات محددة في الإشارات الرقمية، حيث يمكن للإشارة أن تمثل صورة تحوي حرف مكتوب أو مقطع موسيقي أو مقطع كلامي يمثل كلمة أو حتى نص حاسوبي، ويمكن أن يكون النمط المطلوب التعرف عليه هو الحرف الذي تحويه الصورة أو الآلة المستخدمة في المقطع الموسيقي أو الكلمة الملفوظة في المقطع الكلامي.

## 5- دراسات سابقة

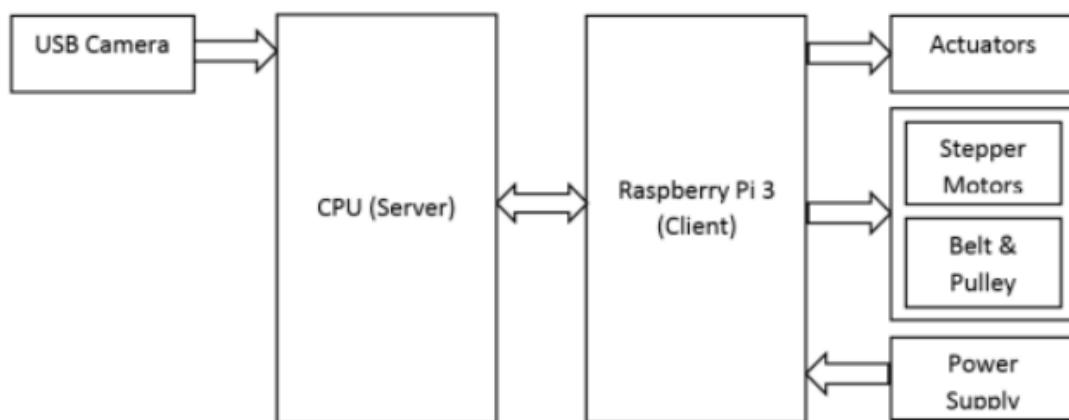
تتعدد الدراسات التي تستخدم معالجة الصورة في تطبيقات كثيرة، نذكر هنا عدة أمثلة:

قدم Ebraheem & AL\_Mamare (2014) في دراسة لهما نظاماً آلياً للتحكم والسيطرة على بوابة مبني بناءً على معالجة الصور الرقمية، حيث يبدأ النظام بكاميرا رقمية تلقط صورة للسيارة التي تتوي بدخول المبني ثم ترسل الصورة إلى الكمبيوتر. يقوم الكمبيوتر بإجراء معالجة للصورة للكشف عن السيارة والتعرف عليها، ومطابقة صورة المركبة مع قاعدة البيانات المخزنة للمركبات المسروق بها. بعد ذلك، يرسل الكمبيوتر إشارة إلى الجزء الكهروميكانيكي الذي يتحكم في البوابة لتفتح ويسمح للسيارة بدخول المبني في حالة تطابق صورة السيارة مع أي صورة في قاعدة البيانات، أو إرسال رسالة صوتية اعتذاريه في حالة عدم وجود صورة متطابقة.

تم شرح الخوارزمية المقترحة على برنامج ماتلاب لكشف كائن باستخدام معالجة الصور ومعالجة حالة دبوس الإخراج للوحة الأردوينو مع وحدة تحكم 8 ATmega من خلال تتبع حركة الكائن المكتشف. حيث يمكن استخدام ميزات مختلفة للكائن مثل الشكل والحجم واللون للكشف عن الكائن وتتبعه. يتم تعديل الاختلاف في المحور الرأسي والأفقي للكائن المكتشف عن طريق منفذ الاتصالات التسلسلية وباستخدام اتصالات البيانات التسلسلية، تم التحكم في حالة دبوس لوحة الأردوينو. تعمل برمجة MATLAB على تطوير نظام رؤية للكمبيوتر في الوقت الحقيقي لاكتشاف الكائنات وتتبعها باستخدام الكاميرا كأدلة لاكتساب الصور. توفر برمجة Arduino واجهة لنموذج أولي للأجهزة مع إشارات تحكم يتم إنشاؤها بواسطة الكشف عن الكائنات وتتبعها في الوقت الفعلي (Shah & Vyas, 2014).

قام FREDRIKSSON & STRÖM (2016) بتصميم روبوت ذكي لفرز الألوان. يتم استخدام ذراع آلي بسيط لتطبيق فرز الألوان على الهدف المدروس باستخدام خوارزمية تحديد اللون المحددة مسبقاً. تم اخبار الدقة في سرعة الفرز وتحديد اللون، حيث كانت عملية فرز الأهداف تتم في 15 - 36 ثانية.

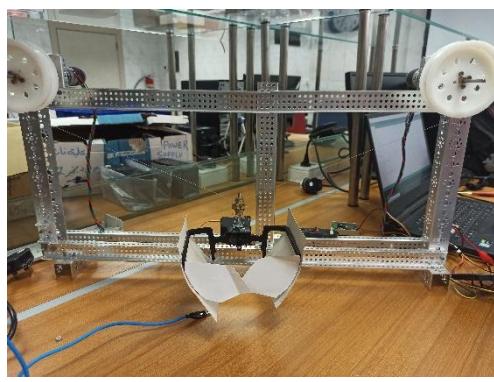
استخدمت دراسة Soans وآخرين (2018) في تصميم جهاز فرز ألوان عناصر منخفضة التكلفة وبرامج مفتوحة المصدر لتحقيق الهدف. يتم استخدام Raspberry Pi 3 وجهاز كمبيوتر كوحدة تحكم. يحتوي النظام المقترن على حزام ناقل يتم تشغيله بواسطة محركات السائير وترتيب البكرة، يتم تغذية الكائن من أحد طرفي الحزام. تسمى البكرة التي تحرك الحزام الناقل بكرة القيادة وتسمى البكرة الطرفية بالبكرة الوسيطة. تُستخدم كاميرا USB لمراقبة الكائنات بشكل مستمر والتعرف عليها. يتم فرز الأشياء التي تم التعرف عليها بواسطة المحركات التي يمكن أن تكون محركاً خطياً أو محركاً مؤازراً.



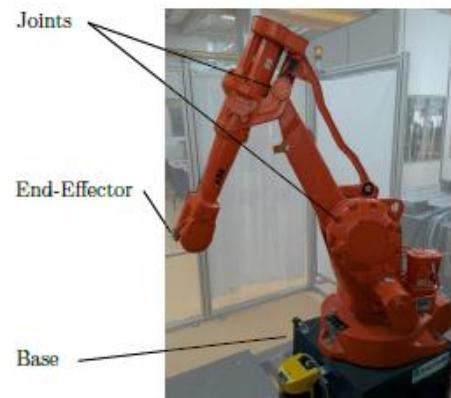
الشكل 1—10. المخطط الهيكلي لنظام فرز الكائنات.

## 6.1 مقارنة بين cable robot & planner robot

تعد الروبوتات الصناعية آلات تحتوي على ثلات محاور ميكانيكية على الأقل يمكن التحكم بها عن طريق برمجتها لتبني حركات مختلفة. الروبوتات معروفة بإنتاجها الصناعي، إتمام المهام بمختلف الصناعات حول العالم ومراقبة العمليات الصناعية، تجميع القطع وتسلیم البضائع.



الشكل 12-1



الشكل 11-1

هناك طرق عديدة لتصنيف الروبوتات، وإحدى هذه الطرق هي عبر المهام التي ينجزونها، ويبيّن الشكل (11-1) النوع الشائع من الروبوتات، كما يبيّن الشكل (12-1) روبوت الكابل (Cable Driven Parallel Robot - CDPR) الذي س يعمل على تصميم وتنفيذ أحد أشكاله.

يعد الفرق بين الروبوتات العادي و CDPR شاسعاً من حيث الخصائص الأساسية والموديل الرياضي، فالروبوت العادي يمثل مجموعة من المفاصل المرتبطة بشكل متسلسلاً، والتي تقوم فيما بينها بإنجاز العمل المطلوب، أما CDPR فهو عبارة عن مجموعة من البكرات والكابلات التي تقود بواسطة محركات موصولة بجسم واحد، ومن جهة ثانية فإن CDPR يعمل بواسطة كابلات لنقل القوة، حيث يسمح بنقلها باتجاه واحد فقط، بينما يعمل الروبوت العادي بواسطة مفاصل دواره وانتقالية.

## الفصل الثاني

### المتحكمات الدقيقة

#### 1-2 . مقدمة

منذ زمن ليس ببعيد، كان العمل على صناعة دارة الكترونية للقيام بوظيفة معينة يعني بناء تصميم الكتروني معقد من المكونات مثل المقاومات، المكثفات، الملفات، الترانزستورات.... وغيرها. كانت الدارات الالكترونية ثابتة التصميم، مما يعني أن تغيير أو تعديل أي جزء بسيط فيها كان يعني الكثير من العمليات المعقدة، مثل اللحام وقطع الأسلاك وإعادة النظر في المخططات الالكترونية والكثير من الأمور المزعجة التي أدت إلى اقتصار وظيفه تطوير المنتجات الالكترونية على مجموعة من المهندسين المختصين فقط.

بفضل التطور التكنولوجي في مجال الاتصالات واختراع الدارات المدمجة Integrated Circuits، أصبح من الممكن وضع دارة الكترونية كاملة على شريحة صغيرة قد لا يتجاوز حجمها رأس الدبوس، حتى أنه في الوقت الحالي هناك دارات الكترونية يقدر حجمها بالنانومتر والتي لا يمكن رؤيتها إلا باستخدام مكبرات خاصة. كما أدى تطور الدارات المدمجة إلى ظهور جيل خاص من الدارات الالكترونية يسمى المتحكمات الدقيقة (Micro Controller)، وهي أشبه بكمبيوتر مصغر قابل للبرمجة لأداء مجموعة من الوظائف، مثل قراءة درجة الحرارة، التحكم في محرك كهربائي أو حتى إدارة خطوط الإنتاج في المصانع الكبرى، وكل ذلك يتم ببساطة عن طريق أوامر برمجية. وبذلك تحولت تقنية صناعة الدارات

والأنظمة الالكترونية من التصميم الالكتروني البحث المعتمد على المكونات الصلبة فقط إلى أوامر برمجية يمكن لأي فرد أن يكتبها بنفسه بسهولة ويسر.

تتميز المحكمات الدقيقة أيضاً بإمكانية التغيير والتعديل في أي وقت، فبكل بساطة لو أردت أن تغير شيئاً في مشروعك يمكنك ذلك بالتعديل في السطور البرمجية، وإعادة وضع الأوامر الجديدة على المحكم الدقيق وتجربتها أكثر من مرة، وهذا إلى أن تصل بمشروعك للهدف المنشود.

## 2-2. تعريف المحكمات الدقيقة

المتحكم الدقيق هو رقاقة متكاملة تحتوي حاسوب صغير محدود الإمكانيات وذاكرة وعدد من المدخل والمخرج العامة، وقد يحتوي بعض الملحقات والحساسات (حساس للحرارة مثلاً أو إمكانية التحويل من الرقمي للتماثلي).

توجد المحكمات الدقيقة في جميع الأجهزة والأشياء من حولنا في حياتنا اليومية ابتداءً من التلفزيونات والغسالات والثلاجات الحديثة إلى السيارات وألعاب الأطفال إلى الحواسيب والمكيفات والمصاعد الكهربائية، بل إلى أبعد من ذلك إلى المصانع المؤتمته والأقمار الصناعية، باختصار أصبحت المحكمات الدقيقة تدخل في كل الأنظمة الآلية. ما يميز المحكمات الدقيقة أنه يمكن التعامل معها من قبل المهندسين المتخصصين والهواة.

إن استخدام المحكم الدقيق يعطي الدارات أو الأنظمة الالكترونية المزيد من المرونة في التعديل والتشغيل، ويقلل من حجم الدارة لأنه يحل محل الكثير من العناصر والدارات مثل

البوابات المنطقية والتايمرات وغيرها، ويعطينا إمكانية التحكم في أزمان تشغيل وإيقاف العناصر الأخرى بأزمان تصل إلى أجزاء من الثانية، وعندما نريد التعديل على الدارة لسنا مضطرين إلى تغيير التوصيات بل فقط نقوم بالتعديل على البرمجة.

تعتبر المتحكمات الدقيقة المدير التنفيذي للدواير والأنظمة الالكترونية الذي يتحكم في كل شيء ويعطي الأوامر لكل العناصر في النظام ويستقبل ويحلل التقارير الواردة من أنظمة المراقبة ويتخذ القرارات بناء على نتائج تحليل هذه التقارير. تستقبل المتحكمات الدقيقة إشارة رقمية 0 أو 1، أو تماذلية في بعض الأنواع التي تحتوي على محول من تماذل إلى رقمي وتعطي خرج على شكل إشارة رقمية أيضاً 0 أو 1. تقوم المتحكمات بتحليل الإشارة الداخلية إليها سواء كانت رقمية أو تماذلية، وبناء على نتيجة التحليل تقوم باتخاذ قرارات محددة نحددها نحن للمتحكم الدقيق عن طريق البرمجة، ثم يقوم المتحكم بإعطاء هذه القرارات على شكل أوامر لبقية العناصر في النظام في شكل رقمي 0 أو 1.

هناك العديد من لغات البرمجة التي يتم برمجة المتحكمات الدقيقة وفقها أغلبها يعتمد على لغة السي C كأساس، وبعضها يعتمد على الواجهات الرسومية مثل الفلوكود. تمت برمجة المتحكمات الدقيقة قديماً عبر حرق البرنامج في ذاكرة ROM بطرق متخصصة، لكن أغلبها حالياً تحتوي ذواكر Flash يمكن إعادة برمجتها مرات عديدة باستخدام دارات بسيطة، وتتم كتابة البرنامج بلغة الآلة مباشرة عبر ملف HEX وذلك لبساطة معماريتها (RISC) أو بلغة التجميع Assembly وبعضها تدعم لغة C.

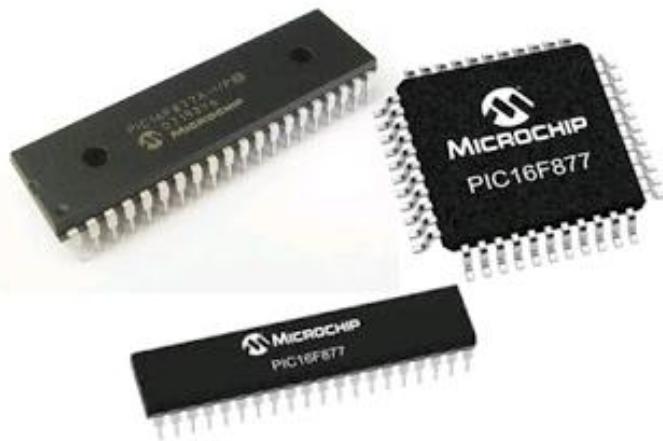
## 2-3. أنواع المتحكمات الدقيقة

هناك أنواع متعددة من المتحكمات الدقيقة من شركات مختلفة وكل شركة لها أكثر من موديل واحد من المتحكمات (الشكل 2-1)، ومن أشهر الشركات المنتجة للمتحكمات الدقيقة: Atmega، PIC، Motorola، Intel، Toshiba لديها متحكمات AVR.

لكل شركة COMPILER خاص بها وأوامر البرمجة الخاصة بها حتى في اللغة الواحدة، فمثلاً لبرمجة متحكمات INTEL باستخدام لغة ASSEMBLY استخدم أوامر مختلفة تماماً عن الأوامر التي استخدمناها لبرمجة MICROCHIP، ولغات البرمجة الخاصة ببرمجتها .FORTRAN، BASIC، C++، C، ASSEMBLY

تنفاوت المتحكمات الدقيقة فيما بينها:

- بالملحقات المتوفرة فيها ومدى دقتها (مثلاً عدد المؤقتات Timers وكم بت متوفّر).
- عدد الأرجل المتاحة للمدخلات والمخرجات العامة (General purpose I/O pins).
- حجم الذاكرة، سواء المتاحة للبرنامج أو للبيانات، وتقاس بالبايت، وإمكانية إعادة الكتابة.
- توفر دارات التحويل بين الرقمي والتراكيز وعدد تلك القنوات.
- استهلاك الطاقة، وإمكانية السبات.
- سرعة المعالجة وتردد المعالج، أحياناً يصل إلى 20 MHz، ودقة تلك السرعة، حيث غالباً تحتاج إلى ربطه بكريستالة خارجية.
- دعم طرق الربط مثل I2C بل إن الحديثة منها تدعم USB وغيرها.



الشكل 2—1. بعض أنواع المتحكمات الدقيقة

## 4-2. الأردوينو

الأردوينو كومبيوتر صغير الحجم بإمكانه التفاعل والتحكم في الوسط المحيط به بشكل أفضل من الكمبيوتر المكتبي، وتقنياً هو منصة Platform برمجية مفتوحة المصدر تتكون من متحكم إلكتروني Micro-Controller وبيئة تطويرية تكاملية لكتابة البرمجيات IDE.

يتميز أردوينو عن باقي البويرات التطويرية للمتحكمات الدقيقة الأخرى بمدى سهولة التعامل معها، وبساطة اللغة البرمجية المستخدمة، والتي عمل فريق من ايطاليا على تطويرها منذ عام 2005 حتى الآن. لغة أردوينو البرمجية هي لغة Processing و لغة C التي تعد أساس لغات البرمجة الحديثة وصاحبة ثورة تقنية البرمجيات.

قد يظن البعض أن أردوينو مصمم للهواة فقط لكن هذا ليس صحيح، حيث تم تطويره لمناسبة جميع المستويات من الهواة وانتهاء بالمشاريع المتقدمة، والدليل ميزته الجبار، التي تجعل أردوينو على قمة المتحكمات الدقيقة، وهي إمكانية دمجه في مشاريع يتم برمجتها بلغات هندسية متقدمة مثل Matlab و Java. حيث تجد مكتبات برمجية جاهزة بلغة الماتلاب خاصة بالتعامل مع أردوينو.

## 2-4-1- ميزات الأردوينو

يتميز الأردوينو بمجموعة من الأمور التي تصنع الفارق بينه وبين غيره أهمها:

البساطة: قطعة الأردوينو مصممة لتناسب احتياجات الجميع، محترفين، أساندز، طلاب و هوادة الإلكترونيات التفاعلية.

الثمن: لوحة الأردوينو أقل ثمناً مقارنةً مع الألواح الأخرى من نفس النوع.

التركيب الذاتي (Self-Assembly): يمكنك تحميل ورقة البيانات Datasheet الخاصة بالأردوينو مجاناً من الموقع الرسمي و شراء القطع و تركيبه بنفسك.

متعدد المنصات: برنامج الأردوينو له القدرة على الاشتغال على الويندوز windows، الماك Mac OS واللينكس Linux، بينما أغلب المتحكمات الإلكترونية الأخرى تشغّل فقط على الويندوز فقط.

بيئة برمجية سهلة وبسيطة: البيئة البرمجية Programming Environment مصممة لتكون سهلة للمبتدئين و ثابتة و قوية للمحترفين.

Open Source Software: مكتوب بلغة السي C++ و متاح للجميع لتحميله و بإمكان المبرمجين التعديل عليه وفق احتياجاتهم.

Open Source Hardware: الأردوينو مصنوع أساساً من متحكمات ATMEGA8 و ATMEGA168 والمخططات منشورة تحت ترخيص Creative Commons، مما يتيح إلى مصممي الدارات الإلكترونية Electronic Circuits تصميم داراتهم الخاصة.

## 2-4-2- أنواع الأردوينو

يوجد أكثر من 40 نوع من ألواح أردوينو Arduino Boards، تختلف في القدرات والشكل والحجم والثمن حتى تتناسب مع جميع الأفكار والتصميمات. نذكر من أنواعه:

- الأردوينو أونو Arduino uno (الشكل 2-2)، الذي يعد أفضل اختيار للمبتدئين من أجل اكتشاف عالم الأردوينو، فهو بسيط وسهل الاستعمال ويتناسب مع أغلب الإضافات Extensions والدروع Shields.



الشكل 2-2. أردوينو أونو

- الأردوينو نانو Arduino nano (الشكل 2-3)، يمتلك تقريرياً نفس قدرات Uno، لكن حجمه أصغر بحوالى الثلث.



الشكل 2—3. أردوينو نانو

، وهو المستخدم في تصميم مشروعنا هذا لذا سنتحدث عنه لاحقاً. Arduino mega –

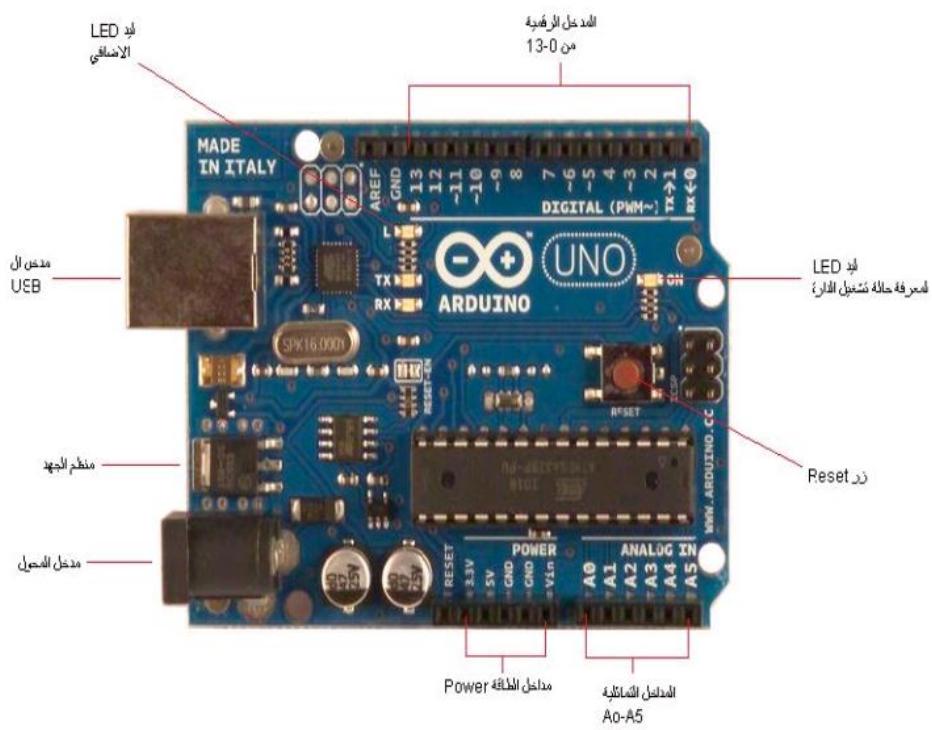
## الفصل الثالث

### الجانب التصميمي

لفهم سبب اختيار عناصر المشروع لتلائم النتائج المرجوة لا بد لنا من توضيح نظري لما استخدمناه في مشروعنا، سنتعرف في هذا الفصل على الأجزاء المستخدمة في دارات المشروع وشرح نظري عن خصائص وأنواع كل منها.

#### 3-1. الأردوينو أونو

سوف نستخدم في مشروعنا أردوينو أونو، ويوضح الشكل (3-1) المداخل والمخارج والتغذية الخاصة به.



الشكل 3—1. الأردوينو أونو ومدخلاته.

توفر هذه الدارة منفذ لتوصيل المكونات الالكترونية كالمجسات إلى المتحكم مباشرة عن طريق 14 منفذ من النوع الرقمي (digital input/ output).

يمكن استخدام ستة مداخل منها للحصول على (Pulse-Width Modulation) PWM، وتحتوي الدارة كذلك على Crystal Oscillator بتردد MHz16، بالإضافة إلى مدخل USB من أجل التواصل مع الحاسب، وهناك مدخل منفصل للطاقة.

يتم تزويد الأردوينو أونو بالطاقة إما من خلال منفذ USB فقط، أو عن طريق استخدام مصدر خارجي كمحول كهربائي أو بطارية 9 فولط أو 4 بطاريات 1.5 فولط.

عند استخدام الأونو، ينصح باستعمال جهد يتراوح بين 6-12 فولط رغم قدرتها على تحمل جهد يتراوح بين 6-20 فولط، ولكن يجب الحذر حيث أن إمداد القطعة بجهد يقل عن 6 فولط يمنع المخارج (Pin 5V) من تأمين الجهد المطلوب، مما يؤدي إلى عدم استقرار الدارة.

من ناحية أخرى فإن تزويد الدارة بجهد أعلى من 12 فولط يؤثر على عنصر تنظيم الجهد ويؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته، مما يؤدي إلى ثلث الدارة، لذلك وكما ذكرنا سابقاً فإن مجال الجهد الأفضل يتراوح من 6 إلى 12 فولط.

أهم مواصفات الأردوينو أونو يمكن تلخيصها بما يلي:

- متحكم: ATmega328p
- جهد تشغيل النظام الكهربائي: 5 فولط
- الجهد الكهربائي (الموصى به): 7-12 فولط

- الجهد الكهربائي (الحد الأقصى والأدنى): 6 - 20 فولط
- عدد المنافذ الرقمية (إدخال/إخراج): 14
- منافذ للتحكم: PWM 6
- عدد المنافذ التنازلي (إدخال): 6
- التيار المستمر لمنفذ 3.3 فولط: 50 ميلي أمبير.
- التيار المستمر لمنفذ (مدخل/مخرج) رقمي: 40 ميلي أمبير.
- مساحة الذاكرة: 32 كيلو بايت.
- السرعة الساعية: 16 ميجا هيرتز.
- أبعاد اللوحة: الطول: 6.86 سنتيمتر، العرض: 5.34 سنتيمتر.

## 2-3. محرك سيرفو SG90

يوضح الشكل (3-2) محرك سيرفو من نوع SG90 المستخدم في مشروعنا هذا، والذي هو أحد أنواع المحركات الخاصة (special machine)، ويستخدم في التحكم الموضعي .control motor، لذلك يسمى أحياناً (position control)



الشكل 3—2. محرك Servo SG 90

من أمثلة تطبيقات هذا المحرك، تحريك أجهزة الرادار وأطباق استقبال الأقمار الصناعية، ويستخدم أيضاً في تحريك أجنحة الطائرات وبعض أنواع أجهزة الطباعة، ومن الملاحظ أن كل هذه التطبيقات تعمل على سرعة بطيئة جداً، لذلك فإن محركات السيرفو تتميز بسرعات بطيئة جداً، ونظراً لمتطلبات تشغيل هذه الأنواع من الأحمال كان لازماً أن تتوافر في محرك السيرفو الخصائص التالية:

(a) الاستجابة الفائقة للسرعة بمعنى أن تصل سرعة المOTOR للقيمة المقننة فور توصيل

المotor بالمنبع الكهربائي، كما يجب أن يتوقف فور فصل المنبع عن المotor.

(b) أن تكون العلاقة بين الجهد والسرعة علاقة خطية، وذلك من أجل تبسيط منظومة التحكم

ومكوناتها وتحسين كفاءتها.

(c) أن يقبل المOTOR تكرار عمليات الفصل والتوصيل مهما تعددت.

وبشكل عام فإن محركات السيرفو تتتنوع بين محركات تعمل على التيار المستمر وأخرى

تعمل على منبع التيار المتداوب، وكلا النوعين له مميزات وعيوب، فمثلاً مmotor الـ D.C

يتميز بالعلاقات الخطية بين الجهد والسرعة وأيضاً بين العزم والسرعة، لذلك فإن منظومة التحكم به أبسط وأكفاءً ولكنه أعلى سرعاً وزناً من محرك الـ A.C. يتميز مotor الـ AC ببساطة التركيب وقوه التحمل ورخص السعر، ولكن يعييه أنه من الآلات الـ Highly Coupled حيث أن الزاوية بين مجالـيـ Rotor والـ Stator ليست 90 درجة، والعلاقة بين العزم والسرعة ليست علاقة خطية، وكذلك العلاقة بين الجهد والسرعة ليست خطية كما هو مطلوب أن يكون. يستخدم للتحكم ببعض الأجهزة وتكون قدراته منخفضة تصل إلى أجزاء من الوات.

يوجد في مـحركـ السيرفوـ جـزـءـ سـاـكـنـ يـتـرـكـبـ منـ مـلـفـينـ مـتـعـامـدـينـ وـجـزـءـ دـوـارـ يـتـرـكـبـ منـ قـصـ سـنـجـابـيـ،ـ وـواـحـدـ مـنـ الـمـلـفـينـ جـهـ ثـابـتـ وـالـثـانـيـ جـهـ متـغـيرـ،ـ يـتـغـذـىـ كـلـ مـلـفـ بـجـزـءـ مـخـتـلـفـ (ـثـابـتـ،ـ مـتـغـيرـ).ـ عـنـ تـغـذـيـهـ هـذـيـنـ الـمـلـفـينـ بـالـتـيـارـ الـكـهـرـبـائـيـ يـتـشـكـلـ مـجاـلـ مـغـناـطـيسـيـانـ؛ـ فـيـ الـجـزـءـ السـاـكـنـ يـتـشـكـلـ مـجاـلـ مـغـناـطـيسـيـ دـوـارـ وـيـقـطـعـ مـلـفـاتـ الـقـصـ السـنـجـابـيـ ثـمـ عـزمـ دـوـرـانـ فـيـدـورـ المـحـركـ وـيـتـنـاسـبـ طـرـدـيـاـ معـ جـهـ الثـانـيـ (ـمـتـغـيرـ)،ـ وـيـسـتـخـدـمـ هـذـاـ المـحـركـ (ـسـيرـفـوـ)ـ عـنـ الـمـحـولـاتـ وـفـيـ أـجـهـزـةـ التـحـكـمـ وـالـحـمـاـيـةـ.

### 3-3. مـحـركـ تـيـارـ مـسـتـمـرـ DC Motor

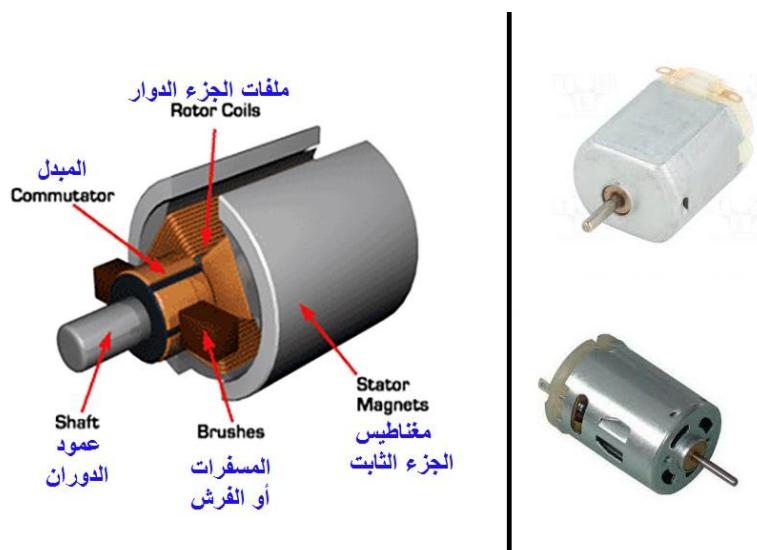
محـركـ التـيـارـ المـسـتـمـرـ هوـ عـبـارـةـ عـنـ آـلـةـ تـحـوـلـ طـاقـةـ الـكـهـرـبـائـيـ إـلـىـ طـاقـةـ مـيـكـانـيـكـيـةـ باـسـتـخـدـامـ التـيـارـ المـسـتـمـرـ،ـ وـهـوـ بـالـتـالـيـ يـعـمـلـ فـقـطـ عـلـىـ أـنـظـمـتـهـ.ـ تـسـتـخـدـمـ مـحـركـاتـ التـيـارـ المـسـتـمـرـ فـيـ الـعـدـيدـ مـنـ تـصـمـيمـاتـ الـمـيـكـاتـرـونـيـكـ،ـ بـسـبـبـ خـواـصـ الـعـزـمـ -ـ السـرـعـةـ الـتـيـ يـقـدـمـهـاـ عـنـ طـرـيـقـ التـوـصـيـفـاتـ الـكـهـرـبـائـيـةـ الـمـخـلـفـةـ.

يتميز محرك التيار المستمر بتكلفة قليلة، وأداء مستديم، وتحكم سهل في سرعة المحرك، إلا أنه يحتاج استبدال الفرش وتنظيف أقطاب المبادل الكهربائي بين حين وآخر.

### ١-٣-٣. مكونات المحرك المستمر

يتربّك هذا المحرك، في أبسط صوره، من قطبين مغناطيسيين: قطب شمالي وقطب جنوبى، يفصل بينهما مسافة معينة "تسمى جزء ثابت" يوضع في وسطها ملف موصول بطارية تمدّه بتيار مستمر، وبشكل الملف الجزء الدوار للمotor.

بذلك سيتولد مجال مغناطيسي دائم نتيجة مرور خطوط الطيف المغناطيسي من القطب الشمالي إلى الجنوبي، علماً بأنّ عزم الدوران يتاسب طرداً مع عدد هذه الخطوط المغناطيسية المارة في الملف، كما يتاسب مع شدة التيار في الملف.



الشكل 3—3. أجزاء محرك التيار المستمر.

### 3-3-2. مبدأ عمل المحرك المستمر

يُعمل المحرك بمبدأ قوة لورنتر الذي يقول أن: "أي ناقل يسير فيه تيار كهربائي ويكون موجوداً في مجال مغناطيسي خارجي يؤثر عليه قوة، ويكون اتجاه القوة عمودياً على كل من اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار الكهربائي طبقاً لـ قاعدة اليد اليمنى".

كما في جميع المحركات الدوارة يقوم مبدأ تدوير المحرك على تضافر مجالين مغناطيسيين أو أكثر في تحريك الجزء الدوار حسب اتجاه عزم دوران المجال المغناطيسي الأقوى بينهم.

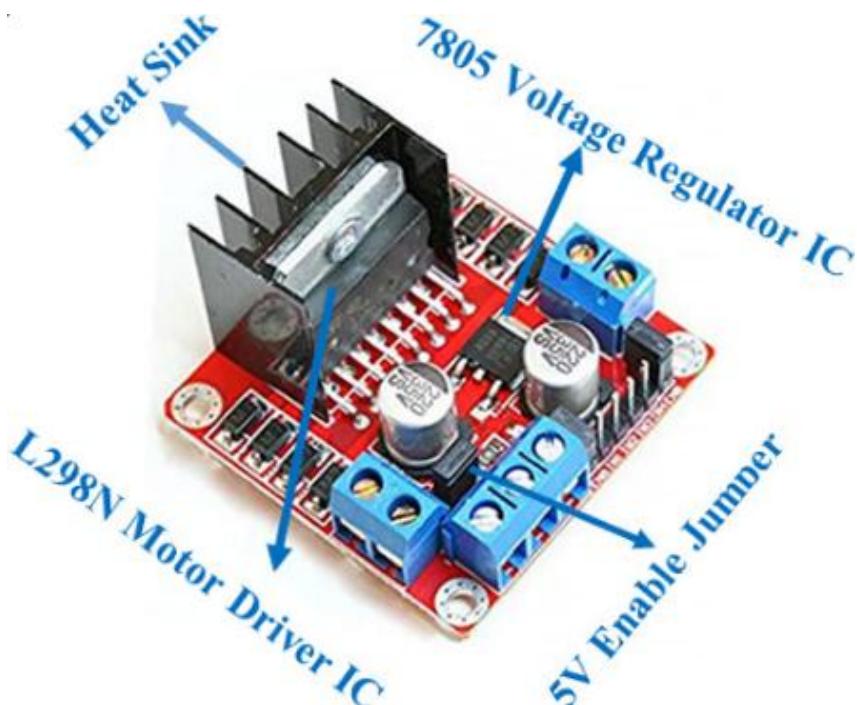
عند مرور التيار الكهربائي في الملفات بين القطبين، يتم استحداث مجال مغناطيسي حسب تحريض فردي وتنشأ نتيجة لهذا المجال قوة مغناطيسية متعاكسة على طرفي الملف، يمكن معرفة اتجاهها بيسير عن طريق قاعدة اليد اليمنى، تتولى هذه القوة الناشئة توليد عزم دوران يقوم بتدوير الملف.

### 4-3. موديول قيادة محركات L298N

وحدة تشغيل المحرك L298N هي وحدة تشغيل محرك عالي الطاقة لقيادة محرك تيار مستمر DC ومحركات Stepper Motors. تكون هذه الوحدة من مشغل محرك IC L298 ومنتظم M05 5V78. يمكن لوحدة L298N التحكم فيما يصل إلى 4 محركات تيار مستمر، أو محركي تيار مستمر مع التحكم في الاتجاه والسرعة.

تتكون وحدة L298N Motor Driver كما هو موضح في الشكل (4-3) من IC، منظم جهد M05، مقاومات، مكثف، Power LED، وصلة مرور 5 فولط في دائرة متكاملة.

استخدام الدارة المتكاملة بحد ذاته يحتاج مركبات الكترونية جانبية، مثل الديايدات والمقاومات ومبعدات الحرارة. الدارة أو الموديول L298 MODULE هو لوحة جاهزة تسهل التعامل مع هذه الدارة المتكاملة وتخصر الوقت.



.الشكل 3—4. دارة قيادة L298 module

### مبدأ التحكم

لهذه القطعة عدة منافذ، موضحة في الشكل (3-5)، وهي:

- » **منافذ المحركات:** عددها 4 منافذ، موزعة بواقع مدخلين في كل جهة ويربط بهما المحرك الكهربائي. تكون هذه المنفذ مرقمة بـ OUT1-OUT4، نربط المحرك الأول بالمنفذين OUT1, OUT2، المحرك الثاني بالمنفذين OUT3, OUT4، وهكذا نستطيع التحكم بسهولة باتجاه دوران المحرك.

◀ هناك المنافذ ENA, ENB هذان منافذ التفعيل، إذا تم تطبيق صفر منطقى LOW

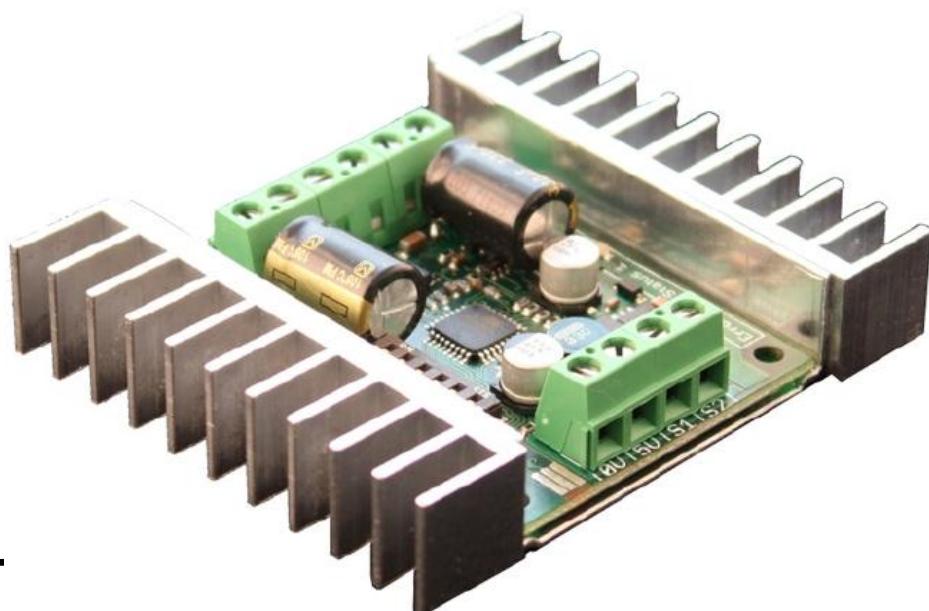
فإن المحرك لن يدور أبداً وسيتوقف، وإذا كان بوضع التفعيل HIGH فإن التحكم

ينتقل عن طريق المنافذ .IN1-IN4



الشكل 3—5. أطراف L298n

3-15 دارة قيادة المحرك المستخدمة (sabertooth 2×12)



### الشكل 6-3

مواصفاتها:

✓ الدخل: 6-24 V

✓ تيار الخرج: يصل إلى 12A

✓ حمل الإقلاع يصل إلى 25 A لعدة ثوان.

منابع الجهد الموصي بها:

- يمكن استخدام من 5 حتى 18 خلية من بطاريات NIMH (Nickel–metal hydride) 6V تصل إلى 24V من منبع الجهد عندما تكون على التفرع مع بطارية مناسبة

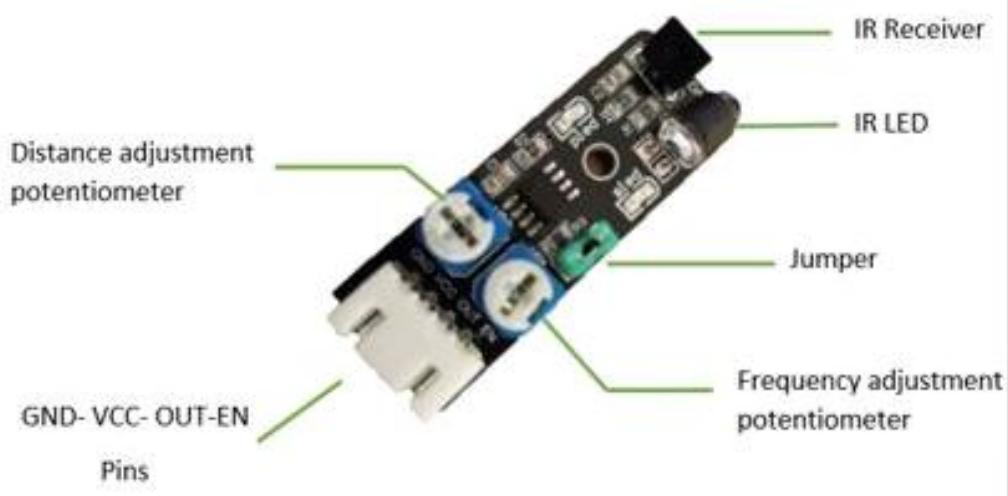
أبعادها: .2.5" x 2.95" x .6"

## 6-3. حساس IR

حساس الأشعة تحت الحمراء هو مستشعر الكتروني يبعث ويكشف عن الأشعة تحت الحمراء، ويوضح الشكل (3-9) مكوناته.

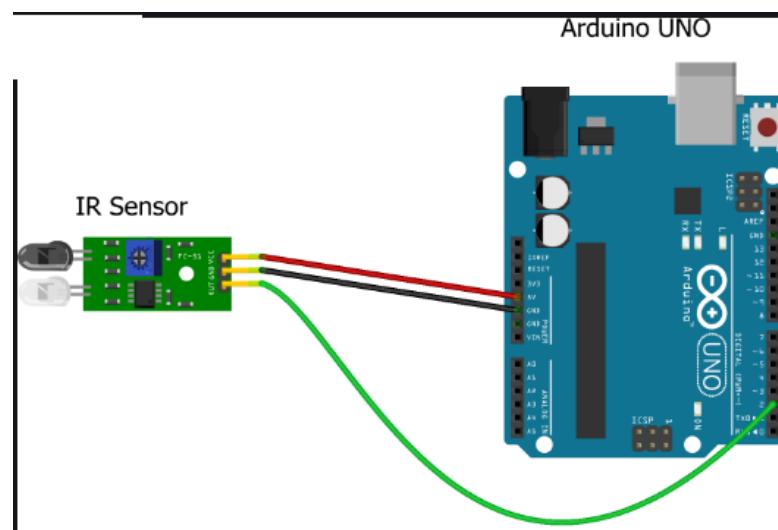
تعمل مستشعرات الأشعة تحت الحمراء عن طريق استخدام مستشعر ضوئي محدد لاكتشاف طول موجة ضوء محدد. باستخدام مصباح LED الذي ينتج الضوء بنفس الطول الموجي الذي يبحث عنه المستشعر، يمكنك النظر إلى شدة الضوء المستلم. عندما يكون الكائن قريباً من المستشعر، فإن الضوء من LED يرتد عن الكائن وإلى مستشعر الضوء. لأن جهاز الاستشعار يعمل من خلال البحث عن الضوء المنعكس، فمن الممكن أن يكون هناك مستشعر

يمكنه إرجاع قيمة الضوء المنعكس. يمكن بعد ذلك استخدام هذا النوع من المستشعر لقياس مدى سطوع الهدف، وهذا مفيد لمهام مختلفة مثل تتبع الخط.



الشكل 3—7. مكونات حساس IR

يستخدم مقاييس الجهد لتغيير مسافة الكشف التي تترواح بين 2 و 40 سم. كما يستخدم مقاييس الجهد لضبط التردد وذلك لتغيير تردد الموجة الحاملة للإشارة بالأشعة تحت الحمراء، ويوضح الشكل (3-7) طريقة توصيل الحساس مع الأردوينو أونو.



الشكل 3—8. توصيل حساس IR مع الأردوينو أونو.



## الفصل الرابع

### الجانب العملي

تم تصميم الأجزاء المادية المكونة للة باستخدام برنامج Solid Works، وهو عبارة عن تطبيق خاص بالتصميم الميكانيكي ثلاثي الأبعاد (التصميم بمساعدة الكمبيوتر). يعمل هذا البرنامج تحت بيئة مايكروسوفت ويندوز تم تطويره من قبل شركة Dassault Systèmes إحدى شركات مجموعة (Dassault Systèmes, S. A) في فرنسا.

ويمتاز سوليدوركس بسهولة النمذجة وتحريك النموذج واختباره. هو البرنامج الأول في مجاله والذي يختص بتصميم المجسمات الهندسية ثلاثية الابعاد. يقدم حلًا متكاملًا لمشاهدة التصميمات الهندسية بشكل ثلاثي الأبعاد وواعي إلى أقصى حد. فهو يعتبر المحاكى الأمثل والذي سيساعدك في خلق رؤية أوضح لتصاميمك واحتراعاتك الهندسية وسيسهل لك العمل بشكل ملحوظ.

بعد الانتهاء من تصميم أجزاء نموذج مشروعنا، تم قص هذه الأجزاء من مادة البليكسى باستخدام آلة CNC موجودة في السوق، ويوضح الشكل (1-4) بعض هذه الأجزاء.



الشكل 4—1. بعض أجزاء النموذج مصنوعة من البليكسي.

تم تركيب وتنبيت العناصر السابقة بغية تجهيز نموذج آلة فرز الألوان، ثم إضافة سيور (قشاط) قماشي إلى النموذج لنقل وتحريك المنتجات المراد فرزها، كما هو موضح في الشكل .(2-4)



الشكل 4—2. تركيب السيور على التموج.

يتحرك السيور بواسطة محرك تيار مستمر تم تركيبه إلى جانب السيور، استخدمنا المحرك TT Motor 130 Motor Smart Car Robot Gear بـ 130 مللي متر، ولدى قياس البارامترات الفعلية للmotor بعد التركيب باستخدام الأفومتر، تبين ما يلي:

المotor دون تحميل 5 فولت / 100 مللي أمبير.

المotor على السيور 5 فولت / 150 مللي أمبير.

سرعة دوران المmotor عند التشغيل 150 دورة/دقيقة.

ويمكن حساب عزم المmotor (نيوتون.م) من العلاقة:

$$T = \frac{I \times V \times 1.73 \times 60}{2 \times 3.14 \times N}$$

حيث أن:

I الأмبير

V الجهد

N السرعة

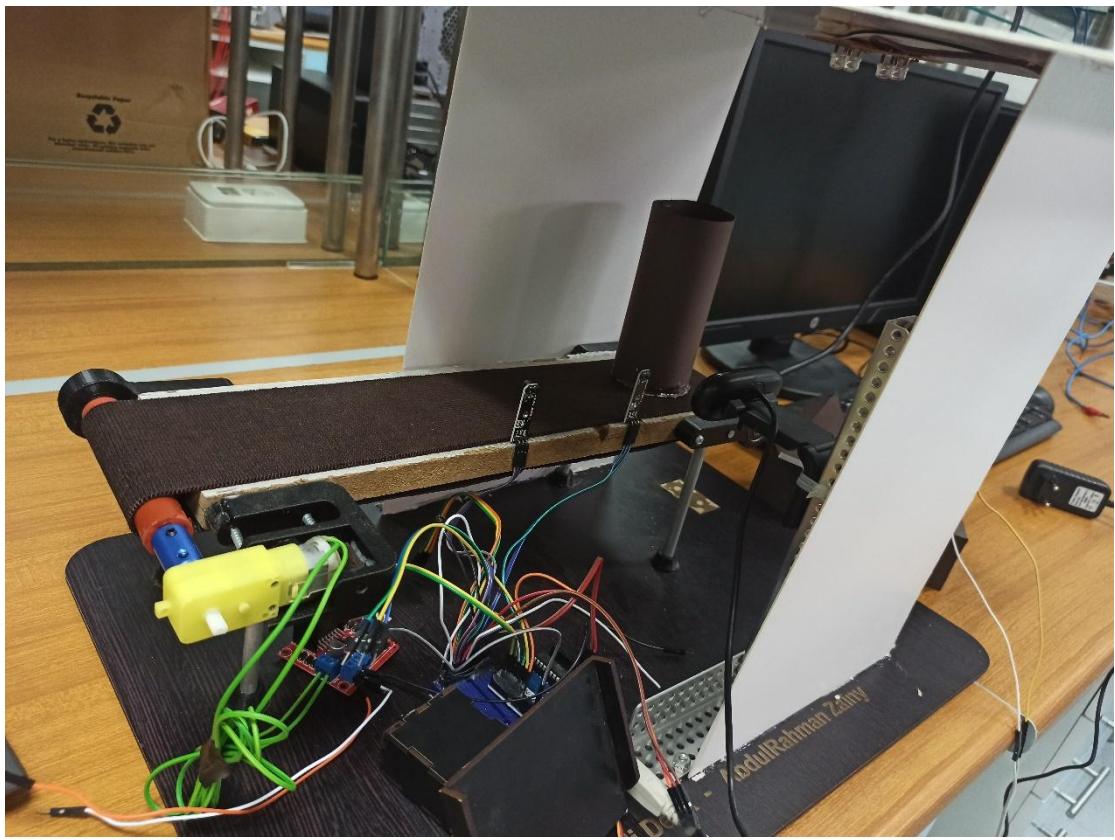
وبتطبيق العلاقة، تبين أن عزم المmotor يتراوح بين 0.055 نيوتن.م دون تحميل إلى 0.017 نيوتن.م على السيور.

عندما يقوم الموبايل أو كاميرا الويب أو ما شابه بالتقاط صورة للعبوة وإرسالها إلى الكمبيوتر للتعرف على لونها باستخدام برنامج الماتلاب. يعمل مmotor السيرفو الثاني المركب على روبوت لكابل بفرز العبوات بعد الانتقال إلى النقطة المحددة.



الشكل 4—3. محرك السيرفو في الحجره المجهزه على روبوت الكابل .

يوضح الشكل (4-4) نموذج خط فرز الألوان بعد الانتهاء من تركيب كافة الأجزاء، حيث تم وضع عدة علب بأشكال مختلفة، يبدأ خط السيور بالحركه و يخفض السرعة تدريجيا حتى الوصول الى الحساس المقابل للكاميرا ،بعدها تتم عملية المعالجة و التعرف على الشكل و يكمل خط السيور التحرك ليلاقي بالعبوه في حجره مثبتة على روبوت الكابل ، حيث يقوم بالتحرك بعده مسافات حسب الشكل الموجود في الحجره ليصل إلى مكانه و يلقي به في المكان المخصص له.



الشكل 4—4. خط السيير و معالجه الصوره.

بالنسبة لاستطاعة المحرك (كيلو وات)، يمكن حسابها من علاقه الاستطاعة التالية:

$$W = I \cdot V$$

$$W = 0.15 * 5 = 0.75 \text{ kw}$$

❖ لا بد من الإشارة إلى أن قيم عزم المحرك واستطاعته لا تأخذ بعين الاعتبار

قوى المقاومة والاحتكاك الناجمين عن السيور المستخدم في التصميم. وقد جاء

في datasheet الخاصة بالمحرك أنه محرك للهواء تختلف بaramتراته من قطعة

لآخرى.

لدى قياس أكبر وزن يمكن للسيور حمله ونقله في المرة الواحدة، بلغ 491 غ، وبأخذ مدة إيقاف السيور عن العمل الفعلي (بين كل قراءة للكاميرا ومدة فرز كل منتج)، هذه المدة هي حوالي 2 ثانية، نجد أن القدرة الإنتاجية لهذه الآلة هي فرز 1800 عبوة في الساعة.

❖ لم نأخذ بعين الاعتبار عند حساب القدرة الإنتاجية لهذه الآلة المدة التي يأخذها برنامج الماتلاب لتحديد الشكل، وهذه المدة تختلف من حاسب لآخر بناء على موصفاتيه.

## 4-2. الجزء البرمجي للمشروع

تضمن الجزء البرمجي للمشروع قسمين، الأول خاص ببرمجة المتحكم الصغرى "الأردوينو" والثاني خاص ببرنامج الماتلاب والتعرف على اللون.

### 4-2-1. برمجة الأردوينو

تمت برمجة الأردوينو أونو في بيئة تطوير الأردوينو، تحتوي بيئة التطوير الخاصة بالأردوينو، (الشكل 4-5)، على محرر نصوص لكتابة الشيفرات البرمجية، ومنطقة الرسائل وشريط أزرار الأوامر وسلسلة من القوائم، يتم توصيلها بجهاز الأردوينو لرفع البرنامج والتواصل بين البرنامج والجهاز (لوح الأردوينو).

- البرنامج المكتوب باستخدام أردوينو يسمى (sketch)، وتكتب بواسطة محرر النصوص وتخزن بامتداد (.ino).
- بالإمكان قص ولصق وكذلك بحث واستبدال النصوص. منطقة الرسائل تعطي تنبية عند عمليات الحذف والتصدير وكذلك عرض الأخطاء.



الشكل 4—5. بيئة تطوير الأردوينو .IDE

- الزاوية السفلية اليمنى من النافذة تظهر المنفذ التسلسلي ولوح الأردوينو الحالي.
- Verify: فحص البرنامج الذي قمت بكتابته والتأكد من خلوة من الأخطاء.
- Upload: رفع البرنامج إلى لوحة الأردوينو.
- New: صنع سكبيتش جديد.
- Open: يمكن من فتح البرامج التي سبق كتابتها.
- Save: لتخزين السكبيتش
- Serial Monitor: لفتح نافذة مراقب المنفذ.
- بالإضافة إلى أوامر أخرى يمكن إيجادها من خلال القوائم الخمس (File, Edit, Tools, Sketch, Help).

## النتائج

يعتبر فرز الأشكال ببساطة فرز الأشياء حسب شكلها، والذي يمكن القيام به بسهولة من خلال رؤيته، ولكن عندما يكون هناك الكثير من الأشياء التي يجب فرزها، فإن آلات فرز الأشكال الآلية تكون مفيدة للغاية.

قدم هذا المشروع تصميمًا بسيطًا لخط إنتاج يقوم بفرز العبوات حسب شكلها اعتماداً على معالجة الصور الرقمية وبمساعدة من الأردوينو ودمج مشروع روبوت الكابل و استخدامه في عملية الفرز بعد المعالجة.

تم تجريب التصميم وأظهر قدرة مقبولة على العمل، ودقة جيدة في التعرف على الأشكال وفرز العبوات استناداً إلى ذلك، ونتطلع مستقبلاً إلى تطوير النموذج كي يصل إلى الوثوقية الكافية لدخوله العمل الفعلي ولتكون خط إنتاج مستخدم في المعامل والمستودعات و استثمار تقنية روبوت الكابل الجديدة في هذا المجال .

## المراجع

1. عبد الله، عبد الله علي. 2019. الأردوينو ببساطة: تعلم أساسيات الالكترونيات التفاعلية. سلسلة تعلم ببساطة. ([http://simplyarduino.com/?page\\_id=889](http://simplyarduino.com/?page_id=889))
2. Anbazhagan K. ARDUINO CIRCUIT BOARD PROJECTS HANDSON. 2020. 145 P.
3. Baškys, A. 2012. Microcontrollers: A Laboratory Manual. Vilnius: Technika. p. 121.
4. Ebraheem, Sundus; AL\_Mamare, SH. Using Digital Image Processing to Make an Intelligent Gate. International Journal of Advanced Computer Science and Applications 5 (5). 2014.
5. Fredriksson Tomas; Ström Sara. Color Sorting Robot: Sorting Algorithm By Color Identification. In Degree Project Technology, First Cycle, 15 Credits, Stockholm, Sweden, 2016.
6. Gridling, G Günther and Weiss, Bettina. 2007. Introduction to Microcontrollers. Vienna University of Technology. P. 175.
7. Herman, Stephen. Industrial Motor Control. 6th ed. Delmar, Cengage Learning, 2010. Page 251.
8. Hirpo, BD.; Zhongmin, W. 2017. Design & Control for Differential Drive Mobile Robot. Internatioal Journal of Resesrch &Technology (IJERT). Vol 6 Issue 10.
9. Hussain, Altaf; Hammad, Muhammad; Hafeez, Kamran; Zaibnab, Tabinda. 2016. Programming a Microcontroller. December 2016. International Journal of Computer Applications, 155(5): 21-26. DOI: 10.5120/ijca2016912310.

- 10.IEC. International Electrotechnical Commission, Accessed at 3- 4- 2020. <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=151-13-31>
- 11.Kumar, M.S; Majumdar, J. 2014. Kinematics, Localization and Control of Differential Drive Mobile Robot. Global Journal of Resesrches in Engineering: H Robotics & Nano-Tech. Vol. 14 issue 1.
- 12.Lynch, K.; Park, F.C. 2017. Modern Robotic: Mechanics, Planning and Control.
- 13.Leena, N.; Saju, KK. 2015. Modelling and Trajectory tracking of wheeled mobile robots. International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology (ICETEST) 2015.Proccdia Technology 24: 538- 545.
- 14.Laughton M.A. and Warne D.F., Editors. Electrical engineer's reference book. 16th ed. Newnes, 2003. Page 19-4.
- 15.Liptak, Bela G. 2005. Process Control and Optimization. 4<sup>th</sup> ed. Tylor & Francis Group, USA.
- 16.Patel, Keyur K.; Patel, Sunil M.; Scholar, P G.; Salazar, Carlos. 2016. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. Preprints, available at: [https://www.researchgate.net/publication/330425585\\_Internet\\_of\\_Things\\_IOT\\_Definition\\_Characteristics\\_Architecture\\_Enabling\\_Technologies\\_Application\\_Future\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/330425585_Internet_of_Things_IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges)
- 17.Timothy Henry, Laurence, Ishak, Ferry Jie, "Design and construction of color sensor based optical sorting machine," International Conference on Instrumentation, Control and Automation (ICA), 2017.

- 18.Sinclair, Ian Robertson. 2001. Sensors and Transducers. Newnes, 3ed. 306 P.
- 19.Shah Panth; Vyas Tithi. Interfacing of MATLAB with Arduino for Object Detection Algorithm Implementation using Serial Communication. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 3 Issue 10, October- 2014.
- 20.Soans RV., Pradyumna G.R., Yohei Fukumizu. 2018. Object Sorting using Image Processing. 2018 3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT-2018), MAY 18th & 19th 2018.
- 21.Thurston Marlin O. 2006. ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERINGA: Series of Reference Books and Textbooks. Taylor & Francis Group, LLC. 135 P.
- 22.Tietze U.; Schenk, Ch.; Gamet E. 2008. Electronic Circuits. Handbook for Design and Application. 2nd edition. Springer. P. 1529.
- 23.William H. Yeadon, Alan W. Yeadon. Handbook of small electric motors. McGraw-Hill Professional, 2001. Page 4-134.
- 24.Wolber, David; Abelson, Hal; Spertus, Ellen; Looney, Liz (May 2011), App Inventor for Android: Create Your Own Android Apps, O'Reilly, ISBN 978-1-4493-9748-7
- 25.Website 1: <https://ugarity.com/arduino>.
- 26.Website 2: <https://1to4.net/vb/printthread.php?tid=3077>
- 27.Website 3:  
[https://files.solidworks.com/Supportfiles/Release\\_Notes/2019/Fre nch/relnotes.htm](https://files.solidworks.com/Supportfiles/Release_Notes/2019/Fre nch/relnotes.htm)

28. Website 4: <https://opencv-python-tutorials.readthedocs.io/en/latest/>

29. Website 5: <http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials>

30. Website 6: <https://www.mathworks.com/>

31. Website 7: <https://www.verical.com/datasheet/adafruit-brushless-dc-motors-3777-5912007.pdf>

32. Viren Pereira, Vandyk Amsdem Fernandes, Junieta Sequeira, “Lowcost object sorting robotic arm using Raspberry Pi,” Global Humanitarian Technology Conference - South Asia Satellite (GHTC-SAS), 2014.