مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(1) 2021
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (1) 2021

تصميم وتنفيذ مركبة روبوتية لزراعة البذور والشتول

د. م. ثائر أحمد ابراهيم*

(تاريخ الإيداع 20 /5 /2020. قُبِل للنشر في 9 /2 /2021)

□ ملخّص □

يتمحور العمل في هذا البحث حول تصميم وتنفيذ مركبة روبوتية تقوم بزراعة البذر وغرس الشتل في الأراضي الزراعية الصغيرة المساحة وفي البيوت البلاستيكية،حيث تقوم المركبة بهذه المهام بالاستعانة بالعديد من التجهيزات الميكانيكية والكهربائية ودارات التحكّم الإلكترونية.

يستعرض البحث خطوات تجميع الهيكل الميكانيكي للمركبة، وتصميم تقنية لزراعة البذر تمتاز ببساطتها وسهولة تنفيذها، وتصميم تقنية للتشتيل سهلة التصنيع تقوم بعملية الحفر وغرس الشتل. ومن ثم اختيار المحركات الكهربائية ودارات قيادتها. ومن أجل تصميم برنامج التحكّم تم وضع المخطط الصندوقي الذي يمثل خطوات العمل الرئيسية، وتم استخدام البرمجية"Arduino IDE" لبرمجة المُتحكّم المُصغّر "Arduino Uno".

يُناقش القسم الأخير من البحث نتائج النموذج التطبيقي الذي قمنا بتصميمه وتنفيذه والذي يمتاز بتكلفته المنخفضة وبوزنه الخفيف مما يمنع رص التربة الزراعية. المركبة المُصممة تعمل في الأراضي ذات التربة الغير قاسية، وتمتلك تقنية مؤتمتة لزراعة البذر وتقنية نصف أوتوماتيكية لغرس الشتل.

الكلمات المفتاحية: مركبة روبوتية، البذر والشتل، محرك كهربائي، دارة قيادة، الآردوينو، برمجة.

* أستاذ مساعد في قسم هندسة الأتمتة الصناعية – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس – سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(1) 2021
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (1) 2021

Design and implementation of a robotic vehicle for planting seedsand seedlings

Dr. Their Ahmad Ibrahim*

(Received 20/ 5/2020. Accepted 9/ 2/2021)

□ ABSTRACT □

The work in this research is focused on designing and implementing a robotic vehicle that implants seeds and plantings of seedlings in small agricultural lands and greenhouses, where the vehicle performs these tasks through the use of many mechanical and electrical equipment and electronic control circuits.

The research explains the steps for assembling the vehicle's mechanical structure, and designing a planting seeds technology that is characterized by its simplicity and ease of implementation,and the design of an easy-to-manufacture seedling technology for drilling and planting seedlings. Then choose electric motors and their driving circuits. In order to design the control program, a block diagram was developed that represents the main work steps and, the "Arduino IDE" software was used to program the "Arduino Uno" microcontroller.

The last section of the research discusses the results of the model that we designed and implemented, which is characterized by its low cost and light weight, which prevents the compaction of agricultural soil. The vehicle designed to operate in land with non-harsh soils, has automated implants seeds technology and semi-automatic seedling planting technology.

Keywords: Robotic vehicle, Seeds and seedlings, Electrical motor, Drive circuit, Arduino, Programming.

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

1- مقدمة:

لم يعد يقتصر استخدام الروبوتات على قطاعات معينة،بل تعدى ذلكليشمل جميع نواحي الحياة. يزداد استثمار الروبوتات في القطاع الزراعي في جميع مراحله، لما يمكن للروبوتات أن تحققه من نتائجإيجابية هامة في هذا القطاع، بدءاً من تهيئة الأراضي إلى زرع المحاصيل وجني الفواكه والخضروات، والذي من شأنه الحفاظ على نوعية التربة وترشيد استهلاك مياه الري بل وتحسين نوعية المزروعات[2] [1].

يمكن تلخيص آلية عمل المركبة الروبوتية، كما يلي:بعد تشغيل المركبة،يتطلب ادخال البارامترات الرئيسية وهي طول الأرض وعرضهابالإضافة إلى تحديد تقنية الزراعة المطلوبة (بذر أو شتل)،واعتماداً على هذه المعطيات يقوم الروبوت بتحديد سرعته ومسار حركته.في حالة زراعة البذر يتمتعبئةالخزان الخاص بالبذر، ثم يقوم الروبوت بالسير، وأثناء ذلك يقوم بحراثة الأرض ويلقي بها البذور بشكل متناسق، ثم يقوم بتغطيتها بالتربة وذلك بالاستعانة بأدوات ميكانيكية خاصة لهذه العملية. وعند الانتهاء من الصف الأول يقوم الروبوت بالالتفاف إلى الصف الثاني تلقائياً وذلك عن طريق توجيه العجلة الخلفية ليبدأ بالعملية من جديد، وهكذا.

أما في حالة زراعة الشتل،يتم تلقيم قرص مُناول الشتلات ليتم مُناولة شتلة واحدة للشاتول في كل دورة للقرص ليقوم الروبوت بغرس الشتلات على أبعاد ثابتة (محددة برمجياً)،حيث يتوقف قليلا عند عملية غرس كل شتلة لينطلق بعدها من جديد إلى النقطة الثانية التي سيزرع بها الشتلة الثانية، وهكذا.

2- أهمية البحث، وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في مواكبة التطور التقني، والاعتماد على الخبرات المحلية في توطين التقنية الروبوتية في القطاعات الاستراتيجية، وفي مقدمتها القطاع الزراعي الحيوي الذي يعتبر ركيزة أساسية للأمن الغذائي.

الهدف الرئيسي للبحث هو تصميم وتنفيذ مركبة روبوتية للاستخدام الزراعي موجهة لزراعة البذر وغرس الشتل. تتميز المركبة الروبوتية التي تم تصميمها عن الآلات الزراعية الأخرى بأنّهاخفيف الوزن حيثصُنّع هيكلها من الألمنيوم، وهو عنصر معروف بخفة وزنه، وبالتالي حل مشكلة الوزن الكبير للآليات الزراعية التقليدية التي تسبب رص للتربة، بالإضافة إلى أنّالمركبة المُصممةصغير الحجم، وبالتالي فهيمناسبة للعمل داخل الصالات والبيوت البلاستيكية المنتشرة بكثرة محلياً.

3- طرائق البحث، ومواده:

سيتم في البداية،تجميع هيكل المركبة المصنوع من مادة الألمنيوم الخفيف الوزن،ومن ثم شرح كيفية تصميم تقنية لزراعة البذروللتشتيل. والخطوة التالية هيالتصميم الكهربائي، حيث سيتم تسليط الضوء على المحركات المستخدمة ودارات قيادتها.ومن أجل التصميم البرمجي سيتم وضع المخطط الصندوقي الذي يمثل خطوات العمل ومن ثم اختيار المُتحكّم الصغريّ المناسب وتصميم برنامج التحكّم.

التجهيزات الكهربائية المستخدمة هي: محرك خطوي نوع "nema23" معدارة القيادة "tb6600"، ومحرك خطوي نوع "nema17"مع دارة القيادة "a4988"، ومحركات تيار مستمر"DC".ومن أجل التصميم البرمجي،تم اختيارالمُتحكّم من نوع آردوينو (شريحة:Arduino Uno) ومن أجل برمجته استُخدم البرنامج "Arduino IDE" المفتوح

المصدر. ومن أجل عرض الأسئلة التي يطرحها الروبوت قبل البدء بعملية الزراعة (كطول وعرض الأرض) استُخدمت شاشة "LCD"معالشريحة التكاملية "i2c"وذلك لتقليل عدد الأسلاك اللازمة.

4- تصميم وتنفيذ المركبة الروبوتية:

أولاً)القسم الميكانيكي:

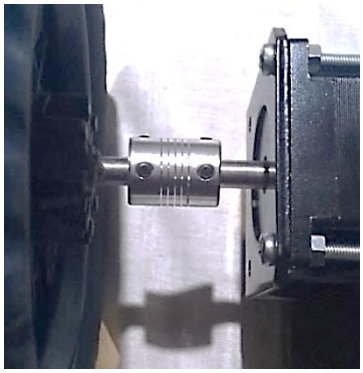
تم البدء بتجميع القسم الميكانيكي،وذلك لأن اختيار المحركات الكهربائية يتم بناءً على الأجزاء المكوّنة للمركبةوالوزن الكامل للهيكل ووزن كل قطعة متحركة، مع مراعاة أن يكون الوزن خفيف والحجم صغير[4] [3]. والأجزاء المكونة للروبوت هي:

•**الهيكل:** يتكون من قاعدة سفلية بطول (80)سم وعرض (50)سموارتفاع (30)سم عن الأرض يُثبت عليها: محركات العجلات الأمامية، محرك توجيه العجلات الخلفية، البطارية ومحرك زراعة البذور (أو محرك غرس الشتل).ومنقاعدة علويةصُممت لتكون بارتفاع (35)سمعن القاعدة السفلية.

•**العجلات:**تم تصميم الروبوت للسير بأربع عجلات بقطر (18) سم مثبتة على محاور مزودة برولمانات لتأمين سلاسة الدوران. البعد بين العجلتين الأماميتين (45) سم وتم ربط كل منهما مع محرك خطوي بعزم "1.2nm". أما العجلتان الخلفيتان فقد تم تثبيتهما على محور واحدطوله (12) سم موصول مع محرك واحد من أجل التوجيه، التباعد بين العجلتين الخلفيتين من الجهة العلوية (6) سم ومن الجهة السفلية (4) سم وذلك كي لا تحتك الشتلة بالعجلات (الشكل 1).

الشكل (1): العجلتان الخلفيتان

•**وصلات محركات العجلات:**بالنسبة لمحركات العجلات الأمامية تم استخدام وصلة ربط مرنة للعمود مصنوعة من الألمنيوم بها شروخ على طول محيطها وذلك من أجل ضمان عدم كسر محور المحرك في حالة تعرضت العجلات لإجهاد كبير. وتم اختيار الوصلات بقطر فتحة (8) مم من الجهتين وهو مساوي إلى قطر محور المحرك ومحور العجلة (الشكل 2).



الشكل (2): وصلة ربط المحرك/العجلة

ولتثبيت محرك توجيه العجلتين الخلفيتين، تم وصل قطعتين من الألمنيوم متعامدتين، حيث وُضع المحرك بداخل إحدى القطعتين وثُبتت القطعة الثانية على القاعدة السفلية (الشكل 3).

الشكل (3): تثبيت محرك توجيه العجلتين الخلفيتين

•تقنية زراعة البذر:

قبل زراعة الأرض بالبذر، يجب في البداية فتح مسار (خط) ضمن التربة لرمي البذور داخله ومن ثم يتم تغطيتها بالتراب[5]،تتألف تقنية زراعة البذر من ثلاث مراحلهي:

الشكل (4): قطعة معدنية لحراثة الأرض

المرحلة الأولى: وهي مرحلة حراثة الأرض،ومن أجل ذلكتم تصميم أداة بشكل حرف Vيتم إنزالها إلى عمق معين في التربة، وعندما تبدأ المركبة بالسير تقوم هذه الأداة بفتح مسار ضمن التربة وإبعاد الترابإلى جانبي المسار ليصبح جاهزاً لإلقاء البذور داخله (الشكل 4).

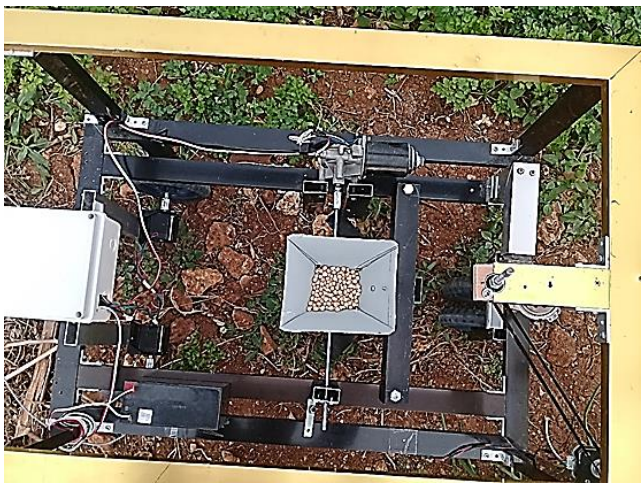
الشكل (5): خزان البذور والقرص.

المرحلة الثانية:هي مرحلة القاء البذر ضمن الخط الذي تم حفره سابقاًويتم تأمين هذه المرحلة عن طريق جهاز البذر (الشكل 5) والذي يتكون من:

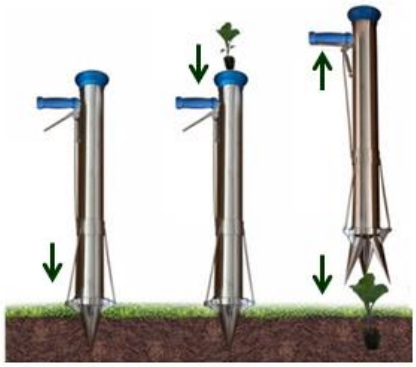
– خزان البذر: الذي يحتوي على كمية البذور المُراد زراعتها ويكون مفتوحاً من الأسفل، حيث يوضع الخزان أعلى قرص البذر.

– قرص البذر: وهوعجلة من الخشب (أو البلاستيك)مُثقبة على محيطها في عدة نقاط، عمق وقطر الحفرة يتعلق بحجم البذور المراد زراعتها.أثناء الدوران يتم سقوط بذرة في كل حجرة من الحجرات الموجودة على سطح القرص من خزان البذور، وتبقى البذرة حتى تقابل الأرض، حيث تسقط بشكل حر بفعل الجاذبية الأرضية.

المرحلة الثالثة: في هذه المرحلة، يتم تغطية البذور التي سقطت ضمن الخط المحفور بالتراب.من أجل تحقيق ذلك، قمنا بتصميم قطعة معدنية على شكل حرف V(الشكل 5)، يتم تركيبها بحيث تلامس سطح التربة لتقوم أثناء سير الروبوت بتغطية البذور بالتراب.ويبين الشكل (6)التصميم الميكانيكي لتقنية زراعة البذر.



الشكل (6): جهاز البذر، منظر علوي.

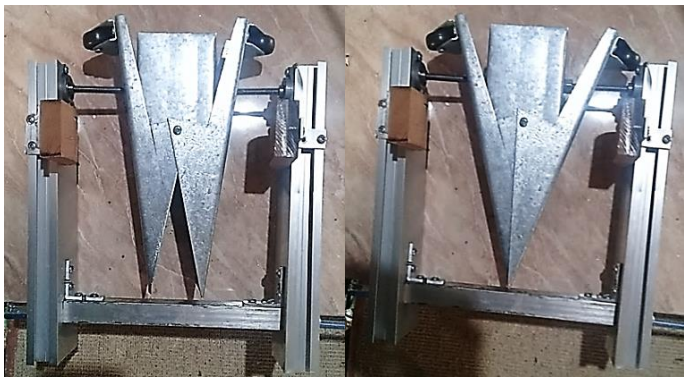


الشكل(7):زراعة الشتل تقليدياً.

- **جهاز التشتيل:**

مهمة جهاز التشتيل،هي الحفر وغرس الشتل. تقوم بهذه العملية أداة الحفر أو ما يسمى "بالشاتول"، وهي طريقة تقليدية (الشكل 7)،تتلخصآلية عملها بقيام العامل بغرس الجزء المدبب من الأداة في التراب وبعد ذلك يقوم بوضع الشتلة داخل الأنبوب ثم يضغط على المقبض العلوي ليتم فتح الجزء السفلي من القطعة وغرس الشتلة داخل التربة[6].

تم تحويل هذه العملية من يدوية إلى عملية مؤتمتة، حيث أُجريت العديد من التصاميم والتجارب للوصولإلى أداة مماثلة لعمل الشاتول التقليدي،إلاّأنّها مؤتمتة في عملية الغرس وفتح الجزء السفلي وذلك باستخدام محرك واحد فقط ولكنها نصف آلية في عملية مناولة الشتل (الشكل 8).



الشكل (8): الشاتول.

تتألف هذه الأداة من قطعتين متماثلتين من الحديد الصاج يتم ربطهما إلى محورين متقابلين مع متوازي مستطيلات مصنوع أيضاً من الحديد الصاج، يوجد في أعلى القطعتين عجلتان وذلك من أجل المساعدة على فتحهما أثناء عملية الغرس بعد احتكاكهما بالمساند الخشبية. تم تثبيت متوازي المستطيلات إلى قطعتين متقابلتين من الألمنيوم بطول (30) سم بواسطة محور ورولمانات وذلك لإعطاء قوة وسلاسة في الحركة عند عملالشاتول.

•**مُناول الشتلات:**وهو عبارة عن قرص يتوضع في أعلاه (11)أسطوانة مُفرغة تستخدم لوضع شتلة واحدة في كل منها.وظيفته هي مُناولة شتلة واحدة للشاتول في كل دورة له، لينتظر انتهاء الدورة، ثم يقوم بمناولة الشتلة التالية. تتم عملية دوران المُناول بواسطة محرك خطوي (NEMA17)، حيث يتم ربط محور المُناول مع محور المحرك بواسطة قشاط مُسنن (أو مايسمى بالقشاط المتزامن) لتأمين نقل الحركة والتي تتم بمساعدة مُسننات من الكروم توضع على كلا المحورين(الشكل 9).

الشكل (9):مُناول الشتلات وربط محوره مع المحرك.

يبين الشكل (10)، التصميم الميكانيكي النهائي لجهاز التشتيل.

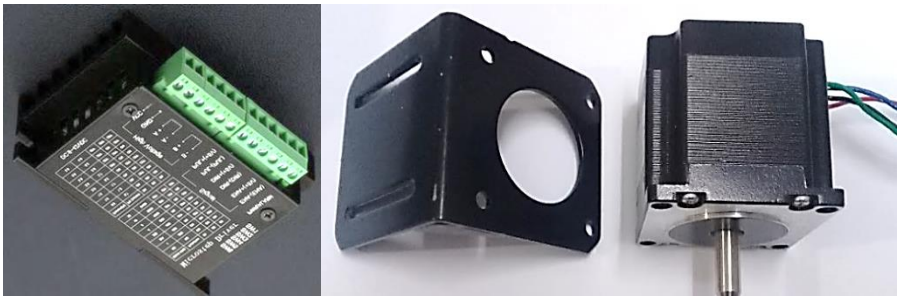
الشكل (10): جهاز التشتيل المُصمم.

ثانياً)التصميم الكهربائي:

سنسلط الضوء في هذه الفقرة على المحركات (المُشغّلات) الكهربائيةودارات القيادة المُستخدمة:

– من أجل تحريك العجلات الأمامية للمركبة الروبوتية تم استخدام محرك الخطوة "NEMA23" من النوع الهجين لكل عجلة (الشكل 11–أ). مواصفاته: (12V، 1.2nm، 2.5A).

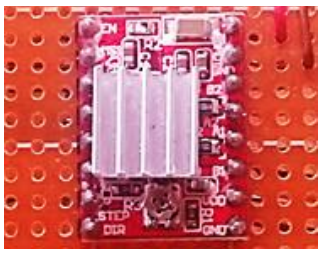
لقيادة هذا المحرك تم اختيار دارة القيادة "tb6600"الشكل (11–ب) التي يمكنها تقديم تيار يصل حتى (4A) وتعمل بجهد من (9~40V) وبالتالي فهي قادرة على قيادة هذا المحرك[7].



(أ) (ب)

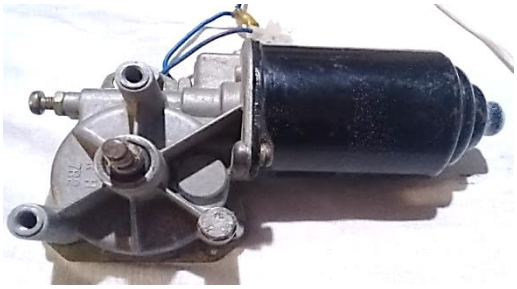
الشكل (11): أ- محرك الخطوة "NEMA23"ب- دارة القيادة "tb6600"

- بالنسبة لمُناول الشتلات،تم استخدام محرك خطوي من نوع "NEMA17" وهو محرك هجين ثنائية القطبية (12V، 0.7A، 0.4nm). لقيادة هذا المحرك تم اختياردارة القيادة "A4988"، حيثأنّ هذا المحرك لا يحتاج إلى تيار كبير(الشكل 12).



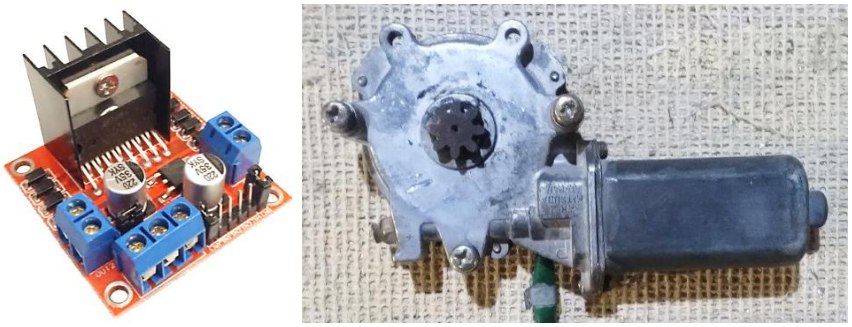
الشكل (12): دارة القيادة "A4988"

- المحرك المستخدم لعجلة البذور، هو محرك تيار مستمر عزمه (11nm) مزود بعلبة سرعة يعمل بجهد (12V).تم وصل هذا المحرك مع محور قرص البذر عن طريق عزقة وبراغي شد،يؤدي دوران محور المحرك إلى دوران القرص ليرمي البذر في الخط الذي تم حراثته في مرحلة سابقة(الشكل 13).



الشكل (13): محرك عجلة البذور.

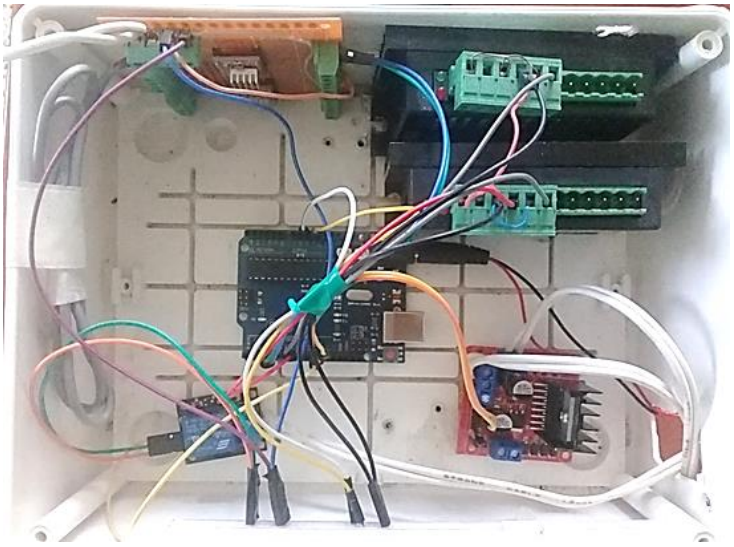
- بالنسبة لمحرك توجيه العجلات الخلفية،هو مشابه لمحركعجلة البذر إلاّأنّ عزمه يساوي إلى (8nm)قمنا بوصله مع المحور العمودي للعجلات الخلفية بواسطة وصلة معدنية، وبسبب الحاجة إلى عكس جهة دورانهذا المحرك استخدمنا دارة القيادة "l298n"(الشكل 14)[8].



الشكل (14): محرك توجيه العجلات الخلفية، ودارة قيادته.

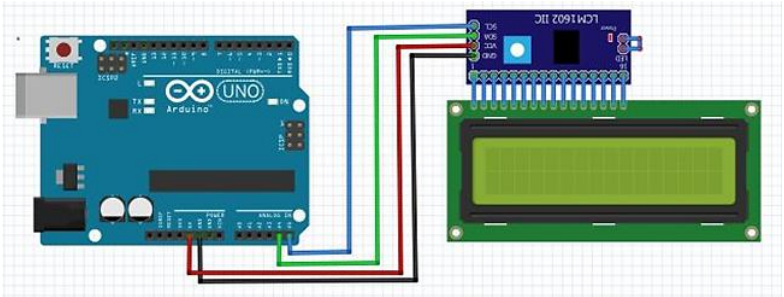
ثالثاً) التصميم البرمجي:

•**المُتحكّم:**بمقارنة المُتحكّمات المُمكن استخدامها،تم اختيار الآردوينو (Arduino) وذلك لرخص ثمنه وعدم الحاجة إلى جهد كبير لتأمين التغذية لهواستهلاكه المنخفض للتيار الكهربائي[9].بالإضافة إلى سهولة التعامل معه وبساطة لغة البرمجة، حيث يتم برمجته عن طريق الحاسوب باستخدام البرنامج Arduino "IDE"المفتوح المصدر [10].تتوفر شرائح الآردوينو بأنواع عديدة، وتم اختيارالشريحة "Arduino Uno" بسبب عدد المداخل والمخارج الكافي للمشروع وإمكانية استخدامها للتحكّم بدارات القيادة. يتم تغذية الآردوينو عن طريق خافض جهد موصول مع البطارية التي تغذي كافة المحركات والعناصر الأخرى. ويبين الشكل (15) الصندوق الذي يحوي شريحة الآردوينو ودارات القيادة.



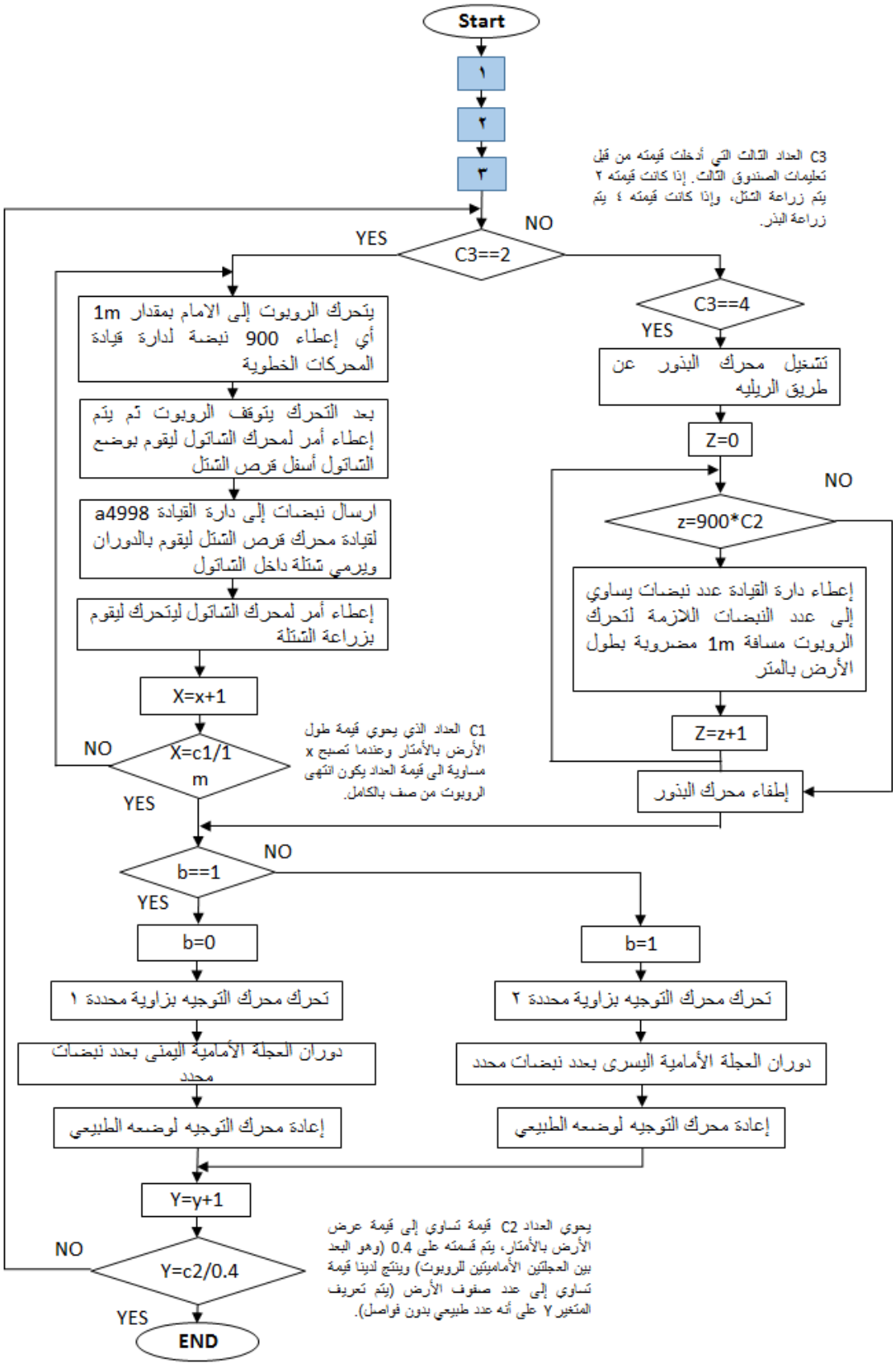
الشكل (15): دارات القيادة وشريحة التحكّم.

من أجل عرض الأسئلة التي تطرحها المركبة قبل البدء بعملية الزراعة (كطول وعرض الأرض) استُخدمت شاشة "LCD"بسطرين و16 عمود،ومن أجل تقليل عدد الأسلاك المستخدمة لوصل الشاشة تم ارفاق هذه الشاشة بالشريحة الالكترونية التكاملية "i2c" ، حيث أنه لوصل الشاشة بالآردوينو يلزم8 أسلاك، بينما عند استخدام الشريحة "i2c" يتم تقليل عدد الأسلاك إلى أربعة فقط (اثنان للتغذية واثنان للتحكّم) (الشكل 16).



الشكل (16): طريقة وصل الشريحة 2cمع الشاشة والآردوينو.

•**برنامج التحكّم:**من أجل تصميم برنامج التحكّم تموضع المخطط الصندوقي التالي(الشكل 17).حيث أنّ وظيفة الصندوق رقم (1) هي السؤال عن طول الأرض وذلك عن طريق رسالة تظهر على الشاشة، حيث يتم ادخال طول الأرض بالأمتار. أما وظيفة الصندوق رقم (2) هي السؤال عن عرض الأرض، في حين أنّ وظيفة الصندوق رقم (3) هي السؤال عن تقنية الزراعة (البذر أم الشتل) لأن لكل تقنية برمجة خاصة بها حيث يظهر على الشاشة الرقم"2" أو "4" (المقصود بـ 2 زراعة الشتل والمقصود بـ 4 زراعة البذر) (يوجد الكود البرمجي في المُلحق).



الشكل (17): المخطط الصندوقي لبرنامج التحكّم.

بعد تشغيل الروبوتتعرض شاشة الـ LCDالأسئلة التي تطرحها المركبة قبل البدء بعملها فيقوم المستخدمبإدخال البارامترات الرئيسية (طول وعرض الأرض) وتحديد تقنية الزراعة (البذر أم الشتل) ويتم ذلك بسهولة عن طريق المفتاح الموجود بجانب الشاشة (الشكل 18).

الشكل (18): عرض البارامترات الرئيسية.

بعد الانتهاء من ادخال المعطيات تنتقل المركبة الروبوتية إلى مرحلة تنفيذ التعليمات البرمجية وحساب سرعة ومسار الحركة وذلك تماشيا مع المعطيات التي تم إدخالها. في حالة زراعة البذر تقوم المركبة أثناء سيرها بحراثة الأرض وإلقاء البذر بشكل متناسق ومن ثم يتم تغطية البذر بالتربة وعند الانتهاء من الصف الأول تقوم المركبة بالالتفاف نحو الصف الثاني تلقائياً(عن طريق التوجيه البرمجيللعجلة الخلفية) لتبدأ بالعمل من جديد، وهكذا إلى أن يتم الانتهاء من كامل مساحة الأرض.

أما في حالة زراع الشتل يقوم البرنامج بتقسيم طول الأرض إلى مسافات ثابتة بحيث يكون البعد بين كل شتلة وشتلة هو (30)سم (يمكن تغيير هذا الرقم بسهولة ضمن البرنامج)، تقوم المركبة أثناء سيرها بالتوقف عند النقاط المحددة من قبل برنامج التحكم ليقوم جهاز التشتيل بغرس الشتلة وعند الانتهاء تنطلق المركبة إلى النقطة التالية، وهكذا إلى أن يتم الانتهاء من كامل مساحة الأرض.

5- مناقشة النتائج:

قمنا في هذا العمل بتصميم وتنفيذ نموذج لمركبة روبوتية ذات نظام قيادة آلي(الشكل 19)، تقوم بغرس البذور والشتول في الأراضي الزراعية الصغيرة المساحة وفي البيوت البلاستيكية. وذلك حسب تسلسل الخطوات التالية:

- بدايةً، تم تجميع هيكل المركبة. وتصميم تقنية لزراعة البذرتتألف من ثلاث مراحل هي، حراثة الأرض وإلقاء البذر ضمن الخط الذي تم حفره ومن ثم تغطية البذور بالتراب. وتصميم تقنية للتشتيل تتألف من جهاز الشاتول ومُناول الشتلات.
- بعد الانتهاء من القسم الميكانيكي تم اختيار المحركات الخطوية من أجل العجلات الأمامية ومُناول الشتلات واختيار محركات التيار المستمر لعجلة البذور ولتوجيه العجلات الخلفية.

-من أجل تصميم برنامج التحكّم تم وضع المخطط الصندوقي الذي يمثّل خطوات العمل الرئيسية وتم استخدام البرنامج "Arduino IDE" لبرمجة المُتحكّم المُصغّر (Arduino).

أ) المركبة مع تقنية زراعة البذر

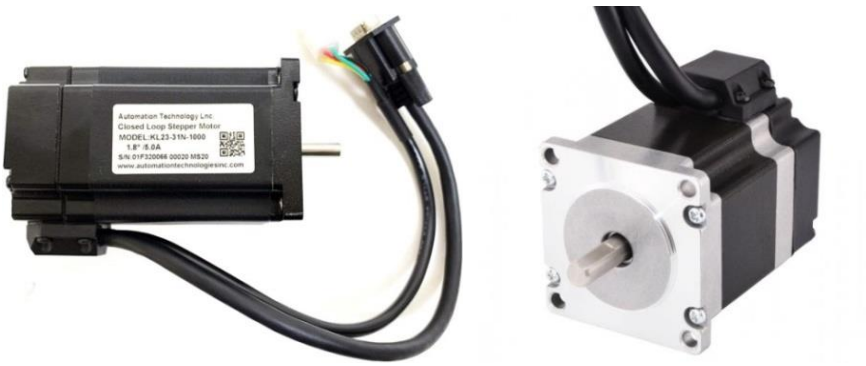
ب) المركبة مع تقنية التشتيل

الشكل (19): الشكل النهائي لنموذج المركبة الروبوتية المُصممة.

سنقوم فيما يلي بمناقشة نتائج نموذجالمركبة المُصمم:

-الحل التصميمي الميكانيكي مُناسب من حيث الحجم الصغير والتكلفة المنخفضة و القدرة على التصنيع محلياً، حيث تم تصنيع جميع قطع المركبة من مادة الألمنيوم لسهولة تشكيلها بالإضافة إلى أنها خفيفة الوزن مما يفيد في تقليل العزم المطلوب تقديمه من المحركات الكهربائية. من ناحية أخرى الوزن الخفيف للمركبة (مقارنة مع الآلات الزراعية التقليدية)سيمنع رص التربة الزراعية.

- يمتاز الحل التصميمي لتقنية زراعة البذور ببساطة فكرته وسهولة تنفيذه. حيث يمكن عن طريق التحكّم بسرعة دوران قرص البذر (العجلة المُثقبة) التحكّم بسرعة سقوط البذر من الحجرات الموجودة على سطح القرص إلى الأرض وبالتالي التحكّمبالمسافة بين البذر. كذلك يمكن تغيير قرص البذر بأخر مختلف في عمق وقطر الحفر (ثقوب العجلة) ليناسب أحجام مختلفة من البذر.
- الحلالتصميمي لتقنية التشتيل مؤلف من مرحلتين، مرحلة جهاز التشتيل (الشاتول) وهي مؤتمتة ومرحلة مُناول الشتلات (مُناولة شتلة واحدة في كل دورة لقرص الشتلات)، بالنسبة للمرحلة الثانية نلاحظ أنه يجب إعادة ملئ قرص الشتلات يدوياً وهذا يجعل من عملية التشتيل نصف آلية.
- تؤمن المحركات الخطوية الدقة الممتازة في الحركة، لكن في حال تعرضها لعزم مضاد أكبر من عزمها ستتوقف وستضيع الخطوات التي يدورها المحرك. لذلك قمنا بإضافة انكودر (Encoder 1000CPR) لتأمين حلقة تغذية عكسية وبالتالي قياس المسافة التي تجتازها العجلات الأمامية (الشكل 20)، ولن يعطي المُتحكّم الآردوينو أمر لإيقاف المحركات حتى يجتاز المسافة المطلوبة ولو واجهت العجلات عقبات.



الشكل (20): محرك الخطوة "NEMA23" مع الانكودر (1000CPR).

- لضمان الحصول على الأداء الصحيح للمركبة تم إجراء عملية المعايرة لمعرفة عدد نبضات التحكّم التي يحتاجها محرك العجلات ليقطع متر واحد. تم القيامبعدة تجارب فتبين أنّ محرك العجلات يحتاج إلى(750) نبضة وإلى العمل بنظام تحكّم بنمط نصف الخطوة (Half step).
- تناسب الشريحة "Arduino Uno" الرخيصة الثمن (مقارنة مع شرائح الآردوينو الأخرى) الحاجات التحكّميةللمركبة المُصممة إضافة إلى أنها تمتلك العدد الكافي من المداخل.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

- تبين من خلال تجريب النموذج التطبيقي للمركبة أنها تستطيع العمل في الأراضي ذات التربة الغير القاسية. يمكن زيادة متانة هيكل المركبة ولكن في المقابل سيؤدي ذلك لزيادة وزنها وبالتالي يجب استبدال المحركات الكهربائية المستخدمة بمحركات ذات عزم أقوى تناسب وزن المركبة الجديد وتتيح لها التحرك بسلاسة على مختلف أنواع الأراضي، وسيكون ذلك هو هدف العمل المستقبلي لتطوير المركبة.
- تبين من خلال البحث أن المحركات الكهربائية من النوع الخطوي (Stepper Motors) هي الحل الأفضل عند التصميم الكهربائي للمركبة الروبوتية وذلك من الناحية التحكُمية لما تتمتع به من مواصفات جيدة من

حيث سهولة التحكم الرقمي بها عبر تقنية التعديل النبضي العرضاني (PWM)، بالإضافة إلى احتواء الآردوينو على مكتبة برمجية خاصة للتحكم بهذه المحركات.

-تتوفر المتُحكّمات القابلة للبرمجة "الآردوينو" في السوق المحلي وتمتاز برخص ثمنها واستهلاكها المنخفض للطاقة الكهربائية وتنوع إصدارتها وسهولة برمجتها باستخدام البرنامج "Arduino IDE"المجاني.

-تقوم المركبة باتباع المسار المُحدد لها والذي تم رسمه برمجياً بشكل صحيح، لكن وجود العوائق قد يسبب مشكلة تتمثل بخروج المركبة عن مسارها الصحيح. من أجل ضمان اتباع المركبة لمسارها الصحيح حتى في حال وجود العوائق يمكن عند تطوير المركبة تزويده بحساس موقع يفيد في تحديد التموضع الدقيق لها.

-يمكن مستقبلاً إضافة نظام كهروشمسي (Photovoltaic system) إلى المركبة الروبوتية لتأمين التغذية الكهربائية لها في حال عملها في الأراضي الزراعية.

المراجع:

[1] Redmond RaminShamshiri and all., *"Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming"*, Int J Agric&BiolEng, Vol. 11 No.4, 2018.

[2] Lars Grimstad and Pal Johan From, "The Thorvald II Agricultural Robotic System", mdpi, Robotics, 2017.

[3] Jin-lin XUE and all, *"An Agricultural Robot for Multipurpose Operations in a Greenhouse"*, International Conference on Mechanical and Mechatronics Engineering (ICMME 2017), 2017.

[4] MasoodUl Hassan,*" Towards Autonomy in Agriculture: Design and Prototyping of a Robotic Vehicle with Seed Selector"*, IEEE, 2016.

[5] Topan Try Harmanda and all, *' Development of a seed-planter wheeled robot prototype '*, The 5th International Seminar on Sciences, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 299, 2019.

[6] Luhua Han and all., *"Development of a riding-type fully automatic transplanter for vegetable plug seedlings"*, Spanish Journal of Agricultural Research, 2019.

[7] Sorotec, *"TB6600, Stepper Motor Driver"*, Datasheet, 2018.

[8] Handson Technology, *"L298N Dual H-Bridge Motor Driver "*, User Guide.

[9] RYAN TURNER, *"ARDUINO PROGRAMMING: 2 BOOKS IN 1- THE ULTIMATE BEGINNER'S & INTERMEDIATE GUIDE TO LEARN ARDUINO PROGRAMMING STEP BY STEP"*, book, TechnicalBooks 2018.

[10] Daniel Géron, " *Arduino Programming: The Ultimate Guide for Absolute Beginners with Steps to Learn Arduino Programming and the Fundamental Electronic Concepts"*, Apress; 2nd ed. edition, 2015.

المُلحق

الكود البرمجي:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//.....................................lcd
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
//.....................................encoder
 #define outputA 12
 #define outputB 13
 #define outputc 11
 #define puls1 3
 #define dir1 4
 #define puls2 5
 #define dir2 6
 #define motor1 7
 #define motor2 8
 #define motor3 9
 #define motor4 10
 #define sw 2

 long counter1 =0;
 long counter2 =0;
 long x=0;
intaState;
intaLastState;
float a;
float b;
 float distance=0;
 float meter = 0;
```

```
//.....................................

void setup() {
pinMode (outputA,INPUT_PULLUP);  //أقطاب الأنكودر
pinMode (outputB,INPUT_PULLUP);
pinMode (outputc,INPUT_PULLUP);
aLastState = digitalRead(outputA);
pinMode(puls1,OUTPUT);
pinMode(puls2,OUTPUT);
pinMode(dir1,OUTPUT);
pinMode(dir2,OUTPUT);
pinMode(motor1,OUTPUT);
pinMode(motor2,OUTPUT);
pinMode(motor3,OUTPUT);
pinMode(motor4,OUTPUT);
pinMode(sw,INPUT_PULLUP);

//.....................................
lcd.init();
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0,0);                    //اطبع في السطر الأول العمود الأول
  //.....................................
lcd.print(" ground lingth");       //ماهو طول الأرض
  while(digitalRead(outputc)==1){
aState = digitalRead(outputA);
  if (aState != aLastState){
  if (digitalRead(outputB) != aState) {
      counter1 --;//++
  } else {
      counter1 ++;//--
     }
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print(counter1);}
aLastState = aState;}
//.....................................
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(" ground width  ");//عرض الأرض
  delay(500);
  while(digitalRead(outputc)==1){
aState = digitalRead(outputA);
  if (aState != aLastState){
  if (digitalRead(outputB) != aState) {
      counter2 --;//++
  } else {
      counter2 ++;//--
     }
lcd.setCursor(1,1);
```

```
lcd.print(counter2);}

aLastState = aState;}
//.....................................
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("              ");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("   ");
}

void loop() {
digitalWrite(motor3,HIGH);// تشغيل محرك عجلة البذور
digitalWrite(motor4,LOW );
digitalWrite(dir1,1);
digitalWrite(dir2,0);
    for(int x=0;x<counter1*1500;x++){
digitalWrite(puls1,HIGH );
digitalWrite(puls2,HIGH );
delayMicroseconds(3000);
digitalWrite(puls1,LOW);
digitalWrite(puls2,LOW);
delayMicroseconds(3000);
   }
digitalWrite(motor3,LOW );// اطفاء محرك عجلة البذور
digitalWrite(motor4,LOW );
digitalWrite(motor1,HIGH );// تشغيل محرك التوجيه
digitalWrite(motor2,LOW );
   delay(200);
digitalWrite(motor1,LOW );// اطفاء محرك التوجيه
digitalWrite(motor2,LOW );
digitalWrite(dir1,1);
   for(int x=0;x<1000;x++){
digitalWrite(puls1,HIGH );
delayMicroseconds(3000);
digitalWrite(puls1,LOW);
delayMicroseconds(3000);
digitalWrite(motor1,HIGH );// تشغيل محرك التوجيه
digitalWrite(motor2,LOW );
  delay(200);
digitalWrite(motor1,LOW );// اطفاء محرك التوجيه
digitalWrite(motor2,HIGH);

   }
}
```