https://doi.org/10.33261/jaaru.2025.32.2.005 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2025)32(2):42–47*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences

مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

جمعية كليات الهندسة اعضاء اتحاد الجامعات العربية

نظام حركة لاسلكي ليّد روبوتية

زين الدين محمود احمد [1]*

[1]كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس، الجمهورية العربية السورية، zainahm94@gmail.com

* الباحث الممثل: زين الدين محمود احمد، zainahm94@gmail.com

نشر في : 30 حزيران 2025

الخلاصة – في هذا البحث قمنا بتصميم و تنفيذ نظام روبوتي على شكل يد متحكم بها لاسلكياً ، وهو أحد تطبيقات الأنظمة الروبوتية المختصة في المجال الطبي، ، مهمتها تقليد حركات قفاز يرتديه المستخدم، أي تقليد إيماءات اليد البشرية الطبيعية والتي تعتبر كقاعدة معلومات للنظام الروبوتي المُنفذ، والتحقق من مدى قدرة وكفاءة اليد الروبوتية للاستجابة لهذه الإشارات الواردة، يتكون قفاز التحكم من متحكم Arduino nano وخمس حساسات مرونة لتحسس انحناء الأصابع بالإضافة إلى دارة (مرسل-مستقبل) nRF24L01 ومصدر طاقة خارجي 9V، ويتم نقلها من قبل القفاز باستخدام وحدة الإرسال والاستقبال إلى الذراع الروبوتية المطبوعة من خلال طابعة ثلاثية الأبعاد، الذي يقوم باستقبال و معالجة هذا الإشارة لتحديد كيفية التحرك استنادًا إلى الإيماءة المُنفذة, أما اليد الروبوتية، فكانت مكونة من أجزاء تم صناعتها بواسطة طابعة ثلاثية الأبعاد حيث تم تصميم الشكل باستخدام البرنامج GrabCAD يحتوي مكتبة مفتوحة المصدر 3D CAD Model Library، وخمس محركات سيرفو، حيث كان لكل أصبع محرك سيرفو خاص به، وقد أظهر تصميم اليد الروبوتية قدرة جيدة على تقليد حركات قفاز التحكم بدون تأخير ملحوظ، وكانت قادرة على التقاط الأشياء المختلفة. تم تصميم وتجميع القطع من مواد متوفرة محلياً وتصنيع الدارات من عناصر متوفرة في السوق المحلية. أشارت النتائج إلى إمكانية تحسين قدرة الإمساك بالأشياء ذات الأسطح الصلبة، وذلك من خلال توفير درجات إضافية من الحرية للأصابع، هذا الذراع يمكن أن يكون حلاً مبتكرًا للأشخاص الذين يعانون من عجز في الحركة، أو الأشخاص الذين يعملون في بيئة عمل خطيرة أو الذين لا يستطيعون حمل الأشياء بشكل جيد. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدامه من قبل جميع الأفراد، حيث لا يتطلب قياسًا محدداً، وميزة أخرى هامة هي أنه لا يستهلك الطاقة بشكل كبير.

الكلمات الرئيسية –طباعة ثلاثية الأبعاد، يد روبوتية، حساسات مرونة، أردوينو.

1. المقدمة

الروبوتات الطبية هي أكثر من مجرد آلات [4]، إنها تمثل تقاطعًا بين التكنولوجيا المتطورة والخبرة الطبية، وتسعى جاهدة لتحسين نتائج المرضى وتبسيط عمليات الرعاية الصحية، وقد أصبحت أكثر تشابهًا بالإنسان بفضل التقدم في مجال الالكترونيات الذي أنتج حساسات ومحركات ذات تصاميم معقدة ودقيقة

يمكن تحقيق هذا التحكم بالروبوتات عن طريق الأسلاك أو الطريقة اللاسلكية إضافة إلى طريقة التحكم بالإيماءات فإيماءات اليد البشرية الطبيعية تشكل وسيلة تفاعلية مهمة و التي يمكن للأيدي الروبوتية الاستفادة منها كقاعدة معلومات، حيث تعرف اليد الروبوتية على أنها يد قادرة على أداء عملية محاكاة لحركات اليد البشرية والتي تتطلب الدقة والبراعة، إذ يعتبر الإمساك الثابت والتحريك الدقيق باستخدام اليد الروبوتية متعددة الأصابع أمرًا بالغ الأهمية [8] ومن جهة أخرى يعد إنشاء روبوت متعدد الأصابع يشبه الإنسان وقادر على الإمساك بالأشياء بدقة وبشكل ثابت هو تحدي هام إضافة إلى تكلفة اليد الروبوتية فالتحدي هو تقليل التكلفة مع الحفاظ على دقة النتائج.

تعتبر اليد البشرية الجزء الأكثر تطورًا في الطرف العلوي [9]، والتي تمثل إنجازًا هندسيًا متطوراً حيث تتكون اليد من عظام محددة يتصل بها عدد من العضلات والهياكل العصبية والأوعية الدموية وبشكل تشريحي تتكون من:

العظام:

الكاربوس (Carpus): مجموعة من ثمانية عظام صغيرة بين الرسغ وبداية الأصابع.

المفصل الشعاعي الرسغي (RC) (Radiocarpal): يربط اليد بالرسغ.

الأصابع:

تتكون كل إصبع، باستثناء الإبهام، من :

عظمة (Metacarpal).

ثلاث سلاميات: العظم السلامي الأول (FP)، والثاني (SP)، والثالث (TP).

أربعة مفاصل: المفصل بين السلاميات البعيدة (DIP) المفصل بين السلاميات القريب (PIP)، المفصل السنعي (MP)، المفصل الرسغي السنعي (CM) والمفصل بين الرسغية (IC).

يحتوي الإبهام فقط على عظام السلاميات الثالثة والأولى، وبالتالي لا يوجد سوى مفصلين بين العظام، وهما المفصل بين السلاميات (MP) والمفصل بين السلاميات البعيدة (DIP).

هذه الهياكل تعمل معًا لتمكين اليد من الحركة والمهارات المعقدة التي تميزها [3].

1726-4081© 2025 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

الهدف الأساسي هو تنفيذ تصميم مبسط وأولي ليد روبوتية طبية مُتحكم بها من خلال قفاز مزود بمجموعة من الحساسات وذلك بالاعتماد على مواد وعناصر إلكترونية متوفرة محلياً وتوسيع فهمنا لوظائف اليد الروبوتية وتطبيقاتها. تمت مقارنة هذا البحث ببحث آخر [12] أجراه الباحثون عام 2022، وتبين أوجه التشابه والاختلاف في الجدول (1).

الجدول 1: مقارنة مع بحث أخر

Parameter	This research	S. Malathy [5] research
sensors	flex	flex– accelerator- ultrasonic
wireless connection	radio waves (nrf24L01)	zigbee
controllers	Arduino nano	Arduino uno
type of motors	servo	servo
results	the angles of each finger were tested	the angles and output voltage of the Flex sensor were tested

2. الدراسات السابقة

قام Marimuthu وأخرون [10] عام 2016 بتصميم نظام قفاز آلي مخصص لتطبيقات الأشخاص ذوي الإعاقة في الحركة، يتم تركيبه على قاعدة متحركة تساعد المستخدم في الوصول إلى الأشياء التي ليست في متناول ذراعه حيث يقوم الذراع الآلي بتكرار حركات مفصل المعصم والكوع والكتف للشخص استجابةً للحركات التي ينتجها قفاز لاسلكي لأداء عمليات الالتقاط والإمساك والتحريك، حيث انتجت حساسات المرونة إشارات تناسب كمية واتجاه حركة يد المستخدم للقيام بفعل ما من خلال محركات التيار المستمر ذات العزم العالي والمتحكم بها باستخدام شريحة أردوينو. يهدف هذا النظام إلى تسهيل حياة الأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة من خلال توفير وسيلة للوصول إلى الأشياء خارج متناول أذرعهم.

تم إجراء العديد من الأبحاث حول اليد الروبوتية التي يتم التحكم فيها لاسلكيًا، وقد درس أحد هذه الأبحاث [1] تصميم وتنفيذ يد روبوتية بخمسة أصابع يمكن تحريكها بزاوية 15 درجة، وهي قادرة على تطبيق قوى مستقلة عند الإمساك بالأشياء. وتم اختبار قدرات الاتصال اللاسلكي ليد الروبوت للتحكم في حركاتها ومحاكاة حركات القفاز الذي يتحكم فيه المستخدم. وأظهرت النتائج فعالية اليد الروبوتية في محاكاة حركة يد المشغل وقدرتها على الإمساك.

قام Salman وأخرون [5] بدراسة في عام 2020 بعنوان "نظام حركة اليد الروبوتية المطبوع ثلاثي الأبعاد الذي يتم التحكم فيه لاسلكيًا مع حساسات المرونة. في هذه الدراسة، تم اقتراح نظام يمكن أن يساعد الأشخاص على العمل والتشغيل دون استخدام الأيدي بشكل مباشر أو الاتصال باليد. يتكون هذا النظام من قفاز مزود بحساسات مرونة وساعد آلي مطبوع ثلاثي الأبعاد. يعمل الساعد المطبوع ثلاثي الأبعاد في نفس الوقت بعد حركة القفاز. يتكون الساعد المطبوع ثلاثي الأبعاد من 46 جزءًا فرديًا تمت طباعتها باستخدام حمض اللاكتيك الأبيض القابل لتحلل (PLA- poly lactic acid) تم تنفيذ حركة الأصابع في ذراع الروبوتات باستخدام المحركات. وبعد اختبار النظام بعناية، اتبعت الذراع الآلية الإجراء بشكل صحيح مع تأخير زمني بحد أقصى قدره 0.133 مللي ثانية طوال الوقت.

ويعرض Hiader وأخرون [11] تصميم وتطوير نموذج يد صناعية ثلاثي الأبعاد مزود بحساسات مرونة من أجل توليد نسخة طبق الأصل لليد البشرية لشخص ليس لديه يد. بالإضافة إلى ذلك، يعرض هذا العمل أيضًا التحكم اللاسلكي (الاختيار والمكان) لليد الصناعية من خلال الترددات الراديوية. إن استخدام حساسات مرونة منخفضة التكلفة لتحديد موضع الأصابع وإضافة التحكم في قبضة اليد في اليد الاصطناعية، يجعل التصميم بأكمله فعالاً من حيث التكلفة. وخلص البحث إلى أن إدراج الحساسات المرنة مفيد للغاية من الناحية الاقتصادية لأنه يوفر حلاً منخفض التكلفة مقارنة بتقنيات الأطراف الاصطناعية المكلفة الحالية.

قام Benamer وأخرون [6] باستخدام إيماءات اليد البشرية للتحكم في اليد الروبوتية من خلال القفاز، حيث تم استخدام حساسات السرعة والتسارع وحساسات الانحناء والتحكم فيها من خلال متحكمات AtMega32. ويشرح عمل تقنية التحسس عن طريق لفتة اليد باستخدام مقياس التسارع وحساسات للانحناء والاتصال بالأصابع، يتم استخدامها لقيادة الروبوت ذي العجلتين في الوضع اللاسلكي باستخدام الترددات الراديوية. ويمكن استخدامه للكشف عن القنابل وتفكيكها وعمليات الإنقاذ إذا تم تركيب ذراع روبوت عليها، ويمكن التحكم بها باستخدام القفاز.

3. منهجية البحث

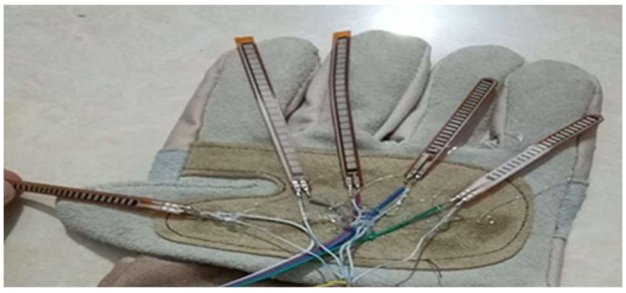
سيتم التحدث عن المواد المستخدمة وعن التصاميم التي تم تنفيذها.

3.1 وحدة الإرسال والاستقبال nRF24L01:

الوحدة اللاسلكية nRF24L01 هي وحدة نقل لاسلكية تعمل في نطاق 2.4 جيجاهرتز باستخدام بروتوكول SPI يتم استخدامها عادة لإرسال واستقبال البيانات على تردد التشغيل ISM من 2.4 إلى 2.5 جيجاهرتز. تُستخدم وحدة nRF24L01 عادة للاتصال اللاسلكي مع لوحات Arduino وهي خيار شائع للعديد من التطبيقات بسبب مرونتها وتكلفتها المنخفضة، بما في ذلك أنظمة التحكم عن بعد وشبكات التحسس وغيرها [13].تتميز وحدة nRF24L01 باتصال عالي التشغيل مع استهلاك طاقة منخفض [7] وهي متوافقة مع المتحكمات المنخفضة التكلفة بسبب استخدامها لتقنية Enhanced ShockBurst من Nordic Semiconductor. حيث يعمل المرسل من خلال واجهة التسلسل الزمني الطرفي (SPI) إذ يجب توصيل الأقطاب SCK و MOSI و MISO بالأقطاب المقابلة على الأردوينو ومن أجل التواصل مع المرسل، تم تضمين واجهة SPI ومكتبة RF24 في برنامج الأردوينو.

3.2 حساس المرونه Flex Sensor:

حساس المرونة عبارة عن مقاومة متغيرة، حيث يتحدد مقدار الميل في الحساس بناءً على قيمة المقاومة حيث يتم تسجيل التغيرات في المقاومة بشكل رقمي ويتم تحويل البيانات في هذه الحالة إلى درجات الدوران لمحركات السيرفو [2]. بالنسبة لحساس المرونة بطول 56 مم، تتراوح مقاومة الانحناء من 45 كيلو أوم إلى 125 كيلو أوم، اعتمادًا على نصف قطر الانحناء، والمقاومة المستوية تبلغ 25 كيلو أوم ويُستخدم حساس الميل لتسجيل درجة انحناء كل إصبع من قفاز التحكم. موضح في الشكل (1) عدة حساسات مرونة.



الشكل 1: حساسات مرونة

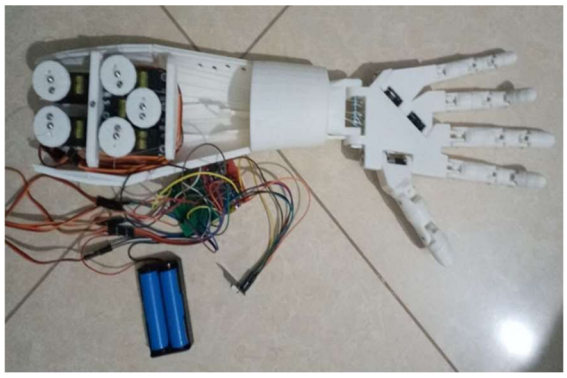
لقراءة البيانات من حساس المرونة، يتم تنفيذ مقسم الجهد (Voltage Divider) حتى يكون التحويل من التناظري إلى الرقمي ممكنًا على الأردوينو نانو. يعطي مقسم الجهد جهداً متغيرًا إلى الأردوينو يتغير بنسبة متناسبة مع المقاومة المتغيرة في حساس الميل، وفقًا للمعادلة Eq(1).

$$v_{out} = v_{in} \frac{R_2}{R_1+R_2} \quad (1)$$

3.3 التطبيق العملي:

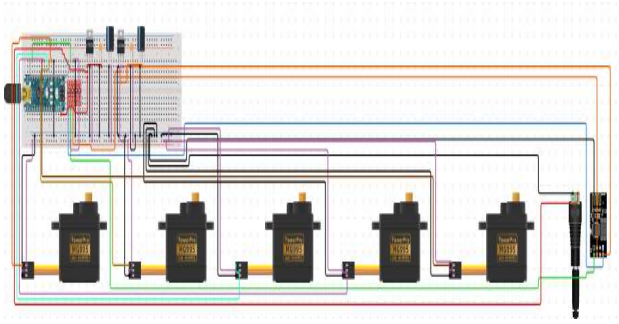
3.3.1 تصميم وتنفيذ اليد الروبوتية (التصميم الميكانيكي & التصميم الألكتروني):

تم في هذا البحث الاعتماد على تصميم ليد روبوتية (كما في الشكل (2)) من مكتبة مفتوحة المصدر 3D CAD Model Library _ GrabCAD حيث تم تحميل ملفات التصميم بصيغة STL وإجراء طباعة ثلاثية الأبعاد محلياً للأجزاء. بعد اختبار التصاميم والتأكد من صحتها تم إرسالها من اجل طباعتها بشكل ثلاثي الأبعاد.



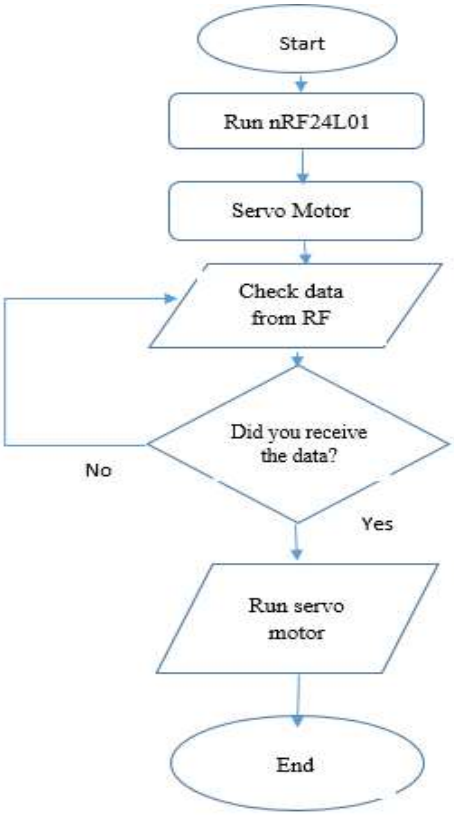
الشكل 2: اليد الروبوتية التي تم تصميمها

عند تجميع الأصابع، تأكدنا من توجيه الأجزاء بشكل صحيح قبل اللصق، وضبط جميع محركات السيرفو عند 0 أو 90 درجة قبل توصيل المسننات بمحركات السيرفو حيث أنه عند تركيب المسننات يجب أن نبقي الأصابع في الوضع المغلق أو المفتوح (وفقًا لزوايا السيرفو الخاصة باليد الروبوتية) أي قمنا بتهيئة الوضع الابتدائي للأصابع، استخدمت أنواع خاصة من الأسلاك للتوصيل بين المسننات والأصابع. يوضح الشكل (3) الدارة الالكترونية لليد الروبوتية.



الشكل 3: الدارة الالكترونية لليد الروبوتية

تم برمجة محركات السيرفو الظاهرة في الشكل (3) المتصلة باليد بواسطة استدعاء مكتبة Servo أما بالنسبة لوحدات الإرسال والاستقبال، تم أيضًا استدعاء مكتبة RF24، مما سمح بتعيين عنوان كل من وحدات الإرسال والاستقبال (وحدتي nRF24L01)، كما تم معايرة محركات السيرفو باستخدام كود برمجي حيث تم تعيين موضع كل محرك سيرفو ضمن شروط أولية، وضبط محركات السيرفو على 0°باستخدام التابع write() لتمرير خيوط التوصيل ومن ثم تم تدوير محركات السيرفو إلى 0° وهي الحالة الممتدة تمامًا للأصابع. تم شد إحدى خيوط الاتصال للحفاظ على التوتر في جميع أنحاء الذراع ومن ثم تم تدوير محركات السيرفو إلى 90 درجة، وهو الحالة المثنية تمامًا بحيث يتوافق مع **مجال حركة الأصابع** من 0 درجة إلى 90 درجة، وتم شد الخيط الثاني إلى البكرة. يوضح الشكل (4) المخطط التدفقي لآلية عمل اليد الروبوتية.

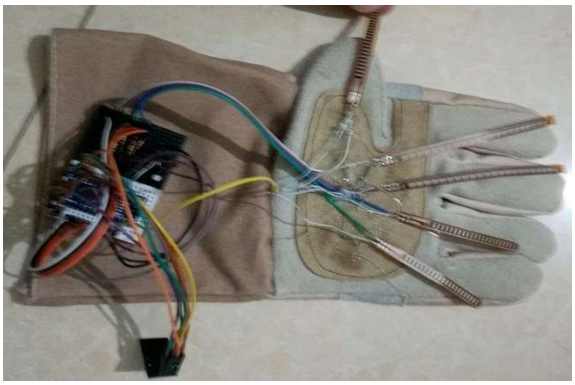


الشكل 4: المخطط التدفقي لآلية عمل اليد الروبوتية

3.3.2 تصميم قفاز التحكم:

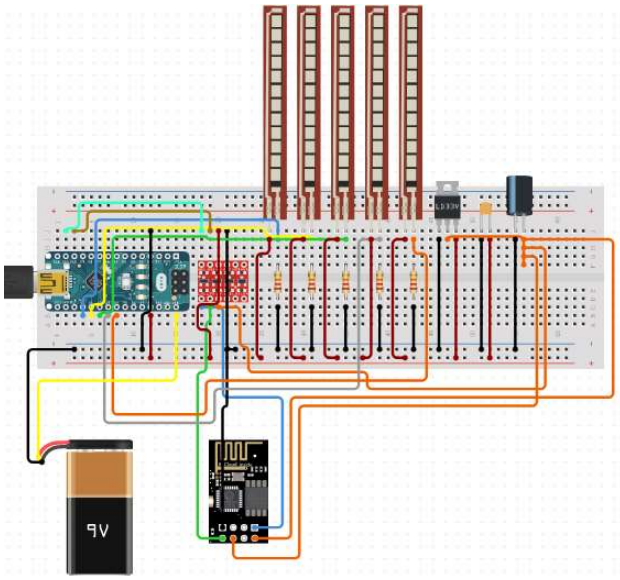
يستخدم القفاز للتحكم باليد الروبوتية كما هو **موضح في الشكل (5)** حيث يحتوي على خمسة حساسات مرونة. كل إصبع في اليد الروبوتية يتم التحكم به بواسطة حساس مرونة واحد حيث قمنا بتثبيت الحساسات على القفاز ثم

توصيلها بلوحة أردوينو نانو، من خلال ربط خرج الحساس المرونة بزاوية دوران محركات السيرفو برمجياً **كما في الشكل (6)**، تم تحقيق التمديد والانحناء لليد بعد عدة تجارب من خلال البرمجة والتجريب.



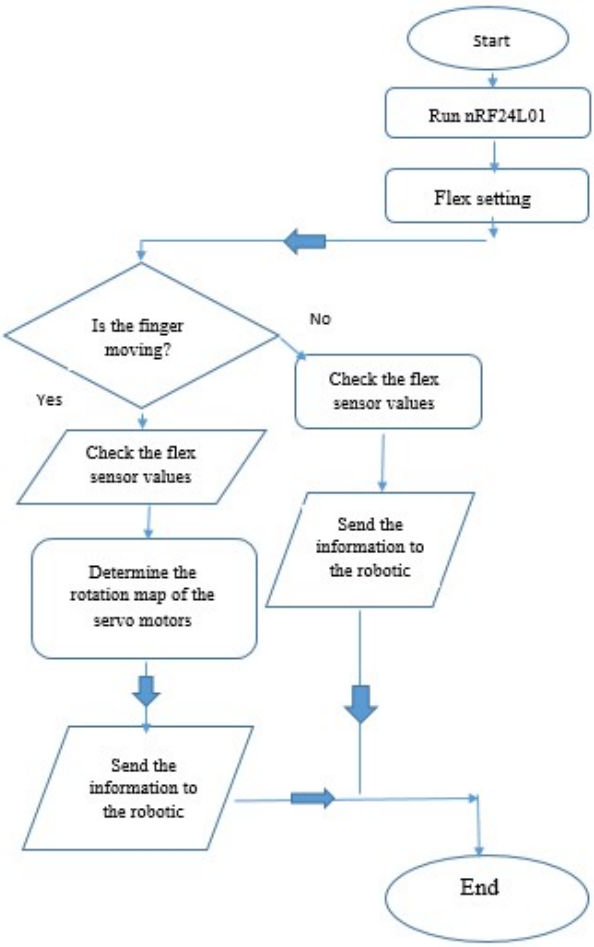
الشكل 5: قفاز التحكم

يوضح الشكل (6) الدارة الالكترونية لقفاز التحكم حيث نلاحظ حساسات المرونة ومتحكم الأردوينو نانو ووحد الارسال والاستقبال nRF24L01.



الشكل 6: الدارة الالكترونية لقفاز التحكم

أولا تم معايرة حساسات المرونة باستخدام تعليمة (analogRead، حيث تم ملاحظة القيم عندما يكون في حالة الراحة وعندما يكون منحنياً تمامًا، تم استخدام القيم ومعايرتها باستخدام التعليمة (map لتصبح ضمن مجال من 0 إلى 90 درجة لكي تناسب زاوية دوران المحركات السيرفو، تم حساب بيانات حساسات المرونة في حزمة رسالة، ومن ثم تم نقل الحزمة من خلال العنوان المعين لوحدة الاستقبال في الذراع المطبوعة، يظهر الشكل (7) المخطط الصندوقي لخوارزمية العمل للدارة الالكترونية للقفاز.



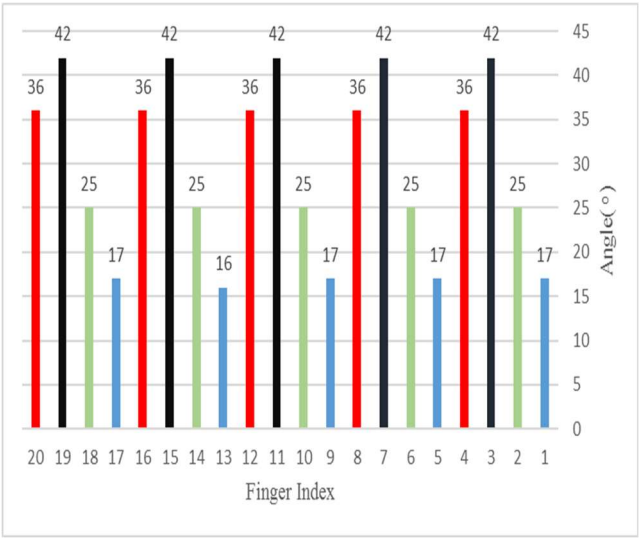
الشكل 7:المخطط التدفقي لألية عمل قفاز التحكم

4. النتائج:

تم اجراء تجربتين لاختبار اليد الروبوتية من حيث قراءة قيم الحساسات في وضع التهيئة ومن حيث الفرق في الزوايا بين أصابع القفاز وأصابع اليد الروبوتية.

4.1 اختبارات تهيئة الإصبع:

وبما أن مادة القفاز كانت قاسية كما هو موضح في الشكل 5، لذلك خرج كل حساس لم يكن 0؟ عند استخدام القفاز، كانت القيمة الأولية لكل حساس مختلفة. تم إجراء اختبار عن طريق وضع اليد القفازية بلطف على سطح المكتب وكانت الزوايا للأصابع كما هي موضحة في الشكل 8 حيث كانت البيانات لأربع تجارب أي تمت إعادة التجربة نفسها خلال دقيقتين وكان الاختلاف فقط في المجموعة الرابعة اختلف بدرجة واحدة فقط، من البداية الإبهام وهو الإصبع الأول كان الانحناء صفر. كان الشريط الأزرق من السبابة الإصبع الثاني، بين 16 درجة و15 درجة. يمثل الشريط الأخضر الإصبع الأوسط، الإصبع الثالث، 24 درجة. يمثل الشريط الأسود كان من البنصر، الإصبع الرابع، 40 درجة والشريط الأحمر من الإصبع الخامس، 35 درجة. كانت هناك بيانات لخمس مجموعات في حوالي دقيقة واحدة في هذا الرسم البياني وكان هناك اختلاف زاوية في الإصبع الثاني، الشريط الأزرق، وكانت زاوية الإصبع 16 درجة وليس 17 درجة في المجموعة الرابعة.



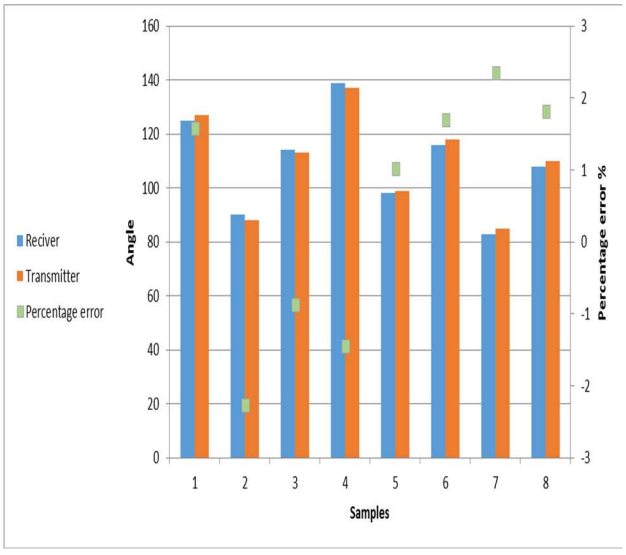
الشكل 8: مجال الاستجابة لإشارات حساسات المرونة على القفاز

4.2 *الاختبار الديناميكي:*

الاختبار عبارة عن مراقبة البيانات بين قيمة الزوايا لأصابع القفاز والزوايا لأصابع اليد الروبوتية حيث يقوم المستخدم الذي يرتدي القفاز بثني أصابعه بشكل عشوائي لمعرفة الفرق بين الزوايا. الشريط البرتقالي من القفاز والشريط الأزرق من الذراع المطبوع. تم جمع ثماني عينات كما هو مبين في الشكل (9). النقطة الخضراء هي النسبة المئوية للأخطاء بين الفرق في الزوايا لكل من القفاز واليد الروبوتية. وبالتالي نحسب معدل الخطأ كما في المعادلة Eq (2)

$$E = \frac{\emptyset_{tr} - \emptyset_{re}}{\emptyset_{tr}} * 100\% \qquad (2)$$

حيث $\emptyset_{tr}$ هي الزاوية من جهاز الإرسال و$\emptyset_{re}$ هي الزاوية من جهاز الاستقبال. E كانت نسبة الخطأ المئوية. وتظهر النتيجة أن E تتراوح بين (%2.27 ~ -%1.42).



الشكل 9:الاختبار الديناميكي

5. الاستنتاجات والتوصيات

5.1 *الاستنتاجات*

• تمكنت اليد الروبوتية من تقليد حركات اليد في قفاز التحكم والإمساك بالأشياء من خلال الاتصال اللاسلكي.

• تقليد الحركات من قفاز التحكم حقق استجابة جيده، تم اعتبار قدرة الإمساك مقبولة حيث كانت اليد الروبوتية قادرة على الإمساك بأشياء تصل وزنها إلى 100 جرامًا.

• تعديل حساسات الانحناء في قفاز التحكم عدة مرات حتى تناسب القفاز بإحكام، مما سمح بتحقيق نطاق الزاوية الكامل المحدد لمحركات السيرفو.

• القفاز ليس مثاليًا بسبب الحجم الثابت وتأثير ملاءمة القفاز عند ارتدائه أثناء انحناء حساسات المرونة.

• كان نطاق الحركة في اليد الروبوتية محدودًا من بنية اليد البشرية وذلك بسبب أن الهيكل الميكانيكي لليد الروبوتية هو نموذج مبسط لليد البشرية.

5.2 *التوصيات*

- نوصي باستخدام باستخدام الإشارات الكهربائية للدماغ للتحكم بالذراع الطبية من خلال حساسات خاصة.
- من المفيد استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الهندسة الطبية حيث من الممكن تسهيل الأنشطة الفيزيائية على المرضى الذي لديهم صعوبة في الحركة.
- يمكن أن يكون هذا النظام مفيدًا حقًا للمستخدمين الذين يعملون في ظروف خطيرة أو بيئة خطرة أو يحتاجون إلى التشغيل عن بعد لأسباب تتعلق بالسلامة.

المصادر

[1] A. Mishra, S. Malhotra, and U. Pradesh, “Design of hand glove for wireless gesture control of robot,” *Int. J. Pure Appl. Math*, vol. 114, no. 8, pp. 69–79, 2017.

[2] A. Nag, S. C. Mukhopadhyay, and J. Kosel, “Wearable flexible sensors: A review,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 13, pp. 3949–3960, 2017.

[3] B. Clarke, “Normal bone anatomy and physiology,” *Clinical journal of the American Society of Nephrology*, vol. 3, no. Supplement_3, pp. S131–S139, 2008.

[4] C. J. Payne and G.-Z. Yang, “Hand-Held Medical Robots,” *Ann Biomed Eng*, vol. 42, no. 8, pp. 1594–1605, Aug. 2014, doi: 10.1007/s10439-014-1042-4.

[5] F. Salman, Y. Cui, Z. Imran, F. Liu, L. Wang, and W. Wu, “A Wireless-controlled 3D printed Robotic Hand Motion System with Flex Force Sensors,” *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 309, p. 112004, 2020.

[6] K. Benamer, M. Elmabrouk, and A. Hwas, “Animatronic Robotic Hand Controlled by Glove Using Bluetooth,” International Conference on Mechanical and Industrial Engineering (ICMIE2022), 2022.

Systems and Technologies, vol. 51. , Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 595–605. Doi: 10.1007/978-3-319-30927-9_59.

[11] S. A. A. Hiader, A. Nasir, M. Ameen, A. Raza, A. Waleed, and Z. Ali, "Design and Development of Low Cost, Wireless Controlled, 3D Prosthetic Hand using Flex Sensors," in *2021 International Conference on Innovative Computing (ICIC)*, Nov. 2021, pp. 1–6. Doi: 10.1109/ICIC53490.2021.9692998.

[12] S. Malathy, M. Jaipriya, M. Thenmozhi, and M. Priyanka, "WIRELESS CONTROLLED HAND GESTURE BASED BORE WELL VICTIMS RESCUE ROBOT WITH VIDEO STREAMING," *NeuroQuantology*, vol. 20, no. 8, p. 5990, 2022.

[13] Z. Chen, C. Hu, J. Liao, and S. Liu, "Protocol architecture for wireless body area network based on nRF24L01," in *2008 IEEE International Conference on Automation and Logistics*, IEEE, 2008, pp. 3050–3054.https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4636702/

http://icmie2022.ly/docs/proceedings/ICMIE-2022-35.pdf

[7] M. Mahbub, "Design and Implementation of Multipurpose Radio Controller Unit Using nRF24L01 Wireless Transceiver Module and Arduino as MCU," *International Journal of Digital Information and Wireless Communications*, vol. 9, no. 2, pp. 61–72, 2019.

[8] R. A. Beasley, "Medical robots: current systems and research directions," *Journal of Robotics*, vol. 2012, 2012,https://www.hindawi.com/journals/jr/2012/401613/abs/

[9] R. J. Schwarz and C. Taylor, "The anatomy and mechanics of the human hand," *Artificial limbs*, vol. 2, no. 2, pp. 22–35, 1955.

[10] R. Marimuthu, S. Ramkumar, H. Infanta, A. Meenal, and Preethi, "Design of Robotic Hand-Glove for Assisting Mobility Impaired," in *Proceedings of First International Conference on Information and Communication Technology for Intelligent Systems: Volume 2*, vol. 51, S. C. Satapathy and S. Das, Eds., in Smart Innovation,

Wireless movement system for robotic hand

***Zain Aldein Mahmoud Ahmad*[1, *]**

[1] *Faculty of Technical Engineering, University of Tartous, Tartous, Syria Arab Republic, zainahm94@gmail.com*

**Corresponding author:Zain aldein Mahmoud Ahmad, email: zainahm94@gmail.com*

Published online : 30 June 2025

Abstract— In this research, we designed and implemented a robotic system in the form of a wirelessly controlled hand, which is one of the applications of robotic systems specialized in the medical field. Its mission is to imitate the movements of a glove worn by the user. That is, to imitate natural human hand gestures, which are considered an information base for the implemented robotic system, and to verify from the ability and efficiency of the robotic hand to respond to these incoming signals. The control glove consists of an Arduino nano microcontroller and five flexibility sensors to sense the curvature of the fingers in addition to an nRF24L01 transmitter-receiver circuit and an external 9V power source. Which is transmitted by the glove using the transmitter and receiver unit to the robotic arm. Printed through a 3D printer, which receives and processes this signal to determine how to move based on the executed gesture. As for the robotic hand, it was composed of parts manufactured by a 3D printer, where the shape was designed using the program GrabCAD, which contains an open source library 3D CAD Model Library. And five servo motors, where each finger had its own servo motor. The design of the robotic hand showed a good ability to imitate the movements of a control glove without noticeable delay, and it was able to pick up various objects. The parts were designed and assembled from locally available materials, and the circuits were manufactured from elements available in the local market. The results indicated the possibility of improving the ability to grasp objects with hard surfaces, by providing additional degrees of freedom for the fingers. This arm could be an innovative solution for people who suffer from movement deficits, such as people who suffer from upper paralysis or who cannot hold objects. In addition, it can be used by all individuals, as it does not require specific measurement, and another important advantage is that it does not consume much energy.

Keywords— 3D printing, robotic hand, Flex sensors, Arduino.