تقرير التصميم الميكانيكي المطور (كلب روبوتي محاكي للطبيعة)

التدريب الصيفي - مؤسسة الأساليب الذكية (Smart Methods)

اسم الطالب: أحمد ناصر (Ahmad Nasser)

اسم المهمة: إنشاء التصميم الميكانيكي الأولي لكلب روبوتي بسيط

الهدف الأساسي: فهم الأساسيات الميكانيكية والحيوية التي تجعل الروبوت قادراً على الوقوف والمشي بثبات عالٍ.

1. شكل الجسم والهيكل (Chassis & Body Shape)

تم تصميم الهيكل الرئيسي على شكل صندوق مستطيل بسيط ومجوف لحماية المكونات الإلكترونية الداخلية (مثل لوحة التحكم والبطارية). تم تزويد الهيكل بـ:

- صندوق علوي مخصص لتركيب الحساسات (مثل الرادار، الكاميرات، وحساسات الأمواج فوق الصوتية) ليعمل كـ "رأس" للروبوت لتفادي العقبات.
- شاشة أمامية مدمجة تحمل اسم المصمم (Ahmad Nasser) كعلامة بصرية تفاعلية للروبوت.

2. تصميم الأرجل المطور (Biomimetic Leg Design)

تعتمد الأرجل على تصميم حيوي متطور يحاكي الكائنات الحية (Biomimetic)، حيث تم توزيع الأرجل الأربعة بشكل متناظر على أركان الهيكل لضمان توزيع الوزن:

- تتكون كل رجل ميكانيكياً من قطعتين مائلتين بزاوية هندسية دقيقة: **الفخذ (Upper Link)** و**الساق (Lower Link)**.
- تتصل القطعتان معاً عبر مفصل الركبة، هذا الانحناء الميكانيكي يمنح الروبوت مرونة أعلى أثناء الخطوات، ويضمن خلوصاً ممتازاً عن الأرض (Ground Clearance) لتجنب الارتطام بالأسطح.

3. عدد المفاصل ودرجات الحرية (Joints & Degrees of Freedom)

للحفاظ على بساطة التحكم والربط البرمجي، تم اعتماد **درجتي حرية (2 DOF) لكل رجل** :

- **مفصل الفخذ (Hip Joint):** مفصل دوراني واحد يسمح للرجل بالحركة للأمام والخلف (التأرجح).
- **مفصل الركبة (Knee Joint):** مفصل دوراني واحد يربط الفخذ بالساق ويسمح بثني الرجل ورفعها عن الأرض.
- **الإجمالي:** 4 أرجل × 2 مفصل = **8 مفاصل إجمالية (8 درجات حرية للروبوت بالكامل).**

4. اختيار المحركات (Motor Selection)

تم اختيار محركات سيرفو من نوع **MG996R Servo Motor** لجميع المفاصل الثمانية للأسباب التالية:

- تحتوي على تروس معدنية قوية (Metal Gears) تتحمل الصدمات والضغط عند ملامسة الأرجل المائلة للأرض.
- توفر عزماً ممتازاً يصل إلى ***11.0 kg·cm*** عند جهد 6 فولت، وهو كافٍ جداً لتحمل وزن الهيكل وتأمين زوايا الأرجل الثابتة.

5. حساب عزم مبدئي لأحد المفاصل (Initial Torque Calculation)

تم حساب العزم المبدئي المطلوب لمفصل الفخذ في أسوأ حالة ميكانيكية وهي امتداد وصلات الرجل أفقياً بالكامل:

المعطيات والافتراضات المبدئية:

- وزن الروبوت الإجمالي المتوقع (m) = ***1.2 kg***
- قوة الوزن الإجمالية ($F = m \times g$) = ***1.2 × 9.8 = 11.76 N***
- أثناء المشي، يرتكز الروبوت على رجلين كحد أدنى، إذن القوة لكل رجل (F_{leg}) = ***11.76 / 2 = 5.88 N***
- طول ذراع الرجل الأفقي الفعال (r) = ***10 cm = 0.1 m***

معادلة حساب العزم الأساسية:

$$Torque\ (\tau) = F_{leg} \times r$$

$$\tau = 5.88\ N \times 0.1\ m = 0.588\ N{\cdot}m$$

تحويل العزم لوحدة المحركات الشائعة (kg·cm):

$$\tau = 0.588 \times 10.2 \approx 6.0\ kg{\cdot}cm$$

النتيجة: العزم المطلوب هو ***6.0 kg·cm*** وبما أن المحرك المختار (MG996R) يعطي عزم ***11.0 kg·cm***، فالمحرك مناسب جداً ويعمل بأمان كافٍ (معامل أمان يقارب 1.83).

6. الثبات ومركز الجاذبية (Stability & Center of Gravity)

لضمان ثبات الروبوت ومنع انقلابه خاصة مع الأرجل المائلة الجديدة، يتم وضع المكونات الثقيلة (مثل البطارية واللوحات) في **أسفل ومنتصف الهيكل تماماً**. هذا التوزيع يحافظ على مركز الجاذبية (CoG) منخفضاً وفي المنتصف هندسياً، مما يزيد من اتزان الروبوت أثناء السكون والحركة.

7. طريقة المشي المقترحة (Proposed Walking Gait)

تم اقتراح طريقة المشي الزاحف البطيء **(Creep Gait)** لضمان أعلى درجات الثبات:

- يتحرك الروبوت عن طريق رفع وتحريك **رجل واحدة فقط في كل مرة**.
- تظل الأرجل الثلاثة الأخرى ثابتة على الأرض لتشكيل مثلث دعم مستقر تماماً، مما يضمن ثباتاً استاتيكياً كاملاً يمنع الروبوت من السقوط أو الاختلال أثناء حركة الأرجل المفصلية.

8. المشاكل الميكانيكية المتوقعة وحلولها (Expected Mechanical Problems)

1. **الانزلاق الناتج عن ميلان الأرجل (Slippage):** احتمال انزلاق أطراف الأرجل البلاستيكية بسبب زاوية الميلان على الأسطح الناعمة.
الحل: إضافة قطع أو وسادات مطاطية (Rubber Tips) أسفل أطراف الأرجل لزيادة قوة الاحتكاك.
2. **الاهتزاز والفراغات الميكانيكية (Backlash):** حدوث اهتزاز في المفاصل بسبب الحمل على القطع المائلة.
الحل: استخدام براغي ووصلات تثبيت دقيقة ومحكمة الإغلاق مع تدعيم نقاط الاتصال بالمحركات.
3. **سحب تيار عالٍ (Overcurrent):** استهلاك المحركات لتيار كبير عند رفع الجسم المائل.
الحل: فصل طاقة المحركات عن لوحة التحكم باستخدام لوحة توزيع طاقة مخصصة (مثل PCA9685) ببطارية مستقلة.