تقرير التصميم الميكانيكي المبدئي (كلب روبوتي بسيط)

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 التي تجعل الروبوت قادراً على الوقوف والمشي البسيط.

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 (Leg Design)

يحتوي الروبوت على 4 أرجل متناظرة وموزعة على أركان الجسم. تتكون كل رجل ميكانيكياً من قطعتين رئيسيتين (الفخذ والساق) متصلتين بمفاصل دورانية تحاكي حركة الكائنات الحية لتسهيل الرفع والتقدم للأمام.

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

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

- **مفصل الفخذ (Hip Joint):** مفصل دوراني واحد يسمح للرجل بالحركة للأمام والخلف.
- **مفصل الركبة (Knee Joint):** مفصل دوراني واحد يسمح برفع الرجل وثنيها لتجنب الارتطام بالأرض أثناء الخطوة.
- **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 للأرض.
- توفر عزماً ممتازاً يصل إلى ***11.0 kg·cm*** عند جهد 6 فولت، وهو كافٍ جداً لوزن الروبوت المبدئي.

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

تم حساب العزم المبدئي المطلوب لمفصل الفخذ (لأنه يتحمل الحمل الأكبر) في أسوأ حالة ميكانيكية وهي امتداد الرجل أفقياً بالكامل:

المعطيات والافتراضات المبدئية:

- وزن الروبوت الإجمالي المتوقع (m) = $1.2\ kg$
- قوة الوزن الإجمالية ($F = m \times g$) = $1.2 \times 9.8 = 11.76\ N$
- أثناء المشي، يرتكز الروبوت على رجلين كحد أدنى، إذن القوة لكل رجل (F_{leg}) = $11.76 / 2 = 5.88\ N$
- طول ذراع الرجل (المسافة الأفقية للمفصل 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 $6.0\ kg{\cdot}cm$ وبما أن المحرك المختار (MG996R) يعطي عزم $11.0\ kg{\cdot}cm$، فالمحرك مناسب جداً ويعمل بأمان (معامل أمان يقارب 1.8).

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

لضمان ثبات الروبوت وعدم انقلابه أثناء الوقوف أو المشي، يتم وضع المكونات الثقيلة (مثل البطارية ولوحات التوزيع) في **أسفل ومنتصف الهيكل تماماً**. التوزيع يحافظ على مركز الجاذبية (CoG) منخفضاً وفي المنتصف هندسياً، مما يمنع الروبوت من الانكفاء.

7. طريقة المشي المقترحة (Proposed Walking Gait)

تم اقتراح طريقة المشي الزاحف البطهي **(Creep Gait)** وهي الأنسب للروبوتات البسيطة:

- 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 أثناء الحركة.

8. المشاكل الميكانيكية المتوقعة وحلولها (Expected Mechanical Problems)

1. **الانزلاق (Slippage):** احتمال انزلاق أطراف الأرجل البلاستيكية على الأسطح الناعمة.
   الحل: إضافة قطع مطاطية (Rubber Tips) أسفل أطراف الأرجل لزيادة الاحتكاك.
2. **الاهتزاز والفراغات الميكانيكية (Backlash):** حدوث اهتزاز في المفاصل بسبب الفراغات الصغيرة بين تروس المحرك والهيكل.
   الحل: استخدام براغي ووصلات تثبيت دقيقة ومحكمة الإغلاق.
3. **سحب تيار عالٍ (Overcurrent):** استهلاك المحركات لتيار كبير قد يؤدي لإعادة تشغيل المتحكم.
   الحل: فصل طاقة المحركات عن لوحة التحكم باستخدام لوحة توزيع طاقة مخصصة (مثل PCA9685).