**Primera Entrega – Proyecto**

**1. Pregunta de investigación**

¿Es posible detectar y clasificar con precisión los distintos golpes y posiciones técnicas en el tenis de campo a través del análisis de video con modelos de clasificación y/o regresión?

**Preguntas secundarias:**

* ¿Qué características específicas del movimiento (ángulo de muñeca, rotación de hombros, transferencia de peso) son más predictivas para clasificar correctamente los diferentes golpes de tenis?
* ¿Cómo varía la precisión del sistema entre diferentes tipos de golpes (saque, derecha, revés, volea, smash)?
* ¿Qué combinación de parámetros proporciona mayor sensibilidad y especificidad para detectar errores técnicos comunes en cada tipo de golpe?

**2. Tipo de problema**

Este proyecto aborda varios tipos de problemas: clasificación, que incluye la identificación de golpes específicos (saque, derecha, revés, volea, smash) y la clasificación de ejecuciones técnicas como correctas o incorrectas; regresión, con la estimación de ángulos articulares y parámetros biomecánicos cuantitativos; detección de anomalías, identificando patrones de movimiento que se desvían significativamente de la técnica óptima; y machine learning aplicado al deporte, mediante la predicción de la eficacia de los golpes basados en la biomecánica del movimiento.

**3. Metodología**

Adaptaremos la metodología CRISP-DM para nuestro proyecto con las siguientes fases:

**3.1 Comprensión del negocio**

* Investigación sobre biomecánica del tenis y técnicas óptimas
* Consulta con entrenadores profesionales sobre indicadores clave
* Definición de requerimientos técnicos

**3.2 Comprensión de los datos**

* Análisis exploratorio de conjuntos de datos UCF101 y Human3.6M
* Análisis de datasets específicos de deportes (si están disponibles)
* Caracterización de movimientos técnicamente correctos vs. incorrectos
* Identificación de variables biomecánicas relevantes

**3.3 Preparación de los datos**

* Preprocesamiento de videos
* Extracción de puntos clave mediante MediaPipe
* Normalización de coordenadas
* Generación de características derivadas (velocidades, aceleraciones, ángulos)

**3.4 Modelado**

* Fase 1: Entrenamiento de modelos de clasificación de golpes de tenis (Por definir: Random Forest, SVM o XGBoost)
* Fase 2: Entrenamiento de modelos para detección de patrones específicos de movimientos del tenis (Definir: Cluster o análisis de componentes principales)

**3.5 Evaluación**

* Pruebas con datos no vistos previamente
* Validación con jugadores de diferentes niveles
* Comparación con evaluaciones de entrenadores profesionales

**3.6 Despliegue**

* Desarrollo de interfaz gráfica simple
* Implementación de sistema en tiempo real
* Pruebas de campo (con consentimiento registrado)

**4. Métricas de evaluación**

**4.1 Para la clasificación de actividades:**

* Precisión, Recall, F1-Score
* Matriz de confusión
* Curva ROC y AUC

**4.2 Para la estimación de parámetros biomecánicos:**

* Error Cuadrático Medio (MSE)
* Error Absoluto Medio (MAE)
* Coeficiente de determinación (R²)

**4.3 Para la evaluación técnica:**

* Sensibilidad y Especificidad en detección de errores técnicos
* Valor Predictivo Positivo y Negativo
* Correlación con evaluaciones de expertos

**4.4 Para el sistema en general:**

* Latencia (tiempo de respuesta)
* Robustez ante diferentes condiciones de iluminación, fondos y ángulos de cámara
* Usabilidad (evaluación cualitativa)

Para la clasificación de actividades se evaluarán métricas como precisión, recall, F1-score, matriz de confusión, curva ROC y AUC. En la estimación de parámetros de movimiento se utilizarán el Error Cuadrático Medio (MSE), el Error Absoluto Medio (MAE) y el Coeficiente de Determinación (R²). Para la detección de patrones de Parkinson, se analizarán sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo, y el área bajo la curva ROC. Finalmente, el sistema en general será evaluado en términos de latencia y robustez ante diferentes condiciones de iluminación y fondos.

**5. Datos iniciales**

**5.3 Tennis Player Actions Dataset (Mendeley Data)**

* Descripción: Conjunto de datos compuesto por 2,000 imágenes anotadas que representan acciones de tenis como forehand, backhand, serve y posición de espera. Incluye anotaciones en formato COCO con 18 puntos clave del cuerpo.
* Relevancia: Permite el entrenamiento y evaluación de modelos de estimación de pose y clasificación de acciones específicas del tenis.
* Limitaciones: Las imágenes están tomadas de videos en condiciones controladas; no se incluyen datos en tiempo real ni secuencias de video completas.
* Aplicación en el proyecto: Entrenar modelos de reconocimiento de posturas específicas de tenis y clasificar tipos de golpe mediante puntos clave corporales.

**5.4 THETIS Dataset**

* Descripción: Conjunto de datos compuesto por 1,980 videos cortos de 55 jugadores de tenis realizando 12 tipos de golpes, incluyendo forehand, backhand, saque y otros, repetidos tres veces por jugador.
* Relevancia: Proporciona diversidad de jugadores y movimientos, ideal para entrenar modelos de visión por computadora para reconocimiento de acciones deportivas.
* Limitaciones: Los golpes se realizan sin pelota y en entornos interiores, lo que limita la naturalidad del movimiento en comparación con partidos reales.
* Aplicación en el proyecto: Entrenar modelos de reconocimiento automático de tipos de golpe a partir de secuencias de video.

**6. Análisis exploratorio de datos**

Análisis preliminar realizado hasta el momento de ambas bases de datos:

**6.1 Tennis Player Actions Dataset (Mendeley Data)**

* 2,000 imágenes anotadas en total
* Distribución equilibrada entre golpes fundamentales (forehand, backhand, serve, ready position)
* Anotaciones en formato COCO con 18 puntos clave del cuerpo
* Diversidad de jugadores, condiciones de iluminación y ángulos de cámara
* Resolución media de 1280x720 píxeles

**6.4 THETIS Dataset**

* 1,980 videos cortos en total
* 55 jugadores de diferentes niveles y estilos
* 12 tipos de golpes específicos (varios tipos de forehand, backhand, saque, etc.)
* Cada golpe repetido tres veces por jugador
* Grabados en entorno interior controlado
* Duración media por clip: 3.5 segundos
* Anotaciones detalladas de tipo de golpe y calidad técnica

**6.3 Hallazgos preliminares**

* El Tennis Player Actions Dataset proporciona excelente diversidad de posturas estáticas, pero carece de información secuencial completa
* THETIS ofrece secuencias de movimiento valiosas, aunque la ausencia de pelota y situación real de juego puede afectar la naturalidad del movimiento
* La combinación de datos de puntos clave (keypoints) de COCO con las secuencias de THETIS permitirá crear un modelo robusto para la clasificación de golpes

**7. Estrategias para obtención de datos adicionales**

* Grabación controlada con consentimiento informado de:
  + Jugadores profesionales y entrenadores (técnica óptima)
  + Jugadores intermedios y principiantes (diferentes niveles técnicos)
  + Diferentes estilos de juego (atacante, defensivo, all-court)
* Protocolo estandarizado de golpes:
  + Saques
  + de derecha
  + Golpes de revés
  + Voleas
  + Smash

**8. Aspectos éticos**

**8.1 Privacidad y protección de datos**

* Todos los datos deben ser anonimizados y almacenados de forma segura
* Consentimiento informado explícito para cualquier recolección de datos nueva
* Cumplimiento con regulaciones como Ley 1581 de 2012 y Ley 2015 de 2020

**8.2 Consentimiento informado**

Desarrollo de un protocolo detallado de consentimiento informado que explique:

* El propósito del estudio
* Los datos que se recopilarán
* Cómo se utilizarán los datos

**8.3 Manejo de resultados**

* El sistema debe ser presentado como herramienta de apoyo, no como reemplazo del entrenador
* Definir cómo comunicar los resultados de manera constructiva para evitar impactos negativos en la confianza del jugador

**8.4 Implicaciones psicológicas**

* Proporcionar retroalimentación balanceada que no desanime a jugadores principiantes
* Enfatizar el valor educativo y de mejora continua

**8.5 Validación médica**

* Cualquier implementación en entrenamiento formal requeriría validación mediante entrenadores certificados
* No presentar la herramienta como reemplazo del criterio experto de un entrenador profesional

**9. Siguientes pasos**

1. **Inmediatos (próximas 2 semanas):**
   * Refinamiento del análisis exploratorio con foco en biomecánica del tenis
   * Implementación del sistema de extracción de características con MediaPipe
2. **Corto plazo:**
   * Desarrollo del modelo base de clasificación de golpes
   * Diseño del protocolo de recolección de datos propios
   * Implementación de pipeline de preprocesamiento y normalización
3. **Mediano plazo (hasta segunda entrega):**
   * Entrenamiento de modelos con datos iniciales
   * Validación preliminar con métricas definidas
   * Desarrollo del primer prototipo funcional de interfaz