تصحيح الأداء الحركى للاعبى الأسكواش بإستخدام نظام تطوير الأداء الحركى Motor Development System

ا.د/ محمود فتحى محمود
ا.د/ عبد الحليم عبد النبى ذكرى
ا.م.د/ محمد عبد الشكور
الباحث / حاتم عبد المقصود فتوح*

المقدمة

يُشير جيرد هوخموت (1978م) إلى أن من أحد الإتجاهات الحديثة فى مفهوم التدريب هو الموضوعية، بمعنى حصول الشخص الرياضى، والمدرب على حد سواء – بأسرع مايمكن – على المعلومات المتعلقة بالموقف الفسيولوجى والميكانيكى الحيوى، وما إلى ذلك من مقاييس هامة، وأنه لتحقيق هذا الغرض يتطلب الأمر أن تشمل طرق البحث الخاصة بالميكانيكا الحيوية أحدث الطرق والوسائل الفنية.

وقد لاحظ أن هذه الوسائل الفنية الحديثة قد لا تعمل بطريقة تُساير الإرتفاع فى مستوى الأداء من حيث السرعة، لذلك فإنه من المهم بمكان إختراع وتطوير أجهزة التسجيل الحركى المناسبة للإرتفاع المستمر فى مستوى الأداء الخاص بأنواع الأنشطة الرياضية المختلفة، والتى تكون قادرة على إعطاء البيانات الدقيقة والفورية. (1: 291–293)

ويؤكد يوسف الشيخ (1966م) على أنه بما أن علم الحركة يبحث فى الناحية الشكلية والوصفية، كإنسياب الحركة وجمالها وتوقيتها ووصفها، فإنه من الصعب جداً تقييم هذه المظاهر بدقة تامة، ولذلك يُعتبر تقييم هذه المظاهر تقديرياً تقريبياً، بينما نجد أن علم الميكانيكا الحيوية يُقيم مظاهر الحركة تقديراً موضوعياً، ومن السهل قياس مظاهرها الكمية مثل السرعة والقوة. (5: 2)

كما يذكر أن المجال الرئيسى للميكانيكا الحيوية هو البحث في القواعد والشروط التي يمكن لقوى الإنسان أثناء حركته أن تقوم فيها بعمل نافع ومنتج، ولا شك أنه بالإمكان معرفة نتيجة الحركة وحصيلتها وكذا التنبؤ بها في ظروفها المختلفة إذا توافرت المعرفة الدقيقة والدراسة العميقة لقواعد الحركات، كذلك يمكن إكتشاف الأخطاء فى سير الحركة وتلافى أسبابها مما يحقق التوافق فى سير الحركة والوصول بها إلى الهدف المنشود على أكمل وجهه. (5: 10)

وفى هذا الصدد يحدد جيرد هوخموت (1978م) الواجبات الأساسية للميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية فى النقاط التالية:

- وضع البحوث الخاصة بالأداء الرياضى الأمثل، ومعنى ذلك معرفة أنسب الحلول الميكانيكية الحيوية، كما هو أمامنا من حركات رياضية مطروحة للبحث.
- تعميم المعلومات المكتسبة حول فن الأداء الأمثل لأنواع الرياضة كل على حده، ووضع ذلك فى صورة أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية، بما يخدم فن الأداء الرياضى الأمثل.
- تطوير مناهج البحث النوعية، فيما يتعلق بالميكانيكا الحيوية، من حيث سرعة وفورية الحصول على المعلومات لإستخدامها فى التدريب فنياً (المقارنة بين القيمة المرجوة والقيمة القائمة باستخدام أجهزة قياس الحركة المتوفرة). (1: 23-24)

مشكلة البحث

ومن خلال ملاحظة الباحث للاعبى الاسكواش أثناء التدريب المهارى أو أثناء المباريات أو المقابلات التى أجراها الباحث مع العديد من مدربى رياضة الاسكواش، فقد لاحظ وجود خلل وقصور فى أداء مهارة واحده أو اكثر من المهارات الاساسية لرياضة الاسكواش للاعب الواحد، وذلك لعدد ليس بالقليل من لاعبى الاسكواش على الرغم من أن أعمارهم التدريبية المختلفة تتراوح من 5 : 10 سنوات بل وأكثر من ذلك.

كما تختلف درجة وشكل هذا الخلل والقصور من لاعب لاخر لنفس المهارة ، وبعبارة إخرى قد نستطيع أن نقول أن كل لاعب يتصف بأخطاءه كما يتميز باداءه الجيد الذى يميزه عن الاعبين الاخرين فى نفس المهارة.

ويذكر فى هذا الصدد كل من طلحة حسام الدين ومحمد فوزى ومحمد حلمى (2009م) الى أنه أذا لم يكن هناك خطأ فى الادراك أو فى إتخاذ القرار فهناك خطأ فى تنفيذ الإستجابة نفسها، والخطأ هنا إما أن يكون فى الأداء (التكنيك) أو فى ناتج الأداء (عدم تحقيق الهدف). (4: 168)

كما يُشيرون نقلا عن سيد عبد المقصود (1995م) أن لكل رياضة معيار للأداء الفنى الجيد المتفق عليه والذى يجب أن يتبعه كل مدرب ورياضى، وهذا الأداء الفنى النموذجى يجب أن يكون صحيح من الناحية البيوميكانيكية وفعال من الناحية الفسيولوجية حتى يكون واسع الإنتشار، وللحكم على نوعية الاداء الفنى يترك المدرب لاعبيه يؤدون المهارة المعنية تحت ظروف ثابتة، إلا أنه عند محاولة إشراك منافس أو زميل فى موقف الاختبار لا يمكن الحفاظ على مطلب او شرط تثبيت ظروف الأداء. (4: 170-171)

كما يشيروا أيضاً نقلاً عن Harold Barr أنه لابد من إصلاح الأخطاء فى بداية التعلم وقبل أن تصبح عادة، حيث أنه فى حالة تجاهل هذه الأخطاء فإنها سوف تخزن بهذه الصورة وتصبح جزءً من الأداء الأتوماتيكى للاعب وبالتالى يكون من الصعب تجاهلها.

كما يضيفوا نقلاً عن Lippens 1988 أنه يرى أن عملية تصحيح الخطأ يجب أن تتم بناءً على الناحية الداخلية للمتعلم، والا تكون مقصورة على حصر الإنحرافات التى يُمكن رويتها من الخارج، حيث تقل الفائدة من عملية تصحيح الخطأ التى تعتمد فقط على الجانب الخارجى للمتعلمين نظرا لانحصار وظيفتها فى مجرد إبلاغ المتعلم أن يحسن من أدائه دون الدخول فى شرح كيفية ذلك.(4: 171)

ويشير فى هذا الصدد حامد عبد الخالق نقلاً عن سعيد الشاهد 2014م بمرحلة الممارسة الفعلية والمخاطبة مع الذات وهى بداية المواجهة الفعلية مع المشاكل الحركية.(2: 427)

فإذا ما حدث تقصير فى عدم قيام كل من المعلم والمتعلم بالدور المنوط به فى مراحل الاكتساب المعرفى والحركى، مما يقف عائقاً أمام العديد من لاعبى الاسكواش فى محاولة تحسين وتطوير مستواهم المهارى لتحقيق الانتصارات، بل وقد يدفع العديد من هؤلاء اللاعبين الى العزوف عن الاستمرار فى ممارسة رياضة الاسكواش عند عدم قدرتهم على تصحيح هذه الاخطاء، هذا التقصير قد يرجع الى الاسباب التالية:

1- عدم تكوين تصور صحيح أو نموذج مثالى فى ذاكرة اللاعب، والذى يستخدمه فيما بعد كمحك مرجعى لتقييم أداء المهارة ذاتياً، والتى يسعى النظام المقترح موضوع الدراسة الى تصحيحة.
2- عدم توجيه المدرب إنتباه اللاعب إلى أهم النقاط الفنية فى اداء المهارة والتى يتوقف عليها النجاح فى الاداء بدرجة كبيرة، تلك النقاط الفنية التى يقوم النظام المقترح موضوع الدراسة على توجية إنتباه اللاعب اليها بشكل مرئى وذلك قبل وبعد الأداء.
3- عدم الشرح الجيد لمراحل الأداء الفنى بصورة تُناسب قدرات المتعلم خاصة إذا ما كانت بداية تعلم المهارة فى سن مبكرة قد يصل الى 6 سنوات.
4- إهمال عملية التعزيز للاداء الجيد السليم – التغذية المرتدة المدعمة Supportive Feedback
5- عدم تزويد اللاعب بالتغذية المرتدة الخارجية المصححة Corrective Feedback واللازمة لتصحيح أداء المهارة، حيث يعتمد النظام المقترح بشكل كلى على التغذية المصححة المتزامنة.

ومعظم هذه الاسباب قد تؤدى إلى الممارسة المستمرة للاداء المهارى الخاطئ، مما يؤدى بدوره إلى التكوين الخاطئ لما يطلق عليه بـ "**البرنامج الحركى**" . (4 : 122- 126)

"ويُعد Karl Lashley 1917 أول من إستخدام مصطلح **البرنامج الحركى Motor program** والذى كان ينظر اليه فى البداية على أنه النية لأداء الحركة، ولكنه فيما بعد قام بوصف البرنامج الحركى بأنه التشفير العصبى لمعلومات تنفيذ حركة معينة.

وفى سنة 1960 افترض كل من Miller, Galanter, & Pribram فكرة الخطة الحركية **Motor Plan** وهو مشابه لبرنامج الكمبيوتر، وهم يرون أن هذه الخطة هى المسئولة عن التحكم فى تسلسل حدوث الحركة.

وقد أضاف Franklin Henry 1960م – أن التدعيم التجريبى والنظرى لمفهوم البرنامج الحركى، حيث إفترض أن النمط (أو التسلسل) العصبى لحركة معينة يتم التحكم فيه بواسطة برنامج مخزن فى المخ، كما إفترض أنه عند بداية الحركة يقوم البرنامج الحركى بالتحكم فى التفاصيل الدقيقة للحركة مع عدم إمكانية إجراء التعديلات أثناء التنفيذ" (4 : 174– 175)

ومن هذا الفرضية السابقة قد نستطيع تفسير ظاهرة عدم إستجابة لاعب الأسكواش لتعليمات المدرب المتكرره بتصحيح الأداء الخاطئ أثناء التنفيذ، بالرغم من معرفة وإحساس اللاعب بقصوره فى أداء المهارة، لكنه لايستطيع إصلاحها أو تعديلها بسهولة.

وبذلك ظهرت مشكلة البحث فى ضرورة الوقوف على هذه الاخطاء ومحاولة تحديدها وتصحيحها وذلك باستخدام "نظام تطوير الأداء الحركى Motor Development System" ، هذا النظام يهدف الى محاولة تصحيح هذه البرامج الحركية المخزنة فى ذاكرة المخ لدى لاعب الاسكواش مع مراعاة إختلاف وتباين هذه الأخطاء فى بعض المهارات الحركية المختلفة (الضربة الامامية المستقيمة، الضربة الخلفية المستقيمة، الضربة الامامية العكسية، الضربة الخلفية العكسية،...)، وذلك بإستخدام التغذية الرجعية المتزمنة بين أداء اللاعب والاداء المستهدف لنفس المهارة بدون كرة باستخدام حاسة النظر، للوقوف على مدى التصحيح الحادث لهذه البرامج الحركية وذلك بقياس كل من مقدار الخطأ بين أداء اللاعب والأداء المستهدف ، وآلية الآداء الحركى عند تكرار المهارة.

هدف البحث:

تصحيح الأداء الحركى للاعبى الأسكواش بإستخدام برنامج تطوير الأداء الحركى Motor Development System

تسأولات البحث

1– هل يقوم النظام بتحديد وحساب كمية الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب؟

2– هل ساعد النظام ضبط التوافق الزمنى لأداء اللاعب مع الأداء المستهدف؟

3– هل ساعد النظام ضبط التوافق المكانى لأداء اللاعب مع الأداء المستهدف؟

مصطلحات البحث:

1- السلسلة الكينماتيكية (تعريف إجرائى):

وهى الأجزاء المشاركة بفاعلية فى أداء مهارة الضربة الأمامية لليد اليمنى الماسكة للمضرب فى رياضة الأسكواش، ويكون النقل الحركى من الداخل الى الخارج أى من الصدر الى العضد ثم الساعد ومنها الى المضرب.

2- الأداء المستهدف (تعريف إجرائى) Target Performance

هو أداء المدرب أو اللاعب المميز الذى يتم تسجيلة من خلال مستشعرات التقاط الحركة لعدد ثمان محاولات مستمرة ثم تحديد أفضل محاولة.

3- خطاء الأداء الحركى (تعريف إجرائى)

هو الخطأ الناتج من عملية التعلم الخاطئة والتى تفتقد التغذية المرتدة المصححة مما يعمل على تثبيت ورسوخ البرنامج الحركى الخاطى بالجهاز العصبى المركزى المسئول عن أداء المهارة ، ويتم قياس هذا الخطاء من الناحية الكينماتيكية من خلال حساب الفرق بين زوايا الدوران (X,Y,Z) لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية وذلك بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب باستخدام مقياس الخطأ للمهارات المستمرة Root Mean Squared Error (RMSE).

4– **مستشعر الحركة**

يحتوي مستشعر الحركة MPU6050 على جيروسكوب MEMS ثلاثي المحاور، ومقياس تسارع MEMS ثلاثي المحاور. ويستخدم فى الكشف عن الحركة. هذه الوحدة الصغيرة متوافقة مع مستوى الجهد 3.3V – 5V ، كما يمكن دمجها ممع العديد المشروعات.

5- التزامن الحركى

يذكر حامد عبد الخالق الى أن "دول الأنجلو أمريكية تستخدم مصطلح Synchronization للدلالة على التوافق بين زمن حركتين لجسمين مستقلين يلتقيان فى مكان وزمن محدد هذه الظاهرة يطلق عليها

الأمان مصطلح Momentanich ولقد وجدنا أن مصطلح التزامن باللغة العربية هو أنسب ترجمة لمدلول الكلمتين الإنجليزية والألمانية". (2: 100)

كما يرى أن من صور التزامن فى المجال الرياضى هو" التزامن بين لاعبين يحاول أحدهما أن يلحق بالآخر".(2: 102)

وعلى هذا يمكن تعريف التزامن بما يتفق مع أهداف وإجراءات البحث على أنه التوافق بين الأداء الحركى للاعب والأداء الحركى المستهدف زمانياً ومكانياً بحيث يعرف كل من :

1. التوافق الزمنى : بأن يتساوى زمن بداية ونهاية الاداء الحركى لكل من أداء اللاعب والأداء المستهدف.
2. التوافق المكانى : بأن يتساوى زوايا الدوران (X,Y,Z) لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية لإداء اللاعب مع نظيرتها من أجزاء السلسلة الكينماتيكية للإداء المستهدف.

ويرى الباحث أن هذا التعريف يصف الأداء الحركى فى مسابقات الكاتا الجماعى فى رياضة الكراتية وأيضاً فى مسابقات رياضة الغطس (زوجى).

الدراسات المرتبطة:

1- دراسة فولكر زيمان Volker Ziemann (2017م) بعنوان " جيروسكوب لتتبع الحركة ثلاثية الأبعاد عبر شبكة الواى فاى" ، حيث قام بتوصيل مقياس التسارع MPU-6050 أو MPU-9250 الذى لدية إمكانية قياس السرعة الزاوية بجهاز الميكروكونترولر اللاسلكى WIFI ESP8266 ، حيث توصل الى إمكانية تتبع الحركة ثلاثية الأبعاد على أي متصفح إنترنت متصل بشبكة الواى فاى، على سبيل المثال يمكن إستخدام هذا النظام لتصور حركة الأجسام الصلبة في دورات معامل الفيزياء.(8)

2- دراسة كل من P. Raghavendra, Sachin, Srinivas and Viswanath Talasila (2017) بعنوان "تصميم وتطوير نظام التقاط الحركة البشرية القائم على IMU في الوقت الفعلي ومنخفض التكلفة"، حيث تقدم هذه الورقة تصميم نظام لاسلكي محمول ومنخفض التكلفة يمكن ارتداؤه لتوفير التقاط الحركة في الوقت الفعلي. يتكون النظام من عدة عقد لاسلكية مربوطة بالجز الواحد. تحتوي كل عقدة على وحدة واى فاى وبطارية وأجهزة إستشعار بالقصور الذاتي ومقياس مغناطيسي وميكروكونترولر مثبته داخل صندوق تم تصميمة بالطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث يدير الميكروكونترولر تقدير الموقف ويرسل البيانات إلى محرك الألعاب "بلندر Blender" ، ويتم تجميع البيانات من جميع العقد لتُعطى لأحد النماذج الحركية (نموذج أفاتار) الذي يحاكي مشية الإنسان. (9)

إجراءات البحث

منهج البحث

إستخدم الباحث المنهج الوصفي التجريبى لملائمته لطبيعة وأهداف وتساؤلات البحث.

عينة البحث

تم إختيار عينة البحث بالطريقة العمدية حيث تم إختيار الكابتن/ خالد محمد فادى مدرب بنادى الصيد المصرى لرياضة الأسكواش وذلك لتسجيل حركة الأداء المستهدف، ثم قام الباحث بتطبيق التجربة الأساسية على نفسة فى تصحيح أخطاء مهارة الضربة الأمامية فى رياضة الأسكواش.

الوسائل المستخدمة

1. مضرب إسكواش.
2. جهاز حاسب آلى محمول حاسب محمول DEL Percision 7510 CORE i7.
3. راوتر موديل ZTE ZXHN متصل بالحاسب الآلى
4. شاشة Dell2007FP 1600 × 1200
5. برنامج محرك الالعاب Unreal Engine 4.0
6. نظام تطوير الأداء الحركى Motor Development System

عرض مكونات نظام تطوير الأداء الحركى Motor Development System

من منظور مدخل النظم System Approach وفى ضوء الدراسات السابقة وأهداف البحث يمكن عرض خريطة تدفق النظام المقترح Data Flow Diagram(DFD) والتى تتكون من شكل (1):

1. لاعب الأسكواش

يمكن النظر إلى لاعب الإسكواش وإعتباره نظام فرعى Subsystem من النظام المقترح موضوع الدراسة حيث يتفاعل مع النظام كما يلى:

- من اللاعب الى النظام وذلك من خلال حركة السلسلة الكينماتيكية للذراع الايمن الممسك للمضرب.
- من النظام الى اللاعب من خلال حساب كمية الخطأ بين أداء اللاعب والاداء المستهدف.

2. برنامج تصحيح الأداء الحركى

وهو يمثل مرحلة التشغيل الذى تتم من خلاله تنفيذ جميع إجرات قياس الأداء وتصحيحة حيث يقوم بالاتى :

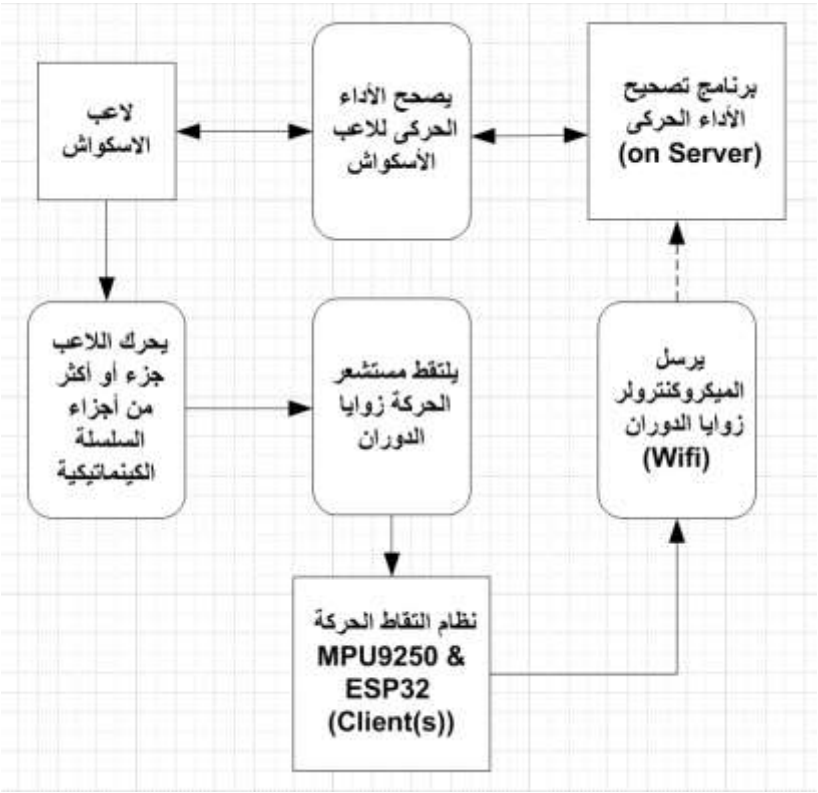
- يستقبل البيانات الخام القادمة من وحدات التقاط الحركة ويتم معالجاتها بحيث يشاهد اللاعب نموذج حركى على شاشة الحاسب يتحرك أمامه مكون من أربعة أجزاء (الصدر، العضد، الساعد، المضرب) – هذا النموذج يقوم بمحاكاة مرجحة الذراع الأيمن للاعب.

- يقوم بحساب الخطاء المطلق لزوايا دوران السلسلة الكينماتيكية Absolute Angle Error بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب.

3. نظام التقاط الحركة

وتمثل الوحدة التى توضع على كل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية للاعب، وهى المسئولة عن تحويل حركة اللاعب الى زوايا دوران وإرسالها الى برنامج تصحيح الأداء الحركى، هذه الوحدة تتكون من:

- وحدة التقاط الحركة MPU9250 والمسئولة عن إستشعار الحركة وتحويلها الى زوايا دوران بصيغة Q(qx,qy,qx,qw).
- وحدة الميكروكنترولر ESP32 والمسئولة عن إستقبال البيانات من مستشعر الحركة وإرسالها الى برنامج تصحيح الأداء الحركى.



شكل (1) خريطة تدفق النظام المقترح موضوع الدراسة

اولاً: نظام التقاط الحركة Motion Capture System

من خلال البحث فى شبكة الانترنت وفى ضوء الدراسات السابقة لنظم التقاط الحركة لجسم الانسان تم إستخدام المكونات المتوفرة فى السوق المحلى والموضحة أدناه لبناء نظام التقاط الحركة، وفيما يلى عرض لمراحل المدخلات والتشغيل والمخرجات لنظام التقاط الحركة ومكونات تشغيله كما يلى:

1- المدخلات Inputs :

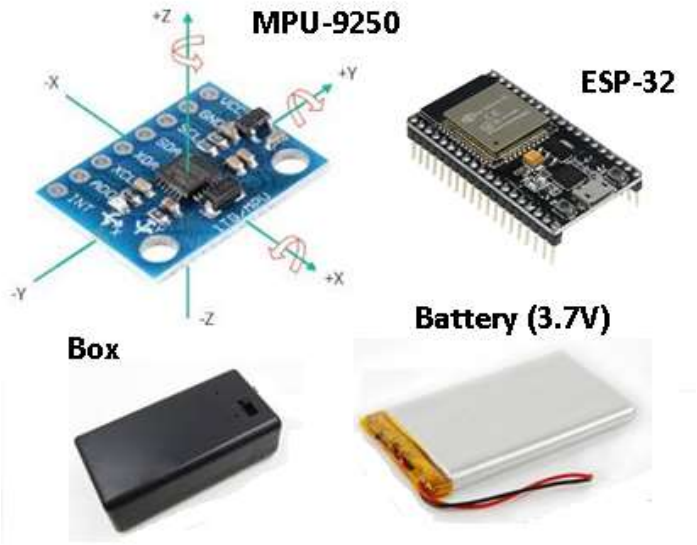
وتمثل الحركة الفعلية لأجزاء الجسم (السلسلة الكينماتيكية بحركة مرجحة الذراع الماسكة لمضرب الأسكواش) والمسئولة عن الاداء المهارى للاعب.

2- وحدة التشغيل Processing Unite :

تتكون وحدة تشغيل نظام التقاط الحركة على وحدة واحدة على الأقل من وحدات العميل Client Unite ، بحيث يخصص لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية (الصدر، العضد، الساعد، المضرب) وحدة واحدة فقط من وحدات العميل.

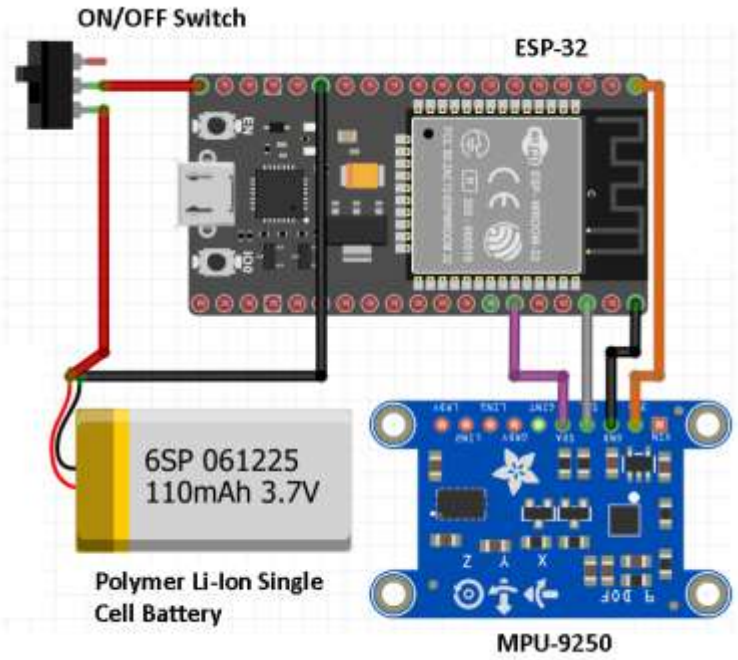
والتى تقوم بدورها بعملية الاحساس بحركة ذلك الجزء المثبته عليه وتحويل هذه الحركة الفعلية إلى قيم رقمية، وتتكون وحدة العميل من المكونات الأتيه شكل (2):

1- مستشعر الحركة MPU9250 وهو المسئول عن عملية الإحساس بحركة الجزء المثبت عليه.
2- الميكروكنترولر ESP32 وهو المسئول عن قراءة بيانات مستشعر الحركة MPU9250 وإرسالها لاسلكيا Wi-Fi الى الخادم.
3- بطارية Polymer Li-Ion Single Cell Battery 3.7V تستخدم كمصدر للتيار لدائرة وحدة العميل.
4- صندوق العميل Client Box (بطول 7سم ، عرض 3سم ، إرتفاع 2سم) والذى يحتوى على مفتاح لتشغيل وإغلاق دائرة العميل.



شكل (2) المكونات المادية لوحدة العميل ((Client(s)

ويتم توصيل حساس الحركة MPU9250 بالميكروكنترولر ESP32 وإضافة مصدر تيار 3.7V لتغذية دائرة العميل كما يوضح جدول (1) وشكل (3)، وتوضع هذه الدائرة بداخل الصندوق الخاص بها حتى يسهل تثبيتها على أجزاء السلسلة الكينماتيكة المسئولة عن أداء الواجب الحركى.

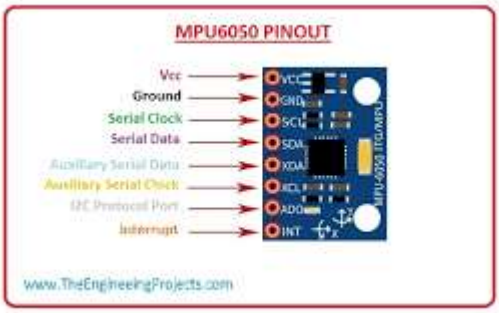


شكل (3) الدائرة الكهرائية لدائرة العميل Client(s)

	مستشعر الحركة	**الميكروكنترولر**	

	MPU9250	ESP32	
1	3.3V	3.3V	3.3 volt
2	GND	GND	Ground
3	SDA	Pin 21	**SDA** is the data line.
4	SCL	Pin 22	**SCL** is the clock line. It is used to synchronize all data transfers over the I2C bus.

جدول (1) توصيل مستشعر الحركة MPU9250 بالميكروكنترولر ESP32



شكل (4) يوضح تجميع مكونات دائرة العميل Client داخل الصندق الخاص بها

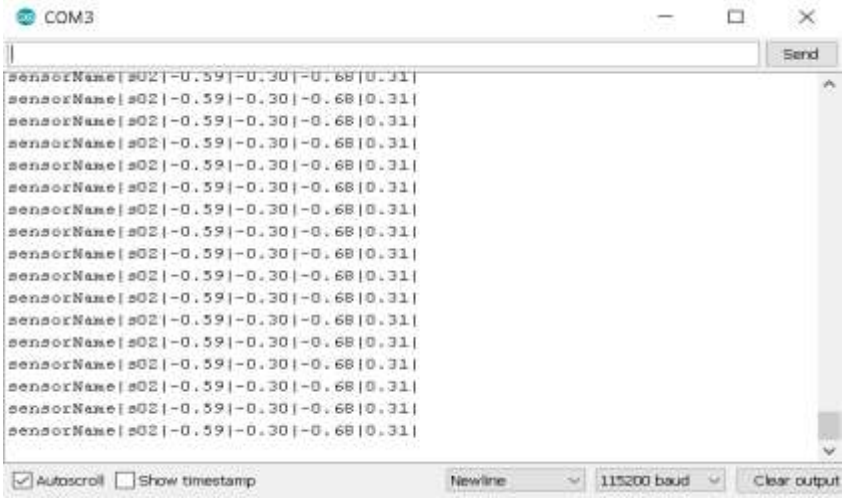
ويتم تثبيتها بشريط مطاطى على كل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية بشكل جيد بحيث لا يعوق حركة اللاعب أثناء إجراءات قياس وتصحيح الأداء شكل (10)،(11).

شكل رقم (5) أماكن تثبيت صندوق العميل Client Box على الذراع الأيمن والمضرب

شكل رقم (6) أماكن تثبيت صندوق العميل Client Box على الصدر من الخلف

3- المخرجات Outputs :

وهى القيم الرقمية لوحدات العميل Client Unites والتى تمثل زوايا دوران تلك الأجزاء على المحاور الأساسية فى صيغة الكواترنيون Quatrenion q(qx,qy,qz) ، ليتم إرسال هذه القيم الى الخادم Server لحظياً. شكل (7)



شكل (7) مخرجات دائرة العميل من خلال Arduino port interface

ثانياً: برنامج تصحيح الأداء الحركى Motor Development Programe

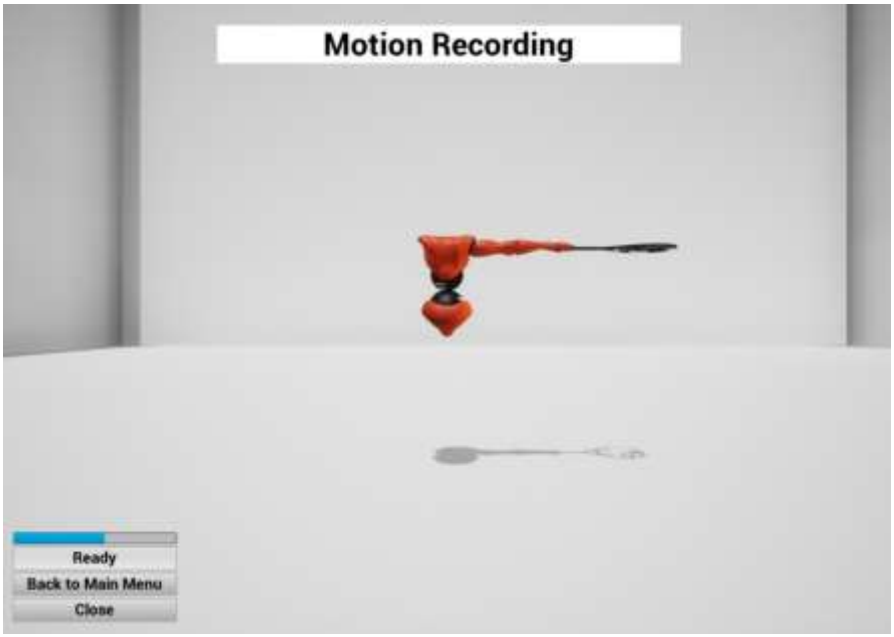
قام الباحث بتصميم برنامج تصحيح الأداء الحركى باستخدام برنامج Unreal Engine 4.0 وهو من أشهر برامج محركات الألعاب ثلاثية الابعاد 3D والذى يتميز بالأداء العالى وسهولة البرمجة وتصميم واجهات المستخدم ثلاثية الأبعاد، فضلا عن مجانية الإستخدام فى غير الأغراض التجارية، ويمكن أن نُطلق علي هذا البرنامج مسمى "برنامج تطوير الأداء الحركى Motor Development Program" .

شكل (8) واجهة المستخدم الرئيسية لبرنامج تصحيح وتطوير الأداء الحركى

حيث يبدأ البرنامج بعرض واجهة البرنامج الرئيسية التى تنقلنا اللى أى من واجهة تسجيل الأداء Motion Recording أو واجهة تصحيح وتحسين الأداء Performance Improving، وفيما يلى عرض إجراءات كل منهما:

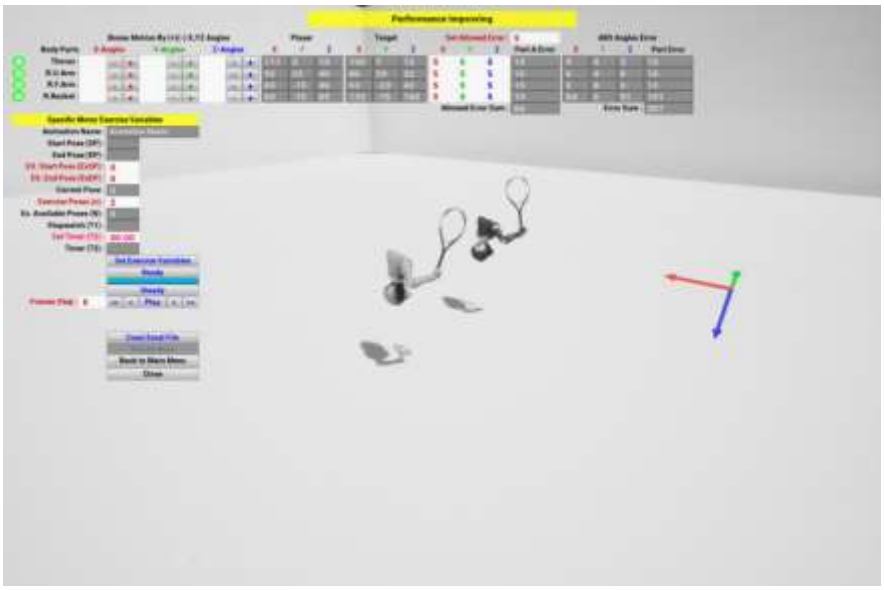
1- واجهة المستخدم التى من خلالها نقوم بتسجيل الأداء الحركى Motion Recording سواء كان هذا الأداء للاعب المميز أو المدرب (الأداء المستهدف الذى يمثل المحك)، أو أداء اللاعب المراد تصحيح الخطاء له ، شكل (8) وتحتوى على :

- العنوان
- مفتاح الأستعداد Ready وعندها يجب أن ياخذ اللاعب وضع رفع الذراع الأيمن جانبا بحيث يكون المضرب فى والساعد والعضد والكتف على استقامة واحد.
- مفتاح العودة الى القائمة الرئيسية Back to Main Menu
- مفتاح إغلاق البرنامج Close



شكل (9) واجهة المستخدم الخاصة بتسجيل الأداء

2- واجهة المستخدم الخاصة بتصحيح وتحسين الأداء Performance Improving التى من خلالها تتم عملية تصحيح وتحسين خطأ الأداء الحركى فضلا عن إدخال قيم المتغيرات التى تمثل إعدادات البرنامج ماقبل عملية تصحيح وتحسين خطأ الأداء، والتى يمكن التحكم فيها ليشاهد اللاعب الأداء المستهدف من أكثر من زاوية مشاهدة أثناء محاولاته المستمرة لكى يتطابق مع الأداء المستهدف ليحقق أقل خطاء مطلق لزوايا دوران السلسلة الكينماتيكية شكل (15)،(16).



شكل (10) مشاهدة خلفية لواجهة المستخدم الخاصة بتصحيح وتحسين الأداء

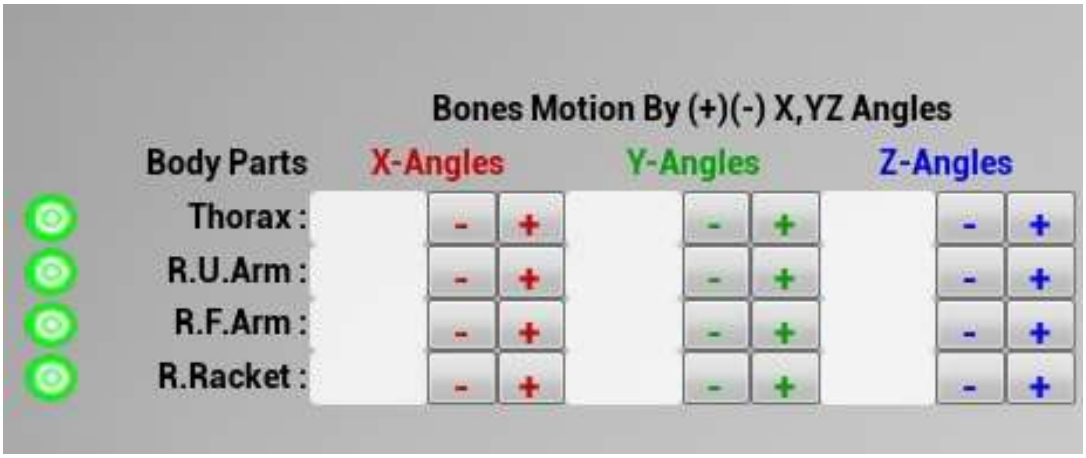
شكل (11) مشاهدة أمامية لواجهة المستخدم الخاصة بتصحيح وتحسين الأداء

وفيما يلى عرض أجزاء واجة المستخدم الخاصة بتحسين الأداء الحركى كما يلى:

1- الجزء الخاص بتحريك العظام بزيادة (+) أو تقليل (-) درجة زاوية لكل من (X,Y,Z):

يقوم هذا الجزء من البرنامج بتحريك النموذج المستهدف لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية (الصدر Thorax – الساعد الأيمن Right Upper Arm (R.U.Arm) – العضد الأيمن Right Fore Arm (R.F.Arm) – المضرب المقبوض باليد اليمنى R.Racket).

كما يهدف هذا الجزء الى تمكين الباحث أو مستخدم النظام من تحريك أى جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية عن طريق الضغط على مفتاحى (+) أو (-) باستخدام الماوس Mouse لتدور حول أى من محاورها الثلاثة (X,Y,Z) ومشاهدة قيمة الزوايا بالتقدير الستينى بعد كل تعديل، وقد قام الباحث بإعداد هذا الجزء بهدف الدراسة وتسهيل إجراءات البحث.



شكل (12) الجزء الخاص بتحريك العظام بزيادة (+) أو تقليل (–) درجة زاوية لكل من (X,Y,Z)

2- الجزء الخاص بحساب القيمة المطلقة لخطاء الأداء Absolute Angle Error:

وهنا يجب أن نفرق بين نوعين من الخطأ كما يلى:

- إجمالى خطاء الاداء Error Sum: وهو إجمالى الفروق المطلقة بين الزوايا X,Y,Z لكل جزء ويظهر فى شكل (13) بالقيمة (173)
- إجمالى الخطاء المسموح Allowed Error: وهو إجمالى الخطاء الذى يسمح به المدرب للاعب أن يتخطاه أثناء مراحل تصحيح الأداء ، ويتحدد هذا الخطاء المسموح لزوايا (X,Y,Z) لكل جزء، ويتم تحديد هذا الخطاء من عملية القياس للوقوف على مقدار الخطاء من الاداء المستهدف، ويمكن إعتبار هذا الخطاء هو درجة خام كمؤشر على مستوى أداء اللاعب بالنسبة للأداء المستهدف، ويرى الباحث أنه يجب على المدرب تحديد هذا الخطاء المسموح بحيث يضع اللاعب فى عملية تحدى وضغط عصبى مناسب ليصل درجة من الانتباه تجعله يدرك الفرق بين أداءه والأداء المستهدف لكل جزء بحيث لا يعيق هذا الخطأ المسموح عملية التصحيح وفى نفس الوقت لايجعلها سهله ولايستطيع اللاعب تمييز خطاء أداءه عن الأداء المستهدف.

Player			Target			Set Allowed Error : 5			ABS Angles Error			
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	Part A.Error	X	Y	Z	Part Error
111	6	18	120	7	13	5	5	5	15	9	1	5	15
87	35	39	86	29	32	5	5	5	15	1	6	7	14
60	-17	44	63	-23	43	5	5	5	15	3	6	1	10
78	-76	81	133	-76	160	5	5	5	15	55	0	79	134
								Allowed Error Sum :	60			Error Sum :	173

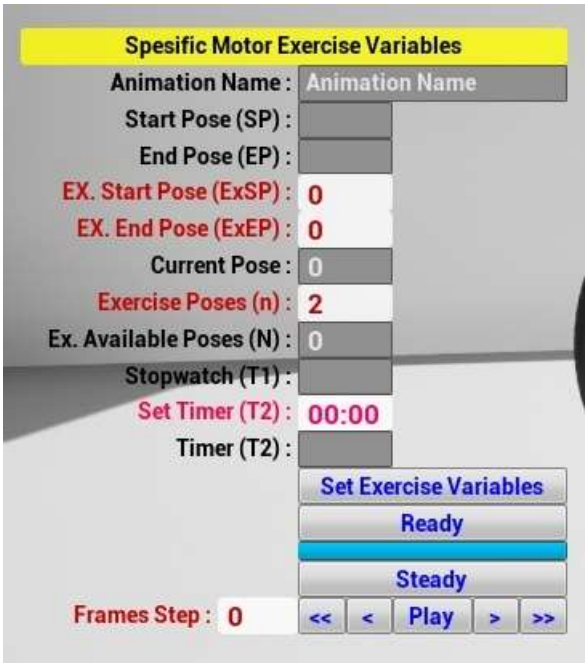
شكل (13) الجزء الخاص بحساب القيمة المطلقة لخطاء الأداء Absolute Angle Error

3- الجزء الخاص بتحديد متغيرات التدريب الحركى النوعى Specific Motor Exercise Variables

يختص هذا الجزء بتعيين وإخراج المتغيرات الأتية:

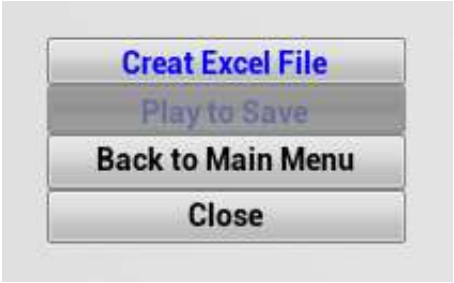
- إسم المهارة المستهدفة Animation Name
- بداية ونهاية أوضاع الأداء المستهدف Start Pose (SP) & End Pose (EP) ويتم تحديدهم برقم الفريم.
- بداية ونهاية أوضاع التدريب الحركى النوعى ExStart Pose (ExSP) & Ex.End Pose (ExEP) ويتم تحديدهم برقم الفريم.
- رقم الوضع الحالى للأداء المستهدف أثناء تصحيح الأداء Current Pose
- عدد أوضاع التدريب الحركى النوعى ويبدأ بالرقم (2) Exercise Poses(n)
- عدد أوضاع التدريب الحركى النوعى المتاحة Available Exercise Poses(N) ، وهذا الرقم يمثل عدد فريمات التدريب الحركى النوعى.
- ساعة إيقاف Stop Watch (T1) وتقوم بحساب الزمن الكلى فى حالة نجاح اللاعب بتنفيذ جميع مراحل التدريب النوعى (تحقيق جميع أواضاعة تحت شرط مقدار الخطاء المسموح)
- عداد توقيت تنازلى Timer(T2) بحيث يقوم المدرب بضبطة قبل بداية التمرين، ويقوم بتحديد الوقت اللازم لكى يظل اللاعب فى أحد أوضاع التدريب الحركة النوعى وتساوى ثانية واحد أو أقل.
- مفتاح تسجيل متغيرات التدريب الحركى النوعى حيث يقوم المدرب بالضغط عليه بعد إدخال المتغيرات.
- مفتاح الإستعداد Ready حيث يجب على اللاعب أن يقف معتدلاً الذراع الايمن جانبا ممسكا المضرب بحيث يكون على إستقامة طول الذراع شكل (5).
- مفتاح الإستعداد للبدأ الفورى Steady بحيث بعد الضغط على هذا المفتاح يبدأ تشغيل ساعة الإيقاف (T1) ويبدأ اللاعب فى محاولة تحقيق أول أوضاع التدريب الحركى النوعى.

- عدد خمسة مفاتيح لتشغيل الأداء المستهدف أو جزء منه (التدريب الحركى النوعى)
- عدد الفريمات التى يتم تخطيها أثناء تنفيذ التدريب الحركى النوعى(Frames Step)



شكل (14) الجزء الخاص بإعدادات التدريب الحركى النوعى

4- الجزء الخاص بحفظ البيانات والعودة للقائمة الرئيسية وإغلاق البرنامج شكل (15).



شكل (15) الجزء الخاص بحفظ البيانات والعودة للقائمة الرئيسية وإغلاق البرنامج

المعالجات الإحصائية المستخدمة

1. المتوسط الحسابى، اكبر قيمة، أصغر قيمة.
2. معامل الإختلاف النسبى (التشتت النسبى) Coefficient of Variation (C.V)
3. مقياس الخطأ للمهارات المستمرة Root Mean Squared Error (RMSE)

$$\mathbf{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \hat{x}_i)^2}{N}}$$

$\mathbf{RMSD}$ = root-mean-square deviation
i = variable i
N = number of non-missing data points
x_i = actual observations time series
$\hat{x}_i$ = estimated time series

التجربة الأساسية

تمت إجراءات التجربة الأساسية على النحو التالى :

1- تسجيل الأداء المستهدف الذى قام به الكابتن خالد فادى مدرب الأسكواش شكل (16).

2- تسجيل القياس القبلى للاعب المراد تصحيح الأداء له (الباحث) لمهارة الضربة الأمامية فى رياضة الأسكواش.

شكل (16) عملية تسجيل الأداء المستهدف

3- حساب قيمة الخطاء القبلى بين أداء اللاعب والأداء المستهدف بإستخدام مقياس الخطاء للمهارات المستمرة (RMSE).

4- إستخدام واجهة المستخدم رقم (2) الخاصة بتصحيح وتحسين الأداء Performance Improving شكل(11) لمحاولة تصحيح وضبط الأداء للاعب أى ضبط التزامن بين أداء اللاعب والأداء المستهدف (ضبط التوافق الزمنى والمكانى).

5- تسجيل القياس البعدى للاعب المراد تصحيح الأداء له (الباحث) لمهارة الضربة الأمامية فى رياضة الأسكواش. شكل (17)

شكل (17) عملية تسجيل القياس البعدى للللاعب

6- حساب قيمة الخطاء البعدى بين أداء اللاعب والأداء المستهدف بإستخدام مقياس الخطاء للمهارات المستمرة (RMSE).

عرض ومناقشة النتائج

1- حساب قيمة الخطاء القبلى بين أداء اللاعب والأداء المستهدف بإستخدام مقياس الخطاء للمهارات المستمرة (RMSE)

2- بعد عملية التسجيل الخطوات الإجرائية (1)، (2) وجد أن عدد فريمات الأداء المستهدف (37) فريم بينما أداء اللاعب (23) فريم وهذا يعنى أن أداء اللاعب أخذ وقت أقصر من الاداء المستهدف.

جدول (2)

حساب مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب (القياس القبلى)

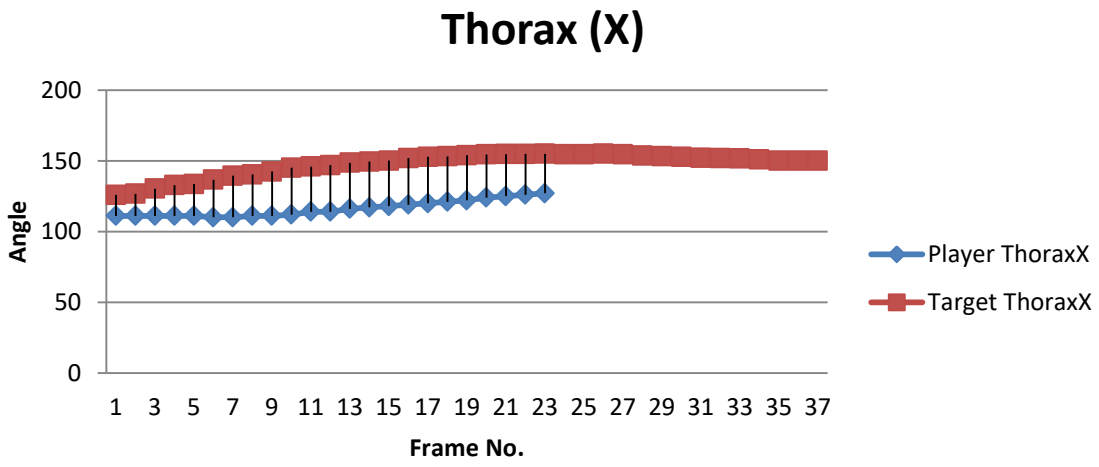
لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية

الجزء	محور الدوران	RMSE	مجموع الخطاء	الترتيب
Thorax	X	**28.91**	49.80	4
	Y	12.56		
	Z	8.33		
RUArm	X	24.24	91.00	2
	Y	19.63		
	Z	**47.14**		
RFArm	X	25.97	64.41	3
	Y	**32.32**		
	Z	6.12		
R.Racket	X	39.04	**127.31**	**1**
	Y	**47.01**		
	Z	41.25		

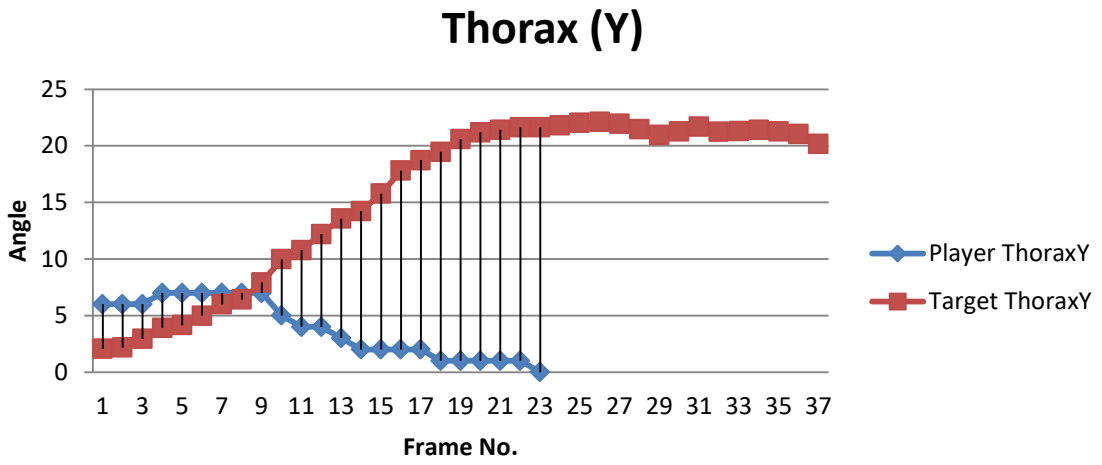
3- يوضح جدول (2) العمود الثالث مقدار الخطاء لكل زاوية دوران ، ويوضح العمود الرابع إجمالى مقدار الخطاء لزوايا الدوران لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية ، كما يوضح العمود الرابع ترتيب مقادير الخطاء للأجزاء، فنجد أن أكبر خطاء حركى (127.31) درجة خاص بالمضرب، ثم (91.00) درجة خاص بجزء العضد ، ثم (64.41) درجة خاص بالساعد، وأخير أقل خطاء حركى (49.80) درجة خاص الصدر.

ويرى الباحث أن مقادير الأخطاء لكل جزء والموضحة بالجدول (2) لا تعبر بشكل كافى عن مقدار الخطاء الحقيقى بين أداء اللاعب والأداء المستهدف ويرجع ذلك لعدم التوافق الزمنى بينهما وذلك لإختلاف عدد فريمات كل منهما.

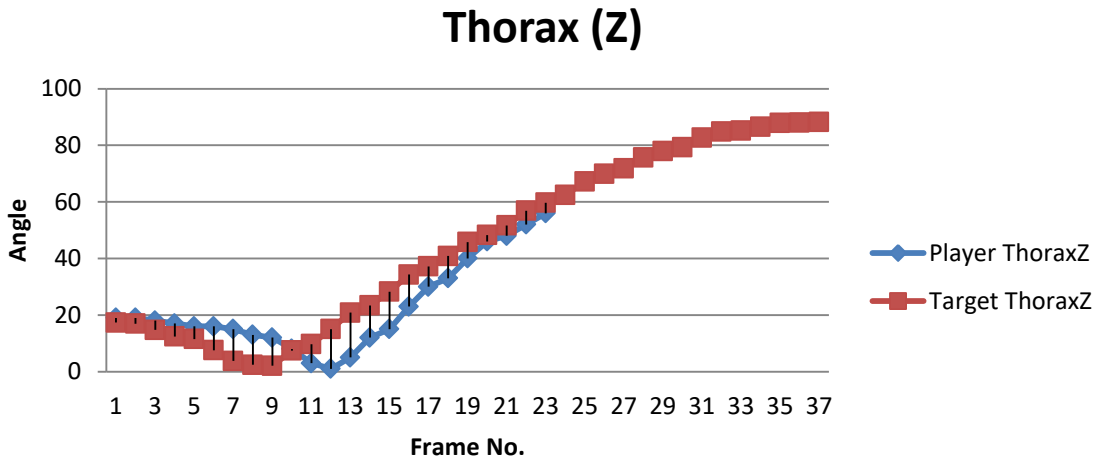
ولذلك يجب على اللاعب التركيز اولا على ضبط التوافق الزمنى قبل تصحيح الأداء الحركى (التوافق المكانى لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية).



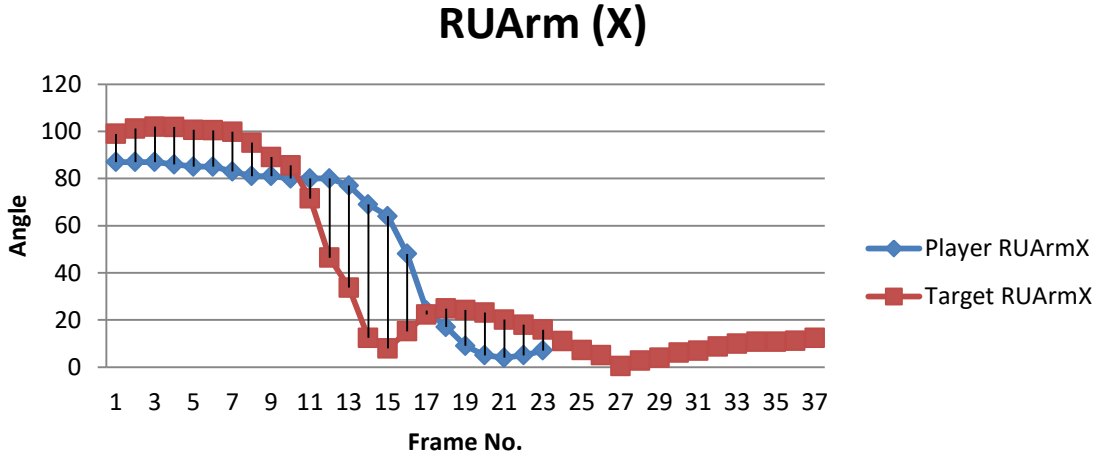
شكل (18) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للصدر حول المحور (X) = 28.91 درجة



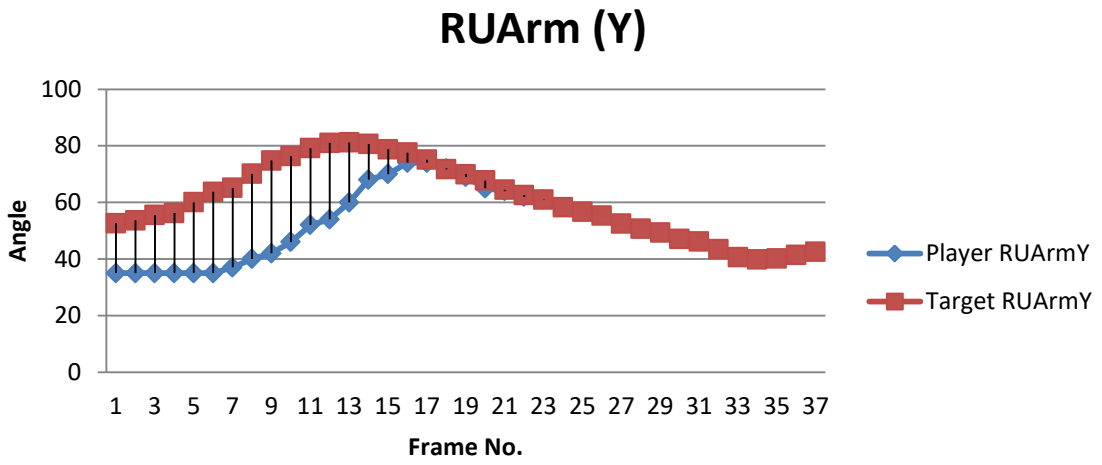
شكل (19) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للصدر حول المحور (Y) = 12.56 درجة



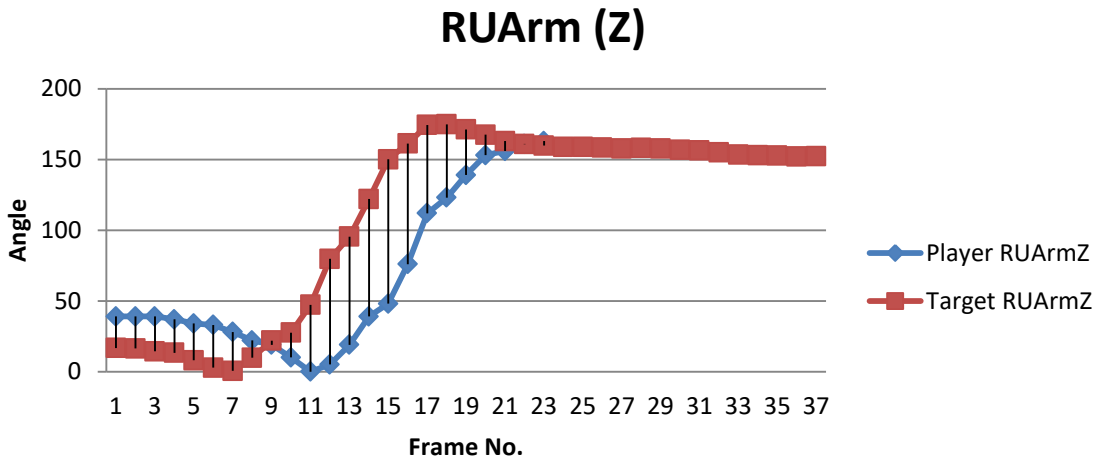
شكل (20) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للصدر حول المحور (Z) = 8.33 درجة



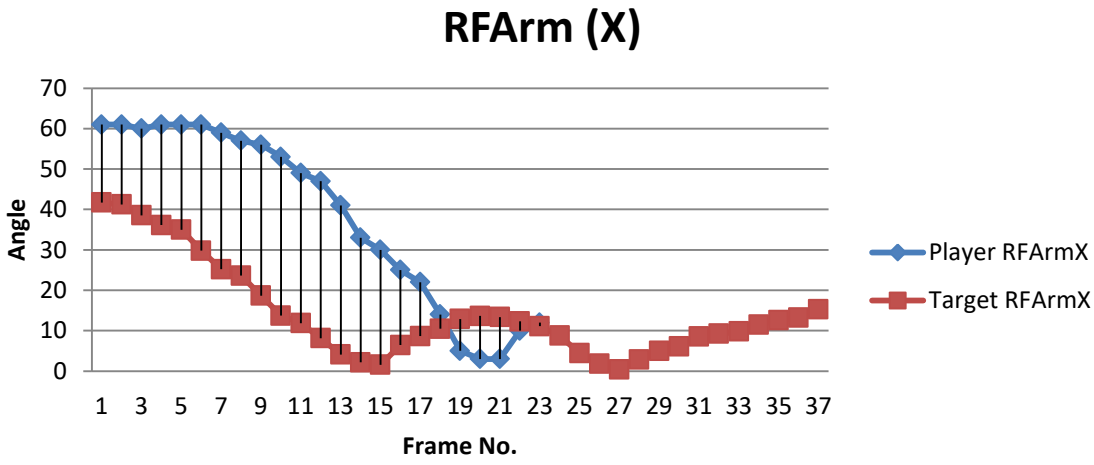
شكل (21) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للعضد حول المحور (X) = 24.24 درجة



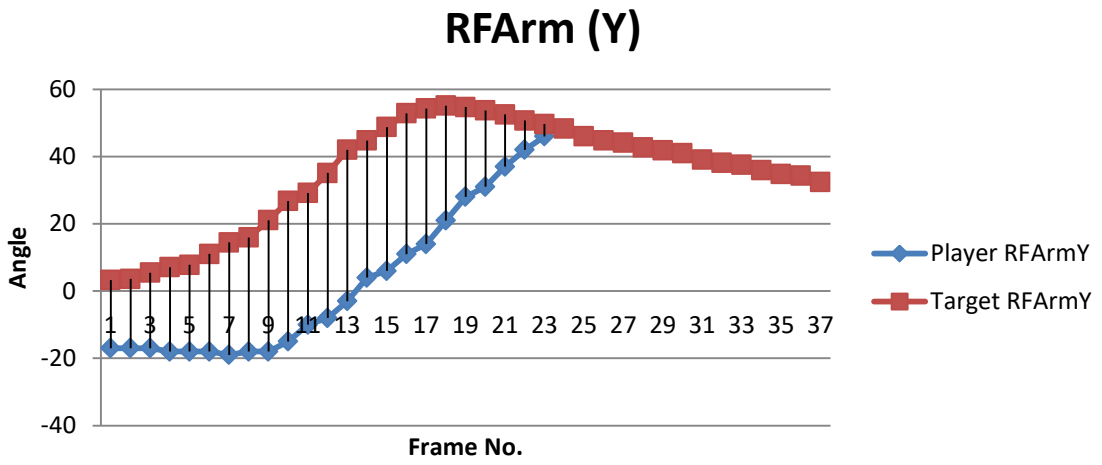
شكل (22) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للعضد حول المحور (Y) = 19.63 درجة



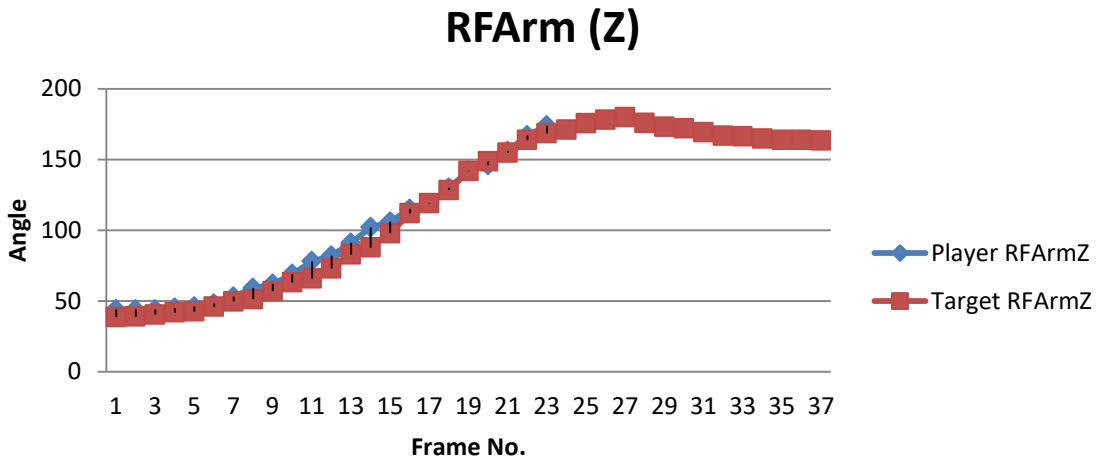
شكل (23) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للعضد حول المحور (Z) = 47.14 درجة



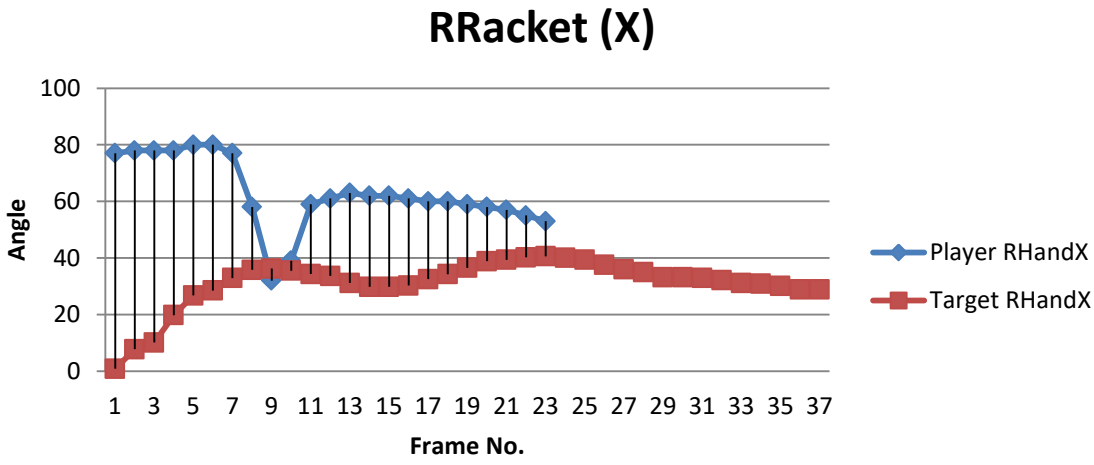
شكل (24) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للساعد حول المحور (X) = 25.97 درجة



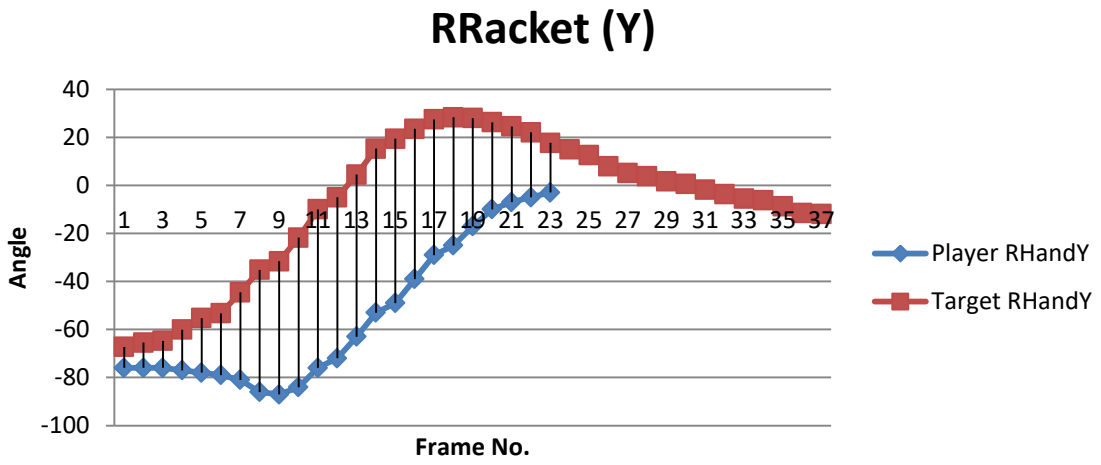
شكل (25) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للساعد حول المحور (Y) = 32.32 درجة



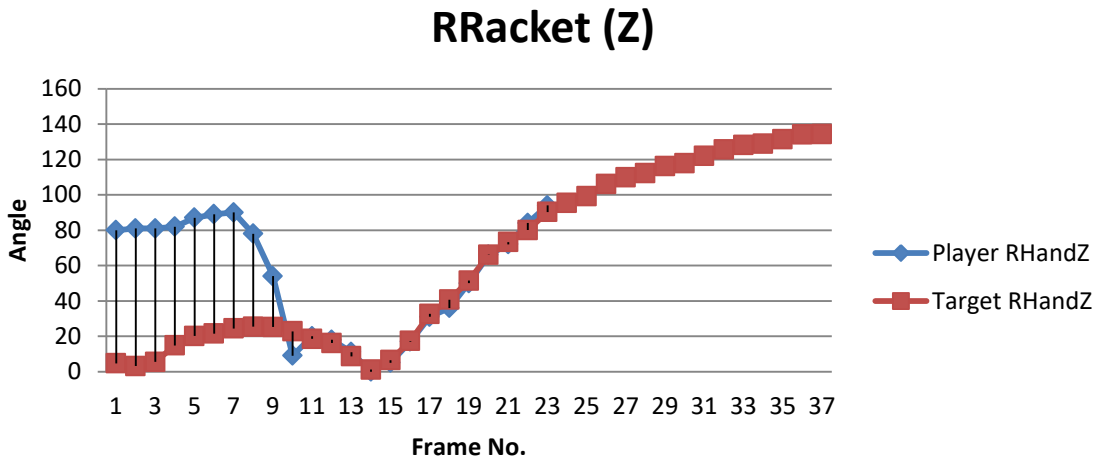
شكل (26) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للساعد حول المحور (Z) = 6.12 درجة



شكل (27) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للمضرب حول المحور (X) = 39.04 درجة



شكل (28) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للمضرب حول المحور (Y) = 47.01 درجة



شكل (29) مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب للمضرب حول المحور (Z) = 41.25 درجة

4- بعد عملية تسجيل أداء اللاعب (القياس البعدى) أصبح عدد فريمات أداء اللاعب (37) والذى يتساوى مع عدد فريمات الأداء المستهدف، مما يدل على أن النظام إستطاع مساعدة اللاعب فى ضبط التوافق الزمنى للأداء (إجابة التسأول الثانى)، وهنا تجدّر الإشارة الى أن عدد فريمات أداء اللاعب يجب أن تبدأ من بداية المهارة الى نهايتها، كما يجب أن تتساوى مع عدد فريمات الأداء المستهدف، حتى يكون خطاء الأداء معبراً بشكل حقيقى، كما تجدر الإشارة أيضاً الى أن ضبط التوافق الزمنى يقع على اللاعب بأن يستجيب لحركة الأداء المستهدف أثناء مرجحة الذراع الماسكة للمدرب بحيث يبدأ وينتهى معها حتى يصل الى التوافق الزمنى الجيد.

جدول (3)

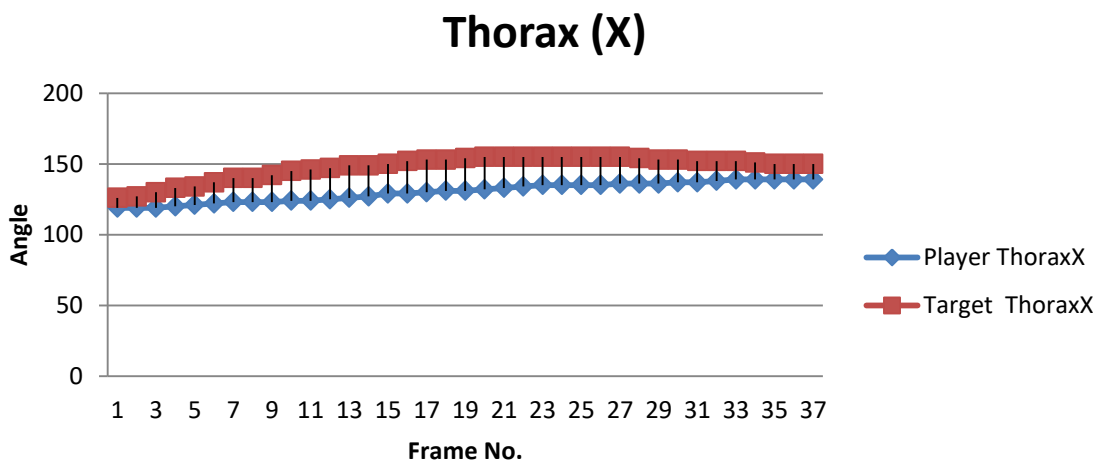
حساب مقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب (القياس البعدى)

لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية

الجزء	محور الدوران	RMSE	مجموع الخطاء	الترتيب
Thorax	X	18.05	51.06	3
	Y	22.10		
	Z	10.92		
RUArm	X	27.08	62.79	2
	Y	13.78		
	Z	21.92		
RFArm	X	10.50	41.65	4
	Y	14.02		
	Z	17.13		
R.Racket	X	26.75	**104.79**	**1**
	Y	36.59		
	Z	41.46		

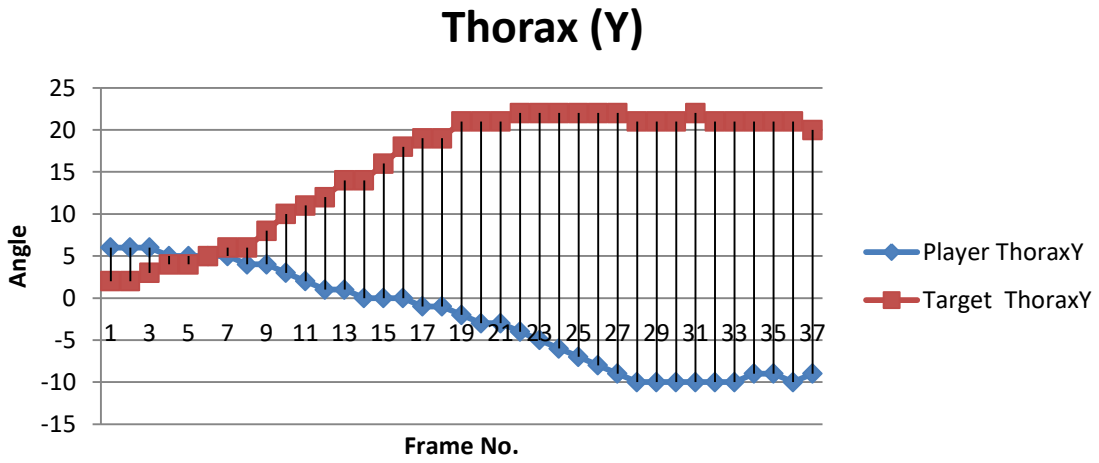
5- يوضح جدول (3) العمود الثالث مقدار الخطاء لكل زاوية دوران ، ويوضح العمود الرابع إجمالى مقدار الخطاء لزوايا الدوران لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية ، كما يوضح العمود الرابع ترتيب مقادير الخطاء للأجزاء، فنجد أن أكبر خطاء حركى (104.79) درجة خاص بالمضرب، ثم (62.79) درجة خاص بجزء العضد ، ثم (51.06) درجة خاص بالصدر، وأخير أقل خطاء حركى (41.65) درجة خاص بالساعد.

ويرى الباحث أن مقادير الأخطاء لكل جزء والموضحة بالجدول (8) تعبر بشكل كافى عن مقدار الخطاء الحقيقى بين أداء اللاعب والأداء المستهدف ويرجع ذلك للتوافق الزمنى بينهما وذلك لتساوى عدد فريمات كل منهما.

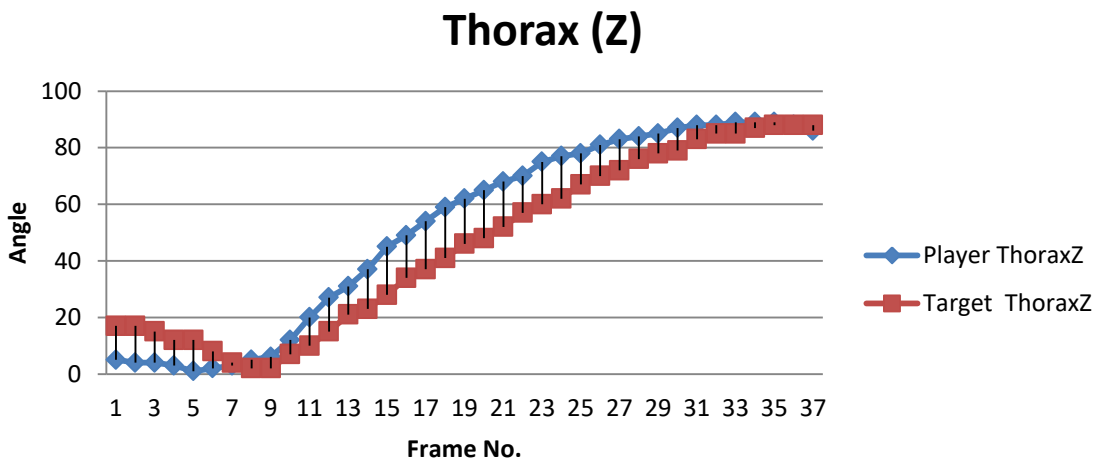


شكل

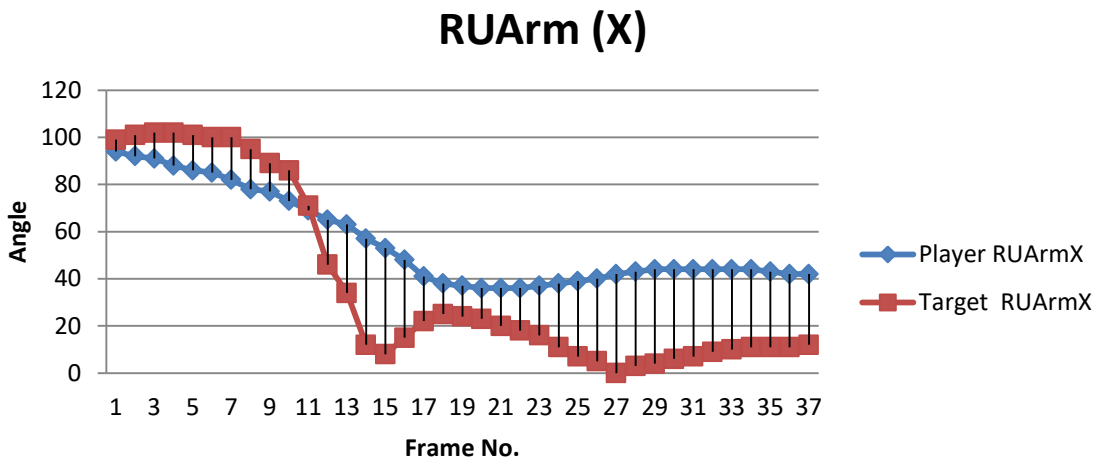
(30) مقدار الخطاء للصدر بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(X) = 18.05 درجة



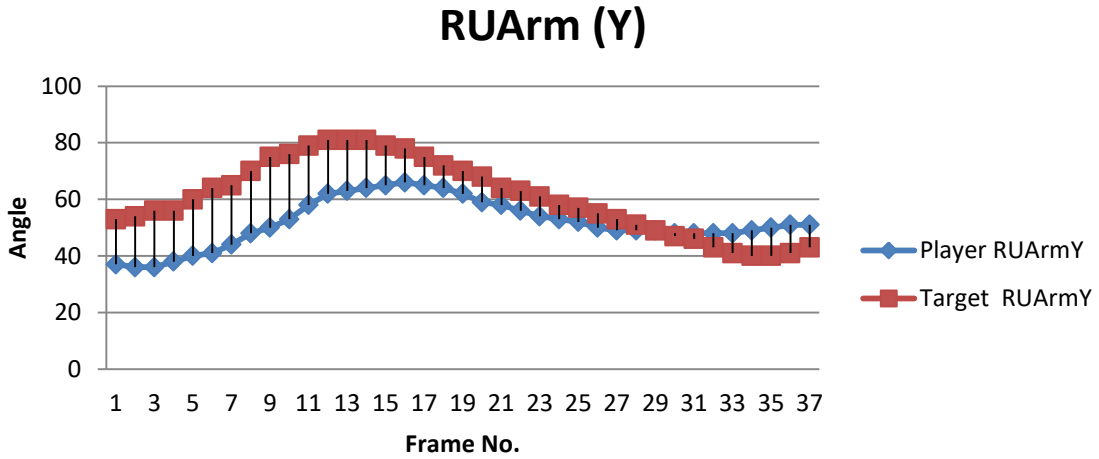
شكل (31) مقدار الخطاء للصدر بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Y) = 22.10 درجة



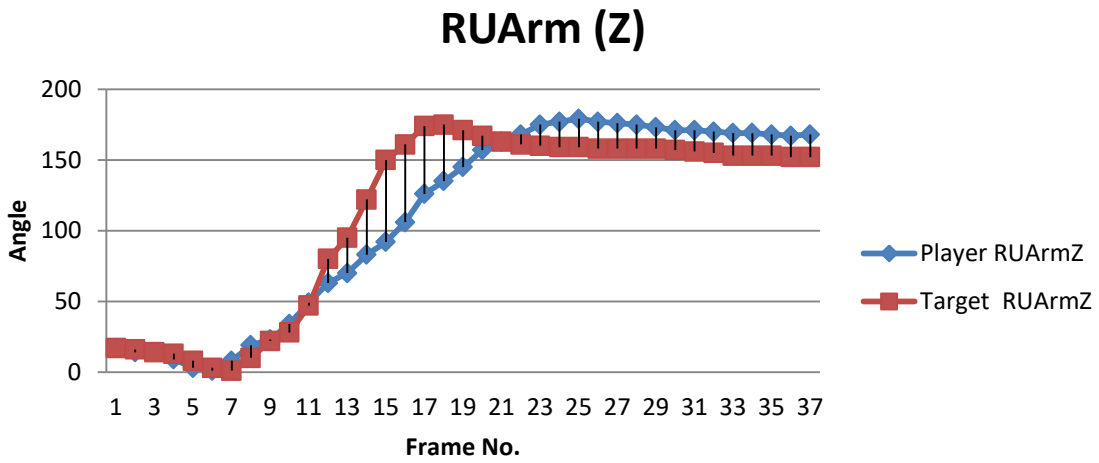
شكل (32) مقدار الخطاء للصدر بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Z) = 10.92 درجة



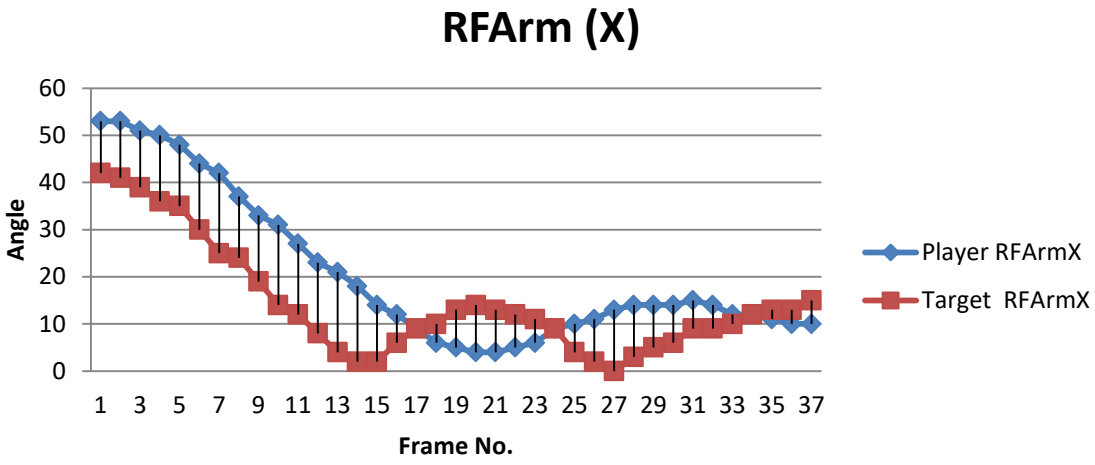
شكل (33) مقدار الخطاء للعضد بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(X) = 27.08 درجة



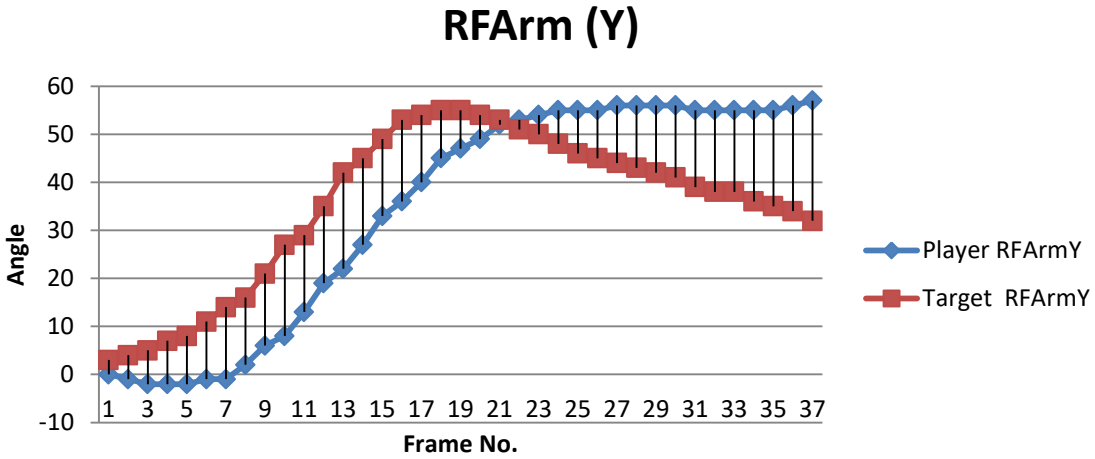
شكل (34) مقدار الخطاء للعضد بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Y) = 13.78 درجة



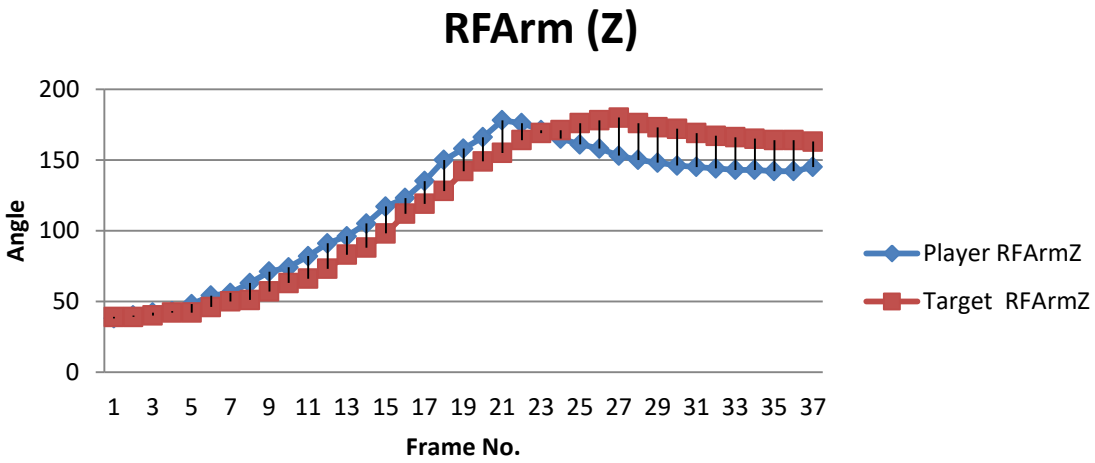
شكل (35) مقدار الخطاء للعضد بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Z) = 21.92 درجة



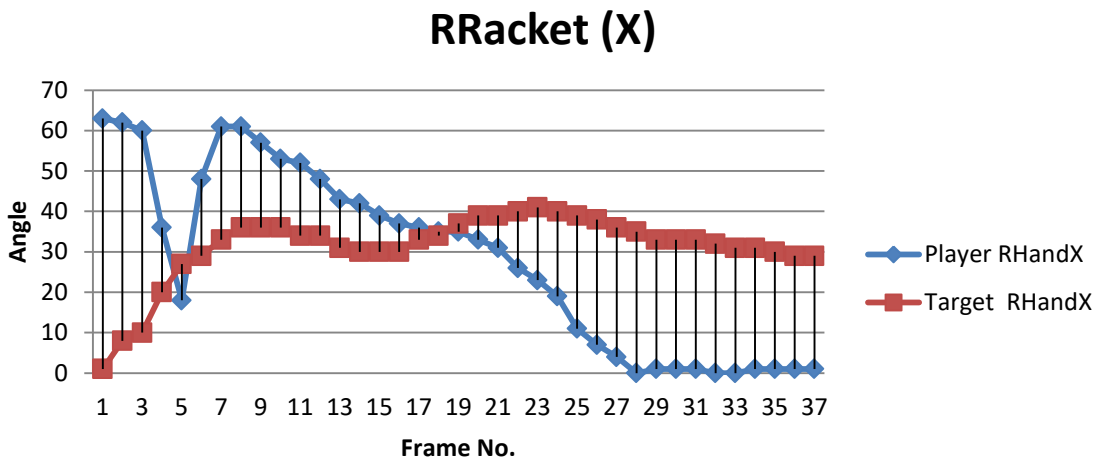
شكل (36) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(X) = 10.50 درجة



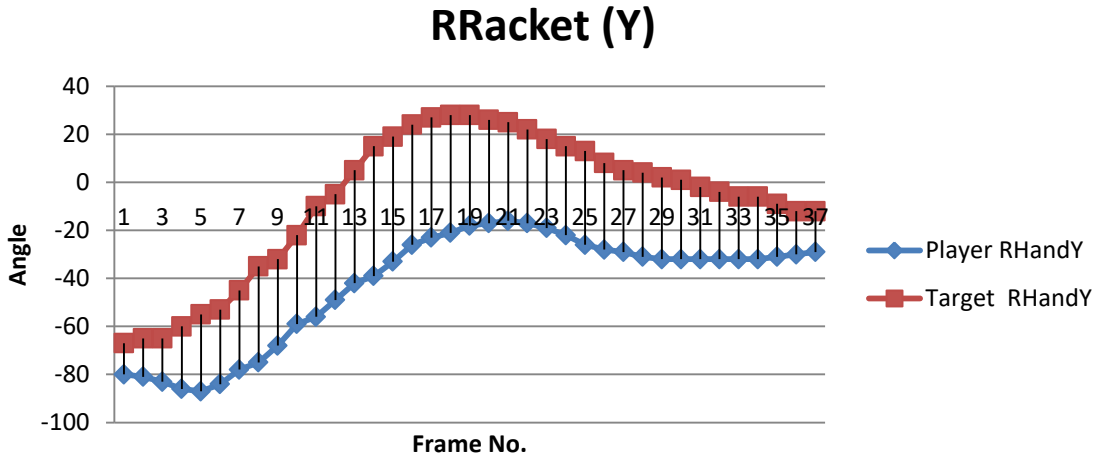
شكل (37) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Y) = 14.02 درجة



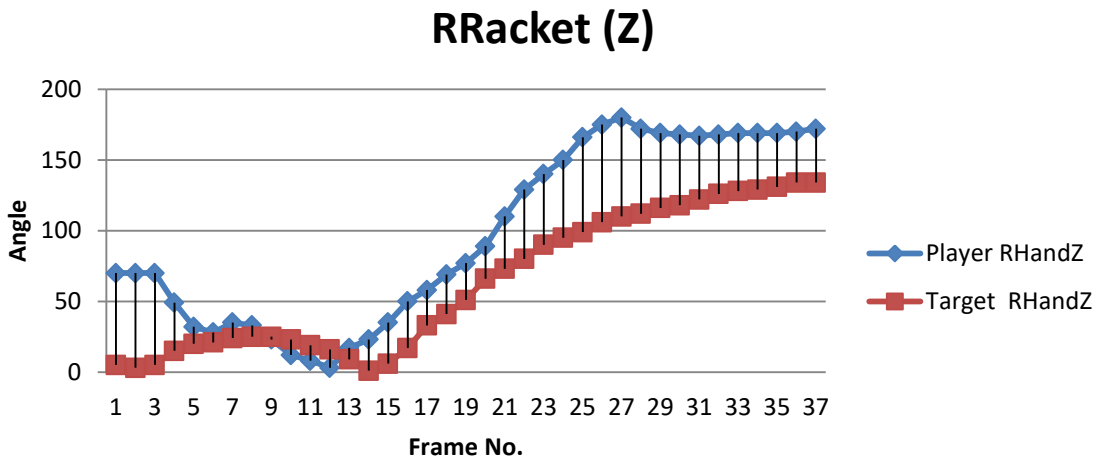
شكل (38) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Z) = 17.13 درجة



شكل (39) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(X) = 26.75 درجة



شكل (40) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Y) = 36.59 درجة



شكل (41) مقدار الخطاء بين أداء اللاعب والأداء المستهدف حول المحور(Z) = 41.46 درجة

جدول (4)

القياس القبلى والبعدى لمقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب

لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية

الجزء	الزاوية	القياس القبلى			القياس البعدى			مقدار تصحيح الأداء لكل زاوية	نسبة تصحيح الأداء لكل زاوية	نسبة تصحيح الأداء للجزء
		RMSE	مجموع الخطاء	الترتيب	RMSE	مجموع الخطاء	الترتيب			
Thorax	X	**28.91**	49.80	1	18.05	51.06	3	10.86	38%	-23%
	Y	12.56			22.10			-9.54	-76%	
	Z	8.33			10.92			-2.58	-31%	
RUArm	X	24.24	91.00	3	27.08	62.79	2	-2.85	-12%	24%
	Y	19.63			13.78			5.85	30%	
	Z	**47.14**			21.92			25.22	53%	
RFArm	X	25.97	64.41	2	10.50	41.65	4	15.47	60%	-21%
	Y	**32.32**			14.02			18.31	57%	
	Z	6.12			17.13			-11.02	-180%	
RRacket	X	39.04	127.31	4	26.75	104.79	1	12.30	31%	18%
	Y	**47.01**			36.59			10.42	22%	
	Z	41.25			41.46			-0.20	0%	

يوضح جدول (4) مقارنة بين القياس القبلى والبعدى لمقدار الخطاء بين الأداء المستهدف وأداء اللاعب، حيث يوضح بالعمود (9) مقدار تصحيح الأداء لكل زاوية، فنجد أن أكبر تصحيح للاداء (25.22) درجة لزاوية دوران العضد حول المحور(Z) بنسبة تصحيح 38% بينما لم يحدث أى تحسن لزاوية دوران المضرب حول المحور (Z) (−0.20) بنسبة 0%، وعلى العكس من ذلك نجد زيادة فى خطاء الأداء لزاوية دوران الساعد حول الحور(Z) بمقدار (−11.02) بنسبة (−180%)

كما يوضح بالعمود (11) نسبة تصحيح الأداء لكل جزء من أجزاء السلسلة الكينماتيكية، فنجد أن أكبر نسبة تصحيح للأداء كانت للعضد بنسبة 24% ثم المضرب بنسبة 18%، وعلى العكس كانت نسبة زيادة الخطاء للصدر بمقدار −23% وللساعد بمقدار −21%.

ويرى الباحث أن عملية تصحيح الأداء قد تحسنت لكل من المضرب والعضد بينما تحتاج الى مزيد من التدريب لتقليل الخطاء لكل من الصدر والساعد.

الاستنتاجات

فى ضوء أهداف البحث وما أسفر عنه من نتائج يمكن صياغة الإستنتاجات التالية

1- أسفرت نتيجة إستخدام هذا النظام عن قياس الخطاء الحركى فى الأداء وتحديد أى الاجزاء من السلسلة الكينماتيكية المسئولة عن هذا الخطاء.

2- إعطاء فرصة للاعب ليكتشف ويواجه أخطاءه بنفسه فى بيئة موضوعية بعيداً عن التحيز مما يعطيه دافع قوى فى تصحيح وتطوير الأداء المهارى الخاص به.

التوصيات

1- يرى الباحث أنه يفضل إستخدام هذا النظام فى تصحيح الأداء الحركى للاعب الذى يتميز بتحقيق نسبة مرتفعة فى ثبات وإستقرار أداءه الحركى لان هذا اللاعب نحتاج فى واقع الأمر الى تعديل البرنامج الحركى المخزن فى الذاكرة الدائمة لديه ، أما اللاعب الذى يحقق نسبة ثبات منخفضة فلا يفضل إستخدام هذا النظام معه حتى لا يكون هناك إهداراً للوقت لان هذا اللاعب غالبا فى بداية تكوينه للبرنامج الحركى للمهاره وعليه أن يلجأ الى الطرق التقليدية كما على مدربه فقط الا يتجاهل التغذية الرجعية المصححة أو المدعمة فى عملية تعليم وإكتساب تكنيك الأداء.

2- يفضل تكرار عدد غير قليل ومناسب من المحاولات للوقوف على الخطاء الحركى ويشير فى هذا الصدد طلحة حسام الدين 1993م أن ملاحظة الأداء لمرة واحدة قد لا يعطى فكرة تامة عن عيوبه التى قد يظهر بعضها هذه المحاولة ويختفى البعض الأخر. (3: 394)

3- تطبيق إجراءات هذا البحث على أكثر من مهارة من المهارات الاساسية فى رياضة الاسكواش.

4- يمكن إستخدام هذا النظام فى العديد من الرياضات والألعاب المختلفة مع مراعاة تحديد السلسلة الكينماتيكية المناسبة والمسئولة عن أداء الواجب الحركى للمهارة المراد تصحيحها.

مراجع البحث

أولا : المراجع العربية:

1 جيرد هوخموت : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية، ترجمة كمال عبدالحميد، مراجعة سليمان على حسن، دار المعارف، القاهرة 1987م.

2 حامد أحمد عبد الخالق علوم دراسة الحركة الرياضية، 2014م

3 طلحة حسين حسام الدين : الميكانيكا الحيوية الاسس النظرية والتطبيقية، دار الفكر العربي، القاهرة 1993م.

4 طلحة حسين حسام الدين، محمد فوزى عبد الشكور، محمد السيد حلمى : التعلم والتحكم الحركى مبادى – نظريات – تطبيقات، ط3، القاهرة 2009م.

5 محمد يوسف الشيخ : الميكانيكا الحيوية وعلم الحركة للتمارين الرياضية، دار المعارف، القاهرة 1966م.

ثانيا : المراجع الاجنبية:

6 Susan J. Hall ,Ph.D. BasicBiomechanics, Third Edition, International Editions 1999, WCB/McGraw-Hill

7 Tegner.B :Sprorts Engineering, vol.2, California, 2001.

8 Volker Ziemann: Gyroscope tracking 3D-motion via WIFI, Department of Physics and Astronomy Uppsala University, Uppsala University, Uppsala, Sweden,May 29, 2017.

9 P. Raghavendra, M. Sachin, P.S. Srinivas and Viswanath Talasila:

Design and Development of a Real-Time, Low-Cost IMU Based Human Motion Capture System, 2017.

ثالثاً: شبكة المعلومات:

10 http://blog.iraqacad.org/?p=1386

11 https://www.arduino.cc/

12 http://www.esp32.com/wiki/doku.php

13 https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6250/

Helwan University
Faculty of Physical Education
Kinesiology Department

Design an electronic system to correct the motor performance of the basic skills for squash players