توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعى (AI) لإستنتاج الزوايا المثلى للانطلاق والانزلاق لتحسين سرعة البدء في السباحة

د/ خلود أمين على أمين على (*)

مقدمة البحث:

يشهد المجال الرياضي في الوقت الراهن تطورات هائلة ونقلة نوعية شملت مختلف مجالاته، متأثرًا بثورة التقنيات الرقمية وتكنولوجيا المعلومات والاتصال إلى جانب الابتكارات العلمية الكبيرة، وقد أسهمت هذه التطورات الحديثة في تعزيز المعرفة وتطبيقها عمليًا في المجال الرياضي، مما أحدث تحولًا كبيرًا في جميع جوانبه، وأصبحت التكنولوجيا عنصرًا محوريًا يتداخل مع كل جانب من جوانب الرياضة، مما عزز من أهمية البحث العلمي في هذا المجال بامتداداته النظرية والتطبيقية، حيث ساهمت التكنولوجيا الحديثة في تحطيم الأرقام القياسية العالمية وتحسين الأداء والارتقاء بمستوى الإنجاز الرياضي (١٦).

وقد أدى هذا التطور الكبير في المجال التكنولوجى إلى ظهور العديد من العلوم الحديثة التي باتت تخدم كافة المجالات والتخصصات، وعلى رأسها علم الذكاء الإصطناعى Artificial Intelligence الذي يُعد من أبرز مخرجات الثورة الرقمية ومن الركائز الأساسية للتحول الرقمي في العصر الحديث.

فالذكاء الإصطناعى في حقيقة الأمر جاء حصيلة خبرات وتجارب وذكاء الإنسان فهو فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تطوير أنظمة وبرمجيات قادرة على محاكاة العقل البشرى والقدرات الذهنية والتصرف على النحو الذى يتصرف به البشر مثل التعلم والتدريب والتحليل والقدرة على التفكير وإتخاذ القرار وحل المشكلات بطريقة منطقية، بعبارة أخرى أنه العلم الذى يجعل الآلات تفكر مثل البشر أو تتعدى قدرة البشر (٩: ٣٤).

والمبدأ الجوهري الذي يرتكز عليه علم الذكاء الاصطناعي لا يتمثل في تخزين أكبر كم من المعلومات المستخلصة من العقل البشري، وإنما يقوم على القدرة على معالجة البيانات والمعلومات، بغض النظر عن نوعها أو حجمها، بطريقة آلية أو نصف آلية، بشكل يتوافق ويتناسب مع تحقيق هدف محدد. وتجدر الإشارة هنا إلى أن مصطلح "نصف آلية" يشير إلى وجود تدخل بشري أثناء عملية المعالجة (٢٢: ٤٢).

أصبحت إسهامات الذكاء الإصطناعى في المجال الرياضى محورية حيث أثبتت التجارب والتطبيقات العملية قدرتها على الإسهام الفعال في تطوير وتحسين مستوى الأداء الرياضى ويعود

(*) مدرس بقسم الرياضات المائية والمنازلات بكلية التربية الرياضية للبنات – جامعة الزقازيق

ذلك إلى قدرة هذه التقنيات على تحليل كميات ضخمة من البيانات المرتبطة بأداء اللاعبين مع الإحتفاظ بها فى قواعد بيانات منظمة لإعادة إستخدامها مما يمكنها من قياس وتقييم الأداء والتنبؤ به بدقة عالية وبالتالي دعم عمليات التدريب وجعلها أكثر تنافسية وأكثر كفاءة، كما أن للذكاء الاصطناعي دور فى تحسين أداء المتدرب، حيث يتم التعرف على أفضل المؤشرات الحركية التى قد تلتقط الأداء الرياضي بصورة أفضل (١٧: ٢٠).

ولا تقف فوائد الذكاء الاصطناعي عند هذا الحد، بل تشمل جوانب أخرى، منها تقليص الوقت والتكاليف، وتحسين الكفاءة فعلى سبيل المثال، يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل مقاطع الفيديو لتقييم أداء اللاعبين ومراجعة تحركاتهم بدقة، كما يمكن استخدامه لتصميم برامج تدريب متقدمة تستند إلى قدرات واحتياجات كل لاعب على حدة (٢٠: ٤).

ويشير **إيهاب إسماعيل (٢٠٢١م)** الي ان المجال الرياضي يستطيع الإستفادة الكاملة من التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي للإرتقاء بقدرات اللاعبين للوصول للمستويات العالية والاطلاع على كل مستجدات العصر لتطوير قدراته المعرفية والمهارية بحصوله على المعلومات العلمية الحديثة (٥: ٢٧).

كما يذكر **إيهاب البدوي (٢٠٢٢م)** ان استخدام الذكاء الاصطناعي أدي إلي ثورة في طريقة ممارسة الرياضه وتحليلها وتحسينها كما يمكن للرياضين اكتساب المزيد من المعلومات في طريقه ادائهم بغرض تحسين اساليب التعليم والتدريب ورفع مهارتهم، كما أدي الي تغيرات كبيره لتتبع حركه اللاعبين في الملعب وبذلك نقل الرياضه الي آفاق جديدة (٤: ٤٧).

وتعد رياضة السباحة من أبرز الرياضات التي نالت اهتمامًا واسعًا، نظرًا لأهميتها ومكانتها المتميزة ضمن الرياضات الأولمبية والعالمية، حيث تُصنف كإحدى الرياضات الرقمية التي تحظى بعدد كبير من الميداليات مقارنة بغيرها من الرياضات (١: ٣٧).

وعلى الرغم من التطور الملحوظ في رياضة السباحة والإنجازات التي تحققت بفضل اعتمادها على نظريات علمية مؤسسة على أطر نظرية قابلة للتطبيق العملي، إلا أن المجال لا يزال يشهد سعيًا بحثيًا مستمرًا لاكتشاف أساليب حديثة تسهم في حل العديد من المشكلات التدريبية، بما ينعكس إيجابيًا على معدلات الإنجاز والتطور الرقمي، حيث تُقاس كفاءة السباح في الأداء داخل الماء من خلال قدرته على قطع مسافة السباق في أقل وقت ممكن، الأمر الذي يعد الهدف المحوري في سباقات السباحة (٨: ١١١).

وفي ظل التقدم التكنولوجي المتسارع، أصبحت أدوات الذكاء الاصطناعي تمثل وسيلة فعالة لتحليل الأداء الرياضي وتطويره، خاصة في الرياضات الرقمية، التي تعتمد على تحسين أجزاء

من الثانية لتحقيق الإنجاز وتعد مهارة البدء من أهم المهارات التي تؤثر بشكل مباشر على زمن السباق، حيث يُمثل زمن البدء في بعض السباقات القصيرة مثل *50* متر حرة ما يزيد عن *25%* من الزمن الكلي للأداء، وفقًا لما أشار إليه **ماجليشكو Maglichio (١٩٩٣م)** (١٨: ٦٦).

ويذكر **أحمد القاضي** إلي ان البدء وزاوية الانطلاق متطلب حركي هام يوثر علي المسافة المقطوعة بالإضافة إلى أن هناك علاقه بين زاويه الانطلاق والمسافه المقطوعه من مكعب البدء حتي لحظه لمس كف السباح لسطح الماء، مما يؤثر على زمن السباق.

ويتضح من تحليل الأداء الفني أن العديد من السباحين يعانون من ضعف المسافة المقطوعة خلال الطيران والانزلاق، رغم سلامة التقنية العامة، وهو ما يعود غالبًا إلى زوايا انطلاق غير مثالية.

وتكمن المشكلة في أن كثيرًا من السباحين، رغم امتلاكهم للياقة البدنية والمهارة العامة، يفشلون في تحقيق الانطلاقة المثالية نتيجة ضعف الزوايا الفنية عند لحظة ترك المكعب أو أثناء الانزلاق في الماء، فعلى سبيل المثال قد يؤدي تنفيذ انطلاق بزوايا خاطئة للكتف (مثل ١٥٠° بدلًا من ١٧٠°) فإذا كانت زاوية الكتف أثناء الطيران أقل من ١٦٠°، فإن مقاومة الماء لحظة الدخول تكون أعلى مما يقلل من السرعة المكتسبة أثناء الانزلاق، أو زاوية انزلاق ضيقة (أقل من ١٢٠°) إلى تقليل مسافة الطيران وزيادة مقاومة الماء، وهو ما يُفقد السباح ميزة تنافسية مبكرة في السباق.

أو سباح ينطلق بزاوية انطلاق ١٨° مقارنة بآخر يحقق زاوية ٣٠° قد يفقد ما بين ٢٥ إلى ٤٠ سم في مسافة الطيران، وهي كافية للفارق بين المركز الأول والثالث في سباق ٥٠م حرة.

وهنا تأتي أهمية الذكاء الاصطناعي، حيث يُستخدم لتحليل هذه التفاصيل الدقيقة، ويحدد للمدرب واللاعب بدقة المواضع التي تحتاج تعديلًا، بدلًا من الاعتماد على التقدير البصري."

بناءً عليه ظهرت الحاجة إلى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة تحليل وتوجيه تساعد في استنتاج الزوايا المثلى للانطلاق والانزلاق، من خلال تحليل الفيديوهات عالية السرعة للسباحين وإدخالها في برامج مثل Matlab، والتي تعمل على تحليل الأداء الحركي وتحديد نقاط الضعف وانحرافات الزاويا بدقة، مما يسمح بتصميم برامج تدريبية مخصصة لمعالجة هذه الزوايا وتحسين الأداء الفني في لحظة البدء.

بذلك تتمثل مشكلة البحث الحالي في: قصور الوسائل التقليدية في تحديد الزوايا المثلى للانطلاق والانزلاق في السباحة، ومدى إمكانية توظيف الذكاء الاصطناعي كأداة تحليل وتطوير تساعد في تحسين هذه الزوايا ومن ثم تحسين مهارة البدء وزمن الأداء الكلي.

هدف البحث :

يهدف هذا البحث إلى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في استنتاج أفضل زوايا الانطلاق والانزلاق داخل الماء والتعرف على تأثيره على سرعة البدء في السباحة لسباحى السرعة ممن تتراوح أعمارهم الزمنية من (١٣– ١٥سنة)، وذلك من خلال:

١– استكشاف العلاقة الارتباطية بين زوايا الانطلاق والانزلاق أثناء تنفيذ مهارة البدء ولحظة الانزلاق في الماء.

٢– تحديد نسبة مساهمة متغيرات زوايا الانطلاق والانزلاق في جودة وسرعة أداء البدء والانزلاق

٣– استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي للتوصل إلى القيم المحسوبة لمسافة البدء بدلالة قيم زوايا الانطلاق والانزلاق للبدء.

٤– تقييم أثر تطبيق القيم المستنتجة بالذكاء الاصطناعي على تحسين الأداء من خلال التعرف علي دلالة الفروق بين القياس القبلي والبعدي للعينة.

تساؤلات البحث:

١– هل هناك علاقة ارتباطية بين زوايا الانطلاق والانزلاق خلال لحظة البدء والانزلاق داخل الماء؟

٢– إلى أي مدى تساهم متغيرات زوايا الانطلاق والانزلاق في تحسين سرعة وجودة البدء في السباحة؟

٣– هل يمكن من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي استنتاج القيم المحسوبة لمسافة البدء بدلالة قيم زوايا الانطلاق والانزلاق؟

٤– هل التدريبات للزوايا التي توصلت إليها الباحثة والتي تم استنتاجها باستخدام الذكاء الاصطناعي أدت إلى تحسن ملحوظ في أداء الإنطلاق والانزلاق لدى أفراد عينة البحث؟

مصطلحات البحث:

الذكاء الاصطناعي (AI) (Artificial Intelligence):

يعرفه **محمد عقونى (٢٠٢٤م)** بأنه" مجال سريع التطور يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم والإستدلال وحل المشكلات وإتخاذ القرارات، لقد أصبح هذا المجال جزءاً لايتجزأ من حياتنا اليومية، ويشكل محوراً رئيسياً للإبتكار والتقدم التكنولوجى" (١٤: ٢).

البدء :

يعرفه **أسامة كامل:** هو المهارة التي تحدث فيما بين اخذ وضع الاستعداد عند سماع النداء خذ مكانك، وأول ضربه له في الماء بعد القفز في الماء.

- **زاويا الانطلاق:**

يعرفها **محمد صبري:** بأنها الزاوية المحصورة بين سطح المكعب والخط الواصل بين المكعب والركبة عند نقطة اتصال القدم بالمكعب لحظه ترك مكعب البدء.

- **زاويا الانزلاق:**

يعرفها **محمد صبري** بأنها الزاويه المحصوره بين سطح الماء والخط الواصل بين كتف السباح ونقطه الحوض لحظة دخول الراس للماء

الدراسات المرتبطة:

١- دراسة "**أحمد طلحة حسام وميادة محمد علي الخضر**" **(٢٠٢٢م)(٢)** بهدف التعرف علي قياس وتحديد الخصائص البيوميكانيكيه للاداء الصحيح لتمرين القرفصاء الحر، وبناء نموذج قياسي للاداء قيد البحث وفق المحددات البيوميكانيكيه بشكل يلائم الذكاء الاصطناعي، واستخدم الباحثان المنهج الوصفى واشتملت عينة البحث على (١٣) طالب وطالبة وتوصلت نتائج الدراسة إلى إمكانية البدء في بناء برمجيات تقييم الأداء البدني لتمرين القرفصاء الديناميكي الحر بإستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي ورؤية الكومبيوتر وتقدير الوضع البشري، كما يمكن اتباع نفس المنهجية العلمية لبناء نماذج قياسية أخري لتمرينات بدنية مختلفة وقابله للاستخدام من برمجيات الذكاء الاصطناعي وعلوم الحاسب.

٢- دراسة "**محمد عاصم وسميحه علي سالم**" **(٢٠٢٠)(١٢)** بهدف التعرف على تقيم وتفعيل الدور الذي يقوم بيه الذكاء الاصطناعي في تقيم الاداء المهاري واستخدم الباحث المنهج الوصفى واشتملت عينة البحث علي(١٠) لاعبين أشارت النتائج إلى التعرف علي الذكاء الاصطناعي في تقييم الأداء المهاري لبعض مهارات رياضه الكاراتيه، بالإضافة إلى تحسن الأداء المهاري لمهارات (كزامي زوكي، مواشي جيري، أروامواشي جيري) باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

٣- دراسة "**رضا عبد العزيز عبد الحميد**" **(٢٠١٩م)(٧)** بهدف التعرف علي تأثير بعض القدرات التوافقية على المتغيرات الكينماتيكية لمهارة البدء في السباحة الحرة واستخدم الباحث المنهج التجريبى والمنهج الوصفى واشتملت عينة البحث علي(١١) طالب تتراوح أعمارهم من ١٣– ١٥ سنة وأكدت النتائج ضرورة الاهتمام بتوافر مستوي جيد من القدرات التوافقية لدي اللاعب لأنها تؤدي إلى تحسين الزمن اللازم لتعلم واكتساب مهارة البدء في السباحة الحرة، وبالتالي يتم أداء المهارة بشكل اقتصادي في الطاقة المبذولة..

٤– دراسة "**راؤل وآخرون Raul, et al**" **(٢٠٠٠م)(١٩)** هدفت الدراسة وضع نظام لتحسين بدء السباح واستخدم الباحثين المنهج التجريبى واشتملت عينة البحث علي(١٧) سباحاً تتراوح وأظهرت النتائج التي توصلوا اليها هي ان السرعة الافقية لجسم السباح اثناء الاقلاع بلغت ٣,٩٦م/ث، يجب الاهتمام بتدريبات القوه المميزه بالسرعه اثناء الوحدات التدريبة.

٥– دراسة "**محمد العيد مكانى عبد اللطيف**" **(٢٠١٩م)(١١)** تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية لمهارة البدء وعلاقتها بالمسافة المقطوعة واستخدم الباحث المنهج الوصفى واشتملت عينة البحث علي(١٨) لاعب وأشارت نتائج البحث إلى زياده ملحوظه لدي الافراد عينة الدراسة فى المسافة الرأسية التي يسقط فيها الجسم اثناء الانزلاق بعد البدء، كما دلت النتائج على انخفاض مستوى أداء أفراد عينة الدراسة، وعلى وجود علاقة ارتباطية قوية بين المتغيرات الكينماتيكية والمسافة والزمن الكلي لمهارة البدء، وانتهت الدراسة إلى ضرورة إيلاء السرعة اللحظية والأفقية أهمية خاصة في مهارة البدء.

وقد استفادت الباحثة من الدراسات المرتبطة في

اختيار موضوع البحث وتصميم أبعاد ومحتوي البرنامج التدريبي، بالإضافة إلى تحديد مايرتبط بخطة البحث واختيار العينة والمنهج المناسب وصياغة الأهداف والتساؤلات، إلى جانب أدوات البحث المناسبة وكذلك الاستفادة بما توصلت اليه من نتائج فى تفسير ومناقشة نتائج البحث الحالى.

إجراءات البحث:

منهج البحث:

إستخدمت الباحثة المنهج التجريبي ذو المجموعة التجريبية الواحدة بطريقة القياس (القبلي والبعدى) وذلك لملائمته لطبيعه البحث.

مجتمع وعينة البحث:

إشتمل مجتمع البحث على سباحى الحرة المسجلين بالإتحاد الرياضى المصرى للسباحة والمقيدين بالنادى الأهلى فرع مدينة نصر بمحافظة القاهرة خلال الموسم الرياضى (٢٠٢٤/ ٢٠٢٥م) والبالغ عددهم (٢٠) سباح في مرحلة عمرية من ١٣– ١٥ سنة، تم سحب (٦) عشوائيا من بين أفراد مجتمع البحث لإجراء الدراسه الإستطلاعية لتصبح عينة البحث الأساسية (١٤) سباح.

تجانس مجتمع البحث:

تم ايجاد التجانس بين افراد مجتمع البحث في جميع المتغيرات قيد البحث والجداول (١)، (٢)، (٣) توضح ذلك:

جدول (١)

التوصيف الإحصائى لمجتمع البحث في المتغيرات الانثروبومتريه (قيد البحث) ن= (٢٠)

المتغيرات	وحدة القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الالتواء
الطول	سم	١٦٢,٧٧	٢,٦٣	١٦٢,٢٩	٠,٥٥٣
الوزن	كجم	٤٨,٦٤	٠,٤٤	٤٨,٧٩	١,٤٥٧-
العمر الزمنى	سنة	١٤,٣٣	٠,٣٤	١٤,٢١	١,٣٦٤
العمر التدريبى	سنة	٨,٧٥	٠,٣٩	٨,٨٤	١,٠١٢-
سباحة ١٠٠م حرة	متر	١٠٩,٧٥	٥,٢٩	١١٠,٣	٠,٣٤ -

يتضح من جدول (١) أن جميع قيم معاملات الالتواء لافراد عينة البحث الكلية تراوحت ما بين (-١,٠١٢: ١,٣٦٤) لمتغيرات النمو قيد البحث وقد انحصرت هذه القيم ما بين (±٣)، مما يشير إلى وقوع عينة البحث الكلية داخل المنحنى الاعتدالى لهذه المتغيرات، وهذا يدل على تجانس أفراد العينة فى هذه المتغيرات.

أدوات جمع البيانات:

قامت الباحثة بتحديد الأدوات والوسائل التى تم الاستعانة بها فى جمع البيانات وهى كالأتى:

١- الأجهزة والأدوات:

- جهاز inbody لقياس الطول والوزن (سم). مرفق (٥)
- ساعة إيقاف لقياس الزمن مقدراً (بالثانية).
- شريط قياس لقياس المسافة (سم).
- حمام سباحة.
- مسطرة مقياس الزوايا. مرفق (٦)
- جهاز لاب توب.
- برنامج التحليل الحركي "Simi Motion Analyses".
- عدد (١) حامل ثلاثي للكاميرا.
- عدد (١) كاميرا فيديو ٦٠ كادر/ث نوع الكاميرا "GOPRO HERO 5".
- استخدام برنامج (mat lab V. 2016) "برنامج الذكاء الاصطناعي" لحساب قيم زاوية الانطلاق والانزلاق المثلى للبدء.

٢- الإستمارات:

- إستمارة تقييم ومتابعة فردية لأداء السباحين خلال البرنامج التدريبي. مرفق (٧)

– إستمارة تسجيل المستوى الرقمي لسباحة (١٠٠م) حرة. مرفق (٨)

٣– تقييم مستوى الأداء الرقمي:

تم قياس مستوى الأداء الرقمي للسباحة الحرة عن طريق لجنة تحكيم مكونة من (٣) مدربين لتسجيل زمن (١٠٠م) حرة. مرفق (١)

٤– البرنامج التدريبى المقترح من قبل الباحثه. مرفق (٩)

الخطوات التمهيدية والإجراءات التنفيذية للبحث:

أ– الإجراءات الإدارية:

- الحصول على موافقة المدير التنفيذي والمدير الإدارى للنادى الأهلى لتطبيق إجراءات البحث والإطلاع على سجلات اللاعبين للحصول على البيانات اللازمة لإجراءات البحث. مرفق (٢)
- الحصول على موافقة المدير الفني لمنتخب مصر للسباحة بالنادى الأهلى. مرفق (٣)
- الحصول على موافقة أولياء الأمور على مشاركة أبنائهم فى البحث. مرفق (٤)

ب– الإجراءات التنفيذية:

١– التحليل الحركي:

اعداد مكان التصوير

- تم تنفيذ عملية التصوير بواسطة متخصصين بالتعاون مع المدير الفني لمنتخب مصر للسباحة ومدربي الفريق بالنادى، حيث قاموا بتحديد موضع الكاميرا عالية السرعة وتم التصوير بسرعة ترددها(٦٠ كادر/ثانية)، وتم تثبيت الكاميرا على حامل ثلاثي ووضعها على الجانب الأيمن لمكعب البدء لتسجيل الحركة كاملة دون الحاجة إلى تحريك الكاميرا، على مسافة (٧,٥٠) متر وبزاوية تصوير تبلغ (٩٠) درجة، وعلى ارتفاع (٩٠ سم).
- كما قامت الباحثة بشرح وتوضيح كيفية أداء البدء من المكعب لأفراد العينة، وذلك لضمان توحيد الأداء والحصول على تصوير دقيق لكل سباح.
- تم تصوير ثلاث محاولات للبدء لكل سباح، تضمنت مراحل (الارتقاء – الطيران – الهبوط) حتى لحظة الانطلاق والانزلاق في الماء.
- تم أخذ ثلاث محاولات لكل سباح، وتم إدراجها في برنامج التحليل الحركي " Simi Motion" لإنتقاء أفضل محاولة من حيث مسافة دخول الماء لكل سباح.

تم استخدام معادلات الانحدار التنبؤية وهي:

$$y = a + (b_1 \times x_1)$$

(y) = مسافة البدء

(a) = المقدار الثابت

(b_1) = معامل الإنحدار الأول

(X_1) = متوسط المؤشر المساهم

٢- الذكاء الاصطناعي: مرفق (١٠)

تم استخدام برنامج Matlab المتخصص كأداة ذكاء اصطناعي لتحليل الأداء الحركي المصور للسباحين، حيث تم إدخال المتغيرات الزاوية المستخرجة والبيانات المرئية من تسجيلات الفيديو عالية السرعة بواقع ٦٠ إطار/ثانية، وقياسات الزوايا من لحظة الانطلاق حتى لحظة دخول الماء (زاوية الكتف، المرفق، الجذع، رسغ اليد، الانطلاق، والانزلاق)، ليقوم البرنامج بتحليلها وإصدار تقارير رقمية دقيقة توضح الانحرافات ومناطق الخلل وإجراء محاكاة فعلية للأداء الحركي، وذلك من خلال الخطوات التالية:

- إعداد الملف التعريفي الخاص ببرنامج الذكاء الاصطناعي المستخدم في التحليل.
- إدخال البيانات والمعلومات الخاصة بكل سباح بشكل منفصل.
- استخراج النتائج التنبؤية المتعلقة بالأداء، والحصول على أفضل زوايا الانطلاق والانزلاق للبدء.

كما قامت الباحثة بتحديد الإحداثيات الحركية لأجزاء الجسم باستخدام أدوات التتبع داخل البرنامج، ثم تولى النظام تحديد الانحرافات عن القيم المثلى لكل زاوية.

وتم دمج هذه التحليلات في برمجة خطة تدريبية متكيفة، بحيث يتم تعيين تمرينات نوعية لكل سباح وفق الزاوية التي تحتاج تصحيح وتم تصميم برنامج تدريبي فردي موجه لكل سباح وفق الزوايا التي تحتاج إلى تطوير، بحيث يصبح الذكاء الاصطناعي أداة تقييم وتخطيط في آنٍ واحد.، سواء كانت في الكتف، الجذع، المرفق، أو زاوية الدخول.

وتضمنت الخطة التدريبة تدريبات مهارية داخل الماء، وتمرينات أرضية تعتمد على محاكاة الزوايا المثالية باستخدام وسائل مقاومة.

خطوات استخدام برنامج الذكاء الاصطناعي لاستنتاج أفضل زوايا الانطلاق والانزلاق في البدء:

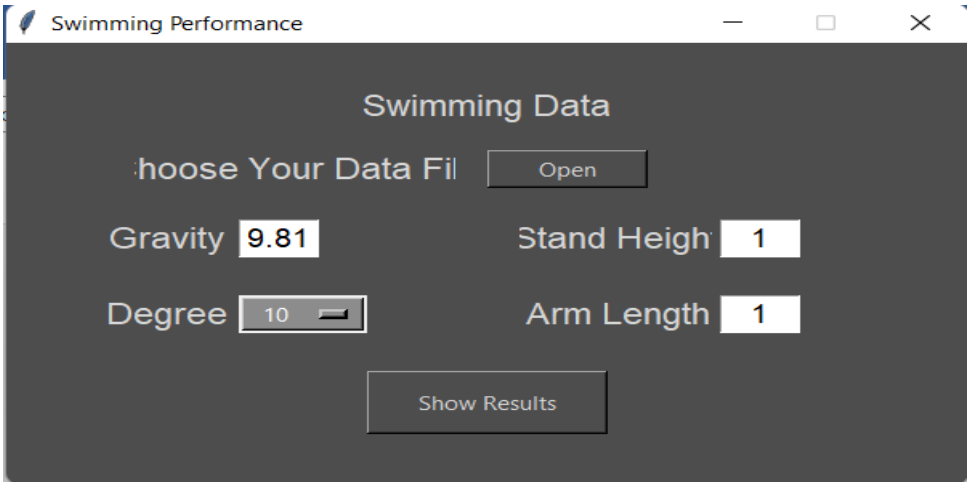
يتكون البرنامج من ثلاث نوافذ رئيسية، تبدأ بالنافذة الأولى التي تتضمن عرضًا لإسم الباحثة والمطورين القائمين على إعداد البرمجية. وتوضح الصورة التالية النافذة الأولى للبرنامج.

شكل (١)

برمجية الذكاء الاصطناعي

عند الضغط على زر "التالي"، تظهر النافذة الثانية من البرنامج، والتي تتضمن تعريف بعض القيم الفيزيائية الأساسية، مثل قيمة عجلة الجاذبية (gravity) المحددة بـ (٩,٨١ متر/ ثانية^2)، وارتفاع منصة القفز (stand height)، وطول الذراع (arm length)، حيث تؤثر هذه القيم على احتمالية تحقيق مستوى رقمي أعلى. ويتم تعريف هذه القيم لكل سباح على حدة، كما هو موضح في الشكل التالي.

وفي هذه الصفحة أيضًا، يتم تعريف القيم التي تعبر عن قيم الزوايا والسرعات في ملف Excel المرتبط بالبرنامج بعد الانتهاء من هذه الخطوة، يتم الضغط على زر "إظهار النتائج"، ليقوم البرنامج بعرض النتائج الخاصة بكل سباح بشكل مفصل، كما يوضح الشكل أدناه.



شكل (٢)

وقد استعانت الباحثة بعد إظهار النتائج ببيانات الذكاء الاصطناعي المتعلقة بالمتغيرات الحركية والتي تمثلت في: زاوية الكتف، زاوية المرفق، زاوية رسغ اليد، زاوية الجذع، زاوية الركبة، زاوية رسغ القدم، زاوية الانطلاق، زاوية الانزلاق، ومسافة دخول الماء. حيث استخدمت هذه المتغيرات في بناء البرنامج التدريبى المقترح، بالاستفادة من آراء الخبراء ونتائج الدراسات السابقة الموحده من ارقام واحصاء ونتائج.

البرنامج التدريبى المقترح: مرفق (٩)

تم الإستعانة ببعض المراجع العربية والأجنبية في وضع التدريبات التي تتناسب مع هدف البحث واعتمدت الباحثة على النتائج المستخلصة من برنامج الذكاء الاصطناعي لتحسين زوايا الانطلاق والانزلاق للبدء، كما تم وضع التخطيط الزمنى لمحتوى البرنامج التدريبى للمجموعة عينة البحث والتى تتناسب أيضاً مع هدف البحث وكانت مدة البرنامج (٨) أسابيع بواقع (٢) وحدة أسبوعية تم تنفيذها في فترتى الإعداد الخاص والإعداد للمنافسات مع البرنامج التدريبى الموضوع للسباحين من قبل مدربهم.

التخطيط الزمنى لمحتوى البرنامج التدريبى المقترح:

- عدد وحدات التدريب خلال فترة تنفيذ البرنامج (شهرين) ٨ أسابيع.
- عدد وحدات التدريب خلال الأسبوع (٢) وحدة تدريبية.
- عدد الوحدات التدريبية الكلية ٢ وحدة x ٨ أسابيع = ٢٤ وحدة تدريبية.
- تم تنفيذ التجربة خلال مرحلتى الإعداد الخاص (٦ أسابيع) والإعداد للمنافسات (أسبوعين)
- زمن الوحدة التدريبية اليومية (٦٠) دقيقه.

جدول (٢)

الخطة الزمنية لإجراءات البحث

م	إجراءات البحث	الفترة الزمنية
١	الدراسة الاستطلاعية	٥، ٢٠٢٤/١١/٧م
٢	القياس القبلى	١٢/ ٢٠٢٤/١١م
٣	تنفيذ تجربة البحث الأساسية	من ٢٠٢٤/١١/١٩م الى ٢٠٢٥/١/٢١م
٤	القياس البعدى	٢٠٢٥/١/٢٨م

خطوات تنفيذ البحث:

الدراسة الاستطلاعية:

قامت الباحثة بإجراء الدراسة الإستطلاعية على عينة البحث الإستطلاعية المسحوبة من داخل مجتمع البحث وخارج العينة الأساسية، وتم اختيارهم بالطريقة العشوائية وقوامها (٦) سباحين وذلك فى الفترة الزمنية من الثلاثاء ٢٠٢٤/١١/٥م إلى الخميس ٢٠٢٤/١١/٧م **بهدف:**

– استكشاف الصعوبات التي من الممكن أن تواجه الباحثة خلال تنفيذ تجربة البحث الأساسية.
– رؤية مدى صلاحية الإختبارات المستخدمة وملائمتها للعينة.
– التعرف على مدى استيعاب السباحين للتعليمات والطريقة الأمثل لتوصيلها لهم.
– التأكد من صلاحية أدوات القياس المستخدمة.
– تحديد التوقيت والمدة للوحدة التدريبية المناسبة للدراسة.

الإطار العام لتطبيق البرنامج المقترح:

محتوى الوحدة التدريبيه:

١– الاحماء (١٠ ق):

تم تقسيم هذا الجزء الى تدريبات الإحماء والإطالة، وعلي تمرينات متنوعة لتهيئة الجسم والأجهزة الحيوية والمجموعات العضلية.

٢– الجزء الرئيسي (٤٥ ق):

يتضمن الجزء الرئيسى تدريبات لتحسين مهاره البدء من خلال (وضع الاستعداد– الاقتراب– الارتقاء– الطيران– الانزلاق) وذلك باستنتاج أفضل زاويا الانطلاق والانزلاق التي تم استنتاجها من برنامج الذكاء الاصطناعي وهي زاويه الانطلاق (٤١,٣٠°) وزاوية الانزلاق (١٤١,١٣) إلي تدريبات داخل الماء تتضمن الخطوات التدريبية وشرح النواحى الفنية واداء السباحين لمهارة البدء، وقد أعتمدت الباحثة فى بناء الوحدات التدريبية على النتائج المستخلصة من برنامج الذكاء الاصطناعي لتحسين زوايا الانطلاق والانزلاق للبدء.

٣– الختام (٥ ق):

يتضمن هذا الجزء تدريبات بسرعة بطيئة وثابتة تسمح بعودة ضربات القلب إلى حالتها الطبيعية.

تنفيذ تجربة البحث الأساسية:

القياس القبلى:

قامت الباحثة بإجراء القياسات القبلية علي عينه البحث الاساسيه البالغ عددها (١٤) سباح وتم ايجاد التجانس بينهم في المتغيرات قيد البحث وهي زاوية الكتف– زاوية المرفق– زاوية رسغ اليد– زاوية الجذع– زاويه الركبه– زاويه رسغ القدم– زاوية الأنطلاق– زاوية الانزلاق– مسافة دخول الماء، وذلك يوم الثلاثاء الموافق ٢٠٢٤/١١/١٢م.

جدول (٣)
تجانس عينه البحث الاساسية فى المتغيرات قيد البحث ن= ١٤

المتغيرات	المتوسط	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
زاويه الكتف	١٧٤,٦٠	١٧٤,٩٠	٢,٨٥	٠,٢٨ –
زاويه المرفق	١٧٥,٤٠	١٧٤,٢٠	٣,١٠	٠,١٩
زاويه رسغ اليد	١٦٠,٨٠	١٦١,٦٠	٢,٧٥	٠,٢٣
زاويه الجذع	١٧٥,٩٠	١٧٦,١٠	٢,٩٠	٠,١٧–
زاويه الركبه	١٧٦,٢٠	١٧٥,٠٠	٣,٢٥	٠,١٦
زاويه رسغ القدم	١٣٧,١٠	١٣٦,٨٠	٣,٥٠	٠,٢١
زاويه الانطلاق	٣٥,٨٠	٣٥,٦٠	٢,٩٠	٠,٢٧
زاوية الإنزلاق	١٣٥,٧٠	١٣٥,٥٠	٢,٨٠	٠,١٤
مسافه دخول الماء	٣,٥٢	٣,٥٠	٠,٠٨	٠,٠٨

يتضح من جدول (٣) ان قيم الالتواء قد انحصرت ما بين (±٣)، مما يشير الى اعتدالية البيانات فى جميع متغيرات البحث وهذا يدل على تجانس أفراد عينة البحث الأساسية في هذه المتغيرات.

تطبيق تجربة البحث الأساسية:

قامت الباحثة بتطبيق تجربة البحث الأساسية خلال الفترة الزمنية من ٢٠٢٤/١١/١٩م الى ٢٠٢٥/١/٢١م ولمدة (٨) أسابيع بواقع (٢) وحدة أسبوعية زمن الوحدة (٦٠) دقيقة وذلك في أيام الأحد والخميس فى تمام الساعة (٣) عصراً، وذلك وفقاً لمواعيد التدريب الخاصة لفريق السباحة بالنادى الأهلى، وقد قامت الباحثة بالتدريب والتوجيه طوال فترة التطبيق كما حرصت الباحثه علي وضع مسطرة قياس الزوايا وتثبتها عند مكعب البدء لتحديد الزاوية المطلوب أدائها واحساس السباح بها كذلك وضع حبل على بعد مسافة لتحديد أقصى مسافة للدخول إلى الماء لمعرفة الزوايا المطلوب ادائها اثناء تنفيذ وحدات البرنامج التدريبى للمراحل الفنية لمهاره البدء (وضع الاستعداد – الاقتراب – الارتقاء – الطيران – الانزلاق) وفقاً للزوايا التي تم استنتاجها من برنامج الذكاء الاصطناعي من زاويه الانطلاق والانزلاق لتحسين مسافه البدء.

القياسات البعدية:

تم إجراء القياس البعدى في المتغيرات قيد البحث بعد الانتهاء من تطبيق البرنامج التدريبى المقترح، وذلك يوم الثلاثاء ٢٠٢٥/١/٢٨م مع مراعاة نفس الشروط والظروف التي تم بها إجراء القياس القبلي.

المعالجات الإحصائية:

استخدمت الباحثة في المعالجات الإحصائية للبيانات:

– المتوسط الحسابي. – الوسيط.

– معامل الالتواء.
– الانحراف المعياري.
– معامل ارتباط بيرسون.
– إختبار "ت".
– نسبة التحسن.
– معادلات خط الانحدار.

$y = a + (b_1 \times x_1)$

(y) = مسافة البدء

(a) = المقدار الثابت

(b_1) = معامل الإنحدار الأول

(X_1) = متوسط المؤشر المساهم

– مسافه البدء = المقدار الثابت + (معامل الانحدار الأول × متوسط المؤشر المساهم).

– مسافه البدء = المقدار الثابت + معامل الانحدار الاول × متوسط المؤشر المساهم + معامل الانحدار الثاني × متوسط المؤشر المساهم الثاني.

– مسافه البدء = المقدار الثابت + معامل الانحدار الاول × متوسط المؤشر المساهم + معامل الانحدار الثاني × متوسط المؤشر المساهم الثاني + معامل الانحدار الثالث × متوسط المؤشر المساهم الثالث.

– مسافه البدء =المقدار الثابت + معامل الانحدار الاول × متوسط المؤشر المساهم + معامل الانحدار الثاني × متوسط المؤشر المساهم الثاني + معامل الانحدار الثالث × متوسط المؤشر المساهم الثالث+ معامل الانحدار الرابع × متوسط الموشر المساهم الرابع

وذلك لملائمة هذه المعاملات الإحصائية لطبيعة متغيرات البحث.

عرض ومناقشة النتائج:

١– عرض النتائج:

جدول (٤)

مصفوفة معاملات الارتباط بين لحظة دخول الماء ومتغيرات الزاويا المختارة لمهارة البدء في السباحة ن= ١٤

المتغيرات الزاويه	زاوية الكتف	زاوية المرفق	زاوية رسغ اليد	زاوية الجذع	زاوية الركبه	زاوية رسغ القدم	زاوية الانطلاق	زاوية دخول المياه	مسافة دخول الماء
زاوية الكتف									
زاوية المرفق	١,٠٠–								
زاوية رسغ اليد	٠,٠٢–	٠,٠٥–							
زاوية الجذع	٠,٥١–	٠,٤٩	٠,٥٣						

تابع جدول (٤)

مصفوفة معاملات الارتباط بين لحظة دخول الماء ومتغيرات الزاويا المختارة لمهارة البدء في السباحة ن= ١٤

المتغيرات الزاويه	زاوية الكتف	زاوية المرفق	زاوية رسغ اليد	زاوية الجذع	زاوية الركبه	زاوية رسغ القدم	زاوية الانطلاق	زاوية دخول المياه	مسافة دخول الماء
زاوية الركبه	٠,٥٦	-٠,٥٦	٠,٠٥	-٠,٧٢					
زاوية رسغ القدم	٠,١٥	-٠,١٨	٠,٧٤	٠,١٨	٠,٤٢				
زاوية الانطلاق	٠,٦١	-٠,٥٩	-٠,٥٩	-٠,٩٠	٠,٦٣	-٠,٣٣			
زاوية الانزلاق	-٠,٠٢	-٠,٠١	٠,٣٦	-٠,٤٠	٠,٦٧	٠,٦٢	٠,٠٩		
مسافة دخول الماء	٠,٤٣	-٠,٣٩	*٠,٨٣	*٠,٨٢	٠,٢٥	*-٠,٥٧	*٠,٨٦	*٠,٨٢	

قيمة "ر" الجدولية عند درجات حرية ١٣ ومستوي معنوية ٠,٥ = ٠,٥١٤

يتضح من جدول (٤) وجود علاقه ارتباطية ذو دلالة إحصائية بين كل من المؤشرات الكينماتيكيه خلال لحظه الانزلاق ومسافه البدء حيث أن قيمة معامل الارتباط (ر) المحسوبة قد فاقت قيمتها الجدولية عند مستوى معنوية (٠,٠٥) ودرجات حرية (٨).

كما أوضح المؤشر أن هناك علاقة ارتباطية بين زاوية الانطلاق ومسافة البدء تناسباً طردياً وهذا يدل على أنه كلما دفع السباح المكعب بقوة أكبر فسوف يكتسب تسارعاً أكبر وبالتالى يكتسب سرعة ابتدائية أكبر لحظة الانطلاق.

- **وهذا يجيب علي التساؤل الأول الذي ينص علي "هل هناك علاقة ارتباطية بين زوايا الانطلاق والانزلاق خلال لحظة البدء والانزلاق داخل الماء؟"**

جدول (٥)

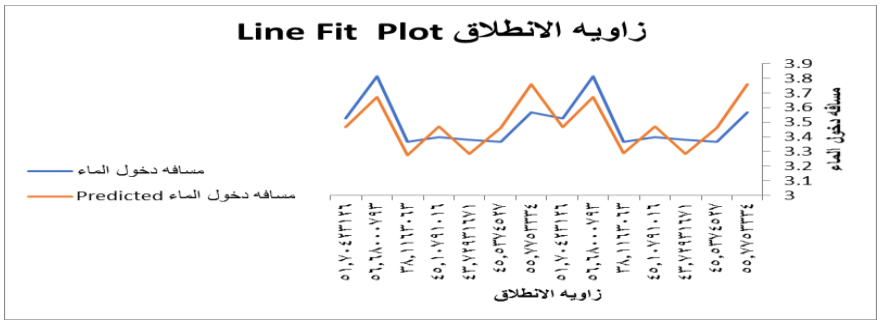
نسب مساهمة متغيرات الزاويا المختارة لمهاره البدء فى السباحة خلال لحظة دخول الماء

المؤشرات الميكانيكية	المتوسط الحسابي	المقدار الثابت	الخطأ المعياري	قيمة ف	معامل الانحدار				النسبة ٪
زاوية الانطلاق	٤٨,٠٩٣	٠,٠٤٢	٠,٣٤٦	١٤٠٨,٨١٤	٠,٠٧٢				٩٩,٠٨٦
زاوية رسغ اليد	١٧١,٨٢٦	٠,٠٠٥	٠,١٦٤	٣١٤٧,٠٣٥	٠,٠٣٦	٠,٠١٠			٩٩,٨١٠
زاوية الجذع	١٧٩,٦٩٧	٠,٠٠٣	٠,١٥٣	٢٤١٩,٧٧١	٠,٠٢٧	٠,٠٠٥	٠,٠٠٨		٩٩,٨٤٩
زاوية الانزلاق	١٤١,١٣٨	٠,٠٠٢	٠,١٣٥	٢٣٤٥,٣٤٧	٠,٠١٩	-٠,٠٠٤	٠,٠٠١	٠,٠٢١	٩٩,٨٩٤

يتضح من جدول (٥) أن قيم المتغيرات الكينماتيكيه من لحظة ترك السباح لمكعب البدء لزاوية الانطلاق المتوسط الحسابى فيها (٤٨,٠٩٣) هى ضمن الواجبات الحركية التى يلتزم بها كل سباح فعند انطلاقه يأخذ جسمه مساراً منحنيا وأن الهدف الرئيسى من مرحلة البدء من

المكعب هو الحصول على أكبر مسافة أفقية ممكنة فى أقل زمن ممكن، أن وضعية البداية التى يتخذها السباح تؤثر على زاوية دخول الماء.

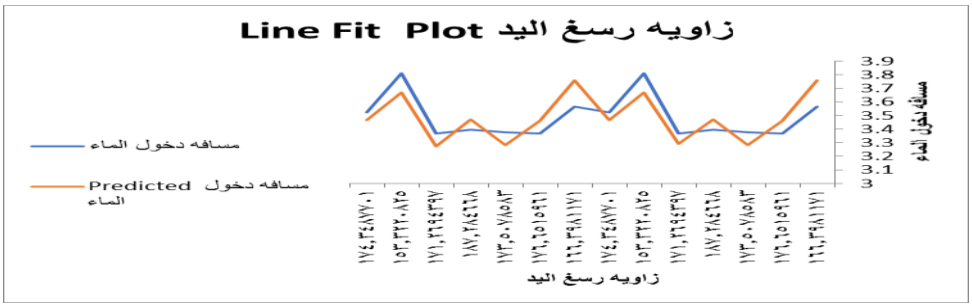
المؤشر الأول زاوية الانطلاق:



شكل (٣)

يوضح زاوية الانطلاق لمهارة البدء ومسافة دخول الماء

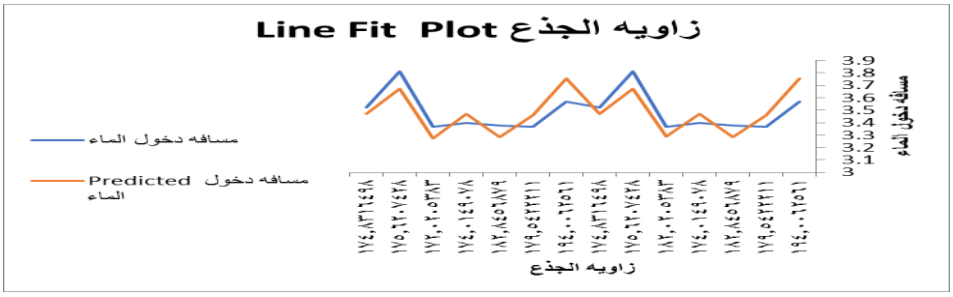
المؤشر الثاني زاوية رسغ اليد:



شكل (٤)

يوضح زاوية رسغ اليد لمهارة البدء ومسافة دخول الماء

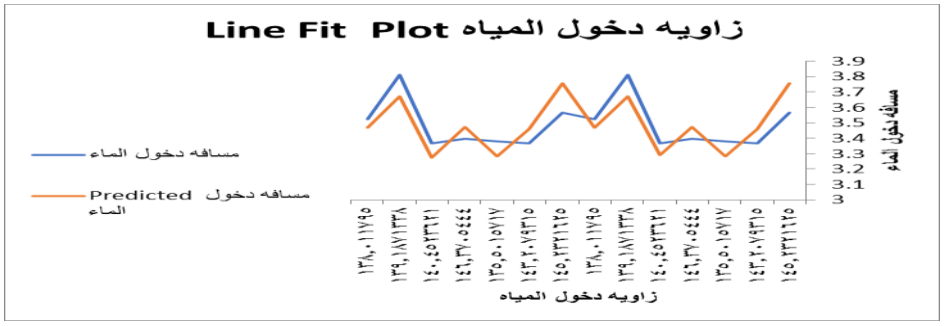
المؤشر الثالث زاوية الجذع:



شكل (٥)

يوضح زاوية الجذع لمهارة البدء ومسافة دخول الماء

المؤشر الرابع زاوية الانزلاق:

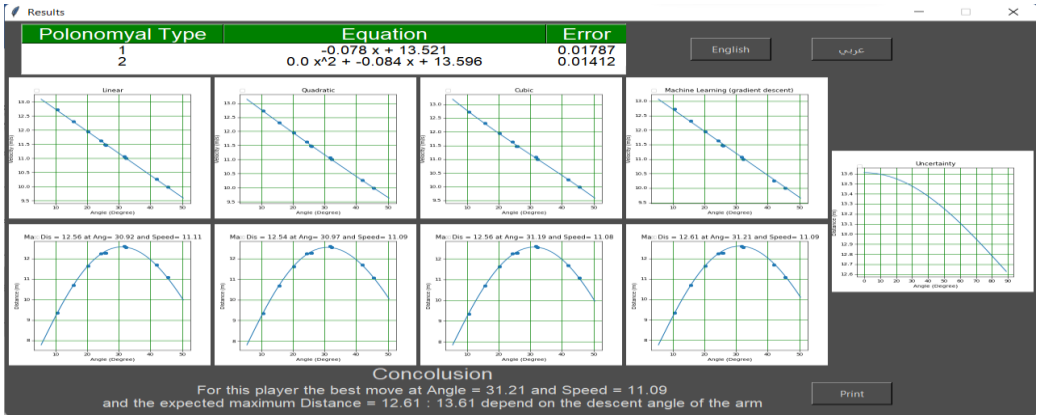


شكل (٦)

يوضح زاوية الانزلاق لمهارة البدء ومسافة دخول الماء

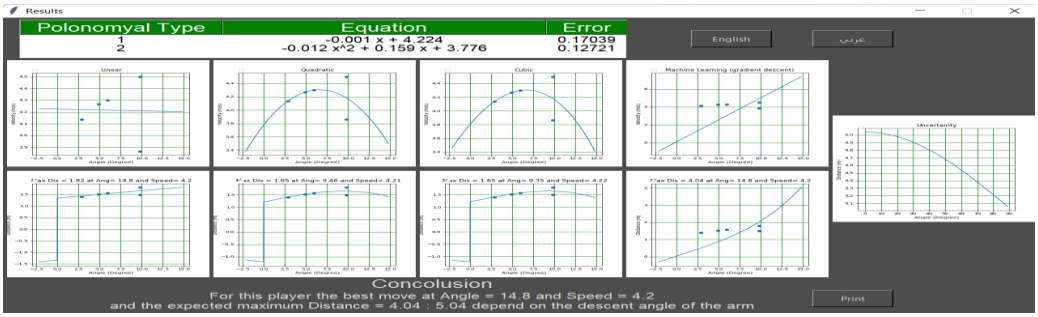
استنتاج الزاويا الناتجة من الذكاء الاصطناعي:

الأشكال الآتية توضح المحاكاة الفعلية لقيم عينة البحث.



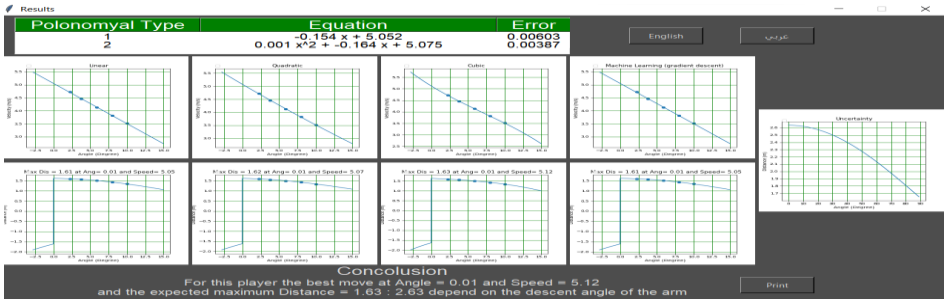
شكل (٧)

يوضح زوايا الانطلاق والانزلاق لمهارة البدء



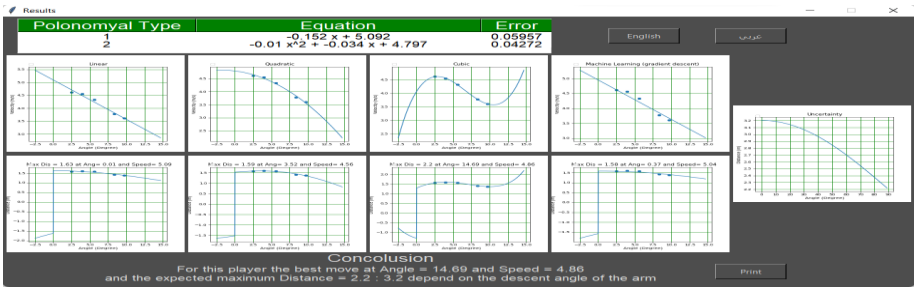
شكل (٨)

يوضح زوايا الانطلاق والانزلاق لمهارة البدء لحظة ترك المكعب



شكل (٩)

يوضح زوايا الانطلاق والانزلاق لمهارة البدء لحظة الانزلاق داخل الماء



شكل (١٠)

يوضح أفضل زوايا الانطلاق والانزلاق لمهارة البدء

ويوضح شكل (٧)، (٨)، (٩)، (١٠) القيم المحسوبة باستخدام الذكاء الاصطناعي (matlab) للعينه لاستنتاج زاويا والانزلاق وحساب معاملات قيمه الزاويا لكلا من المدخلات والمخرجات.

جدول (٦)

دلالة الفروق بين القياسين القبلي والبعدي لعينة البحث الأساسية ونسبة التحسن في متغيرات الزاويا وزمن سباحه ١٠٠ م حره ن= ١٤

المتغيرات لمهارة للبدء	القياس القبلي		القياس البعدي		قيمة "ت" ودلالتها	نسبة التحسن ٪
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
زاوية الكتف	١٦٠,١٣	٤,٦٦	١٧٧,٦٢	٥,٦٦	*٤,٥٥	١٠,٩٢
زاوية المرفق	١٦١,٠٢	٨,٠١	١٧٧,٥٢	٣,٨٦	*٣,٤٢	١٠,٢٤
زاوية رسغ اليد	١٥٠,٩٥	٢,٣٤	١٧١,٨٣	٩,٩٥	*٤,٧٢	١٣,٨٣
زاوية الجذع	١٦٥,٥١	٥,٠٨	١٧٩,٧	٧,٠١	*٥,٦٤	٨,٥٨
زاوية الركبة	١٦٦,٦٦	٤,٧٨	١٧٧,٤٨	٣,٨٧	*٨,٨٦	٦,٥٠
زاوية رسغ القدم	١٢٩,٩٤	٨,٣٨	١٤٣,٨٣	٢,٩١	*٥,٦٤	١٠,٦٩
زاوية الانطلاق	٢٢,٨٨	٤,٥٩	٤٨,٠٩	٦,٥٦	١١,٠٤*	١١٠,١٦
زاوية الإنزلاق	١٢٥,٨٦	٤,٦٤	١٤١,١٤	٣,٨٠	*١٠,٠٣	١٢,١٤
مسافة دخول الماء	٣,٠٦	٠,٠٧	٣,٤٩	٠,١٥	*٨,١٠	١٣,٩٥
زمن سباحة ١٠٠م حرة	١١٢,٤٩	٢,٨٨	١٠٩,٢٥	٣,١٨	١٤,٩٤	٢,٨٨

قيمة "ت" الجدولية عند ٠,٠٥ ودرجات حرية ١٣ = ٢,١٦

يتضح من جدول (٦) وجود فروق دالة إحصائيا بين القياسين القبلي والبعدي عند مستوى معنوية (٠,٠٥) لصالح القياس البعدي وكذلك نسبة التحسن لجميع الزوايا ومسافه دخول الماء، مما يدل على فاعلية البرنامج النوعي لتحسين مسافة البدء.

مناقشة النتائج:

أوضحت نتائج الجدولين (٤) و(٥) أن زاوية الانطلاق تُعد من أكثر المؤشرات الكينماتيكية تأثيرًا في تحسين مسافة البدء خلال لحظة دخول المياه، حيث بلغت نسبة مساهمتها (٩٩,٠٨%). وهذه النتيجة تتفق مع ما ورد في جدول (٥) وشكل (٣)، إذ كشفت عن وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين زاوية الانطلاق ومسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٦)، ما يشير إلى أنه كلما زادت زاوية الانطلاق، كلما تحسنت مسافة البدء بشكل ملحوظ.

ويعزز ذلك ما توصلت إليه الدراسة من أن الأداء الفعال في مرحلة البداية يعتمد على السرعة الأفقية المصاحبة لزاوية انطلاق مثالية لمركز ثقل الجسم، والتي تراوحت ما بين (١٩ :٢٦) درجة، وهو ما يساهم في تحقيق مسافة طيران أفقية أكبر قبل ملامسة سطح الماء. كما تبين أن الزاوية المثلى للانطلاق من قاعدة البدء بلغت نحو (١٣) درجة، وهي الزاوية التي تحقق أعلى كفاءة في استغلال القوة الدافعة.

وقد أشار **أحمد القاضي** إلى وجود علاقة واضحة بين زاوية الانطلاق والمسافة المقطوعة من مكعب البدء حتى لحظة لمس كف السباح لسطح الماء، مؤكدًا أن زاوية الانطلاق تُعد من المتطلبات الحركية الأساسية التي تؤثر على المسافة المقطوعة.

كما تتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه نتائج **منار (٢٠١٣م) (١٣) ومحمد العيد (٢٠١٨م) (١١)**، واللتين أكدتا على وجود ارتباط قوي بين المتغيرات الكينماتيكية المرتبطة بمهارة البدء والزمن الكلي للسباق، مما يعكس أهمية ضبط زاوية الانطلاق لتحقيق أداء مثالي وتحسين المستوى الرقمي للسباحين.

ومما سبق تكون معادلة خط الإنحدار التنبؤية هى:

مسافه البدء = ٠,٤٢ + (٤٨,٠٩٣ × ٠,٠٧٢) = ٣,٤٨٧ متر

$$y = a + (b_1 \times x_1)$$

(y) = مسافه البدء

(a) = المقدار الثابت

(b_1) = معامل الإنحدار الأول

(X_1) = متوسط المؤشر المساهم

كما أظهرت نتائج الجدولين (٤) و(٥) أن زاوية رسغ اليد تعد ثاني أكثر المؤشرات تأثيرًا في تحسين مسافة البدء لحظة دخول المياه، حيث ارتفعت نسبة مساهمتها من (٩٩,٠٨%) إلى (٩٩,٨١%)، وهو ما يشير إلى تأثيرها الكبير في أداء المهارة. كما تدعم هذه النتائج ما ورد في الجدول (٥) والشكل (٤)، اللذان أظهرا وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين زاوية رسغ اليد ومسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٣)، مما يدل على أن كلما زادت زاوية رسغ اليد عند الدخول، زادت المسافة المقطوعة للبدء في مرحلة الطيران والانزلاق.

وتؤكد البيانات الكينماتيكية الموضحة في الجدولين (٤) و(٥) على أن زاوية رسغ اليد لحظة ملامسة الماء تؤثر بشكل مباشر على دخول الجسم للماء ومرحلة الانزلاق، إذ تعد عاملاً محددًا لمقاومة الماء عند بدء الانزلاق، مما يجعلها مؤثرة في تقليل فقد السرعة وتحسين الأداء.

وقد أشار **ساندرز (Sanders, 2002)** (٢١) إلى أن دخول رسغ اليد بسرعة أفقية مرتفعة أثناء الانزلاق يرتبط بتحقيق مسافة أكبر، مؤكدًا وجود علاقة طردية قوية بين زاوية دخول الرسغ ومسافة الانزلاق.

وتتوافق هذه النتائج مع مبادئ التحليل الفني للمهارة، حيث يبدأ التحضير للدخول عند بلوغ الجسم أقصى ارتفاع في مسار الطيران، عبر خفض الرأس وشد الرجلين إلى أعلى، ويبدأ الدخول بأطراف أصابع اليدين أولاً، ثم تتوالى باقي أجزاء الجسم بشكل انسيابي، وغالبًا ما تتراوح زاوية الدخول المثلى بين ١٠ – ٢٠ درجة، وهي الزاوية التي تساعد على اختراق الماء بسلاسة وتقليل المقاومة، ما يعزز من فعالية الانزلاق ويزيد من المسافة الأفقية المقطوعة.

ومما سبق تكون معادلة خط الإنحدار التنبؤية هى:

مسافه البدء = ٠,٠٠٥ + ٤٨,٠٩٣ × ٠,٠٣٦ + ١٧١,٨٢٦ × ٠,٠١٠ = ٣,٤٨٧ متر

$$y = a + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2$$

بالإضافة إلى ذلك أظهرت نتائج الجدولين (٤) و(٥) أن زاوية الجذع تمثل ثالث أعلى مؤشر من حيث المساهمة في تحسين مسافة البدء، حيث ارتفعت نسبة مساهمتها من (٩٩,٨١%) إلى (٩٩,٨٤٩%)، وهو ما يؤكد أهميتها كمتغير كينماتيكي مؤثر. كما بيّن شكل (٥) وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين زاوية الجذع ومسافة البدء، إذ بلغ معامل الارتباط (٠,٨٢)، مما يعني أن زيادة زاوية الجذع تُسهم بشكل مباشر في تحسين المسافة المقطوعة خلال مرحلة الطيران.

وترتبط هذه النتائج بما يحدث خلال مرحلة الارتقاء، وهي المرحلة الحاسمة التي يبلغ فيها السباح أقصى مدى للانطلاق، حيث يقوم بجذب الجذع بسرعة نحو الفخذين، الأمر الذي يعزز

من قوة الدفع الناتجة عن ترك مكعب البدء. وتعد هذه الحركة أحد العوامل الأساسية لانتقال مركز ثقل الجسم بشكل فعال نحو اتجاه الحركة.

وقد أشار **حسين محمد** إلى أن زاوية ثني الركبتين والجذع أثناء الارتكاز على المكعب ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقوة الدفع، وبالتالي تؤثر على سرعة الانطلاق، موضحًا أن تحقيق أقصى استفادة من قوة الرجلين والجذع يتطلب ضبط هذه الزوايا بما يتلاءم مع ميكانيكا الحركة الفعالة.

كما دعمت معادلة خط الانحدار التنبؤية هذه النتائج، حيث تم استخدام القيم المحسوبة للزوايا المختلفة، وكان لزاوية الجذع مساهمة كبيرة في تحديد المسافة المتوقعة للبدء، والتي بلغت (٣,٤٨٧ متر)، وهو ما يعكس فاعلية ضبط هذا المؤشر في تحقيق أداء بدني وفني أفضل.

وبذلك، تؤكد نتائج الدراسة أن زاوية الجذع تُعد من المتغيرات الأساسية التي يجب التركيز عليها في برامج التدريب، سواء من خلال التقييم الفني أو باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، لتحقيق انطلاقة فعالة تسهم في تحسين الإنجاز الرقمي للسباحين.

أظهرت أيضاً نتائج الجدولين (٤) و(٥) أن زاوية دخول المياه جاءت في المرتبة الرابعة من حيث مساهمتها في تحسين مسافة البدء خلال لحظة دخول السباح إلى الماء، حيث ارتفعت نسبة مساهمتها من (٩٩,٨٤٩%) إلى (٩٩,٨٩٤%). كما بينت نتائج جدول (٥) وشكل (٦) وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين زاوية دخول المياه ومسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٢)، مما يدل على أن زيادة زاوية دخول المياه ترتبط بزيادة فعالة في المسافة المقطوعة أثناء مرحلة الطيران والإنزلاق.

وتوضح نتائج الجدولين (٤) و(٥) الخاصة بالمتغيرات الكينماتيكية أن زاوية دخول المياه تؤثر بشكل مباشر على مقاومة الماء أثناء لحظة الدخول، حيث إن الدخول بزوايا حادة يقلل من مساحة الجسم المواجهة للماء، مما يؤدي إلى تقليل المقاومة في اتجاه الحركة، وبالتالي تحقيق انزلاق أطول وأكثر كفاءة تحت سطح الماء.

ويُعد هذا التفسير متوافقًا مع الجانب الفني لمهارة البدء، حيث تؤثر زاوية دخول السباح على عمق مركز ثقله أثناء الانزلاق، وبالتالي تحدد مدى فعالية خروجه من تحت الماء واستئنافه للسباحة. وكلما زاد عمق مركز الثقل بزاوية دخول مناسبة، زادت المسافة التي يقطعها السباح تحت الماء قبل ظهوره مجددًا على السطح.

وقد أكدت **وفيقة سالم (٢٠٠٠م)(١٥)** أن السباح يدخل الماء بزوايا مائلة تبدأ عادة من (١٥ درجة)، ويختلف عمق هذه الزاوية وفقًا لنوع السباحة، مما يُعزز من أهمية التحكم في زاوية الدخول لتحقيق أقصى استفادة من مرحلة الانزلاق.

كما تتوافق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه **محمد العيد مكاني (٢٠١٨م)** من وجود زيادة ملحوظة في المسافة المقطوعة أثناء الانزلاق بعد لحظة البدء لدى عينة الدراسة.

واستنادًا إلى ما سبق، فقد ساهمت زاوية دخول المياه، إلى جانب بقية المتغيرات الكينماتيكية، في بناء معادلة خط الانحدار التنبؤية لمسافة البدء.

والتي جاءت على النحو التالي:

مسافة البدء = ٠,٠٠٢ + (٤٨,٠٩٣ × ٠,٠١٩) + (١٧١,٨٢٦ × -٠,٠٠٤) + (١٧٩,٦٩٧ × ٠,٠٠١) + (١٤١,١٣٨ × ٠,٠٢١) = ٣,٤٨٧ متر

$$y = a + b1 \times x1 + b2 \times x2 + b3 \times x3 + b4 \times x4$$

- وهذا يُجيب عن التساؤل الثاني في الدراسة، والمتعلق بنسبة مساهمة متغيرات زوايا الانطلاق والانزلاق في لحظة الانزلاق داخل الماء والذى ينص على "تحديد نسبة مساهمة متغيرات زوايا الانطلاق والانزلاق في جودة وسرعة أداء البدء والانزلاق".

كما أوضحت الأشكال (٧، ٨، ٩، ١٠) القيم المحسوبة باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي (**Matlab**)، والتي ساعدت في استنتاج الزوايا المثلى لأداء المهارة، وجاءت كالتالي:

زاوية الانطلاق المثلى من المكعب: (٣٠،٤١°)

الزاوية المثلى للسرعة: (١١،١٥ ث)

الزاوية المثلى للانزلاق: (١٤١،١٣°)

مسافة انزلاق الذراع: (٣,٨٤ متر)

وقد ساهمت هذه المؤشرات بدور فعال في بناء برنامج تدريبى يستند إلى البيانات العلمية المستخلصة من الذكاء الاصطناعي، مما انعكس بشكل مباشر على تحسين مستوى أداء مهارة البدء لدى السباحين.

تتفق نتائج القيم المحسوبة في هذه الدراسة مع نتائج "**محمد عبد الحميد ومنار خيرت**" (٢٠١٣م) (١٣) أن تحديد زوايا الانطلاق المثلي باستخدام الذكاء الاصطناعي انحصرت ما بين (٢٠°: ٤٠°) عند الانزلاق داخل الماء.

ويتفق هذا مع نتائج دراسه **خالد عبد الموجود والامير عبد الستار (٢٠١٩م) (٦)** وكانت أهم التائج تحديد زاوية الانطلاق المثلي للرمح باستخدام الذكاء الاصطناعي (٤٤,١٧ درجه).

تشير رؤية فيصل الملا (٢٠٢١)(١٠) إلى أن الذكاء الاصطناعي شهد تطورًا ملحوظًا في المجال الرياضي، وأسهم بشكل فعال في تحسين الأداء وتحديد افضل اللاعبين التي يمكن لها ان تتطور وتصبح مميزه في المستقبل.

وتؤكد الباحثة أن الوصول إلى القيم المحسوبة لزوايا الانطلاق والانزلاق خلال مرحلة البدء في السباحة جاء نتيجة لقدرة الذكاء الاصطناعي على تحليل البيانات والتنبؤ بالأنماط المثلى للأداء، وهو ما مكن من تصميم برنامج تدريبي نوعي أثبت فعاليته في تحسين مسافة البدء.

ويأتي هذا تأكيدًا للإجابة عن التساؤل الثالث الذي نص على:"هل يمكن من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي استنتاج القيم المحسوبة لمسافة البدء بدلالة قيم زوايا الانطلاق والانزلاق؟"

أوضحت نتائج الجدول (٦) وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠,٠٥) بين القياسين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي، بالإضافة إلى وجود نسب تحسن ملموسة في الزوايا الحركية المختلفة ومسافة دخول الماء. وتشير هذه النتائج إلى فاعلية البرنامج التدريبي المقترح في تحسين مهارة البدء لدى السباحين.

ومن أبرز النتائج ما يلي:

زاوية الكتف: تحسنت من (١٦٠,١) إلى (١٧٧,٠٦)، بنسبة (١٠,٩٢%).

زاوية المرفق: من (١٦١,٠) إلى (١٧٧,٥)، بنسبة (١٠,٢٤%).

زاوية رسغ اليد: من (١٥٠,٩) إلى (١٧١,٨)، بنسبة (١٣,٨٣%).

زاوية الجذع: من (١٦٥,٥) إلى (١٧٩,٧)، بنسبة (٨,٥٨%).

زاوية الركبة: من (١٦٦,٦) إلى (١٧٧,٤)، بنسبة (٦,٥٠%)، وقيمة "ت" (٨,٨٦).

زاوية رسغ القدم: من (١٢٩,٩) إلى (١٤٣,٨)، بنسبة (١٠,٦٩%)، وقيمة "ت" (٥,٦٤).

زاوية الانطلاق: من (٢٢,٨٨) إلى (٤٨,٠٩)، بنسبة تحسن لافتة (١١٠,١%)، وقيمة "ت" (١١,٠٤).

زاوية الانزلاق: من (١٢٥,٨) إلى (١٤١,١)، بنسبة (١٢,١٤%)، وقيمة "ت" (١٠,٠٣).

مسافة دخول الماء: من (٣,٠٦) إلى (٣,٤٩) متر، بنسبة (١٣,٩٥%)، وقيمة "ت" (٨,١٠).

زمن سباحة ١٠٠م حرة: حيث بلغ المتوسط الحسابي القبلي (١١٢,٤٩) بإنحراف معياري (٢,٨٨) فى حين بلغ المتوسط الحسابي البعدي (١٠٩,٢٥) بإنحراف معياري (٣,١٨) قيمة "ت" (١٤,٩٤) بنسبة تحسن (٢,٨٨).

كما تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه **رضا عبد العزيز عبد الحميد (٢٠١٩)(٩)**، والذي أشار إلى التأثير الإيجابي للقدرات التوافقية على المتغيرات الكينماتيكية لمهارة البدء في السباحة الحرة، مما ساهم في تحسين زمن الأداء.

وبذلك تشير جميع النتائج إلى فعالية الذكاء الاصطناعي كوسيلة تحليلية وتوجيهية ساهمت في تحديد الزوايا الحركية المثلى، والتي بُني على أساسها البرنامج التدريبي المطبق. على سبيل المثال، عندما حدد البرنامج أن زاوية الانطلاق المثلى هي ٣٠° بالإضافة إلى تحديد أن زاوية رسغ اليد كانت تميل إلى الانغلاق (١٤٨°)، تم إدراج تدريبات مهارية خاصة ضمن البرنامج الميداني للوصول إلى هذه الزاوية. هذا التكامل بين التحليل الرقمي والتخطيط التدريبي ساهم في تحسين أداء عينة البحث بوضوح، وهو ما يعكس العلاقة المباشرة بين توظيف الذكاء الاصطناعي وتطوير نتائج الأداء الفعلي، وقد ظهر التحسن فعليًا في القياس البعدي بنسبة ١٣,٨%.

هذا يوضح كيف أن البرامج المعتمدة على تحليل الذكاء الاصطناعي يمكنها أن تكون أدوات تعليمية فعالة، وليس فقط تحليلية، لأنها توجه المدرب لتصميم وحدات تدريب دقيقة ومستهدفة على مستوى كل لاعب.

كما أن الفروق الإحصائية الدالة بين القياسين القبلي والبعدي في معظم المتغيرات (مثل زاوية الانزلاق وزاوية الجذع) تعكس نجاح الدمج بين التحليل الرقمي والتخطيط الرياضي المبني عليه."

وتعزو الباحثة التحسن لعينة البحث بين القياسين القبلي والبعدي إلى فاعلية البرنامج التدريبي المصمم بناء على تحليلات الذكاء الاصطناعي، والذي ساعد في استنتاج الزوايا المثلى للانطلاق والانزلاق بهدف تعزيز تكنيك الأداء، خاصة أن وضعية البدء تؤثر بشكل مباشر على نوعية الزوايا الحركية منذ مغادرة مكعب البدء وحتى دخول الماء.

وبذلك، تؤكد النتائج نجاح البرنامج التدريبى المقترح في تحسين مهارة البدء من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي في استنتاج الزوايا الحركية الدقيقة.

وهذا ما يُعد إجابة مباشرة عن التساؤل الرابع الذي نص على:"هل التدريبات للزوايا التي توصلت إليها الباحثة والتي تم استنتاجها باستخدام الذكاء الاصطناعي أدت إلى تحسن ملحوظ في أداء الإنطلاق والانزلاق لدى أفراد عينة البحث؟"

الاستنتاجات:

فى ضوء ما أظهرته نتائج هذا البحث نستخلص الأتى:

١- استطاعت الباحثة توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة تحليلية فعّالة لاستنتاج زوايا الانطلاق والانزلاق المثلى لمهارة البدء في السباحة.

٢- تم التحقق من صدق القيم المحسوبة المتعلقة بزوايا البدء، مما أتاح إمكانية التنبؤ بأفضل زوايا الانطلاق والانزلاق التي تسهم في تحسين الأداء الفني للسباحين.

٣- أسفرت التحليلات الحركية عن تحديد وحساب كل من الزاوية والسرعة المثلى خلال الفترة الزمنية من لحظة ترك مكعب البدء وحتى الانزلاق في الماء، بما يعزز من فعالية مرحلة الطيران والدخول.

٤- أظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة ارتباط طردية قوية بين زاوية الانطلاق ومسافة البدء، مما يشير إلى أن تحسين زاوية الانطلاق يسهم مباشرة في تحسين المسافة المقطوعة أثناء البدء.

٥- بينت النتائج كذلك وجود علاقة ارتباط طردية قوية بين زاوية المرفق ومسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٣)، وهو ما يعكس تأثير هذه الزاوية على كفاءة حركة الدفع والانزلاق.

٦- أوضحت نتائج التحليل وجود علاقة ارتباطية طردية واضحة بين زاوية الجذع وتحسن مسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٢)، مما يدل على أهمية الوضعية الحركية للجذع أثناء مراحل البدء المختلفة.

٧- كما كشفت النتائج أن هناك علاقة ارتباطية طردية بين زاوية الانزلاق ومسافة البدء، حيث بلغ معامل الارتباط (٠,٨٢)، مما يشير إلى أن الزيادة في زاوية الانزلاق تسهم في تعزيز مسافة الدخول إلى الماء.

التوصيات:

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج الدراسة، توصي الباحثة بمجموعة من التوصيات التي يُمكن أن تُسهم في تطوير الأداء المهاري لمهارة البدء في السباحة، على النحو التالي:

١- ضرورة الاستفادة من نتائج الذكاء الاصطناعي في تحديد زوايا الانطلاق والانزلاق المثلى التي توصلت إليها الباحثة، لما لها من تأثير مباشر في تحسين كفاءة مرحلة البدء.

٢- دمج المعادلات الحركية والزوايا المستنتجة من الدراسة ضمن البرامج التدريبية للتدريب على مهارة البدء في السباحة، بما يدعم التوجيه الفني الدقيق للسباحين.

٣- التوسع في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتقييم وتحسين سرعة البدء في السباحة، من خلال تطبيقه على عينات مختلفة وفئات عمرية متعددة.

٤- التأكيد على أهمية تقسيم وتحليل كل مرحلة من مراحل الأداء الحركي للبدء (وضع الاستعداد– الاقتراب– الارتقاء– الطيران– الانزلاق)، مع ضرورة تدريب السباحين على إتقان كل مرحلة وفقًا للنتائج المستخلصة من البحث.

٥- توظيف البرنامج المقترح من قِبل الباحثة كمرجع استرشادي يمكن الاعتماد عليه في تدريب السباحين على أفضل زوايا للانطلاق والانزلاق لتحقيق أفضل أداء.

٦- تشجيع الباحثين والممارسين على استخدام الأساليب التكنولوجية الحديثة، وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي، كأدوات دقيقة لتقييم وتحليل الأداء الفني في مهارات السباحة المختلفة.

((المراجـــــــــع))

أولاً: المراجع العربية:

١- **ابو العلا أحمد عبد الفتاح وحازم حسين سالم (٢٠١١):** الاتجاهات المعاصرة فى تدريب السباحة، دار الفكر العربى، القاهرة. **ص ٣٧**

٢- **أحمد طلحة، ميادة الأخضر (٢٠٢٢م):** الخصائص البيوميكانيكية كمحددات قياسية لبناء نموذج أداء تمرين القرفصاء الحر في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مجلة نظريات وتطبيقات التربية البدنية وعلوم الرياضة، كلية التربية الرياضية، جامعة مدينة السادات.

٣- **أسامة كامل راتب، علي محمد ذكي (١٩٩٨م):** تعليم السباحة، دار الفكر العربي، القاهرة.

٤- **إيهاب فوزي البدوي (٢٠٢٢م):** التقنيات الحديثة في تكنولوجيا علوم الرياضة، مركز الكتاب للنشر، القاهرة. ص ٤٧

٥- **إيهاب محمد محمود إسماعيل (٢٠٢١م):** النانو تكنولوجي والذكاء الاصطناعي في مجال فسيولوجيا الرياضة، مركز الكتاب للنشر، القاهرة. ص ٢٧

٦- **خالد عبد الموجود، الامير عبد الستار حسن يونس (٢٠١٩م):** استخدام الخوارزميه الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لإيجاد زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمي، كلية التربية الرياضية، جامعة أسيوط.

٧- **رضا عبد العزيز عبد الحميد (٢٠١٩م):** تأثير بعض القدرات التوافقية علي المتغيرات الكينماتيكيه بمهاره البدء في السباحة الحرة، مجلة جامعة مدينة السادات، كلية التربيه الرياضية، القاهرة.

٨- **سميرة عرابى (٢٠١٧):** السباحة (تعليم – تدريب – تنظيم) الطبعة الأولى، عمان، دار أمجد للنشر والتوزيع.

٩- **عبد الله عبد العزيز عمر (٢٠٢١م):** الذكاء الإصطناعى وتطبيقاته في التعليم والبحث العلمى، دار الفكر الجامعى، الإسكندرية.

١٠- **فيصل الملا (٢٠٢١م):** المجال الرياضي والذكاء الاصطناعي، كليه العلوم الصحية والرياضية، جامعة البحرين.

١١- **محمد العيد مكاني عبد اللطيف (٢٠١٨م):** التحليل الكينماتيكي لمهاره البدء في السباحه الحرة، مجلة النشاط البدني والرياضي والمجتمع والصحة، جامعة الجزائر.

١٢- **محمد عاصم، سميحه علي سالم (٢٠٢٠م):** تقنيات الذكاء الاصطناعي كمدخل لتقييم الأداء المهاري لبعض مهارات رياضة الكاراتيه في ضوء أسلوب تحليل النظم، مجله أسيوط لعلوم وفنون التربية الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة أسيوط.

١٣- **محمد عبد الحميد، منار خيرت على (٢٠١٣م):** وضع برنامج تعليمي لتحسين مهارة البدء العادي في السباحة وفقا لأهم المؤشرات البيوكينماتيكية، مجلة العلمية نظريات وتطبيقات، كلية تربيه الرياضية بنين، جامعة الاسكندرية.

١٤- **محمد عقونى (٢٠٢٤):** الذكاء الإصطناعى وتطبيقاته المتقدمة، دار الفكر والثقافة العامة.

١٥- **وفيقة مصطفى سالم (٢٠٠٠م):** الرياضات المائية، منشأة المعارف، الاسكندرية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

16- Artificial Intelligence in Sport (2020): Springer Series on Digital Transformation in Sport, Springer, Germany.

17- Kim, & Lee, S. (2019): Assisting Teachers with Artificial Intelligence: Investigating the Role of Teachers Using a Randomized Field Experiment.

18- Maglicho, W. (1993): Swimming even faster, may field publishing company, California.

19- Raúl Arellano (2000): A system to improve the swimming start technique using force recording, timing and kinematic analyses, Universidad de Granada, Spain.

20- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.

21- Sanders, R. (2002): New analysis procedures for giving feedback to swimming coaches and swimmers, Applied Program. Caceres: University of Extremedura.

22- Wisskirchen, G., Biacabe, Brauchitsch, B. (2017) : Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace. IBA Global Employment Institute.