# برنامج إلكترونى للتنبؤ بالمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف كأسس لوضع تدريبات نوعيه لمسابقات الرمي بألعاب القوى

**د/ تامر صابر محمد صابر**
تامر صابر محمد : أستاذ مساعد بقسم علوم الحركة الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة المنصورة، مصر. Mobile: +201007022995 Email: Dr_tamers@yahoo.com

## مقدمة ومشكلة البحث :

تعد الاجسام المقذوفه ومساراتها من الموضوعات المهمه التى ترتبط بالاداء الرياضى بشكل عام فهناك العديد من المهارات الرياضية تتحدد أهدافها النهائية بما يتخذه الجسم أو الأداة من مسار يعرف بمسار المقذوف والذى يخضع لقوانيين المقذوفات في الميكانيكا الحيوية. فعندما ينطلق الجسم أو الأداه في الهواء يسمى مقذوفا فعلى سبيل المثال (القرص والرمح والجله والمطرقة ولاعب الوثب العالى... ) كلها نماذج للمقذوفات طالما أن الجسم يتحرك في الهواء تحت تأثير قوة خارجية ممثلة في الجاذبية الأرضية ومقاومة الهواء( ٨ : ٢٩٣) ( ٤ : ١٢١).

ويمكن تحديد الأهداف أو الأغراض الميكانيكية الرئيسية من عملية قذف الجسم أو الأداه لهذه المهارات الرياضية كالتالى : (٨ : ٢٩٣)

- تحقيق أقصي ارتفاع (كالوثب العالى).
- تحقيق أقصي مسافة أفقية (كالوثب الطويل ، الرمى بأنواعه).
- تحقيق مستوى عالى من الدقة في حركة المقذوف (كالتصويب بأنواعه).
- تحقيق مستوى عالى من الدقة مع توافر عنصر السرعة لتعزيز نجاح الاداء (كالارسال في ألعاب المضرب ، الضرب الساحق في الكرة الطائرة).

كما أن هناك ثلاث عوامل رئيسية تتحكم في حركة المقذوف (مسار الطيران) وهى زاوية الطيران ، السرعة الزاوية للحظة الانطلاق ، إرتفاع المقذوف عن سطح الارض لحظة الانطلاق. ( ٤ : ١٢١)

وبناء على تلك العوامل الثلاث الرئيسية ومهارات الرمى المختارة في هذه الدراسة نجد عند قذف الأداة لمسافة أفقية وجود مسار لجسم مقذوف من ارتفاع يعلو سطح الهبوط حيث يحدد هذا الارتفاع طول اللاعب وارتفاع نقطة القذف وتكون نقطة الهبوط هى الأرض ، وكلما زاد الفرق بين مستويين الرمى والهبوط زاد زمن الطيران للأداة وبالتالي زادت فرصة حركتها تحت تأثير المركبة الأفقية للسرعة فتزيد بذلك المسافة الأفقية الإضافية التي تحققها، وعلى ذلك فان اللاعب الأطول يكتسب ميزة تنافسية في الرمي عنه في حالة اللاعب الأقصر حتى اذا تساوت سرعة الرمي في كلتا الحالتين كما سوف نلاحظ أن الزاوية النموذجية لرمى الأداة لم تصبح (٤٥) وهذا يعنى أنه كلما زاد الفرق بين كلا المستويين أدى ذلك الى تغيير مقدار الزاوية النموذجية لتحقيق أكبر مسافة أفقية .

وفي حالة تساوى كل من ارتفاع نقطة الانطلاق وزاوية الانطلاق فان الاداة الأسرع سوف تحقق مسافة أفقية أكبر، وعلى ذلك فاللاعب يجب أن يرمى الأداة بسرعة أكبر ليضمن تحقيق هذه المسافة لأنه في الحقيقة تؤدى السرعة الى زيادة كبيرة في المسافة الأفقية التي تحققها الاداة، ولكل ارتفاع وسرعة انطلاق زاوية مثالية محددة تحقق للمقذوف أقصي مسافة أفقية ممكنة، فكلما زاد الفرق بين مستوى الانطلاق والهبوط قل مقدار الزاوية التى يمكن اعتبارها الزاوية المثالية، أما بالنسبة لعلاقة سرعة انطلاق المقذوف والزاوية المثالية فإنه كلما زادت سرعة الانطلاق زاد مقدار هذه الزاوية، ويتضح من ذلك أنه في حالة إذا تساوى إرتفاع نقطة الرمي للمقذوف بين اللاعبين مع إختلاف سرعة الإنطلاق فتتغير تبعاً الزاوية المثالية للإنطلاق. كما أن إذا غيَر اللاعب من ارتفاع انطلاق الاداة أو سرعة الانطلاق فان الزاوية التى يرمى بها اللاعب يجب أن تتغير تلقائيا، لذا نلاحظ اختلاف زوايا الرمى باختلاف اللاعبين وان لكل لاعب زاويته المناسبة والتى تتحقق مع سرعة الرمى وارتفاع الاداة لحظة انطلاقها والتي يمكن أن تتغير مع تطور القدرات البدنية للاعب ذاته، وتعد العوامل المرتبطة بالزاوية المثالية للانطلاق وسرعات الانطلاق من الامور المهمة جدا في التدريب حيث ترتبط الى حد كبير بأطوال اللاعبين وقدراتهم العضلية وتتطلب مرونة عالية في التنفيذ، كما تمثل أهمية كبيرة عند وضع تدريبات نوعية على أسس بيوميكانيكية داخل برامج الاعداد للمراحل السنية والمستويات الرياضية المختلفة . ( ٨ :٣١١، ٣١٢)

الأمر الذى حث الباحث على التفكير في طرق وأساليب حديثة ومحاولة إدخال الاساليب التكنولوجية الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وعلم الميكانيكا الحيوية والتدريب الرياضي من أجل الارتقاء بمستوى الأداء في تلك المسابقات من خلال تحديد الزاوية المثلى للرمي للاعب طبقا لنوع المسابقة وقدراته البدنية لتحسين الاداء والارتقاء بمستوى عملية التدريب، لذا سيقوم الباحث بتصميم برنامج الكترونى لحساب المتغيرات البيوكينماتيكية لحركة المقذوف لتكون اساس لوضع تدريبات نوعيه لمسابقات الرمي بألعاب القوى لمساعدة المدربين على الوصول الى أفضل زاوية خاصة بالرمي للاعب وأفضل المتغيرات البيوميكانيكية للاعب بما يحقق افضل النتائج عند وضع برامج الاعداد للمراحل السنية المختلفة والحصول على بطولات دولية. كما يتيح البرنامج الإلكتروني المقترح استخدام تلك البيانات في بناء مجموعة من التدريبات النوعية المبنية على أسس بيوميكانيكية لتحسين مهارة الرمى المختارة.

**الدراسات المرجعية :**

١. دراسة سيرون كريم عبدالله ، فريدون حسن ، جوان زرار(٢٠٠٦): العلاقة بين بعض المتغيرات البيوكينماتيكية والانجاز للمرحلة النهائية بفاعلية رمى **الرمح** " استخدم الباحثون على المنهج الوصفي وتمثلت عينة البحث في عدد (٥) لاعبين الأوائل من بطولة الاندية للشباب لألعاب القوى وقد أسفرت الدراسة الى أن هناك علاقة ارتباط معنويه بين سرعة الانطلاق والانجاز، وجود علاقة ارتباط معنوية لكلا من ( طول ، زمن ، سرعة) خطوة الارتكاز مع الانجاز (٧ : ٢٢١).

٢. دراسة ايهاب الرشيدى (٢٠١٣) :بعض البارامترات البيوكينماتيكية المؤثرة علي رأس المطرقة كدالة للتنبؤ بالرقم الرسمي لإطاحة المطرقة" استخدم الباحث المنهج الوصفي وتمثلت عينة البحث في عدد (٨) لاعبات من بطولة العالم (٢٠٠٩) الحاصلين على المراكز الاولى ، وكانت أهم النتائج وجود علاقة طردية بين المسافة الافقية وسرعة الدوران ، يمكن التنبؤ بالمسافة الأفقية لاطاحة المطرقة بدلالة البارومترات البيوميكانيكية المؤثرة على رأس المطرقة خلال إطاحة المطرقة (٥ : ٢٧٤ ).

٣. دراسة خالد عبد الغفار حسن ، ميادة حمدى يحيي(٢٠١٨): تأثير برنامج تعليمي على تحسين مستوى الأداء الفني في ضوء التحليل الكينماتيكي لمهارة قذف **القرص**" استخدم الباحثان المنهج التجريبي وتمثلت عينة البحث في عدد (٦٠) طالب من طلاب كلية التربية الرياضية ، وكانت أهم النتائج أن البرنامج التعليمى له أثر دال معنوى على المتغيرات البيوكينماتيكية لمهارة قذف القرص لعينة البحث (٦ : ٣١٦).

٤. دراسة اسامه عبد الفتاح ، عايد زريقات (٢٠١٩) " الارتفاع الأمثل لإطلاق **الجلة** نسبة لطول الرامى " اعتمدت على المنهج الوصفي وكانت عينه البحث متمثلة في(٣٢) من الأبطال الدوليين المشاركين في البطولات العالمية والالعاب الاولمبية في الفترة ما بين.( **1992 - 2014** ) وأظهرت نتائج الدراسة أن الارتفاع الأمثل لإطلاق الجلة ( **115.16** )% من طول الرامي، وكانت أهم النتائج وجود أثر ايجابي للبرنامج التدريبي التكرارى المقترح للمجموعة التجريبية، عدم وجود أثر ايجابي للبرنامج التقليدى للمجموعة الضابطة (٢ : ٢٩) .

٥. دراسة هدير محمود احمد عصر(٢٠٢١) : تحديد الخصائص البيوميكانيكية لدفع **الجلة** لدى متسابقي الدرجة الأولى بجمهورية مصر العربية كأساس لوضع تدريبات نوعية لمراحل الأداء اعتمدت الباحثة على المنهج المسحى الوصفى عينه البحث (٩) لاعبين بالمركز الاولمبي وكانت أهم النتائج هى التوصل الى الخصائص البيوميكانيكية لمرحلة التخلص من الجلة والمساهمة فى تحسين مستوى الإنجاز لمتسابقى دفع الجلة لدى عينة البحث و أن مؤشر العجلة المحصلة لمركز ثقل الجسم خلال التخلص أكثر المؤشرات البيوميكانيكية المساهمة فى تحسين مستوى الإنجاز للمسابقة لدى عينة البحث حيث بلغت نسبة مساهمتها.**% 76** ( ١١ : ١).

٦. دراسة ( **Gian Mario Castaldi, Riccardo Borzuola*, Valentina Camomilla, Elena Bergamini, Giuseppe Vannozzi and Andrea Macaluso**) (٢٠٢٢): الميكانيكا الحيوية لرمي المطرقة دراسة وصفية ". تم دراسة الجوانب البدنية والمقاييس الجسمية لإطاحة المطرقة بالإضافة إلى حركة مركز ثقل كل من المطرقة والرامي. كما تم تقييم الحركة المدارية للمطرقة والقوى المشاركة في الرمي. وكانت أهم النتائج التوصل الى المعايير المؤثرة في الرمى سرعة الإطلاق الخطي، زاوية الرمى ، ارتفاع نقطة الرمى، كما تم تحديد محاور الدوران المشاركة في الرمي. وتم التوصل الى أن هناك حاجة إلى تحليل أكثر تعمقًا لهذه العناصر الأساسية لتحسين فهم الميكانيكا الحيوية لرمي المطرقة. ( ١٣ : ٧) .

**هدف البحث:**

بناء برنامج إلكترونى يقوم بحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة ) الخاصة باللاعب ولمسابقات الرمي بألعاب القوى من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف .

**تساؤلات البحث:**

١. ما هى الأسس العلمية الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية الخاصة لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى ؟
٢. كيفية بناء برنامج الكترونى لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى ( رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) ؟
٣. ما مدى صدق وثبات البرنامج الالكترونى المستخدم لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لتحديد الزاوية المثلى لإطلاق المقذوف الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف ؟

المنهج: استخدم الباحث المنهج الوصفي لمناسبته لطبيعة هذا البحث.

مجتمع البحث : لاعبى رياضة العاب القوى بمحافظة الدقهلية .

العينة: حيث بلغ قوامها (١٢) متسابق لمسابقات ( رمى رمح – دفع جلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة ) في رياضة العاب القوى بمحافظة الدقهلية تم اختيارهم بالطريقة العمدية.( مرفق ١)

**جدول (١) توصيف عينة البحث**

| م | نوع العينة | عينة البحث | العـدد | النسبة |
|---|---|---|---|---|
| ١- | عينة أساسية | رمى رمح | 3 | 12.5 % |
| | | دفع جلة | 3 | 12.5 % |
| | | قذف قرص | 3 | 12.5 % |
| | | إطاحة المطرقة | 3 | 12.5 % |
| ٢- | عينة استطلاعية | عينة ممثلة للمسابقات قيد الدراسة | 12 | 50 % |
| المجمـــوع | | | ٢٤ | ١٠٠ % |

تجانس عينة البحث : قام الباحث بإجراء التجانس بين أفراد عينة البحث كما هو موضح بالجدول التالى:

**جدول (٢) التجانس لعينة البحث : المتوسط الحسابى والانحراف المعياري ومعامل الإلْتواء**

**ن١= ن٢= ن٣= ن٤ = (٣)**

| المتغيرات | | وحدة القياس | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | معامل الالتواء |
|---|---|---|---|---|---|
| رمى رمح | الطول | سم | 176.67 | 2.867 | -0.423 |
| | الوزن | كجم | 72.00 | 2.944 | -1.152 |
| | العمر | سنه | 19.60 | 0.327 | 2.990 |
| | الازاحة الأفقية للرمى | متر | 34.67 | 2.867 | -0.423 |
| دفع جلة | الطول | سم | 187.67 | 2.055 | -0.586 |
| | الوزن | كجم | 103.33 | 2.867 | 0.423 |
| | العمر | سنه | 20.63 | 0.249 | -0.935 |
| | الازاحة الأفقية للرمى | متر | 15.66 | 0.948 | 1.731 |
| قذف قرص | الطول | سم | 173.67 | 2.055 | -0.586 |
| | الوزن | كجم | 82.67 | 2.055 | -0.586 |
| | العمر | سنه | 20.03 | 0.205 | 0.586 |
| | الازاحة الأفقية للرمى | متر | 31.17 | 1.650 | -0.722 |
| إطاحة المطرقة | الطول | سم | 171.33 | 1.247 | 0.935 |
| | الوزن | كجم | 84.67 | 2.867 | -0.423 |
| | العمر | سنه | 20.83 | 0.170 | -1.293 |
| | الازاحة الأفقية للرمى | متر | 38.00 | 2.160 | -1.458 |

يتضح من الجدول (٢) أن قيم معامل الالتواء تراوحت ما بين (-٠.١٥٢ ، ٢.٩٩٠) حيث أنها انحصرت بين (+٣ ،-٣ ) مما يدل على تجانس أفراد عينة البحث في المتغيرات والاختبارات قيد البحث.

الاجراءات التنفيذية والمعالجات الإحصائية للبحث قيد الدراسة :-

- إجراء الدراسات المسحية للتوصل الى الأسس العلمية الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى.
- بناءبرنامج الكترونى لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى .
- تطبيق البرنامج لتحديد الزاوية المثلى لإطلاق المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف .
- القيام بعمل التجانس للاعبي عينة الدراسة .
- القيام باختبارات الصدق والثبات للبرنامج الالكترونى .
- اجراء العمليات الاحصائية .

**وسائل وأدوات جمع البيانات:**

أولا: إجراء الدراسات المسحية للتوصل الى الأسس العلمية الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى:

قام الباحث بالإطلاع على المراجع العلمية المتخصصة (الكتب، الرسائل، الدوريات العلمية، الدراسات السابقة، الشبكة العالمية للمعلومات) التى تناولت المقذوفات بصفة عامة والمقذوفات في المجال الرياضى بصفة خاصة لمسابقات (رمى رمح – دفع جلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) في رياضة العاب القوى. ومن خلال المسح المرجعى و الدراسات السابقة تم التوصل الى الأسس العلمية الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة).

**ثانيا: الأجهزة والأدوات المستخدمة في التصوير والتحليل الحركي والبرنامج الالكترونى :**

- ملعب العاب قوى
- شريط قياس
- الميزان الطبى .
- جهاز حاسب آلى.
- جهاز الطابعة Printer.
- برنامج التحليل الحركى Tracker
- عدد(٢) كاميرا فيديو فائقة السرعة، سرعة التردد ٢٥٠ كادر/الثانية من نوع (Cam Sports).
- عدد (٣) حامل ثلاثى.
- عدد (٦) رمح
- عدد (٦) جله
- عدد (٦) قرص
- عدد (٦) مطرقة
- شريط لاصق
- أقماع
- مربع معايرة مطلي باللونين الأبيض والأسود (50 cm x 50 cm).
- كاميرا فيديو لتوثيق عملية التصوير.

**إجراءات الدراسة :**

**الدراسة الإستطلاعية:**

تم إجرائها باستاد جامعة المنصورة فى الفترة من 2023/11/4 م وحتى 2023/11/9 م وذلك بهدف التأكد من صلاحية الأدوات والأجهزة المستخدمة، والتعرف علي أهم الصعوبات التي من الممكن أن تتواجد أثناء التصوير.

**الدراسة الأساسية :**

تم إجرائها باستاد جامعة المنصورة فى الفترة من 2023/11/18 م وحتى 2023/11/30 م وذلك بهدف التاكد من المعاملات العلمية للبحث ( الصدق – الثبات) للبرنامج الالكترونى والتأكد من فاعلية البرنامج الالكترونى المقترح لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف وتحديد الزاوية المثلى لإطلاق المقذوف الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى

وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف للمسابقات (رمى رمح – دفع جلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) في رياضة العاب القوى .

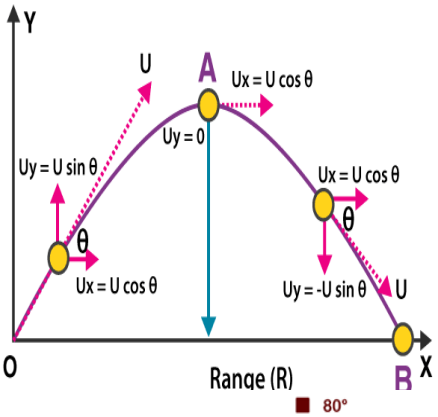
عرض ومناقشة النتائج :

الفرض الأول : الأسس العلمية الرياضية للمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى:

تعريف حركة المقذوفات

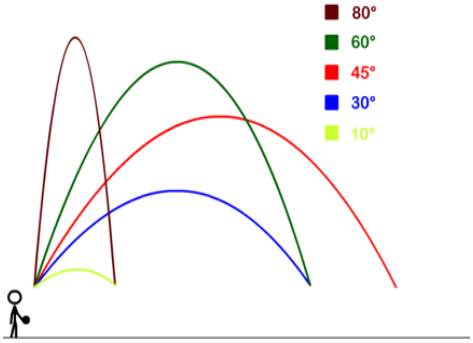
عند رمي جسيم أو قذفه بالقرب من سطح الأرض، فإنه يتحرك على طول مسار منحني تحت تسارع ثابت موجه نحو مركز الأرض (على افتراض أن الجسيم يظل قريبًا من سطح الأرض)، تسمى هذه الحركة حركة المقذوفات، حيث تكون القوة الوحيدة المؤثرة على الجسيم هي قوة الجاذبية.

قوانين حركة المقذوفات




إذا قُذفت أداه بزاوية **θ** بالنسبة للمحور الأفقي **x** بالسرعة الابتدائية **v** من النقطة **O** إلى النقطة **B**، حيث تسمى النقطة **O** تسمى نقطة القذف؛ و**OB** المدى الأفقي، أما الوقت الإجمالي الذي يستغرقه الجسم من الوصول إلى **O** إلى **B** يسمى زمن التحليق (١٦ : ٣) .

- **أقصى مسافة أفقية :**




تُعرف أقصى مسافة أفقية أو الازاحة الأفقية بالمسافة التي تقطعها الكرة أو الجسم منذ لحظة القذف حتى سقوطها على سطح الأرض، ولاشتقاق معادلة حسابها، نستخدم معادلات الحركة مع مراعاة أن نقطة إطلاق المقذوف أعلى من نقطة الهبوط على الأرض و للحصول على معادلة المسافة التي يقطعها المقذوف تم إثبات التالي :

ومن خلال اجراء مجموعة من الاشتقاقات الرياضية لتلك المعادلة مع تطبيق قوانيين نيوتن وقوانيين الحركة يمكننا التوصل الى معادلات خاصة بكلا من ( السرعة، الزاوية، إرتفاع نقطة الرمى، زمن الطيران للمقذوف).

$$\frac{1}{2}gt^2 + y - v_{1y}t - y_0 = 0\,, \qquad y = -H \qquad , \qquad y_0 = 0$$

$$v_{1y} = v_1 \sin(\theta_1) \qquad , \quad v_{1x} = v_1 \cos(\theta_1) \quad ,$$

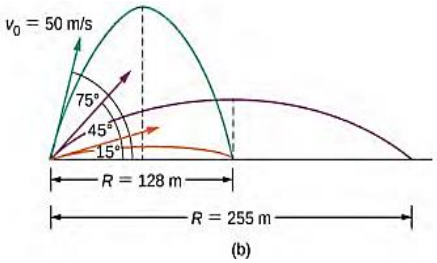
$$\frac{1}{2}gt^2 - H - v_1 \sin(\theta_1)\, t = 0\,,$$

$$t = \frac{v_1 \sin\theta \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}}{g} \qquad , \qquad R = v_{1x} * t\ ,$$

$$R = v_1 \cos(\theta_1) * \left(\frac{v_1 \sin(\theta_1) \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}}{g}\right),$$

$$R = \frac{v_1 \cos(\theta_1)}{g}\left(v_1 \sin(\theta_1) \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}\right).$$

- **زمن التحليق :**

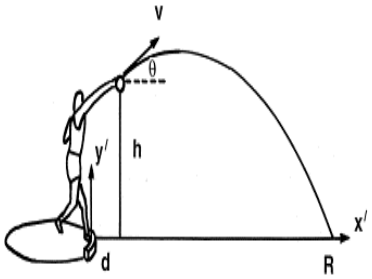



زمن التحليق هو الزمن التي تستغرقه الأداة أو المقذوف في الهواء قبل الهبوط ، ويعتمد ذلك الزمن على سرعة الرمى وزاوية الاطلاق، وارتفاع نقطة الاطلاق، كتلة المقذوف وتأثيرها على سرعة المقذوف.

وطول زمن التحليق ليس دليل على الوصول الى اقصي مسافة افقية فذا تم اطلاق المقذوف بزاوية (٧٥) كما بالشكل سيسقط في مسافة أقل من المسافة التى لو تم اطلاقها بها بزاوية (٤٥) بالرغم من أنه قد يحقق زمن تحليق أعلى أو يساوى من التى لو تم اطلاقها بها بزاوية (٤٥) في حالة تساوى سرعة الاطلاق . ولاشتقاق معادلة حساب زمن التحليق نستخدم معادلات الحركة :

$$t = \frac{v_1 \sin\theta \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}}{g} \qquad , \qquad R = v_{1x} * t\ ,$$

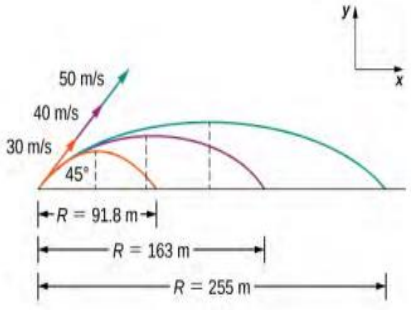
- **ارتفاع نقطة الاطلاق :**



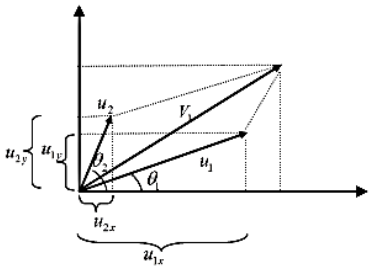

ارتفاع نقطة الاطلاق من العوامل الرئيسية في تحديد زاوية الاطلاق فكلما زاد الفرق بين مستوى الاطلاق والهبوط قل مقدار الزاوية التى يمكن اعتبارها الزاوية المثالية وكلما قل الفرق بينهم زادت مقدار الزاوية، وبالتالى يكون لها تأثير كبير على مسافة طيران الاداة ويظهر ذلك من خلال معادلة المسافة الأفقية التالية :

$$R = \frac{v_1 \cos(\theta_1)}{g}\left(v_1 \sin(\theta_1) \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}\right).$$

- **سرعة الاطلاق للمقذوف:**




سرعة الاطلاق للمقذوف هى المحرك الأساسي للمقذوف وهو ناتج لمراحل الاداء للمسابقة (مرحلة تمهيدية، مرحلة رئيسية)، وناتج لمحصلة القوة المكتسبة خلال الاداء فيتم نقلها الى الأداة في شكل سرعة إطلاق للأداة (رمح – جلة – قرص – مطرقة) وللوصول بالسرعة المنتجة داخل الاداء الى أكبر مسافة أفقية للأداة المقذوفة يجب أن يتم اختيار أفضل زاوية للاطلاق ، فعند اختيار الزاوية المثلى (٤٥) وزيادة في السرعة يتم الوصول الى مسافات أفقية أكبر كما بالشكل المقابل.




يتضح من تحليل محصلة السرعة كقيمة متجهة انها تعتمد على قيم مركبتي السرعة الأفقية والسرعة الرأسية مع زاوية الانطلاق لتحديد اتجاه السرعة المحصلة، وأن زيادة أي من السرعة الأفقية أو السرعة الرأسية سيكون مصاحب بتأثير على زاوية الاطلاق واتجاه السرعة المحصلة، ولاشتقاق معادلة حساب سرعة الاطلاق للمقذوف نستخدم معادلات الحركة التالية :

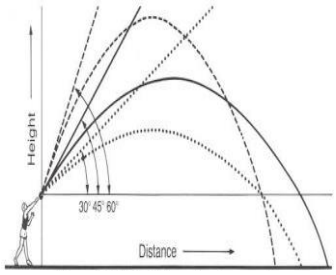
$$v_1 = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2}\,, \qquad v_x = u_{1x} + u_{2y} \quad , \quad v_y = u_{1y} + u_{2y}$$

$$u_{1x} = u_1 \cos(\theta_1)\,, \quad u_{2x} = u_2 \cos(\theta_2) \quad ,$$

$$u_{1y} = u_1 \sin(\theta_1)\,, \quad u_{2y} = u_2 \sin(\theta_2) \quad ,$$

$$v_1 = \sqrt{{u_1}^2 + {u_2}^2 + 2u_1u_2\cos(\theta)}$$

- **زاوية الاطلاق :**




هي الزاوية المحصورة بين مسار مركز ثقل أداة الرمى والخط الأفقي عند لحظة ترك الاداة يد الرامي. وتكون الزاوية المثلى للرمي هى زاوية ٤٥ في حالة تساوى مستوى نقطة الرمى مع مستوى نقطة الهبوط ، ولكنها تختلف في مسابقات الرمى بالعاب القوى لارتفاع مستوى نقطة الرمى الخاص بكل مسابقة واختلافها عن الاخرى ولكل ارتفاع وسرعة انطلاق زاوية مثالية محددة تحقق للمقذوف أقصي مسافة أفقية ممكنة، ولاشتقاق معادلة زاوية الاطلاق للمقذوف نستخدم معادلات الحركة التالية :

$$R = \frac{v_1 \cos(\theta_1)}{g}\left(v_1 \sin(\theta_1) \pm \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}\right)$$

$$\frac{d}{d\theta_1}(R) = \frac{d}{d\theta_1}\left[\frac{v_1 \cos(\theta_1)}{g} * \left(v_1 \sin(\theta_1) + \sqrt{v^2{}_1 sin^2(\theta_1) + 2gH}\right)\right]$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{A}{A^2 + 2A}}\right) \quad , \quad A = \frac{2gH}{{v_1}^2}$$

**الفرض الثانى** : كيفية بناء برنامج الكترونى للتنبؤ بالمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى ( رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) ؟

**فكرة البرنامج :**

تقوم فكرة البرنامج على استخدام القوانيين والمعادلات الرياضية للمقذوفات في التنبؤ بالزاوية المثلى للرمى الخاصة باللاعب بناء على طول نقطة الرمى الخاصة باللاعب وسرعة الرمى للاعب فيتم التنبؤ ب (الزاوية المثلى للرمى، مسافة الرمى) وذلك لتعظيم الاستفادة من القوانيين البيوميكانيكية وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في مسابقات الرمى بألعاب القوى من خلال تطبيقها في المجال الرياضي من خلال قيام المستخدم بادخال طول نقطة الرمى ، سرعة اللاعب فيقوم البرنامج بحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى ( رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة).

**مراحل بناء النظام البرمجي: تتألف دورة حياة النظام البرمجي من المراحل التالية:**

**١) تحليل المتطلبات Requirement Analysis :**

في خلال هذه المرحلة، قام الباحث بتصميم البرنامج وبتحديد المتطلبات والأهداف وتتلخص في قيام البرنامج بحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى (رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) من خلال إدخال مجموعة من المتغيرات يقوم البرنامج بتطبيق مجموعة من المعادلات الرياضية والبيوميكانيكية الخاصة بالمقذوف للتوصل الى الزاوية المثلى ومسافة الرمى المتوقعة مع توفير مجموعة من التدريبات النوعية بالبرنامج .

٢) التصميم Design :

قام الباحث باختيار لاعداد البرنامج لغة Visual Basic وقام بتصميم ٣ شرائح، الشريحة الاولى بها عنوان ومقدمة للبرنامج والثانية مسابقات الرمي بألعاب القوى ( رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) يقوم المستخدم باختيار احد تلك المسابقات ، الشريحة الثالثة بها المتغيرات المطلوبة إدخالها وناتج عملية حساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ورسم توضيحى موضح به المتغيرات البيوميكانيكية المستخرجة .

٣) التنفيذ Implementation

قام الباحث بتنفيذ بناء البرنامج وذلك من خلال تنفيذ "نموذجٍ أوليّ للبرنامج وتحول الخوارزميات السابقة إلى إحدى اللغات البرمجية من خلال لغة Visual Basic ، والتأكد من صحتها .

٤) الاختبار: Testing

قام الباحث باختبار البرنامج والتأكد من أنه يقوم بكافة الوظائف المطلوبة منه، وضمن المعايير والمتطلبات الموضوعة، كما قام بحساب الصدق والثبات للبرنامج .

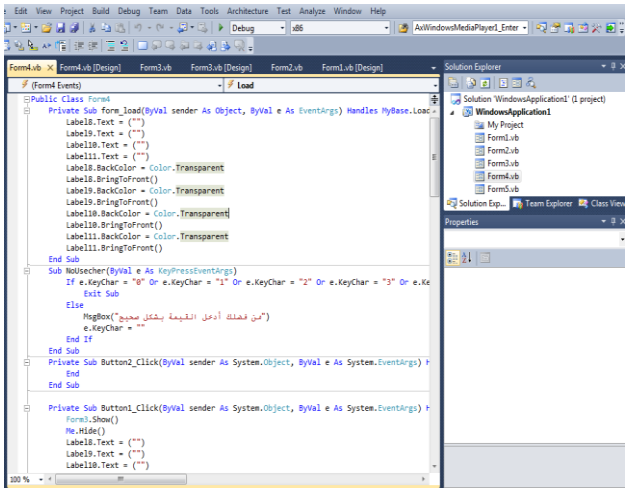
شرح واجهة البرنامج :

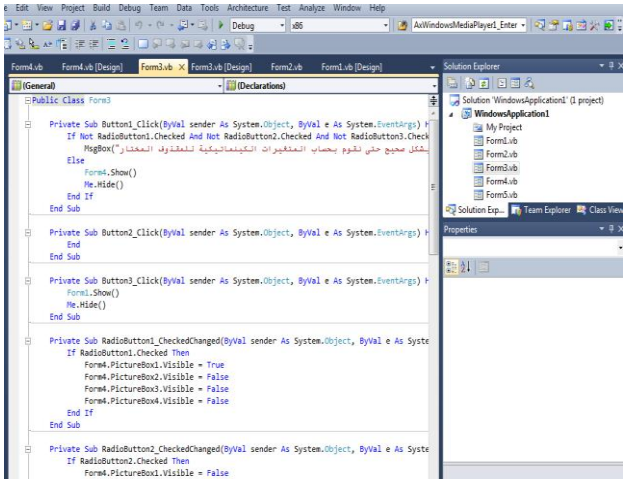
**شكل(١) واجهة ومكونات البرنامج المقترح لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى**

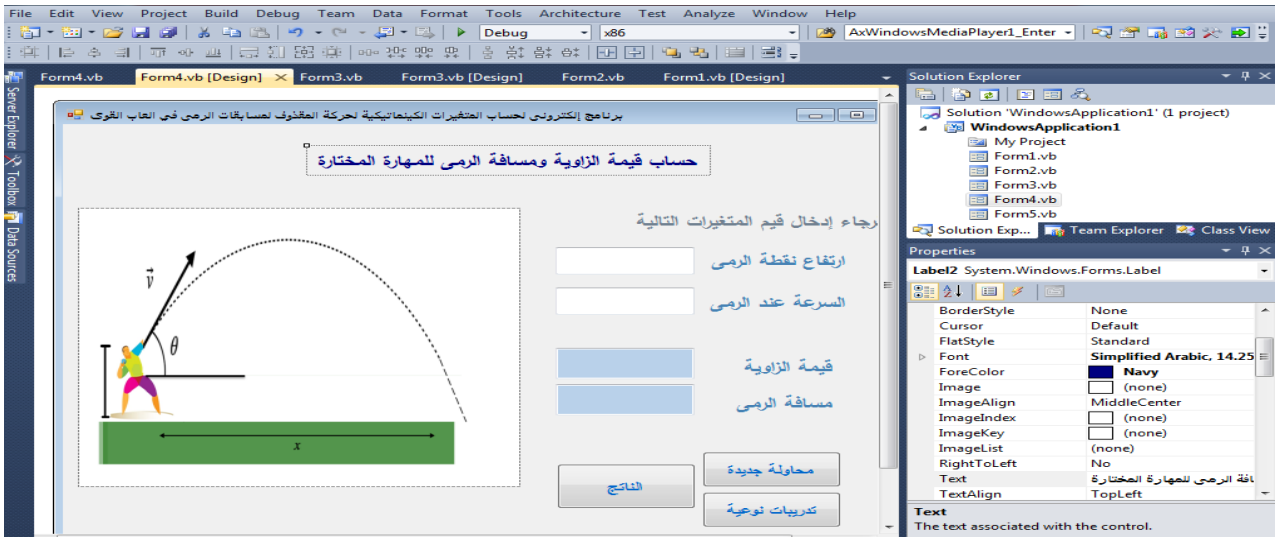
يتكون البرنامج من شرحتين ، الشريحة الاولى بها عنوان الدراسة واسم الباحث وايقونة الدخول في البرنامج (بدء البرنامج) وايقونة الخروج منه ليقوم البرنامج بالخروج من البرنامج وغلق التطبيق ، في الشريحة الثانية يتم اختيار نوع المسابقة المطلوب اجراء التطبيق عليها( رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة)، ويوجد بها ثلاث ايقونات الاولى هو (التالى) عند الضغط عليه يقوم البرنامج بالانتقال الى الشريحة الثالثة للقيام بالعمليات الحسابية بناء على الاختيار الذى تم في هذه الشريحة وايقونة (رجوع) عند الضغط عليه يتم العودة الى الشريحة الأولى ، وايقونة (خروج) عند الضغط عليها يقوم البرنامج بالخروج وغلق التطبيق، الشريحة الثالثة بها يتم ادخال المتغيرات التى يتم العمل على اساسها (ارتفاع نقطة الرمى ، سرعة الرمى) وبناء على ذلك يتم يقوم البرنامج بتنفيذ مجموعة من العمليات الحسابية ليقوم بالتنبؤ بالزاوية المثلى للرمى ومسافة الرمى ويقوم باخراج رسم توضيحى موضح به المتغيرات البيوميكانيكية المستخرجة ويوجد بها ثلاث ايقونات الاول (الناتج) عند الضغط عليه يقوم البرنامج بإجراء مجموعة من المعادلات البيوميكانيكية والحسابية واظهار نواتج العملية وايقونة (تدريبات نوعية) تتيح للمستخدم الدخول على الانترنت لتوفير مجموعة من التدريبات النوعية بالبرنامج، وايقونة (مسح البيانات) عند الضغط عليه يتم مسح البيانات الموجودة في كامل التطبيق ، وايقونة (خروج) عند الضغط عليه يقوم البرنامج بالخروج وغلق التطبيق . (مرفق ٢)

**المعادلات داخل البرنامج :**

المعادلات داخل البرنامج تتكون من جزئين : الاول خاص بالمعادلات البيوميكانيكية لحركة المقذوف المستخدمة في العملية الحسابية داخل البرنامج وتم التطرق لها في الفرض الأول لتلك الدراسة، الجزء الثانى وهو خاص بأكواد البرمجة الخاصة بتصميم البرنامج وتكون المعادلة داخل البرنامج بالشكل التالى : مرفق (٣)








**شكل(٢) صورة من الأكواد البرمجية المستخدمة في تصميم البرنامج الالكترونى**

الفـرض الثالـث : مـا مـدى صـدق وثبـات البرنـامج الالكترونـى المسـتخدم للتنبـؤ بـالمتغيرات الكينماتيكيـة لحركـة المقذوف ( رمـح – جلـة – قـرص – مطرقـة) لتحديـد الزاويـة المثلـى لإطـلاق المقذوف الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف ؟

صدق البرنامج:

قـام الباحـث بإيجـاد معامـل صـدق التمـايز للبرنـامج للتاكـد مـن قـدرة البرنـامج علـى التمييـز بـين اللاعبين عن طريق مقارنة نتائج عدد (٣٦) محاولة لعدد(١٢) لاعب. (٣) لاعبين لكل مسابقة يقوم كل لاعب بأداء (٣) محاولات باجمالى (٩) محاولات لكل مسابقة من المسابقات المختلفة للرمى متميزين بنتائج نفس العدد والمحاولات لنفس المرحلة السنية من غير المميزين وكان معامل الصدق كما بالجدول التالى:

**جدول (٣) معامل الصدق بين المجموعة المميزة والغير مميزة فى إختبار الرمى للمسابقات قيد الدراسة ( ن= ٩)**

| إختبار مسابقة الرمى | المتغير | مجموعة مميزة | | مجموعة غير مميزة | | قيمة ت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | المتوسط | الانحراف | المتوسط | الانحراف | |
| رمى الرمح | ارتفاع نقطة الرمى | 1.978 | 0.063 | 1.556 | 0.050 | 14.905 |
| | سرعة الرمى | 22.111 | 0.567 | 17.556 | 0.685 | 14.496 |
| | زاوية الرمى | 42.878 | 0.545 | 43.444 | 0.259 | 2.656 |
| | مسافة الرمى | 51.567 | 2.812 | 31.278 | 2.323 | 15.734 |
| دفع الجلة | ارتفاع نقطة الرمى | 1.856 | 0.107 | 1.389 | 0.087 | 9.573 |
| | سرعة الرمى | 11.000 | 0.816 | 6.778 | 0.916 | 9.731 |
| | زاوية الرمى | 41.022 | 0.665 | 38.178 | 1.324 | 5.431 |
| | مسافة الرمى | 14.044 | 1.745 | 5.956 | 1.303 | 10.506 |
| قذف القرص | ارتفاع نقطة الرمى | 1.922 | 0.063 | 1.433 | 0.115 | 10.518 |
| | سرعة الرمى | 18.444 | 0.685 | 13.889 | 0.994 | 10.675 |
| | زاوية الرمى | 43.411 | 0.145 | 42.989 | 0.223 | 4.486 |
| | مسافة الرمى | 36.567 | 2.488 | 21.122 | 2.870 | 11.501 |
| إطاحة المطرقة | ارتفاع نقطة الرمى | 2.044 | 0.164 | 1.733 | 0.133 | 4.162 |
| | سرعة الرمى | 20.444 | 0.831 | 15.000 | 0.667 | 14.449 |
| | زاوية الرمى | 43.600 | 0.149 | 42.961 | 0.255 | 6.114 |
| | مسافة الرمى | 44.167 | 2.720 | 24.622 | 2.004 | 16.362 |

مستوى المعنوية عند ٠.٠٥ لقيمة ت يساوى (١.٨٦)

يتضح من جدول (٣) وجود فروق دالة إحصائيًا بين المجموعة المميزة والمجموعة غير المميزة فى إختبار الرمى للمسابقات قيد الدراسة مما يوضح أن هذا البرنامج يميز بين اللاعبين وأنه يتميز بالصدق.

**ثبات البرنامج :**

قام الباحث بإيجاد معامل الثبات للبرنامج الالكترونى المقترح عن طريق تطبيق نتائج عدد (٩) محاولات لعدد(٣) لاعبين بكل مسابقة من مسابقات الرمى وإعادة تطبيق الاختبارات على نفس العينة بعد أسبوع كفاصل زمنى بين التطبيقين وتم استخدام معامل الإرتباط البسيط لبيرسون لإيجاد معامل الإرتباط بين نتائج تطبيق الإختبار فى المرة الأولى والثانية واختبار ت لقياس الثبات وكان معامل الثبات كما بالجدول التالى:

**جدول (٤) معامل الثبات فى إختبار الرمى للمسابقات قيد الدراسة**

**( ن= ٩)**

| إختبار مسابقة الرمى | المتغير | القياس الأول | | القياس الثانى | | قيمة معامل الارتباط | قيمة ت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | المتوسط | الانحراف | المتوسط | الانحراف | | |
| رمى الرمح | ارتفاع نقطة الرمى | 1.978 | 0.063 | 2 | 0.047 | 0.750 | 1.512 |
| | سرعة الرمى | 22.111 | 0.567 | 22.444 | 0.497 | 0.614 | 1.512 |
| | زاوية الرمى | 42.878 | 0.545 | 42.878 | 0.545 | 0.626 | 0.00 |
| | مسافة الرمى | 51.567 | 2.812 | 53.211 | 2.428 | 0.615 | 1.512 |
| دفع الجلة | ارتفاع نقطة الرمى | 1.856 | 0.107 | 1.878 | 0.113 | 0.838 | 1.000 |
| | سرعة الرمى | 11.000 | 0.816 | 11.333 | 0.816 | 0.667 | 1.414 |
| | زاوية الرمى | 41.022 | 0.665 | 41.078 | 0.596 | 0.907 | 0.563 |
| | مسافة الرمى | 14.044 | 1.745 | 14.711 | 1.728 | 0.705 | 1.414 |
| قذف القرص | ارتفاع نقطة الرمى | 1.922 | 0.063 | 1.900 | 0.047 | 0.750 | 1.512 |
| | سرعة الرمى | 18.444 | 0.685 | 18.667 | 0.667 | 0.811 | 1.512 |
| | زاوية الرمى | 43.411 | 0.145 | 43.456 | 0.134 | 0.825 | 1.512 |
| | مسافة الرمى | 36.567 | 2.488 | 37.367 | 2.434 | 0.815 | 1.512 |
| إطاحة المطرقة | ارتفاع نقطة الرمى | 2.044 | 0.164 | 2.100 | 0.125 | 0.760 | 1.474 |
| | سرعة الرمى | 20.444 | 0.831 | 20.111 | 0.567 | 0.603 | 1.414 |
| | زاوية الرمى | 43.600 | 0.149 | 43.533 | 0.105 | 0.584 | 1.512 |
| | مسافة الرمى | 44.167 | 2.720 | 43.289 | 2.358 | 0.800 | 1.512 |

مستوى المعنوية عند ٠.٠٥ لمعامل الارتباط يساوى (٠.٥٨٢)، مستوى المعنوية عند ٠.٠٥ لقيمة ت يساوى (١.٨٦٠)

يتضح من جدول (٤) أن قيمة معامل الإرتباط دالة احصائيا مما يوضح التوزيع الطبيعي للدرجات ويتضح أيضا ان قيمة اختبار ت غير دالة احصائية مما يدل على عدم وجود فروق دالة احصائيا بين القياس الاول والثانى مما يدل على ثبات الاختبار.

التنبؤ بزاوية الرمى المثالية والمسافة المتوقعة لها عند سرعات مختلفة وعند ارتفاعات نقاط رمى مختلفة للمسابقات الأربعة قيد الدراسة كأساس لوضع التدريبات النوعية الخاصة بكل لاعب :

**جدول (٥)**

**زاوية الرمى والمسافة المثالية المتوقعة عند سرعات مختلفة وعند ارتفاعات نقاط رمى مختلفة للمسابقات الأربعة قيد الدراسة**

| ارتفاع نقطة الرمى | رمى الرمح | | | | | | دفع الجلة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سرعة ١٥ م/ث | | سرعة ٢٠م/ث | | سرعة ٢٧م /ث | | سرعة ٥م/ث | | سرعة ١٠م/ث | | سرعة ١٤م /ث | |
| | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة |
| ١.٠٠ | | | | | | | 36.82 | 3.40 | 42.44 | 11.15 | 43.63 | 20.97 |
| ١.١٠ | | | | | | | 36.23 | 3.48 | 42.20 | 11.25 | 43.50 | 21.07 |
| ١.٢٠ | | | | | | | 35.67 | 3.55 | 41.98 | 11.34 | 43.37 | 21.16 |
| ١.٣٠ | | | | | | | 35.13 | 3.62 | 41.75 | 11.43 | 43.25 | 21.26 |
| ١.٤٠ | | | | | | | 34.62 | 3.69 | 41.53 | 11.51 | 43.12 | 21.35 |
| ١.٥٠ | ٤٣.٢٤ | 24.41 | 43.98 | 42.29 | 44.43 | 75.87 | 34.13 | 3.76 | 41.31 | 11.60 | 43.00 | 21.44 |
| ١.٦٠ | ٤٣.١٣ | 24.50 | 43.91 | 42.38 | 44.39 | 75.97 | 33.66 | 3.83 | 41.10 | 11.69 | 42.87 | 21.54 |
| ١.٧٠ | ٤٣.٠٢ | 24.60 | 43.85 | 42.48 | 44.36 | 76.06 | 33.21 | 3.89 | 40.89 | 11.78 | 42.75 | 21.63 |
| ١.٨٠ | ٤٢.٩١ | 24.69 | 43.79 | 42.57 | 44.32 | 76.16 | 32.78 | 3.96 | 40.68 | 11.86 | 42.63 | 21.72 |
| ١.٩٠ | ٤٢.٨٠ | 24.78 | 43.72 | 42.67 | 44.28 | 76.26 | 32.36 | 4.02 | 40.48 | 11.95 | 42.51 | 21.81 |
| ٢.٠٠ | ٤٢.٧٠ | 24.87 | 43.66 | 42.77 | 44.25 | 76.36 | 31.96 | 4.08 | 40.28 | 12.03 | 42.39 | 21.90 |
| ٢.١٠ | ٤٢.٥٩ | 24.97 | 43.59 | 42.86 | 44.21 | 76.45 | 31.58 | 4.15 | 40.08 | 12.12 | 42.27 | 22.00 |
| ٢.٢٠ | ٤٢.٤٩ | 25.06 | 43.53 | 42.96 | 44.17 | 76.55 | 31.20 | 4.21 | 39.89 | 12.20 | 42.15 | 22.09 |
| ٢.٣٠ | ٤٢.٣٨ | 25.15 | 43.47 | 43.05 | 44.14 | 76.65 | 30.84 | 4.27 | 39.70 | 12.29 | 42.04 | 22.18 |
| ٢.٤٠ | ٤٢.٢٨ | 25.24 | 43.40 | 43.15 | 44.10 | 76.75 | 30.50 | 4.33 | 39.51 | 12.37 | 41.92 | 22.27 |
| ٢.٥٠ | ٤٢.١٨ | 25.33 | 43.34 | 43.24 | 43.84 | 76.84 | 30.16 | 4.38 | 39.32 | 12.45 | 41.81 | 22.36 |

| ارتفاع نقطة الرمى | قذف القرص | | | | | | إطاحة المطرقة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سرعة ١٧ م/ث | | سرعة ٢٢م/ث | | سرعة 25م /ث | | سرعة ٢٤ م/ث | | سرعة ٢٦ م/ث | | سرعة ٢٨ م /ث | |
| | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة | الزاوية | المسافة |
| ١.٠٠ | 44.06 | 30.47 | 44.43 | 50.37 | 44.55 | 64.76 | | | | | | |
| ١.١٠ | 43.17 | 30.57 | 44.37 | 50.47 | 44.51 | 64.86 | | | | | | |
| ١.٢٠ | 43.88 | 30.66 | 44.32 | 50.57 | 44.47 | 64.96 | | | | | | |
| ١.٣٠ | 43.79 | 30.76 | 44.26 | 50.67 | 44.42 | 65.06 | | | | | | |
| ١.٤٠ | 43.70 | 30.85 | 44.21 | 50.76 | 44.38 | 65.16 | | | | | | |
| ١.٥٠ | 43.61 | 30.95 | 44.15 | 50.86 | 44.34 | 65.25 | 44.28 | 60.25 | 44.39 | 70.46 | 44.47 | 81.48 |
| ١.٦٠ | 43.52 | 31.04 | 44.10 | 50.96 | 44.29 | 65.35 | 44.24 | 60.35 | 44.35 | 70.56 | 44.43 | 81.58 |
| ١.٧٠ | 43.43 | 31.14 | 44.04 | 51.05 | 44.25 | 65.45 | 44.19 | 60.45 | 44.31 | 70.65 | 44.40 | 81.68 |
| ١.٨٠ | 43.35 | 31.23 | 43.99 | 51.15 | 44.21 | 65.55 | 44.14 | 60.54 | 44.27 | 70.75 | 44.37 | 81.78 |
| ١.٩٠ | 43.26 | 31.33 | 43.93 | 51.25 | 44.17 | 65.64 | 44.10 | 60.64 | 44.23 | 70.85 | 44.33 | 81.87 |
| ٢.٠٠ | 43.17 | 31.42 | 43.88 | 51.34 | 44.12 | 65.74 | 44.05 | 60.74 | 44.19 | 70.95 | 44.30 | 81.97 |
| ٢.١٠ | | | | | | | 44.01 | 60.83 | 44.15 | 71.04 | 44.26 | 82.07 |
| ٢.٢٠ | | | | | | | 43.96 | 60.93 | 44.11 | 71.14 | 44.23 | 82.17 |
| ٢.٣٠ | | | | | | | 43.92 | 61.03 | 44.07 | 71.24 | 44.19 | 82.26 |
| ٢.٤٠ | | | | | | | 43.87 | 61.12 | 44.03 | 71.33 | 44.16 | 82.36 |
| ٢.٥٠ | | | | | | | 43.83 | 61.22 | 43.99 | 71.43 | 44.13 | 82.46 |

يتضح من جدول (٥) أن لكل ارتفاع وسرعة انطلاق زاوية مثالية محددة تحقق للمقذوف أقصي مسافة أفقية ممكنة وذلك ما يقوم البرنامج الإلكتروني بحسابه واستخراجه فعلى سبيل المثال في مسابقة رمى الرمح عند ارتفاع نقطة المقذوف (٢.٠٠م) كانت الزاوية المثالية تختلف مع اختلاف السرعة فعند سرعة ١٥م/ث كانت الزاوية المثالية لتحقيق أكبر مسافة ممكنة (٢٤.٨٧م) هى زاوية (٤٢.٧٠ درجة)، وعند سرعة ٢٠م/ث كانت الزاوية المثالية لتحقيق أكبر مسافة ممكنة (**42.77**م) هى زاوية (**43.66** درجة)، وعند سرعة ٢٧م/ث كانت الزاوية المثالية لتحقيق أكبر مسافة ممكنة (**76.36**م) هي زاوية (٤٤.٢٥درجة) وكذلك في باقي المسابقات.

ويتضح أيضاً أنه بزيادة ارتفاع نقطة الرمى وتثبيت سرعة الرمى تقل زاوية الرمى فعلى سبيل المثال في مسابقة دفع الجلة فعند ارتفاع (١م) وسرعة رمى (١٠م/ث) كانت الزاوية المثالية هى (٤٢.٤٤ درجة) للوصول الى اقصي مسافة رمى (١١.١٥ م)، وعند ارتفاع (٢م) وسرعة رمى (١٠م/ث) كانت الزاوية المثالية هى (٤٠.٢٨ درجة) للوصول الى اقصي مسافة رمى (١٢.٠٣ م)، وعند ارتفاع (٢.٥م) وسرعة رمى (١٠م/ث) كانت الزاوية المثالية هى (٣٩.٣٢ درجة) للوصول الى اقصي مسافة رمى (١٢.٤٥ م). فقلت الزاوية الى (٤٢.٤٤ درجة)، (٤٠.٢٨ درجة)،(٣٩.٣٢ درجة) وكذلك في باقي المسابقات.

ويتضح أيضاً انه بزيادة ارتفاع نقطة الرمى تزيد مسافة الرمى وذلك في جميع مسابقات الرمى (الرمح، الجلة، المطرقة، القرص) فعلى سبيل المثال في اطاحة المطرقة عند تثبيت سرعة الرمى عند سرعة ٢٦م/ث فنجد اختلاف اقصي مسافة أفقية للرمي باختلاف ارتفاع نقطة الرمى فعند ارتفاع (١.٥م) نجد أقصي مسافة أفقية هي (٧٠.٤٦م) وعند ارتفاع (٢.٠٠م) نجد أقصي مسافة أفقية هي (٧٠.٩٥م) وعند ارتفاع (٢.٥٠م ) نجد أقصي مسافة أفقية هي (٧١.٤٣م) وكذلك في باقي المسابقات.

ويتضح أيضاً انه كلما زادت سرعة الرمى زادت زاوية الرمى في جميع مسابقات الرمى (الرمح، الجلة، المطرقة، القرص) فعلى سبيل المثال في مسابقة قذف القرص عند تثبيت ارتفاع نقطة الرمى عند ١.٥ م ونلاحظ السرعة مع زاوية الرمى نجد أن عند سرعة (١٧ م/ث) كانت زاوية الرمى

المثالية (٤٣.١٦درجة) وعند سرعة (٢٢ م/ث) كانت زاوية الرمى المثالية (٤٤.١٥ درجة) وعند سرعة (٢٥ م/ث) كانت زاوية الرمى المثالية (٤٤.٣٤) وكذلك في باقي المسابقات.

ويتضح أيضاً انه كلما زادت سرعة الرمى زادت مسافة الرمى في جميع مسابقات الرمى (الرمح، الجلة، المطرقة، القرص) فعلى سبيل المثال في مسابقة قذف القرص عند تثبيت ارتفاع نقطة الرمى عند ١.٥ م ونلاحظ السرعة مع اقصي مسافة أفقية للرمي نجد أن عند سرعة (١٧ م/ث) كانت اقصي مسافة أفقية للرمي (٣٠.٩٥ م) وعند سرعة (٢٢ م/ث) كانت اقصي مسافة أفقية للرمي (٥٠.٨٦ م) وعند سرعة (٢٥ م/ث) كانت اقصي مسافة أفقية للرمي (٦٥.٢٥ م) وكذلك في باقي المسابقات.

يتم استخدام تلك البيانات الخاصة (سرعة الرمى، ارتفاع نقطة الرمى، زاوية الرمى الخاصة بهما) المستخرجة من البرنامج الالكترونى كأساس لبناء التدريبات النوعية داخل البرنامج التدريبي للاعب لتحسين المستوى الرقمى لمهارة الرمى المختارة.

ويتفق ذلك مع ما ذكره طلحة حسين حسام الدين (١٩٩٣) تؤدى السرعة للمقذوف الى زيادة كبيرة في المسافة الأفقية التي تحققها الاداة، ولكل ارتفاع وسرعة انطلاق زاوية مثالية محددة تحقق للمقذوف أقصي مسافة أفقية ممكنة، فكلما زاد الفرق بين مستوى الانطلاق والهبوط قل مقدار الزاوية التى يمكن اعتبارها الزاوية المثالية، أما بالنسبة لعلاقة سرعة انطلاق المقذوف والزاوية المثالية فإنه كلما زادت سرعة الانطلاق زاد مقدار هذه الزاوية. ( ٨ :٣١١، ٣١٢)

ويتفق أيضا مع آمال جابر شرارة (٢٠١٣) أنه كلما زاد الفرق بين مستويين الرمى والهبوط زاد زمن الطيران للأداة وبالتالي زادت فرصة حركتها تحت تأثير المركبة الأفقية للسرعة فتزيد بذلك المسافة الأفقية الإضافية التي تحققه ، وانه كلما زاد الفرق بين كلا المستويين الرمى والهبوط للمقذوف أدى ذلك الى تغيير مقدار الزاوية النموذجية للرمى لتحقيق أكبر مسافة أفقية ممكنة (٤ : ١٢١).

**الاستخلاصات:**

في ضوء أهداف وتساؤلات البحث واستناداً إلى ما أظهرته نتائج البحث توصل الباحث إلى النتائج التالية :

- الأسس العلمية الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية الخاصة لحركة المقذوف (رمح – جلة – قرص – مطرقة) لمسابقات الرمي بألعاب القوى.
- بناء برنامج الكترونى لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لمسابقات الرمي بألعاب القوى (رمى الرمح – دفع الجلة – قذف قرص – إطاحة المطرقة) .
- تم التأكد من صدق وثبات البرنامج الالكترونى المستخدم لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف (رمح – جلة – قرص – مطرقة) لتحديد الزاوية المثلى لإطلاق المقذوف الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف .
- تم التوصل انه لا يوجد زاوية واحدة محددة للرمى لمسابقات ألعاب القوى (رمح – جلة – قرص – مطرقة) ولكن الزاوية متغيرة طبقاً لارتفاع نقطة الرمى وطبقاً لسرعة الرمى .
- تم تحديد زاوية الرمى المثالية والمسافة المتوقعة لها عند مجموعة سرعات مختلفة وعند ارتفاعات نقاط رمى مختلفة للمسابقات الأربعة قيد الدراسة كأساس لوضع التدريبات النوعية الخاصة بكل لاعب.

**التوصيات:**

في ضوء ما أظهرته نتائج البحث وما تم استخلاصه من تلك النتائج، يوصي الباحث بما يلي:

- الاستفادة من الأسس والمبادئ البيوميكانيكية عند تدريب وتعليم المهارات الرياضية .
- إستخدام البرنامج الإلكترونى المقترح في تدريب اللاعبين الرمى لمسابقات ألعاب القوى (رمح – جلة – قرص – مطرقة) .
- استخدام الزاوية المناسبة لكل لاعب طبقا لسرعته في الرمى وارتفاع نقطة الرمى الخاصة به عند وضع التدريبات النوعية الخاصة بكل لاعب.
- العمل على زيادة ارتفاع نقطة الرمى وسرعة الرمى للاعبين المصريين للوصول الى اقصي مسافة رمى ممكنة، من خلال تطبيق مجموعة تدريبات نوعية مقننه بيوميكانيكا خاصة باللاعب .
- التاكيد على مبدأ التدريب الرياضى أن ان التدريب فرديا ويراعى الفروق الفردية بين اللاعبين.
- ضرورة اهتمام الباحثين في مجال التربية الرياضية بالاطلاع على كل ما هو جديد في مجال التكنولوجيا وتفعيله وتطبيقه والاستفادة منه في المجال الرياضى ( مناهج وطرق التدريس – التدريب الرياضى– الادارة الرياضية).
- إجراء دراسات أخرى مشابهة على جميع مسابقات العاب القوى والرياضات الفردية والجماعية.

المراجع :

١. ابراهيم فوزى مصطفي : المنحنى الخصائصي الكينماتيكي الأنسب لأداء إطاحة المطرقة كمعيار لتقييم الأداء في مسابقات الرمي، مجلة بحوث التربية الشاملة ، كلية التربية الرياضية للبنات جامعة الزقازيق، مجلد ١ ، ٢٠١١ م
٢. اسامه عبد الفتاح ، عايد زريقات : الارتفاع الأمثل لإطلاق الجلة نسبة لطول الرامى، مجلة المنارة للبحوث والدراسات ، جامعة ال البيت ، المجلد ٢٥ ، العدد ٢ ، ٢٠١٩ م
٣. أشرف أبو الوفا عبد الرحيم : برنامج باستخدام الموديولات التعليمية الإلكترونية وأثره على مستوى الأداء المهاري والتحصيل المعرفي والاتجاه نحو مسابقات ألعاب القوى لدى طلاب جامعة سوهاج، المؤتمر الدولى لعلوم الرياضة والصحة ، كلية التربية الرياضية جامعة أسيوط ، عدد ٤ ، ٢٠١٥ م
٤. آمال جابر شرارة : مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها في المجال الرياضى ، ماهى للنشر والتوزيع ، الاسكندرية ، ٢٠١٣ م
٥. ايهاب الرشيدى : بعض البارامترات البيوكينماتيكية المؤثرة علي رأس المطرقة كدالة للتنبؤ بالرقم الرسمي لإطاحة المطرقة ، مجلة كلية التربية الرياضية – جامعة المنصورة ،عدد ٢٠ ، مجلد ١ ، ٢٠١٣ م
٦. خالد عبد الغفار حسن ، ميادة حمدى يحيي : تأثير برنامج تعليمي على تحسين مستوى الأداء الفني في ضوء التحليل الكينماتيكي لمهارة قذف القرص ، مجلة بحوث التربية الشاملة ، كلية التربية الرياضية للبنات جامعة الزقازيق، عدد١ ، ٢٠١٨ م
٧. سيرون كريم عبدالله ، فريدون حسن ، جوان زرار : العلاقة بين بعض المتغيرات البيوكينماتيكية والانجاز للمرحلة النهائية بفاعلية رمى الرمح، مجلة الرافدين لعلوم الرياضة ، كلية التربية الرياضية جامعة الموصل ، مجلد ١٢ ، عدد ٤١ ، ٢٠٠٦ م
٨. طلحة حسين حسام الدين : الميكانيكا الحيوية الأسس النظرية والتطبيقية ، دار الفكر العربي ١٩٩٣ م .
٩. محمد أمين رمضان : الخصائص الكينماتيكية وعلاقتها بالمستوى الرقمى لمسابقة دفع الجلة ، المجلة العلمية للتربية البدنية وعلوم الرياضة، كلية التربية الرياضية للبنين جامعة حلوان ، ١٩٩٠ م
١٠. محمد عبد الحميد حسن ، محمود شعيب ، محمد سادات : تأثير التدريبات النوعية لتطوير مرحلة الرمي في مسابقة رمي الرمح بدلالة بعض المؤشرات البيوميكانيكية ، مجلة بحوث التربية الرياضية ، كلية التربية الرياضية للبنين جامعة الزقازيق ، مجلد٦٩ ، عدد ١٣٢ ، ٢٠٢١ م

١١. هدير محمود احمد عصر: تحديد الخصائص البيوميكانيكية لدفع الجلة لدى متسابقي الدرجة الأولى بجمهورية مصر العربية كأساس لوضع تدريبات نوعية لمراحل الأداء، المجلة العلمية لعلوم وفنون الرياضة ، كلية التربية الرياضية للبنات جامعة حلوان ، مجلد ٦٧ ، ٢٠٢١ م .

12. Changjan1 and W Mueanploy1 : Projectile motion in real-life situation: Kinematics of basketball shooting, Journal of Physics: Conference Series 622 (2015) 012008
13. Gian Mario Castaldi, Riccardo Borzuola*, Valentina Camomilla, Elena Bergamini, Giuseppe Vannozzi and Andrea Macaluso : Biomechanics of the Hammer Throw:Narrative Review , Frontiers in Sports and Active Living | www.frontiersin.org , March 2022 | Volume 4 | Article 853536
14. Halliday et al. "Fundamentals of Physics", 7th Edition. 111 River Street, NJ, 2005, John Wiley & Sons, Inc.
15. John Eric Goff : A review of recent research into aerodynamics of sport projectiles , Sports Engineering Association · September 2013
16. Samaneh Mohammadia , Yousef Jalalabadi , Fateme Nikkhoo Amiri : Analyzing, investigating and calculating the optimum mode of the parameters affecting the record of the javelin throw including the initial velocity, initial angle, and initial height of throw , Turk J Kinesiol 2019; 5(1): 1-14

**ملخص البحث:**

هدف البحث : بناء برنامج إلكترونى يقوم بالتنبؤ بالمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة ) لمسابقات الرمي بألعاب القوى للتوصل الى الزاوية المثلى للاعبين طبقا لارتفاع نقطة الرمى وسرعة الرمى كأساس لوضع تدريبات نوعيه لمسابقات الرمي بألعاب القوى.

المنهج: استخدم الباحث المنهج الوصفي لمناسبته لطبيعة هذا البحث ، وتمثلت عينة البحث في عدد (١٢) لاعب لمسابقات ( رمح – جلة – قرص – مطرقة ) تم اختيارهم بالطريقة العمدية من لاعبي مسابقات العاب القوى بمحافظة الدقهلية .

الاستنتاجات: تم التوصل الى الأسس العلمية والمعادلات الحسابية للمتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف ( رمح – جلة – قرص – مطرقة ) الخاصة باللاعب ولمسابقات الرمي بألعاب القوى من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف، ومن ثم تم بناء و تصميم برنامج الكترونى يقوم بحساب واستنتاج باقي المتغيرات لمسابقات الرمى قيد الدراسة ، كما تم التأكد من فاعلية وصدق وثبات البرنامج الالكترونى المستخدمً لحساب المتغيرات الكينماتيكية لحركة المقذوف لتحديد الزاوية المثلى لإطلاق المقذوف الخاصة بكل لاعب من خلال متغيرى سرعة الرمى وارتفاع نقطة الاطلاق للمقذوف، كما تم التوصل انه لا يوجد زاوية واحدة محددة للرمى لمسابقات ألعاب القوى (رمح – جلة – قرص – مطرقة) ولكن الزاوية متغيرة طبقاً لارتفاع نقطة الرمى وطبقاً لسرعة الرمى، واستخدامها كأساس لبناء تدريبات نوعية مقننه بيوميكانيكا خاصة باللاعب للارتقاء بالمستوى الرقمى للاعب.

## Summary

# Electronic Program for Predicting the Kinematic Variables of Projectile Motion as a Basis for Developing Specific Training for Athletics Throwing Competitions

**Dr. Tamer Saber Mohamed Saber**

---

**Research Summary:**

**Objective:** The research aims to develop an electronic program that predicts the kinematic variables of projectile motion (javelin, shot put, discus, hammer) for athletics throwing competitions to determine the optimal angle for athletes based on the height of the release point and the throwing speed, as a basis for developing specific training for athletics throwing competitions.

**Methodology:** The researcher used the descriptive method due to its suitability for the nature of this research. The sample consisted of 12 athletes from the athletics throwing competitions (javelin, shot put, discus, hammer) selected intentionally from athletes in Dakahlia Governorate.

**Conclusions:** The study established the scientific foundations and mathematical equations for the kinematic variables of projectile motion (javelin, shot put, discus, hammer) specific to the athlete and the throwing competitions in athletics through the variables of throwing speed and the height of the release point of the projectile. Consequently, an electronic program was developed and designed to calculate and deduce the remaining variables for the throwing competitions under study. The effectiveness, validity, and reliability of the electronic program used to calculate the kinematic variables of projectile motion were confirmed to determine the optimal release angle for each athlete through the variables of throwing speed and the height of the release point of the projectile. It was also concluded that there is no single specific angle for throwing in athletics competitions (javelin, shot put, discus, hammer), but the angle varies according to the height of the release point and the throwing speed. This information is used as a basis for developing specific biomechanical training tailored to each athlete to improve their performance.