

استخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لإيجاد زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمي الرمح

* أ.م.د / خالد عبد الموجود عبدالعظيم حسين
** د / الأمير عبدالستار حسن يونس

مقدمة :-

إن الوثبات الهائلة في تطور تكتيك الاداء الحركي ، وتلك الانجازات التي تدعو الى الدهشة من مستويات الاداء الحركي التي نراها اليوم ، قد تخطت حدود القدرة البشرية المتعارف عليها في الكثير من الانشطة الرياضية . وما هي الانتاج طبيعية لما تم الوصول اليه من طرق واساليب دقيقة للقياس ساهمت في الدخول الى عمق الاداء الحركي والتعرف على دقائقه [أسبابه - ونتائجه] . ومن هذه الطرق والاساليب في هذا المجال على المستويين الدولي والمحلى هي استخدام المعادلات والنماذج الرياضية والمحاكاة العددية في دراسة مسار المقذوف بشكل عام وتأثير الديناميكا الهوائية على الاداءات الحركية وخاصة المقذوفات مثل رمي الرمح بشكل خاص وذلك بهدف إيجاد القيم المثلى لتعظيم النتيجة النهائية .

حيث يُعرف الرمح بأنه جسم ذو هيئة ديناميكية هوائية ذو دقة عالية ، والفهم الكامل للديناميكيات الهوائية لمثل هذه الأداة أمر حتمي من أجل أن تكون قادرًا على تحسين متغيرات الإطلاق ، وبالتالي أداء الرمي بشكل صحيح.[5],[6]

* استاذ مساعد - قسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة - كلية التربية الرياضية -

جامعة اسيوط

**مدرس - قسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة - كلية التربية الرياضية - جامعة اسيوط

وتخضع رحلة الرمح بشكل أساسي لقوانين الديناميكا الهوائية والجاذبية الأرضية ، ولكن لا يزال هناك العديد من سوء الفهم حول الفيزياء الفعلية للرمي بشكل عام ورمي الرمح على وجه الخصوص. وايضاً قصور حول العوامل التي تحكم حركته خلال رحلته في الهواء [3].

لذا تتطلب الديناميكا الهوائية لرحلة الرمح الآن إعادة تقييم فيزيائية ورياضية ، وقد تضمن إعادة التقييم مراجعات لمواصفات وتصميم الرمح. وخاصة بعد تغيير قواعد الاتحاد الدولي لألعاب القوى للهواة لرمي الرمح رجال وفقاً لأخر تعديل.[7],[8]

كما يجب أن يأخذ في الاعتبار بان المسار الحركي والنتائج الحركية للرمح هي في الأساس انعكاسات لمجموعة من الحركة البشرية . وإن استخدام المبادئ الميكانيكية يمكن أن يثبت بشكل كافي مدى استقرار التكنيك وتصحيح الأخطاء الفنية. [1]

حيث عندما يخرج الرمح من اليد يكون تحت تأثير كلاً من الهواء والجاذبية الأرضية ، بسبب شكله وكتلته ،لذا فان تأثير الهواء على الرمح خلال رحلة الطيران لا يمكن تجاهلها ، ومن خلال الجمع بين الخصائص الحركية والمسار الحركي للرمح بعد الانطلاق منه يمكننا تحديد امثل زاوية وسرعة انطلاق اثناء رمي الرمح. [1] ، [12]

وتهدف مشكلة البحث الحالية إلى زيادة المدى الأفقي للرمح في ضوء مواصفاته الحالية ، حيث إن مواصفات الرمح من حيث الطول والوزن والشكل وموضع مركز ثقل الرمح تحكمها جميعاً القواعد المنظمة لها من قبل الهيئة الادارية الممثلة في اللجنة الفنية [IAAF] ، ففي ابريل عام ١٩٨٦م قد أعيد تصميم جسم الرمح للرجال والذي يزن [٨٠٠ جرام] ونظراً لكونه عالي الديناميكا الهوائية لذا كان السبب الرئيسي في كثرة عمليات الهبوط المسطح على الارض وتعدد اراء المحكمين حول صحة أم فشل المحاولة ، فضلاً عن الارقام القياسية الكبيرة التي كان يقطعها الرمح خلال رحلة الطيران في الهواء.

حيث بلغ رمى الرمح مستويات خطيرة وصلت الى ١٠٤.٨ متر . الامر الذي كان يمثل صعوبة في تنظيم المنافسة بأمان داخل حدود ساحة الملعب ، لذا لزم الامر بإعادة تصميم جسم الرمح عالي الديناميكا الهوائية مرة أخرى ،حيث تم تغيير وتحريك مركز ثقل الرمح الى الامام بمقدار [٤سم] كما تم تقليل مساحة السطح أمام مركز ثقل الرمح في حين تم زيادة مساحة السطح خلف مركز ثقل الرمح ، وقد ترتب على هذا التصميم انخفاض في قوى الديناميكا الهوائية الممثلة في رفع الرمح للجزء الأمامي ، وعلى العكس زيادة في قوى رفع الرمح في الجزء الخلفي مما ادى الى تغيير في مسار رحلة الرمح خلال مرحلة الطيران حيث اخذ مسار الرمح شكل القوس والنزول المبكر على مقدمة الرمح ، كما ترتب على ذلك تقليل مسافة طيران الرمح في الهواء بما يعادل ١٠% من المسافة الافقية الكلية المحققة قبل التعديل .

لذلك اجريت ابحاث عديدة حول مدى امكانية تحسين رمى الرمح في ضوء التعديلات المدخلة على مواصفات الرمح كدراسة رقم [١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٩ ، ١٠ ، ١١] ، وقد تناولت بعض هذه الابحاث دراسة بعض جوانب تأثير الديناميكا الهوائية على رحلة الرمح خلال مرحلة الطيران، ومنها من قام بأعداد نموذج فيزيائي رياضي لدراسة اهتزاز الرمح في الهواء ، والبعض الاخر قد قام بإجراء محاكاة عدديه على اساس النماذج الميكانيكية لرمى الرمح ، الا أن الدراسة الحالية تهدف الى دمج ومعالجة بعض النقاط الحيوية التي لم تؤخذ في الدراسات السابقة وذلك من خلال جانين هما :

الجانب الاول هو ان المواصفات الجديدة التي تم ادخالها على الرمح ساعدت في الإقلال من امكانية قيام المصممين من تعظيم مساحة المسطح الواقع امام مركز ثقل الرمح ، هذه التغييرات لها تبعيات مهمة بشكل خاص على بعض الخصائص الميكانيكية لحظة رمى الرمح ، ومن هذه الخصائص هي ارتفاع نقطة الانطلاق وسرعة وزاوية انطلاق الرمح ، لذا تحاول الدراسة الحالية الى محاولة ايجاد سرعة وزاوية الانطلاق المثلى التي يجب أن ينطلق بها الرمح

من يد اللاعب في ضوء المواصفات الحالية ، حيث يرى الباحثان بان لها تأثير إيجابي على المرحلة التالية للرمي وهي رحلة طيران الرمح في الهواء .

الجانب الثاني هو ان لقوة الرياح تأثير كبير على رحلة طيران الرمح ، ولكن لم يتم معالجتها بتفاصيل دقيقة بسبب نقص التجارب العملية حول تأثير القوة المطبقة على الرمح . وبالنظر إلى أن الفشل في فهم الظروف السائدة لقوى الديناميكا الهوائية وتأثيرها على الرمية يمكن أن يحدث فرقاً كبيراً بين النجاح والفشل ، لذا ستحاول هذه الدراسة معالجة هذا النقص الممثل في قوة السحب المطبقة على الرمح من الجاذبية الارضية والتي تعمل بشكل عكسي لحركة الرمح ، وقوة الرفع من الهواء التي تساعد على طيران الرمح لأكبر مسافة افقية ممكنة ابتداء من نقطة الانطلاق إلى نقطة الهبوط، وذلك من خلال تطوير نموذجاً رياضياً كاملاً لرحلة الرمح المرنة في تحليلها لديناميكيات طيران الرمح ، حيث تم استخدام خوارزمية الجينات لإيجاد الحل الامثل لزيادة المسافة الكلية للرمية في ضوء تأثير الهواء . والتي تتضمن حسابات لخواص عديدة مثل سرعة الرياح وكثافة الهواء ، زاوية تأثير قوة السحب من الجاذبية والرفع من الهواء ، والخصائص الفيزيائية للرمح من حيث الكتلة وطول وقطر الرمح . لذلك ، فإن استخدام مبدأ الميكانيكا الحيوية الرياضية والديناميكيات الهوائية لإجراء تحليل حركة الرمي له تأثير معزز بشكل كبير على تطوير التكنولوجيا الرياضية.

هدف البحث :-

- يهدف البحث الى استخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لإيجاد زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمي الرمح من خلال :-
- التحقق من صدق النموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير قوى الديناميكا الهوائية على الرمح خلال رحلة الطيران .
 - حساب زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمي الرمح في ضوء النموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية .

تساؤلات البحث :-

- هل تتميز القيم المحسوبة للنموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير قوى الديناميكا الهوائية على الرمح خلال رحلة الطيران بدرجة عالية من الصدق ؟
- ما هي زاوية وسرعة الانطلاق المثلى باستخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لرمى الرمح ؟

إجراءات البحث :

منهج البحث :

- استخدم الباحثان المنهج الوصفي معتمداً على المعادلات الرياضية (الخوارزمية الجينية) وقوانين الميكانيكا التقليدية نظراً لمناسبته لطبيعة البحث .
- استخدم الباحثان المنهج التجريبي ، بهدف اجراء المحاكاة الكمبيوترية والتطبيقات العملية للمعادلات الرياضية ، للتأكد من صدق القيم المحسوبة للنموذج الرياضي (الخوارزمية الجينية) وحساب قيم زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمى الرمح .

عينة البحث :

- استعان الباحثان بنتائج عينة عمدية مختارة من أفضل اللاعبين على مستوى العالم في مسابقة رمى الرمح رجال ، وفقاً لما جاء في نتائج التقارير النهائية المنشورة عن الاتحاد الدولي لألعاب القوة للهواة لمسابقات رمى الرمح لعام ٢٠١٦ م والبالغ عددهم (٥) لاعبين رجال . [14]

ادوات البحث ووسائل جمع البيانات :

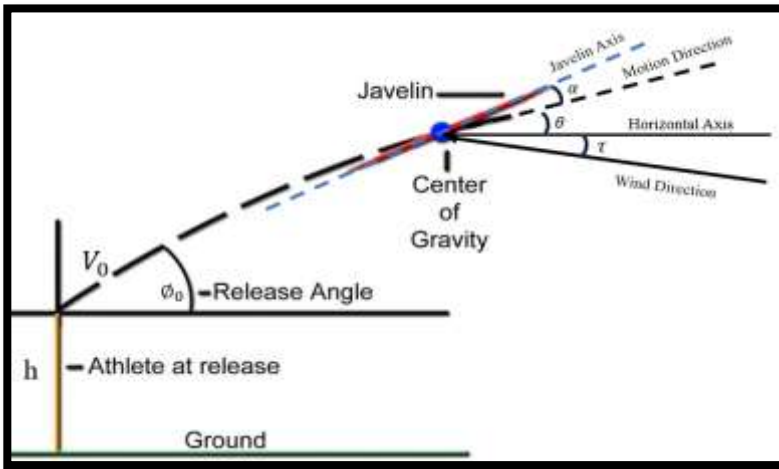
- التقارير النهائية لنتائج بطولة العالم في مسابقة رمى الرمح رجال لعام ٢٠١٦ م . [14]

- استخدم الباحثان برنامج [mat lab V. 2016] بهدف إجراء المحاكاة الكمبيوترية والتطبيقات العملية للمعادلات الرياضية (الخوارزمية الجينية) وبعض قوانين الميكانيكا التقليدية لحساب قيم زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمي الرمح .
- كمبيوتر بمواصفات (Ram 12. Cor i5 . hp)
- خطوات بناء النموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية :-
في هذا الجزء ، يتم تقديم النموذج الرياضي لرمي الرمح مع مراعاة تأثير الديناميكا الهوائية.
- يتكون رمي الرمح من ثلاث خطوات رئيسية هي. (الجري ، تجميع واكساب القوة للرمح ، إطلاق الرمح). وتعتمد نتيجة رمي الرمح على هذه الخطوات الثلاث. حيث تتطلب الخطوات الأولى والثانية التحليل الميكانيكي ، بينما تعتمد الخطوة الأخيرة وهي اطلاق الرمح على تحليل تأثير الديناميكا الهوائية خلال رحلة طيران الرمح ، وتشتمل هذه الدراسة على تحليل ومحاكاة كمبيوترية لمرحلة الانطلاق والطيران .
- ولكى يتم تحليل رمي الرمح ، فإن الفهم الجيد للقوة المؤثرة على الرمح هام جداً. فعندما يتم إطلاق الرمح ، تقوم قوى الجاذبية بسحب الرمح لأسفل لتقليل ارتفاع رحلة الطيران . ومن ناحية أخرى ، يظهر تأثير الديناميكا الهوائية من خلال قوة السحب والرفع. حيث تعمل قوة السحب في الاتجاه المعاكس للحركة مما يقلل من المسافة الأفقية التي يقطعها الرمح ، بينما تعمل قوة الرفع بشكل إيجابي لكونها في اتجاه عمودي على محور الرمح ومعاكس للجاذبية الأرضية . ويمكن وصف قوة السحب والرفع بالمعادلة رقم [1] ، [2]:

$$F_D = 0.5C_D\rho A_D V^2 \quad [1]$$

$$F_L = 0.5C_L\rho A_L V^2 \quad [2]$$

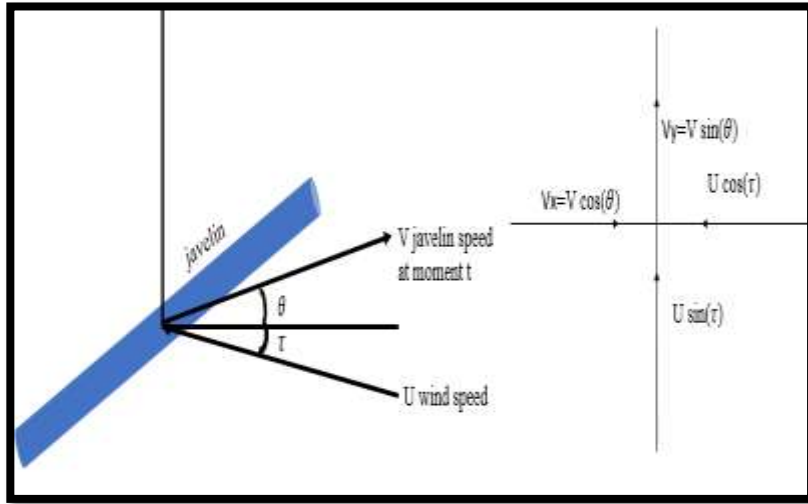
حيث $[F_D]$ ، $[F_C]$ هما قوة السحب والرفع على التوالي. بينما $[C_D]$ ، $[C_L]$ هما معامل قوة السحب والرفع ، $[\rho]$ هي كثافة الهواء ، $[A_D]$ و $[A_L]$ هي مساحة قوة السحب والرفع الفعالة . و $[V]$ هي سرعة الرياح. ويجب أن نشير إلى أن المساحة الفعالة هي جزء من الجنيح [Airfoil] المسؤول عن الرفع أو قوة السحب. ويجب الإشارة إلى أنه خلال رحلة طيران الرمح تم افتراض بان الرمح هو عبارة عن جسم هندسي اسطواني الشكل . هذا الافتراض دقيق ويمكن الاعتماد عليه في تجربة البحث . [13] يوضح شكل [١] البيانات الأولية لانطلاق الرمح وهي السرعة ، زاوية الانطلاق وارتفاع الرمح عند الزمن $[t]$



شكل [1] الرمح خلال مرحلتي الانطلاق ورحلة الطيران

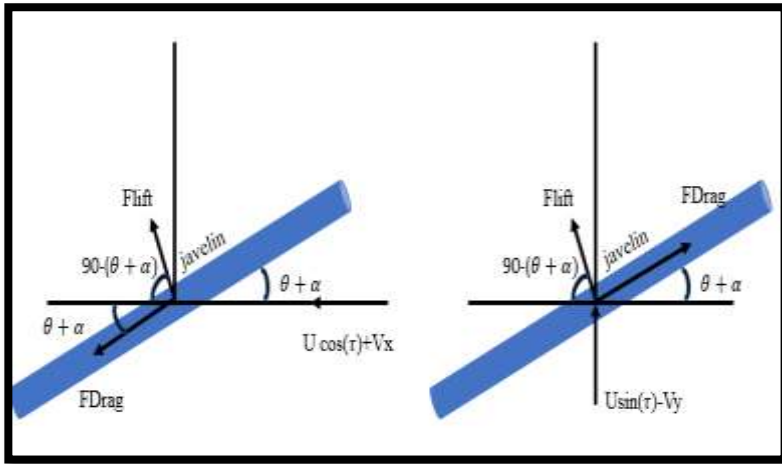
حيث $[V_0]$ ، $[\phi_0]$ ، $[h]$ هي المتغيرات الأولية لسرعة وزاوية الانطلاق وارتفاع الرمح . تستخدم هذه المتغيرات كقيم ابتدائية لحل نظام

المعادلات التفاضلية ، والزاوية $[\alpha]$ هي زاوية التحول بين محور الرمح واتجاه الحركة ، بينما الزاوية $[\theta]$ هي الزاوية بين اتجاه الحركة والمحور الأفقي. تزداد كلتا الزاويتين في الاتجاه المعاكس لدوران عقارب الساعة . الزاوية $[\tau]$ هي الزاوية بين اتجاه الرياح والمحور الأفقي. تزداد الزاوية في اتجاه عقارب الساعة حيث تكون القيمة الموجبة للرياح الأمامية والقيمة السلبية للرياح لذيل الرمح . أما بالنسبة لتحليل القوة الهوائية ، يوضح شكل [2] تمثيل السرعة للرمح بالنظر إلى الرياح. كما يوضح الجانب الأيمن من الشكل مكونات القوة على المحور الرأسي $[Y]$ والأفقي $[X]$. وبافتراض أن $[U]$ هي سرعة الرياح في اللحظة الحالية $[t]$.



شكل [2] تمثيل الرمح مع وجود الرياح وتحليل السرعة ولقياس تأثير القوة الديناميكية الهوائية ، يجب افتراض أن الرمح لا يتحرك أو ثابتاً في موضعه بينما تتحرك الرياح في الاتجاه المعاكس. ومن ثم تعتبر سرعة الرياح في هذه الحالة السرعة النسبية بين الرمح وسرعة الرياح. بالنسبة للمحور الأفقي ، يتحرك الرمح في اتجاه الرياح

المعاكس والسرعة النسبية في هذه الحالة تساوي مجموع كل من سرعة الرياح المشار إليها إلى المحور الأفقي وسرعة الرمح المشار إليها إلى نفس المحور. من خلال القيام بنفس الشيء لمكون المحور الرأسي ، تكون السرعة النسبية هي الطرح في هذه الحالة بين سرعة الرياح والرمح. ستنتج كل سرعة نسبية قوة سحب ورفع خاصة بها. يوضح شكل [3] في الجانب الأيمن قوة السحب ورفع بسبب كل مكون.



شكل [3] قوة سحب ورفع لكلاً من السرعة النسبية في المستوى الأفقي والرأسي وبناءً على محاكاة قوة سحب ورفع الرمح الموضحة بشكل [3] وباستخدام المعادلة رقم [1], [2] يمكن تحليل القوى على المستوى الأفقي والرأسي كالآتي

• أولاً : معادلات الديناميكا الهوائية لمكون السرعة الأفقية:

$$\sum F_x = -F_{lift} \cos(90 - (\alpha + \theta)) - F_{drag} \cos(\alpha + \theta) \quad [3]$$

$$\begin{aligned} \sum F_x = & -0.5C_L\rho(2\pi rL\sin(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\cos(\alpha + \theta))(V_x \\ & + U\cos(\tau))^2\sin(\alpha + \theta) \\ & - 0.5C_D\rho(2\pi rL\sin(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\cos(\alpha + \theta))(V_x \\ & + U\cos(\tau))^2\cos(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [4]$$

$$\begin{aligned} \sum F_y = & F_{lift}\sin(90 - (\alpha + \theta)) \\ & - F_{drag}\sin(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [5]$$

$$\begin{aligned} \sum F_y = & 0.5C_L\rho(2\pi rL\sin(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\cos(\alpha + \theta))(V_x \\ & + U\cos(\tau))^2\cos(\alpha + \theta) \\ & - 0.5C_D\rho(2\pi rL\sin(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\cos(\alpha + \theta))(V_x \\ & + U\cos(\tau))^2\sin(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [6]$$

•ثانياً : معادلات الديناميكا الهوائية لمكون السرعة الرأسية:

$$\begin{aligned} \sum F_x = & -F_{lift}\cos(90 - (\alpha + \theta)) \\ & + F_{drag}\cos(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [7]$$

$$\begin{aligned} \sum F_x = & -0.5C_L\rho(2\pi rL\cos(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\sin(\alpha + \theta))(V_y \\ & - U\sin(\tau))^2\sin(\alpha + \theta) \\ & + 0.5C_D\rho(2\pi rL\cos(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\sin(\alpha + \theta))(V_y \\ & - U\sin(\tau))^2\cos(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [8]$$

$$\begin{aligned} \sum F_y = & F_{lift}\sin(90 - (\alpha + \theta)) \\ & + F_{drag}\sin(\alpha + \theta) \end{aligned} \quad [9]$$

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0.5C_L\rho(2\pi rL\cos(\alpha + \theta) & \quad [10] \\ & + \pi r^2\sin(\alpha + \theta))(V_y - U\sin(\tau))^2 \cos(\alpha \\ & + \theta) \\ & + 0.5C_D\rho(2\pi rL\cos(\alpha + \theta) \\ & + \pi r^2\sin(\alpha + \theta))(V_y - U\sin(\tau))^2 \sin(\alpha \\ & + \theta) \end{aligned}$$

وبناء على المعادلات التفاضلية السابقة فان مجموع القوى التي تعمل على الريح تساوي مجموع قوى الديناميكا الهوائية التي أظهرها التحليل السابق وقوة الجاذبية. حيث يمكن كتابة القوة الكلية المطبقة على الريح بالمعادلة التالية:

$$\begin{aligned} \sum F_x = m \frac{d^2x}{dt^2} & \quad [11] \\ = & - 0.5C_L\rho \left((2\pi rL\sin(\alpha + \theta) + \pi r^2\cos(\alpha + \theta)) \left(\frac{dx}{dt} + U\cos(\tau) \right)^2 \right. \\ & + \left. (2\pi rL\cos(\alpha + \theta) + \pi r^2\sin(\alpha + \theta)) \left(\frac{dy}{dt} - U\sin(\tau) \right)^2 \right) \sin(\alpha + \theta) \\ & - 0.5C_D\rho \left((2\pi rL\sin(\alpha + \theta) + \pi r^2\cos(\alpha + \theta)) \left(\frac{dx}{dt} + U\cos(\tau) \right)^2 \right. \\ & \left. - (2\pi rL\cos(\alpha + \theta)) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum F_y &= m \frac{d^2 y}{dt^2} \\
 &= -mg \quad [12] \\
 &+ 0.5 C_L \rho \left(\left(2\pi r L \sin(\alpha + \theta) + \pi r^2 \cos(\alpha + \theta) \right) \left(\frac{dx}{dt} + U \cos(\tau) \right)^2 \right. \\
 &+ \left. \left(2\pi r L \cos(\alpha + \theta) + \pi r^2 \sin(\alpha + \theta) \right) \left(\frac{dy}{dt} - U \sin(\tau) \right)^2 \right) \cos(\alpha + \theta) \\
 &+ 0.5 C_D \rho \left(\left(2\pi r L \cos(\alpha + \theta) + \pi r^2 \sin(\alpha + \theta) \right) \left(\frac{dy}{dt} - U \sin(\tau) \right)^2 \right. \\
 &- \left. \left(2\pi r L \sin(\alpha + \theta) + \pi r^2 \cos(\alpha + \theta) \right) \left(\frac{dx}{dt} + U \cos(\tau) \right)^2 \right) \sin(\alpha)
 \end{aligned}$$

تلك المعادلات هي معادلات تفاضلية حيث تمثلان حلاً لتحليل رحلة طيران الريح على المستوى الأفقي والرأسي [X.Y]. لذا يجب معايرة [C_D] ، [C_L] وهما معاملات قوة السحب والرفع قبل التحليل. ويتم استخراج هذين المتغيرين باستخدام طريقة تجريبية . وتمثل المعادلات [13] ، [14] ، [16] ، [15] القيم الابتدائية للمعادلات التفاضلية عندما t = 0 ومنها يبدأ الحل كالاتي :

$$x(0) = 0 \quad [13]$$

$$y(0) = h \quad [14]$$

الشرط الأول للسرعة

$$\frac{dx}{dt}_{t=0} = V_{x(0)} = V_0 \cos(\theta_0 + \alpha_0) \quad [15]$$

$$\frac{dy}{dt}_{t=0} = V_{y(0)} = V_0 \sin(\theta_0 + \alpha_0) \quad [16]$$

تعتمد جميع المتغيرات [U, θ, α, τ g and ρ] على الزمن في الدراسة الفعلية حيث تكون سرعة الرياح واتجاهها وزاوية الحركة وزاوية محور الريح ذات قيمة قابلة للتغيير أثناء رحلة الطيران وغير متنبأ بها . علاوة على

ذلك ، فإن كل من كثافة الهواء والجاذبية دالة في الارتفاع (Y). نظراً لأن طيران الرمح يكون عند ارتفاعات مختلفة أثناء رحلته ، ودراسة هذا التأثير في غاية الأهمية من أجل التحليل الدقيق لرمي الرمح . وقد تم إجراء بعض الافتراضات بناء على الدراسة التجريبية لدراسة الرمح في الجزء التالي :

أولاً : تغير كثافة الهواء: يمكن تعريف كثافة الهواء بالمعادلة التالية :-

$$\rho(H) = \frac{P_0 M}{RT_0} \left(1 - \frac{LH}{T_0}\right)^{\frac{g(H)M}{RL} - 1} \quad [17]$$

حيث $\rho(H)$ هي قيمة كثافة الهواء وتمثل (H) الارتفاع فوق مستوى سطح البحر كما تمثل P_0 و T_0 الضغط الجوي القياسي لمستوى سطح البحر وهو يساوي (101.325 كيلو باسكال) ودرجة الحرارة تساوي (288.15 كلفن) على التوالي. $g(H)$ هي جاذبية الأرض وارتفاعها H وعند سطح الأرض [H = 0] فان عجلة الجاذبية تساوي $g(H) = (9.80665 \text{ L} , \text{ هو معدل هبوط درجة الحرارة وتساوي } 0.0065 \text{ K/m} , \text{ [R] هي ثابت غاز عالمي مثالي ويساوي } 8.31447 \text{ K} , \text{ [M] هي الكتلة المولية للهواء الجاف وتساوي } 0.0289654 \text{ Kg/ mol})$. ولفهم تأثير تغير كثافة الهواء ، يجب أن ندرس مدى التباين في كثافة الهواء بناءً على الارتفاع الأقصى الذي يمكن أن يصل إليه الرمح. حيث في هذه الحالة تكون قيمة H مساوية لموضع Y للرمح. ثانياً : تغير جاذبية الأرض: يمكن تعريف الجاذبية بالمعادلة أدناه:

$$g(H) = g_0 \left(\frac{R_e}{R_e + H} \right) \quad [18]$$

حيث $g(H)$ هي الجاذبية عند الارتفاع H و R_e هي نصف قطر الارض بالمتر وهي تساوى $(R_e = 6371 \text{ km})$ وقيمة g_0 هي قيمة الجاذبية عندما $H = 0$.

وفى ضوء الوصف الرياضي السابق فإننا نهدف إلى تعظيم المسافة الأفقية لمرحلة طيران الرمح وإيجاد القيم الابتدائية المثلى لزاوية وسرعة الانطلاق ، لذا فان هناك العديد من الخوارزميات المستخدمة للوصول إلى القيم المثلى ، وتعد الخوارزمية الجينية الأكثر شيوعاً واستخداماً ، نظراً لدقتها وذات قيم ثابتة وصحيحة وسوف يوضح الباحثان الخوارزمية الجينية المتبعة على النحو التالي :

الخوارزمية الجينية :

ان الهدف الأمثل للمشكلة الحالية هو محاولة زيادة المسافة الأفقية. وتعد المسافة الأفقية لرمي الرمح هي القيمة المراد زيادتها . يتم تمثيل القيود المرتبطة بزاوية الانطلاق والسرعة القصوى التي يمكن للاعب تحقيقها. ومن أجل حل مشكلة زيادة المسافة الأفقية الموضحة في الجزء الأول يتم استخدام خوارزمية إرشادية تسمى خوارزميات الجينات. ونظراً لتعدد المتغيرات المرتبطة بالزمن اثناء رحلة طيران الرمح ، فإن العثور على معادلة رياضية تربط بين $X(t)$ و t يصعب للغاية معالجتها. لذلك يعد استخدامها كحل رياضي غير ممكن ويتم تحديد المتغيرات باستخدام الامثلية حيث تعد خوارزميات الجينات هي إحدى التقنيات الشائعة التي تستخدم للعثور على القيمة المتغيرة خلال رحلة طيران الرمح والتي تحقق الهدف الأمثل. كما تصف الخطوات التالية الخطوات العلمية للخوارزميات الجينية:

١. الجيل الأولي للمجتمع

تبدأ الخوارزميات بتحديد مصفوفة مجتمعية (MxN) حيث M عدد الحلول الممكنة. كل حل يسمى كروموسوم وكل كروموسوم له جينات N التي تمثل متغيرات قرار المشكلة. تتم تهيئة كل جينات الكروموسوم عن طريق تحديد رقم عشوائي بين الحد الأعلى والادنى لهذا المتغير وذلك على النحو التالي.

$$\text{Population} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_j \\ \vdots \\ X_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,i} & \dots & x_{1,N} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,i} & \dots & x_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{j,1} & x_{j,2} & \dots & x_{j,i} & \dots & x_{j,N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{M,1} & x_{M,2} & \dots & x_{M,i} & \dots & x_{M,N} \end{bmatrix}$$

حيث X_j = حل j th أو (كروموسوم) ، $x_{j,i}$ = متغير القرار (أو الجين) ، j th ، و M = حجم المجتمع.

٢. اختيار الوالدين للجيل الجديد من الأطفال:

في هذه الخطوة ، يتم تصنيف الكروموسومات المجتمعية ، ويتم اختيار بعضها من أجل إيجاد حل جديد أو يسمى الأطفال أيضاً. تعد طريق العجلة الدوارة [Roulette wheel] واحدة من أكثر الطرق شيوعاً المستخدمة لتحديد كروموسومات الوالدين. ان المفهوم الرئيسي لهذه الطريقة هو أن الكروموسومات التي لها قيمة افضل حيث لديها فرصة أفضل للاختيار لتوليد الابناء او الحل التالي. واحدة من المزايا الرئيسية لهذه الطريقة هي القدرة على منع الوقوع في أفضل حل وهي .

• حساب احتمال كل كروموسوم:

$$P_k = \frac{F(X_k)}{\sum_{j=1}^M F(X_j)} \quad [19]$$

P_k = احتمال اختيار الحل k و $f(x)$ = دالة الملاءمة للحل X .

- حساب الاحتمال التراكمي لكل حل:

$$Q_j = \sum_{k=1}^j P_k, \quad j=1,2,\dots,M \quad [20]$$

$Q_j =$ الاحتمال التراكمي للحل j th.

- إنشاء رقم عشوائي بين [صفر - ١] يتم تحديد الحل j th عندما تكون القيمة العشوائية ($Q_j - 1 < \text{Rand} < Q_j$).
- يتم اختيار الوالدين في كل مرة ، ويختار كل من والديه طفلين جديدين.
- ٣. اختيار الآباء لجيل جديد من الأطفال:

في هذه الخطوة يتم تقديم عمليات توليد الحل. العمليات الرئيسية هي عملية التبادل التي تمثل التبادل في جينات كروموسوم الوالدين والعملية الثانية تمثل طفرة كروموسوم (أطفال).

- عملية التبادل الجيني :

يتم استخدام عملية التبادل الجيني (التقاطع) المستمر في هذه المشكلة لأن متغيرات القرار مستمرة (اعداد غير صحيحة) . من خلال توليد أعداد عشوائية من حجم N وبين [صفر - ١] يتم تمثيل الجينات الجديدة على النحو التالي:

$$\alpha = [\text{rand1 rand2 } \dots \dots \text{randN}] \quad [21]$$

$$X_{ch1j} = \alpha_j X_{p1j} + (1 - \alpha_j) X_{p2j} \quad [22]$$

$$X_{ch2j} = \alpha_j X_{p2j} + (1 - \alpha_j) X_{p1j} \quad [23]$$

حيث (X_{ch1j}) و (X_{ch2j}) هما الجينات و (j) كروموسوم الأطفال ١ و ٢ على التوالي ، α_j هو العنصر j للمصفوفة α و X_{p1j} و X_{p2j} هما الجينات j لكروموسوم ١ و ٢ على التوالي.

- الطفرة الجينية:

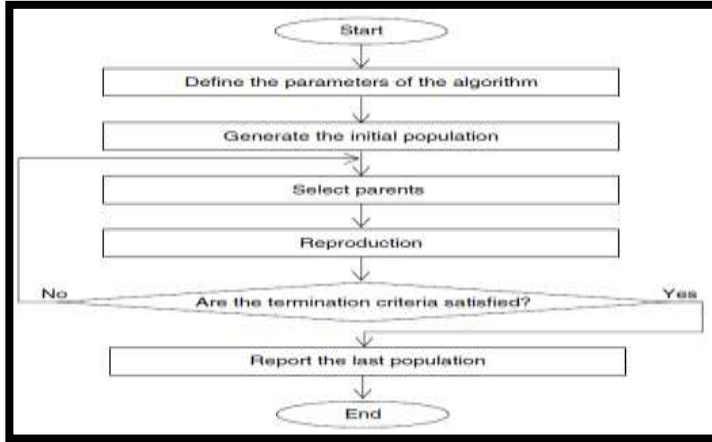
في هذه العملية ، يتم اختيار بعض جينات الأطفال المولدين للتغيير بشكل عشوائي من أجل تحقيق حل غير متوقع وقد يكون حلاً أفضل. يتم تعريف متغير يسمى النسبة المئوية للطفرة من أجل تمثيل النسبة المئوية للجينات التي تتحول في الكروموسوم. إذا كان N هو عدد الجينات و C_Mis ، فإن النسبة المئوية لطفرة الأرقام العشوائية التي تم إنشاؤها بين $[N - 1]$ هي:

$$N_{rand} = C_M * N \quad [24]$$

بعد ذلك يتم إنشاء عدد صحيح عشوائي غير متساوي بين $[N-1]$ مرات N_rand . وفي كل مرة يشير الرقم العشوائي إلى جين جديد يتم تحويله بواسطة:

$$= X_{chNrand} * (1 - rand(0 - 1)) \quad [25]$$

تتكرر هذه العمليات m مرات عدة ، حيث تمثل m عدد الأطفال المولودين في كل تكرار. من أجل إجراء التكرار التالي ، يتم تقييم الوظيفة الموضوعية لأولياء الأمور وأمهاتهم ، وتصنيفها من الأفضل إلى الأسوأ. يعتبر الحل M الأفضل للتكرار التالي. يظهر المخطط الانسيابي في الشكل أدناه.



شكل [4] خطوات الخوارزمية الجينية

عرض ومناقشة النتائج: -

- يشير التساؤل الاول الى : هل تتميز القيم المحسوبة للنموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير قوى الديناميكا الهوائية على الرمح خلال رحلة الطيران بدرجة عالية من الصدق ؟ وللإجابة على هذا التساؤل تم اجراء محاكاة عملية من خلال تطبيق للمعادلات الرياضية رقم (١١ ، ١٢) الموضحة بالنموذج الرياضي ومقارنتها بنتائج عينة البحث الممثلة في افضل لا عبي مستوى العالم في رمي الرمح كما جاء بالتقرير النهائي من قبل الاتحاد الدولي لألعاب القوى للهواه وذلك على النحو التالي :

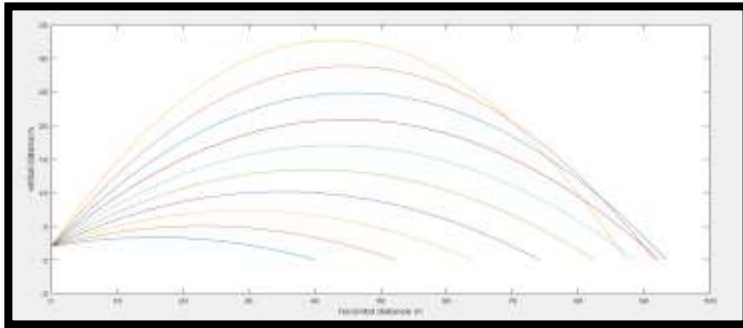
١ . محاكاة رمي الرمح:

في هذا الجزء ، تم محاكاة مسار رمي الرمح للحصول على المسافة الأفقية والمسافة الرأسية المقابلة. ولكي يتم الحصول على مسار رمي الرمح ، يلزم حل المعادلات التفاضلية السابقة . كما ذكرنا من قبل ، فإن النموذج المقدم معقد للغاية ومتغيراته هي متغيرة بمرور الوقت والذي يتغير بسلوك غير متوقع. نظرًا للمشكلات السابقة التي تم تناولها ، من الصعب جدًا العثور على معادلة رياضية واحدة تمثل مسار الرمي. لذلك تم حل المشكلة كدالة منفصلة

تبدأ بالظروف الأولية والمعادلات التفاضلية التي تم حلها في وقت معين [t] للعثور على التسارع والسرعة والموضع التالي للرمح. يتم تحديد الوقت المنفصل [dt] وفي كل خطوة يتم حل القوة في الاتجاه [X , Y] من أجل الحصول على التسارع [ax] , [ay]. باستخدام التسارع عند الزمن [t] يمكن حساب التغير في السرعة في [Vx]، [Vy] وباستخدام الصيغة المنفصلة وهي $V(t+1)=V(t)+dt*a(t)$. ثم يتم استخدام قيم السرعة الجديدة التي تم الحصول عليها لحساب التغير في موضع الاتجاه X و Y.

علماً بأن [dt] تساوى [1 micro second] فإن الثانية الواحدة تحتوى على عدد مليون نقطة ويحتوى شكل [5] على عدة منحنيات لمتوسط زمن طيران من (٢ : ٣ ثانية) وهو ما يناظر من (٢ : ٣ مليون نقطة) لكل منحنى من المنحنيات الموضحة في شكل [5] . نظراً لذلك فإنه يصعب وضع تلك القيم .

ويوضح شكل [5] المسافة الأفقية والرأسية لنتائج المحاكاة التجريبية مع عدم مراعاة قوة السحب والرفع في ضوء تغير زاوية الانطلاق بمقدار خمسة درجات لعدد تسع محاولات رمى لزمان من ٢ : ٣ ث .



شكل [5] المسافة الأفقية للمحاكاة التجريبية لرمى الرمح بزوايا انطلاق متغيرة
٢ . معايرة معامل قوة السحب والرفع:

من أجل التحقق من صدق القيم المحسوبة للنموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية عند حل مشكلة الامثلية، يجب تقدير عوامل السحب والرفع بشكل صحيح. نظرًا لأن المسافة الأفقية دالة قوية في معامل السحب والرفع ، فإن التقدير الجيد للمتغيرين مهم جدًا. في هذا الجزء يتم تقدير معامل السحب والرفع.

وقد تم استخدام التقنيات التجريبية على برنامج [mat lab V. 2016] من أجل حساب معاملات قيمة قوة الرفع والسحب بدقة . كما تم الاستعانة بقيم بعض المتغيرات الكينماتيكية والتي تم الحصول عليها من التقرير النهائي المنشور عن الاتحاد الدولي لألعاب القوى للهواة لمسابقات رمى الرمح لعام ٢٠١٦ م ويوضح جدول [1] نتيجة خمس رميات لخمس لاعبين في رمى الرمح كالآتي :-

جدول [1]

نتائج المتغيرات الكينماتيكية الفعلية وفقا للتقرير المنشور عن الاتحاد الدولي لألعاب القوى في مسابقة رمى الرمح لعام ٢٠١٦ م ن = (٥)

الرمي / المتغيرات الكينماتيكية	1	2	3	4	5
السرعة الابتدائية م/ث	21.48	28.13	19.7	22.11	20.87
زاوية الانطلاق / درجة	46.55	40.65	45.58	43.41	43.63
الارتفاع الاولى / م	1.8	2.38	1.96	2.02	1.68
المسافة الافقية / م	48.59	82.37	41.37	51.71	46.09
أقصى ارتفاع / م	14.19	19.49	12.05	13.78	12.25

يوضح جدول [1] نتائج المتغيرات الكينماتيكية للرميات الخمسة لعينة البحث حيث تراوحت قيمة المسافة الأفقية ما بين (١٠.٣٧ متر) الى (٨١.٣٧ متر) وأقصى ارتفاع ما بين (١٢.٠٥ متر) الى (١٩.٤٩ متر). ثم بعد ذلك أجرى الباحثان المحاكاة التجريبية للرميات الخمسة باستخدام الخطوات المنفصلة أعلاه ، مع الأخذ في الاعتبار افتراضين الاول انه لا يوجد معامل سحب ورفع وهو يساوى صفر. الافتراض الآخر هو افتراض أن

سرعة الرياح تساوي صفر. ويتم قبول هذا الافتراض لأن السرعة القصوى للرياح وفقاً للتقرير النهائي من قبل الاتحاد الدولي لألعاب القوى كانت أقل من ٢ م / ث والتي يمكن أن تتجاهل سرعة الإطلاق المقابلة وجدول [٢] يوضح نتائج المحاكاة التجريبية (المنفصلة) وفقاً للخوارزمية الجينية.

جدول [٢]

نتائج المحاكاة التجريبية لكلاً من المسافة الأفقية واقصى

ارتفاع لرمى الرمح ن = (٥)

5	4	3	2	1	الرمي / المتغيرات الكينماتيكية
20.87	22.11	19.7	28.13	21.48	السرعة الابتدائية م/ث
43.63	43.41	45.58	40.65	46.55	زاوية الانطلاق / درجة
1.68	2.02	1.96	2.38	1.8	الارتفاع الاولى / م
45.8918	51.6230	41.2407	82.1252	48.4382	المسافة الافقية المحسوبة / م
12.2135	13.7467	12.0164	19.4350	14.1515	حساب أقصى ارتفاع / م

يوضح جدول [٢] المحاكاة التجريبية للمسافة الأفقية واقصى ارتفاع يصل الية الرمح خلال رحلة الطيران مع الاعتماد على ادخال نتائج الخمس رميات الموضحة في جدول [1] لكلاً من متغير (السرعة الابتدائية - زاوية الانطلاق - الارتفاع الاولى) .

جدول [٣]

الفروق الكمية للمسافة الأفقية واقصى ارتفاع ما بين المحاكاة التجريبية

والنتائج الفعلية لعينة البحث ن = (٥)

5	4	3	2	1	الرمي / المتغيرات الكينماتيكية
0.1982	0.087	0.1293	0.2448	0.1518	خطأ المسافة الافقية / سم
0.0365	0.0333	0.0336	0.055	0.0385	خطأ أقصى ارتفاع / سم

يوضح جدول (٣) الفارق في حساب قيم المسافة الأفقية والرأسية المحسوب بالمحاكاة المنفصلة وقيم المسافة الفعلية لعينة البحث الممثلة في

الخمسة لاعبين وهي تراوحت ما بين 0.087 الى 0.2448 للمسافة الافقية، 0.0333 الى 0.0385 لأقصى ارتفاع .

والخطوة الثالثة قام الباحثان بحساب قيمة معامل قوة السحب [CL] ومعامل قوة الرفع [CD] حيث ان الهدف الرئيسي من المعايرة هو إيجاد متوسط قوة السحب والرفع التي تقلل الخطأ بين قيمة المحاكاة التجريبية والقيمة الفعلية وايضا للتحقق من دقة وصدق القيم المحسوبة عن طريق المحاكاة التجريبية باستخدام الخوارزمية الجينية .

وجداول [4] يعرض القيمة المقدرة المحسوبة لقوة السحب والرفع والذي يستخدم لتقليل الاختلاف بين القياس الفعلي لعينة البحث وفقاً للتقرير والمحاكاة التجريبية لكل رمية.

جدول [4]

القيم المحسوبة لمعامل قوة السحب والرفع لعينة البحث ن = (٥)

الرمي / المتغيرات الكينماتيكية	1	2	3	4	5
معامل قوة السحب CL	0.003613	0.002968	0.0037849	0.003267	0.005246669
معامل قوة الرفع CD	2.491568E- 4	5.5836E- 5	1.22338E- 4	7.433859E- 4	0.0

يوضح جدول [4] قيمة السحب [CL] وقيمة الرفع [CD] المحسوبة للمحاولات التجريبية وسوف يتم استخدام القيم المذكورة أعلاه في المحاكاة من أجل رؤية التحسن في القيمة الأفقية المقدرة. متوسط القيمة المستخدمة وهي

$$.Cd = 0.00023414334 ، Cl = 0.0037759138$$

جدول [5]

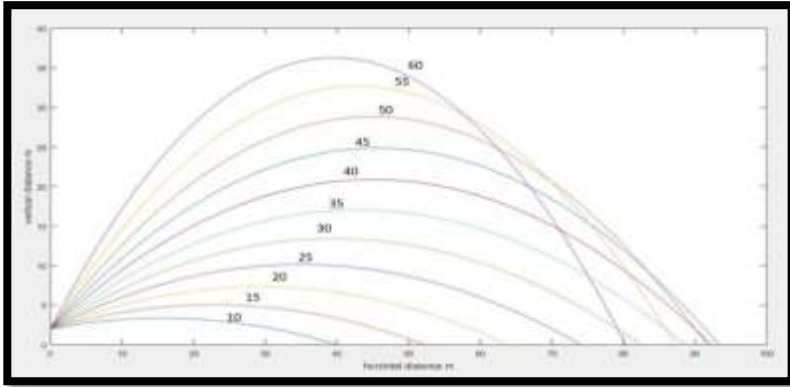
خطأ حساب المسافة الأفقية واقصى ارتفاع لرمى الرمح قبل وبعد المعايرة
 ناتج المحاكاة التجريبية لعينة البحث ن = (٥)

5	4	3	2	1	الرمي / المتغيرات الكينماتيكية
20.87	22.11	19.7	28.13	21.48	السرعة الابتدائية م/ث
43.63	43.41	45.58	40.65	46.55	زاوية الانطلاق / درجة
1.68	2.02	1.96	2.38	1.8	الارتفاع الاولى / م
45.9153	51.6724	41.2513	82.3079	48.449	المسافة الأفقية / م
12.2797	13.8297	12.0716	19.6345	14.231	أقصى ارتفاع / م
0.1982	0.087	0.1293	0.2448	0.1518	خطأ حساب المسافة الأفقية / سم
0.1747	0.0376	0.1187	0.0621	0.141	قبل المعايرة
0.0365	0.0333	0.0336	0.055	0.0385	بعد المعايرة
-0.0297	-0.0497	-0.0216	-0.1445	-0.041	خطأ حساب اقصى ارتفاع / سم
					قبل المعايرة

يوضح جدول [5] خطأ حساب المسافة الأفقية واقصى ارتفاع يصل اليه
 الرمح خلال رحلة الطيران قبل وبعد المعايرة وجاء الفارق لصالح ما بعد المعايرة
 حيث تتراوح ما بين (0.037 الى 0.0174) في خطأ المسافة الأفقية . وتراوح
 ما بين (-0.021 الى -0.144) في خطأ أقصى ارتفاع .

- يشير التساؤل الثاني الى : ما هي زاوية وسرعة الانطلاق المثلى باستخدام
 الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لرمى الرمح ؟
 لكي يتم الاجابة على التساؤل الثاني والحصول على النتيجة المرجوة تم
 اجراء ثلاثة اختبارات. حيث تعد النتيجة المرجوة هو تعظيم المسافة الأفقية في
 ضوء متغيرات القرار وهي سرعة وزاوية انطلاق الرمح . مع الاخذ في الاعتبار بان
 الحد الأدنى والأعلى لسرعة الرمح هي تتراوح ما بين (صفر حتى ٣٠ م / ث)

وهي الحد الأقصى للسرعة المسجلة في مسابقات رمي الرمح . بينما زاوية الإطلاق تكون محصورة ما بين (صفر حتى ٩٠ درجة) كما يفترض أن يكون ارتفاع الإطلاق ٢ م . وفي ضوء تلك البيانات تم اجراء الاختبار الاول ، مع افتراض أن معامل السحب والرفع = صفرًا ويتم الحصول على متغيرات القرار تحت هذا الشرط. وفي الاختبار الثاني ، تم استخدام متوسط قيمة معامل السحب والرفع المتحصل عليها من المعايرة في النتيجة أعلاه. وفي الاختبار الثالث اخذ في الاعتبار تغير كثافة الهواء والجاذبية مع تغير الارتفاع مع مراعاة تأثير ارتفاع الرحلة للمسافة القصوى. في الاختبار الأول ، فرض الباحثان الحد الأقصى للسرعة وهي ٣٠ م/ث ، وتم استخدام المحاكاة المنفصلة للحصول على المسافة الأفقية بزوايا متغيرة تبدأ من ١٠ درجات حتى ٦٠ درجة وبمعدل زيادة ٥ درجات كما هو موضح بشكل [6].



شكل [6] أقصى مسافة أفقية في ضوء الحد الأقصى للسرعة

يوضح شكل [6] المسافة الأفقية المتغيرة التي تم الوصول إليها في ضوء الزاوية المتغيرة والحد الأقصى للسرعة لرمي الرمح . كما يبين الشكل بان أقصى مسافة أفقية تم تحقيقها عند الزاوية ٤٥ درجة. ونتيجة لذلك ، فإن الزاوية المثلى التي تزيد المسافة الأفقية إلى أقصى حد هي تقع ما بين الزاوية ٤٠ درجة والزاوية ٥٠ درجة ، ويمكن استخدامها لتقليل مساحة البحث عن زاوية

الانطلاق المثلى. لذا يمكن الاعتماد على الخطوة السابقة من أجل تحديد منطقة الزاوية المثلى التي تزيد من المسافة الأفقية .

وبعد تحديد الحد الأقصى لسرعة الريح وهي ٣٠ م/ث وبعد تقليل مساحة البحث عن زاوية الانطلاق المثلى قام الباحثان باستخدام الخوارزميات الجينية لتحديد مقدار زاوية الانطلاق بدقة عالية وقد بلغت و ٤٤.٤٦٦ درجة ناتج المحاكاة المنفصلة . حيث بلغ الحد الأقصى للمسافة الأفقية عند تلك الزاوية : ٩٣.٣٩٠٤ متر بينما عند الزاوية ٤٥ درجة بلغ الحد الأقصى للمسافة الأفقية ٩٣.٣٤٥ متر.

وفي الاختبار الثاني ، تم إدخال متوسط مقدار قيمة معامل السحب والرفع في التحسين علماً بأن الحد الأقصى للسرعة أيضاً ٣٠ م / ث ، وبلغ مقدار زاوية الانطلاق المثلى في هذه الحالة ٤٤.١٧٠٣٤ درجة نظراً للحصول على أقصى أفقية بلغ مقدارها ٩٣.٥٢٠٥ متر .

اما في الاختبار الثالث تم دراسة تأثير كلاً من الجاذبية الارضية وكثافة الهواء مع الوضع في الاعتبار الحد الأقصى لسرعة الانطلاق وهو ٣٠ م/ث، وفي ضوء ذلك بلغت زاوية الانطلاق المثلى ٤٤.٣١١٢ درجة نظراً للحصول على أقصى أفقية بلغ مقدارها ٩٣.٣٩٦١ م.

يتضح من العرض السابق تمكن الباحثان من تحديد زاوية الانطلاق المثلى باستخدام الخوارزمية الجينية مع الأخذ في الاعتبار تأثير الديناميكا الهوائية وقد انحصرت الزاوية المثلى ما بين (٤٤.١٧ درجة) الى (٤٤.٤٦ درجة).

-الاستنتاجات:-

- تمكن الباحثان من بناء محاكاة تجريبية متطورة لمسار رمى الريح باستخدام الخوارزمية الجينية كدالة منفصلة عن طريق المعادلات التفاضلية باستخدام برنامج [mat lab V. 2016].
- تم التحقق من صدق القيم المحسوبة للمحاكاة التجريبية لمسار رمى الريح باستخدام الخوارزمية الجينية من خلال معايرة مقدار معامل قوة السحب والرفع بدقة حيث بلغ متوسط معامل قوة السحب [CL=0.0037591] ، كما بلغ متوسط معامل قوة الرفع [CD=0.00023414] ، وقد تبين أن المسافة

الأفقية دالة قوية في معامل السحب والرفع احد متغيرات الديناميكا الهوائية المؤثرة على مسار الرفع خلال رحلة الطيران.

- تراوح مقدار خطأ حساب المسافة الأفقية وأقصى ارتفاع للرفع ما بين السحب والرفع = صفر ما بين [0.087c.m : 0.244] للمسافة الأفقية ، [0.033 c.m : 0.055] لأقصى ارتفاع يصل اليه الرفع .
- تناقص مقدار خطأ حساب المسافة الأفقية وأقصى ارتفاع للرفع وذلك بعد ادخال متوسط مقدار معامل قوة السحب والرفع في المحاكاة التجريبية حيث تراوحت القيم ما بين [0.0376c.m : 0.1747] للمسافة الأفقية ، [-0.0216 c.m : -0.1445] لأقصى ارتفاع يصل اليه الرفع.

- تمكن الباحثان من تحديد زاوية الانطلاق المثلى باستخدام الخوارزمية الجينية مع الاخذ في الاعتبار الحد الأقصى للسرعة وهو ٣٠ م/ث ومتوسط معامل قوة السحب والرفع وتأثير الجاذبية الارضية وكثافة الهواء ، وقد انحصرت الزاوية المثلى ما بين (٤٤.١٧ درجة) الى (٤٤.٤٦ درجة) وذلك بمدلوليه أقصى مسافة افقية والتي تراوحت ما بين (٩٣.٣٩متر)الى (٩٣.٥٢متر).
- توصل الباحثان الى انه لا توجد هناك سرعة انطلاق مثلى نظراً لوجود علاقة طردية ما بين سرعة الانطلاق وأقصى مسافة افقية لرمي الرفع.

-التوصيات :

- استخدام المحاكاة التجريبية المعتمدة على الخوارزمية الجينية لدراسة وحساب المسار الافتراضي لجسم المقذوف للتنبؤ وتحسين الاداء لمتسابقى رمى الرفع .
- عند دراسة المقذوف لا بد من الاخذ في الاعتبار المتغيرات الميكانيكية وتأثير الديناميكا الهوائية على مسار المقذوف والممثلة في كلا من (معامل قوة السحب وقوة الرفع ، الجاذبية الارضية ، كثافة الهواء .
- الاهتمام بتدريس المعادلات الرياضية التي توصل لها الباحثان لفهم وتطبيق المحاكاة التجريبية لإيجاد القيم المثلى وتطبيق ذلك في ابحاث مشابهها وايضا دراسة كيفية استخدام البرامج الهندسية المساعدة على إجراء المحاكاة التجريبية

.References

- [1] Xia Zeng, Xiongwei Zuo:. Numerical simulation of javelin best throwing angle based on biomechanical mode, An Indian Journal, Department of physical education, Changsha Medical university Changsha 410219, (CHINA).201.
- [2] Jerzy Maryniak, Edyta Ładyżyńska-Kozdraś, Edyta Golińska: Mathematical Modeling and Numerical Simulations of Javelin Throw, Human movement 2009, vol. 10 (1), 16–20 , <https://www.researchgate.net/publication/266270799> ,2009.
- [3] Les Hatton : Optimizing the javelin throw in the presence of prevailing winds, Faculty of Computing, Information systems and mathematics ,University of Kingston, January 28, 2007.
- [4] Les Hatton: The physics and mathematics of javelin throwing, Faculty of Computing, Information systems and mathematics ,University of Kingston; May 24, 2005.
- [5] Ganslen, R. V. Aerodynamics of javelin flight. Unpublished Master's thesis, University of Arkansas , 1960.
- [6] McCormick, B. W. Aerodynamics, Aeronautics and flight mechanics. New York: John Wiley. . 1979.
- [7] Terauds, J. .Biomechanics of the Javelin throw. Del Mar: Academic publishers. 1985.
- [8] R. M. Bartlett. The aerodynamics of javelin flight-A Re-Evaluation, Sports biomechanics laboratory, Crewe and al sager college of higher education. England,
- [9] R.J. Best, R.M. Bartlett, and C.J. Morriss. A three-dimensional analysis of javelin throwing techniques. Journal of Sports Science, 11(4):315–328, August 1993.

- [10] **C. Morriss and R. Bartlett. Biomechanical factors critical for performance in the men’s javelin throw. Sports Medicine, 21(6):438–446, June 1996.**
- [11] **C.J. Morriss, R.M. Bartlett, and N. Fowler. Biomechanical analysis of the men’s javelin throw at the 1995 world championships in athletics. Thrower, 78:18–31, July 1998.**
- [12] **Liao Hong; Study on the optimal release angle of Javelin with air resistance .China Sport Science and Technology, 43(1), (2007).**
- [13] **Maryniak, Jerzy & tadyzyska-kozdras, Edyta & Golnska, Edyta. Mathematical modeling and numerical simulation of javelin throw . human movement 10.10.2478/v10038-009-003-5.(2009).**
- [14] **<https://www.quinticsports.com/projectile-motion/>**

استخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا

الهوائية لإيجاد زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمى الرمح

* أ.م.د / خالد عبد الموجود عبدالعظيم حسين

** د / الأمير عبدالستار حسن يونس

يهدف البحث الى استخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير الديناميكا الهوائية لإيجاد زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمى الرمح من خلال التحقق من صدق النموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية في ضوء تأثير قوى الديناميكا الهوائية على الرمح خلال رحلة الطيران وحساب زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمى الرمح في ضوء النموذج الرياضي باستخدام الخوارزمية الجينية واستخدم الباحثان المنهج الوصفي معتمداً على المعادلات الرياضية (الخوارزمية الجينية) وقوانين الميكانيكا التقليدية نظراً لمناسبته لطبيعة البحث كما استخدم الباحثان المنهج التجريبي ، بهدف اجراء المحاكاة الكمبيوترية والتطبيقات العملية للمعادلات الرياضية ، للتأكد من صدق القيم المحسوبة للنموذج الرياضي (الخوارزمية الجينية) وحساب قيم زاوية وسرعة الانطلاق المثلى لرمى الرمح ولقد استعان الباحثان بنتائج عينة عمدية مختارة من أفضل اللاعبين على مستوى العالم في مسابقة رمى الرمح رجال عام ٢٠١٦م وأشارت اهم النتائج إلى تمكن الباحثان من بناء محاكاة تجريبية متطورة لمسار رمى الرمح باستخدام الخوارزمية الجينية كدالة منفصلة عن طريق المعادلات التفاضلية باستخدام برنامج [mat lab V. 2016] ويوصى الباحثان باستخدام المحاكاة التجريبية المعتمدة على الخوارزمية الجينية لدراسة وحساب المسار الافتراضي لجسم المقذوف للتنبؤ وتحسين الاداء لمتسابقى رمى الرمح .

* استاذ مساعد - قسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة - كلية التربية الرياضية -

جامعة اسيوط

** مدرس - قسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة - كلية التربية الرياضية - جامعة اسيوط

