

المحاكاة العددية لحركة الأنماط المختلفة للأجسام المقذوفة من الطائرة

الدكتور زياد اليوسف*

أسامة خالد قبيطري**

تاريخ الإيداع 21 / 1 / 2009. قِيلَ للنشر في 30/6/2009

□ الملخص □

تعالج هذه المقالة المحاكاة العددية لحركات الأجسام المقذوفة من الطائرة كالمقذوفة الكلاسيكية و المقذوفة المزودة بدفة الانحراف الإيروديناميكي و المقذوفة المزودة بجهاز صاروخي متسارع - متباطئ و التي تصادف في تقنيات عدّة في وسائل الدفاع الجوي الطيران .
تقدم الدراسة النموذج الرياضي و الفيزيائي لهذه الأجسام كما تبين المحاكاة العددية لنا الرسوم البيانية التي من خلالها نلاحظ الفروقات الواضحة بين مسارات الأجسام المختلفة المقذوفة من الطائرة و الفروقات الحركية والتحريرية بين هذه الأجسام .

الكلمات المفتاحية : محاكاة - كثافة الهواء - زاوية الانحدار - ارتفاع الطيران .

* مدرس - كلية العلوم - قسم الرياضيات - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - كلية العلوم - قسم الرياضيات - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Numerical Simulation for The Motion of Different Patterns of Ejected Bombs

Dr. Ziad Aliousef *
Uosama Kapetrey **

(Received 21 / 1 / 2009. Accepted 30/6/2009)

□ ABSTRACT □

This paper examines numeral simulation of ejected body motions from an airplane such, such as classic bomb , ejected bomb guided with aberrance helm and Flying bomb guided with faster-slower rocket engine .

This study presents mathematical and physical model of these bodies and the kinetic simulation shows the delineations through which we notice differences between the tracks of different thrown bodies from an airplane and the kinetic and dynamic differences between those bodies .

Keywords : Simulation , density of air , fall angle , height of flight .

*Doctor, mathematic department -science colleg- Tishreen Univesity –Lattakia.

**Postgraduate Student , mathematic department -science colleg- Tishreen Univesity –Lattakia.

مقدمة:

إن مسائل البناء و تطبيق الأجهزة الموجهة بالطيران الحر للأجسام بما في ذلك تسارع هذه الأجسام وتباطؤها حركة هذه الأجسام هي على الأغلب أداة اختبارها . كما أن الأجهزة أو المعدات المتغيرة (المتعددة) تخدم المقدمة في تشكيل خط الطيران (الجسم) ، إن التشكيل المناسب للجسم يسمح لنا بالحصول على الهدف المطلوب الرمي عليه و من ثم الحصول على سرعة سقوط محددة .

إن تحليل حركات الأجسام الساقطة أو المقذوفة بطريقة أو بأخرى معتمدة فقط على النماذج الرياضية يتسم بالتعقيد و عدم الوضوح في تبيان تأثير مختلف محددات (بارامترات) حركة هذه الأجسام على مساراتها ، لذلك تلعب المحاكاة العددية دوراً مهماً في توضيح التأثيرات المختلفة لمحددات حركة هذه الأجسام و تعطينا نتائج دقيقة وتوفر التكاليف التي تحتاجها لإجراء التجارب الحقيقية اللازمة للحصول على المعلومات المطلوبة من جهاز معين أو أي جسم ميكانيكي محدد .

أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في المزايا العديدة التي تقدمها المحاكاة الحاسوبية للنموذج الرياضي المعطى و ما ينتج عنها من مسارات مختلفة ، باعتبارها تتيح إمكانية دراسة وتحليل وتطوير طرائق الرمي بمرونة عالية، وبسرعة كبيرة، وبأقل قدر ممكن من التكاليف

بناءً على ما تقدم فإن الهدف من هذا البحث هو إعداد النموذج الرياضي المطلوب للمحاكاة العددية و من ثم إجراء إجراء المحاكاة العددية لعدة أجسام مقذوفة من الطائرة و عمل مقارنة بيانية تنتج عن هذه المحاكاة تبين لنا الرسوم الناتجة عنها .

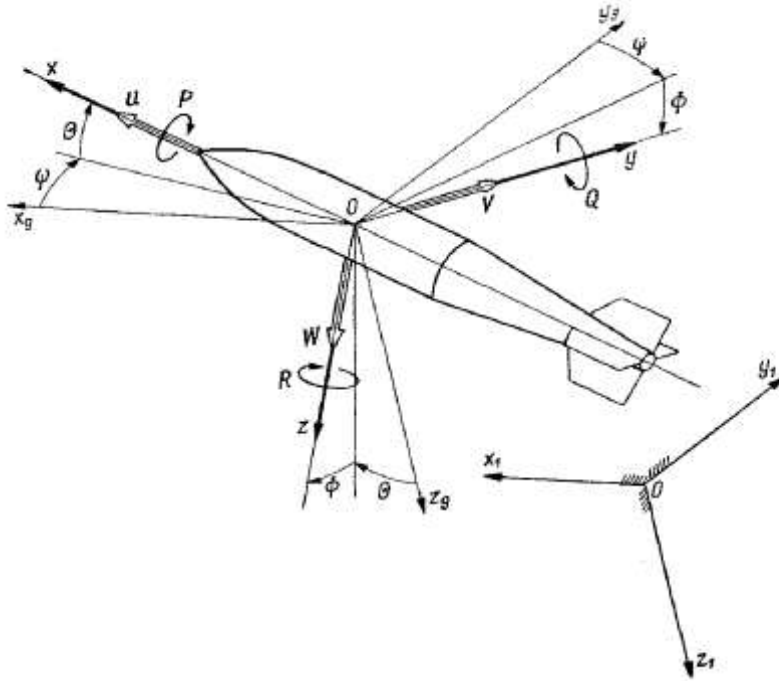
طرائق البحث ومواده:

لقد تم وضع النموذج الرياضي و الفيزيائي مستخدمين نموذج رياضي سابق كان قد بني على صاروخ أرض-جو [1] و قمت بتعديل هذا النموذج لإيجاد نموذج جديد معدل و من ثم قمت بإجراء المحاكاة العددية عليه، حيث أننا نتعامل مع الأجسام المقذوفة من الطائرة كأجسام صلبة بثلاث درجات من الحرية ثم الحصول على جملة المعادلات التفاضلية العادية من المرتبة الثانية و غير الخطية ومن ثم مكاملتها بشكل عددي بطريقة (رونجي-كوتا) و استخدمت من أجل ذلك لغة الفورتران FORTRAN لما تمتاز به هذه اللغة من استقرار عال و دقة في المعادلات و تحديد دقيق لنوع المتغيرات مع سعة كبيرة في نوع المتغيرات ، من الممكن أنها ليست على درجة كبيرة من الانتشار و الاستخدام ، غير أن المتخصصين في مجال التحليل العددي و الرياضيات بصفة عامة يعترفون لها بالفضل . و أما المحاكاة العددية فقد تمت باستخدام البرنامج الشهير ماتلاب .

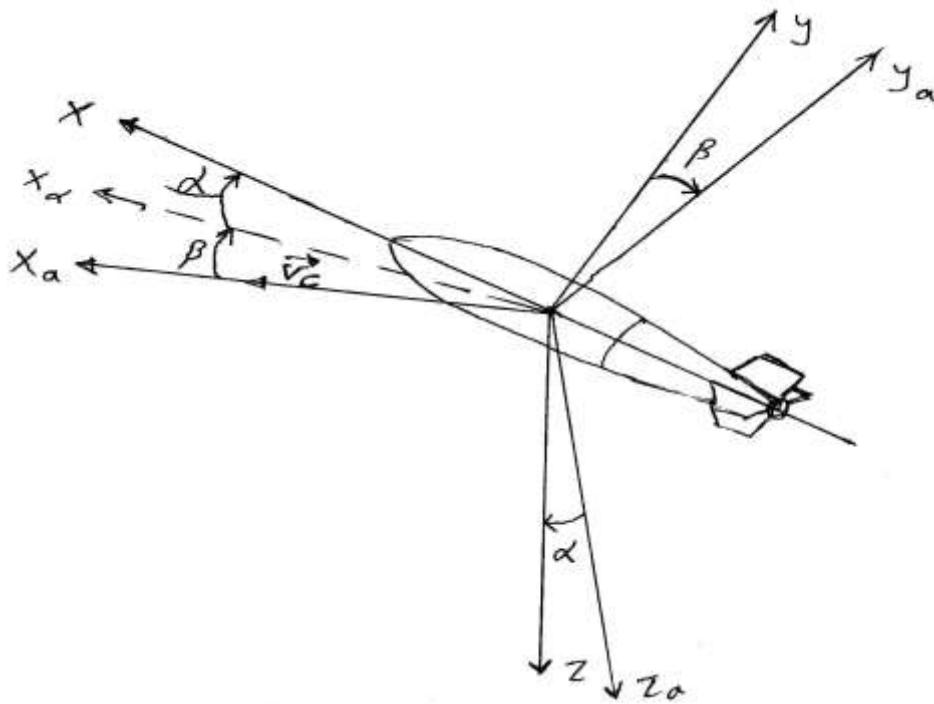
النتائج والمناقشة :**النمط الرياضي و الفيزيائي و دراسة الحركة :**

توصف حركة الجسم المادي بطريقة وحيدة بمساعدة جمل الإحداثيات و الزمن في الحوادث الفضائية وهذا ما يعرف بالفضاء الزمني ولوصف ديناميكية الجسم المتحرك فمن الضروري أن توجد لدينا أربع جمل نقل إحداثية :
- الجملة $Oxyz$ المتعلقة بالجسم المتحرك .

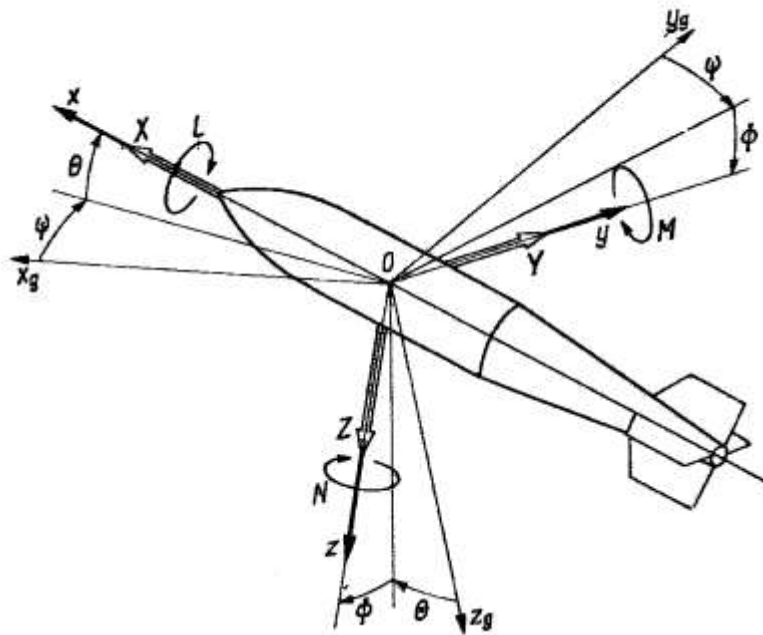
- جملة السرعة $Ox_a y_a z_a$ و المتعلقة باتجاه سريان المركز (انسياب المركز) .
 - الجملة الثقالية غير المتحركة $Ox_1 y_1 z_1$ المتعلقة بالأرض.
 - الجملة الثقالية $Ox_g y_g z_g$ المتعلقة بالجسم المتحرك و بشكل متوازٍ مع الجملة غير المتحركة $Ox_1 y_1 z_1$.
- يعدُّ الموقع اللحظي للصاروخ كجسم صلب موقعاً مركز الكتلة مقاساً بالنسبة إلى جملة الإحداثيات الثابتة $Ox_1 y_1 z_1$ المرتبطة بالأرض و بالنسبة لزوايا دوران الجسم Ψ, θ, Φ :
- $$\vec{r}_1 = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j} + z_1 \vec{k}, (1)$$



الشكل (1.1) جمل الإحداثيات المفروضة



الشكل (1.2) توضع جملة الإحداثيات $Ox_a y_a z_a$ مع زاويتي هبوب الريح بالنسبة إلى جملة $Oxyz$ المرتبطة بالقذيفة .



الشكل (1.3) عزوم القوى الإيروديناميكية المؤثرة على الطائرة

إن زوايا الدوران المذكورة تتحدد لنا من خلال توضع جملة الإحداثيات المرتبطة بالصاروخ $Oxyz$ بالنسبة إلى جملة الإحداثيات $Ox_g y_g z_g$ الموازية بالمحاور المتناظرة للجملة الثالثة على الأرض $Ox_1 y_1 z_1$ ، إن زوايا الدوران هذه هي زوايا (غوص - أولر) غوص الأولرية و المعروفة أيضاً في مجال الطيران بالزوايا الطائرية [5] حيث :

- Φ زاوية العطف .
- Θ زاوية أولر .
- Ψ زاوية الانعراج .

إن الدوران بزواوية Ψ حول المحور $O_r z_g$ يتم بسرعة زاوية $\frac{d\Psi}{dt}$ والدوران بزواوية Θ حول المحور $O_r y_g$ يتم بسرعة زاوية $\frac{d\Theta}{dt}$ والدوران بزواوية Φ حول المحور $O_r x_g$ يتم بسرعة زاوية $\frac{d\Phi}{dt}$.
و إن اتجاه سرعة الصّاروخ تحدده الزاويتان α, β زاويتا هبوب و قص الريح على الترتيب.
إن حركة الصاروخ يمكن إسقاطها على محاور الجملة المركزية $Oxyz$ المتعلق بصلاية مع الصاروخ كما في الشكل (1.1) .

مركبات شعاع السرعة الخطية \vec{V}_c في جملة الإحداثيات المفروضة $Oxyz$ كما في الشكل (1.1) تبدو واضحة في العلاقة :

$$\vec{V}_c = U\vec{i} + V\vec{j} + W\vec{k}, \quad (2)$$

- حيث U السرعة الطولانية .
 - V السرعة الجانبية .
 - W السرعة العامودية .
- لنقدم النموذج الرياضي بشكل عام :

$$\begin{aligned} X_a &= X_u U + X_w W + X_v V + X_q Q, \\ Z_a &= Z_u U + Z_w W + Z_v V + Z_q Q, \\ M_a &= M_u U + M_w W + M_v V + M_q Q, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Y_a &= Y_v V + Y_\varphi \varphi + Y_p P + Y_r r, \\ L_a &= L_v V + L_p P + L_r r, \\ N_a &= N_v V + N_p P + N_r r, \end{aligned} \quad (4)$$

يمكن الحصول على جملة المعادلات المغلقة (المتكاملة) للحركة المستوية - الواقعة في المستوي العمودي - للقنبلة المقذوفة من الطائرة [3] و هذه المعادلات مع العلاقات الحركية (5) و (6) الآتية :

$$\begin{bmatrix} \frac{d\Phi}{dt} \\ \frac{d\Theta}{dt} \\ \frac{d\Psi}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin\Phi \operatorname{tg}\Theta & \cos\Phi \operatorname{tg}\Theta \\ 0 & \cos\Phi & -\sin\Phi \\ 0 & \sin\Phi \operatorname{sec}\Theta & \cos\Phi \operatorname{sec}\Theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P \\ Q \\ R \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \dots \\ \frac{dy_1}{dt} \\ \dots \\ \frac{dz_1}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Theta \cos\Psi & \vdots & \sin\Theta \sin\Phi \cos\Psi + & \vdots & \cos\Phi \sin\Theta \cos\Psi \\ & & -\cos\Phi \sin\Psi & & +\sin\Phi \sin\Psi \\ \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots \\ \frac{dy_1}{dt} & \vdots & \cos\Theta \sin\Psi & \vdots & \sin\Phi \sin\Theta \sin\Psi + & \vdots & \cos\Phi \sin\Theta \sin\Psi \\ & & -\cos\Phi \cos\Psi & & -\sin\Phi \cos\Psi \\ \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots \\ \frac{dz_1}{dt} & \vdots & \sin\Theta & \vdots & \sin\Phi \cos\Theta & \vdots & \cos\Phi \cos\Theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

تشكل لنا معادلات الحركة الكاملة و التي لها الشكل الآتي :

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -QW - g \sin\Theta + \frac{1}{m}(X_q Q + X_w W + X_o), \\ \frac{dw}{dt} &= QU + g \cos\Theta + \frac{1}{m}(Z_q Q + Z_w W + Z_o), \\ \frac{dQ}{dt} &= \frac{1}{I_y}(M_q Q + M_w W + M_o), \\ \frac{d\Theta}{dt} &= Q, \\ \frac{dx_1}{dt} &= U \cos\Theta + W \sin\Theta, \\ \frac{dy_1}{dt} &= -U \sin\Theta + W \cos\Theta, \end{aligned} \quad (7)$$

حيث :

$$\begin{aligned} X_0 &= -\frac{1}{2} \rho s V_c^2 [C_x(\alpha) \cos \alpha - C_z(\alpha) \sin \alpha], \\ Z_0 &= -\frac{1}{2} \rho s V_c^2 [C_z(\alpha) \cos \alpha - C_x(\alpha) \sin \alpha], \\ M_0 &= \frac{1}{2} \rho s l_B V_c^2 C_m(\alpha), \end{aligned} \quad (8)$$

و حيث :

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{W}{U}, \\ V_c^2 &= U^2 + W^2, \end{aligned} \quad (9)$$

و التي فيها :

 ρ - كثافة الهواء S - مساحة المقطع العرضي العمودي لجسم القنبلة L_B - طول جسم القنبلة .العوامل : $X_q, X_w, Z_q, Z_w, M_q, M_w$ تمثل المشتقات الأيروديناميكية.

المعادلات (7) هي معادلات تفاضلية غير خطية لعوامل متغيرة [2] تصوّر لنا حركة القنبلة و تم حل هذه المعادلات عددياً بطريقة رونج-كوتا (*Runge - Kutta*) [4] بعد إعطاء شروط مناسبة لبدء الحركة .

في سبيل الحسابات العددية لهذه الحركة تم اختبار تأثيرات المقاييس التابعة لحاملة القذيفة (للطائرة) و هي :

 Θ_0 زاوية الانحدار ، V_0 السرعة البدائية ، H ارتفاع الطيران ،

على مسار الطيران للقنبلة $f(x_1, y_1)$ و على الاهتزاز و على كثافة الانحرافات لزاوية المسار Θ

وعلى زاوية مواجهة الريح α ، و على السرعة التصاعديّة W .

يبين لنا الشكل (2) مراحل مسار الطيران الأفقي للقنبلة المقذوفة من ارتفاع $H = 200m$ و بسرعات

مختلفة لقذف القنبلة .

ومن الحسابات الناتجة نجد أن الخط البياني للمسار $Z_1 = Z_1(x_1)$ يعتمد على سرعة قذف القنبلة .

وكما نلاحظ فإنّه كلما ارتفعت سرعة قذف القنبلة فإن المدى يزداد و بناءً على ذلك نجد أن المسار يصبح أكثر استواءً

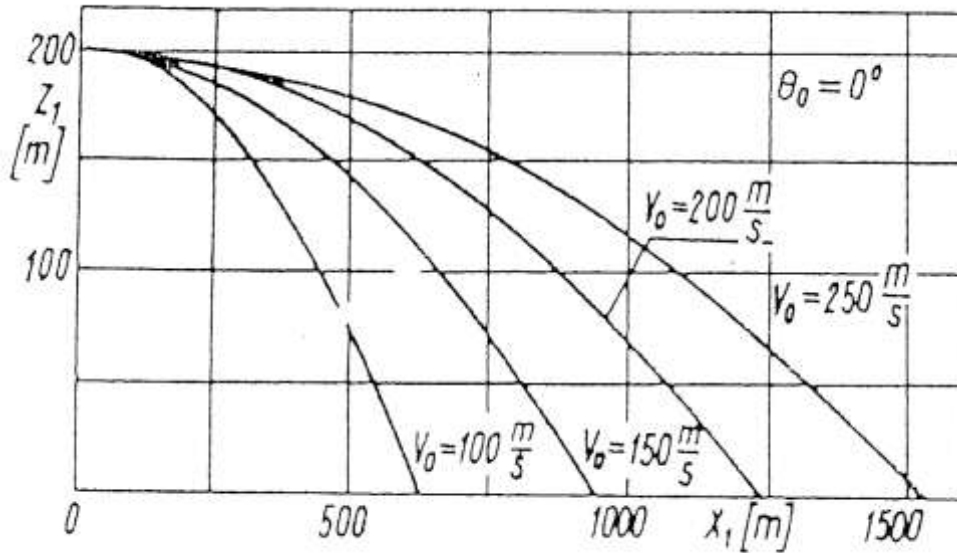
. و تصبح زاوية سقوط القذيفة أقل و هذا ما يدعو للخوف أو القلق أن تصبح أقل من الزاوية الحديّة $\Theta_k < \Theta_{gr}$ و

يوضّح لنا الشكل (3) مراحل الطيران للقنبلة المقذوفة من ارتفاع $H = 200m$ و بسرعة

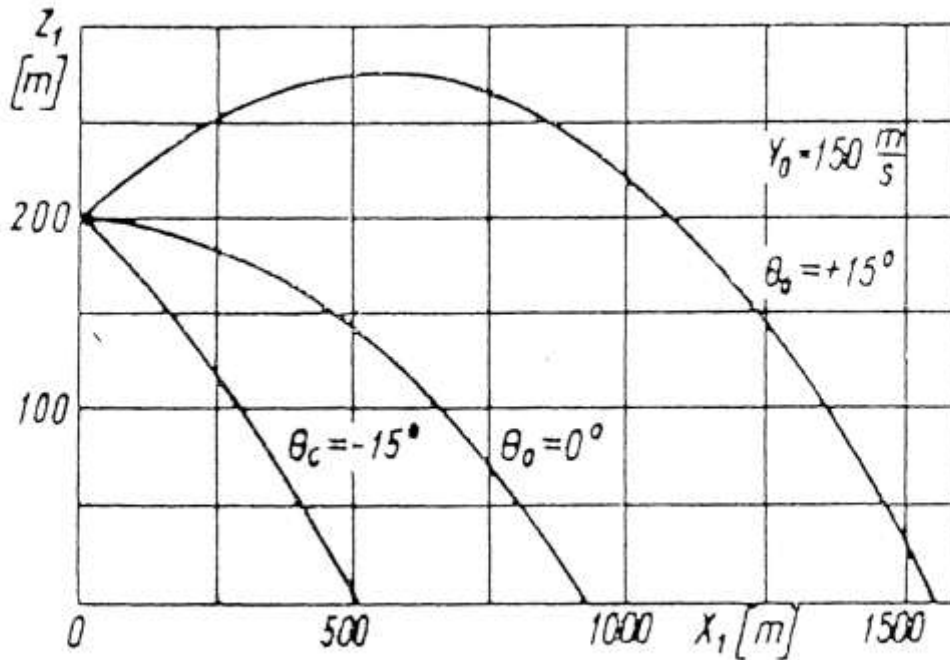
قذف $V_0 = 150 \text{ m/s}$ و ذلك من أجل ثلاث حالات للزاوية Θ_0 (زاوية الانحدار).

المحاكاة العددية لمسارات الطيران للقنبلة :

نتائج المحاكاة العددية لتمثيل حركة الجسم المقذوف في المستوي العمودي هي على الشكل الآتي :

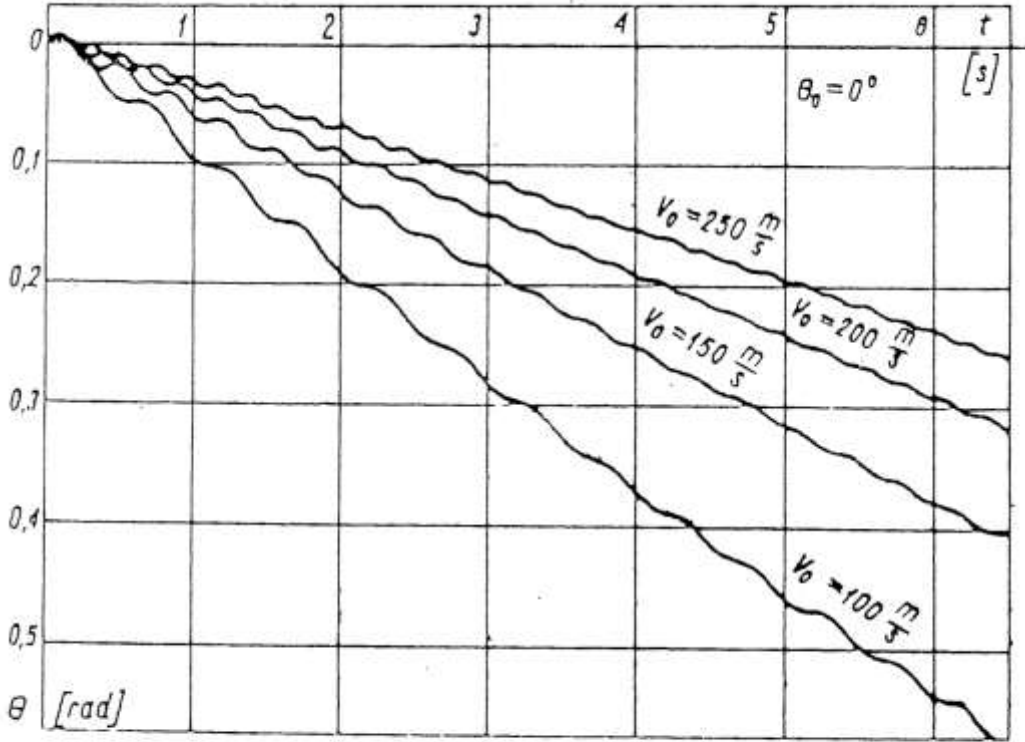


الشكل (2) مسارات الطيران للقنبلة من أجل سرعات قذف مختلفة



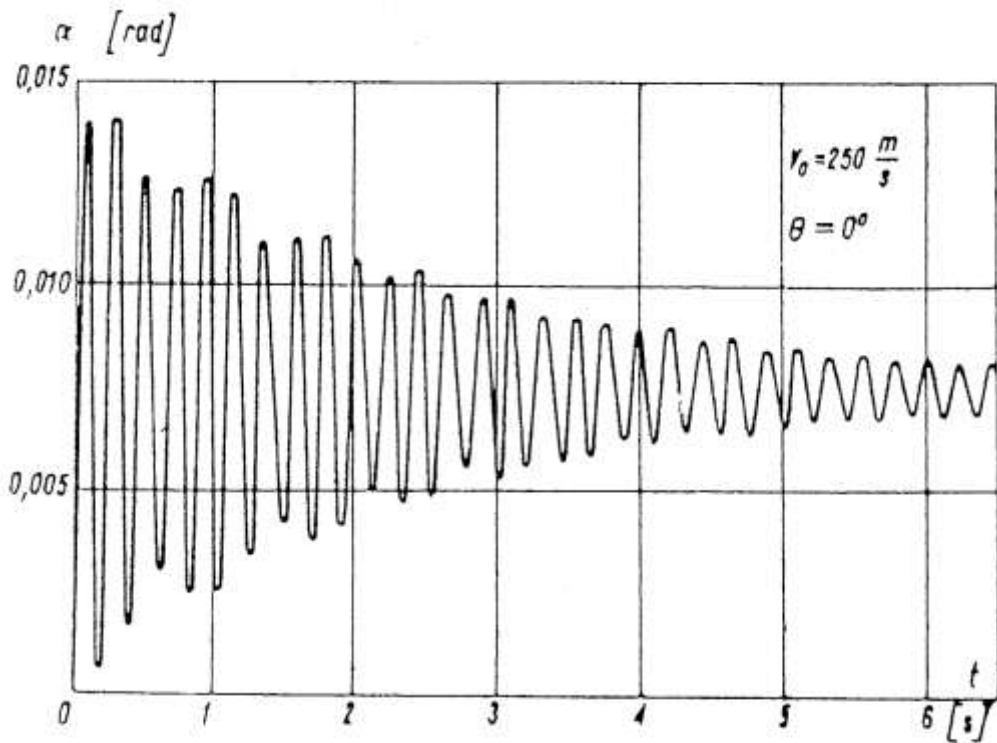
الشكل (3) مسارات الطيران للقنبلة من أجل قيم ابتدائية مختلفة لزاوية الانحدار للطائرة.

نتائج الحسابات السابقة تبين أنه لو ثبتت السرعة V_0 و كانت الزوايا مختلفة، فإن مدى القذيفة سيختلف فكلما زادت الزاوية Θ_0 زاد معها المدى، و هذا ما يعطي أهمية كبيرة لاختيار هذه الزاوية .
 خاصة تغير زاوية الانحدار على المسار $\Theta = \Theta(t)$ بجانب التغيير في سرعة قذف القنبلة نجدتها في الشكل (4) حيث نجد أنه عند ازدياد سرعة قذف القنبلة V_0 فإن زاوية سقوطها تقل ، لهذا فإن تأثير القيم البدائية لزاوية الانحدار Θ على زاوية سقوط القنبلة يكون ضعيفاً .



الشكل (4) تغيرات زاوية الانحدار للقنبلة من أجل سرعات قذف مختلفة .

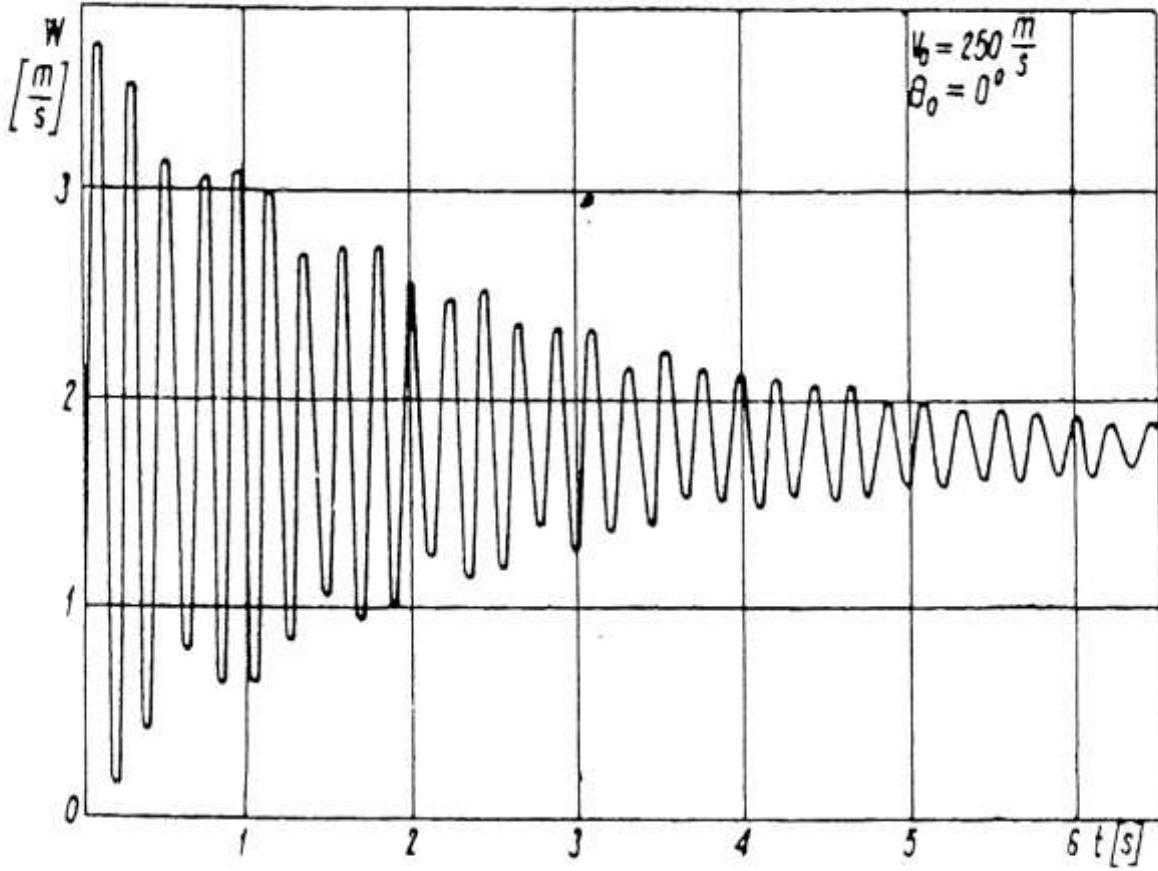
لذلك فإن طريقة تدمير الأهداف بالطيران الانتقاضي أو الأفقي أو التصاعدي يجب أن يكون مختاراً بشكل جيد أكثر فاعلية و أكثر أماناً للطيران مع أخذ كل الاعتبارات التي تؤدي الغرض المطلوب .
 كما يبين لنا الشكل (5) خاصية تغيير زاوية مجابهة الريح α على المسار $\alpha = \alpha(t)$ و ذلك حسب سرعة قذف القنبلة .



الشكل (5) الترنج لزاوية هجوم الريح للقنبلة $\alpha = \alpha(t)$

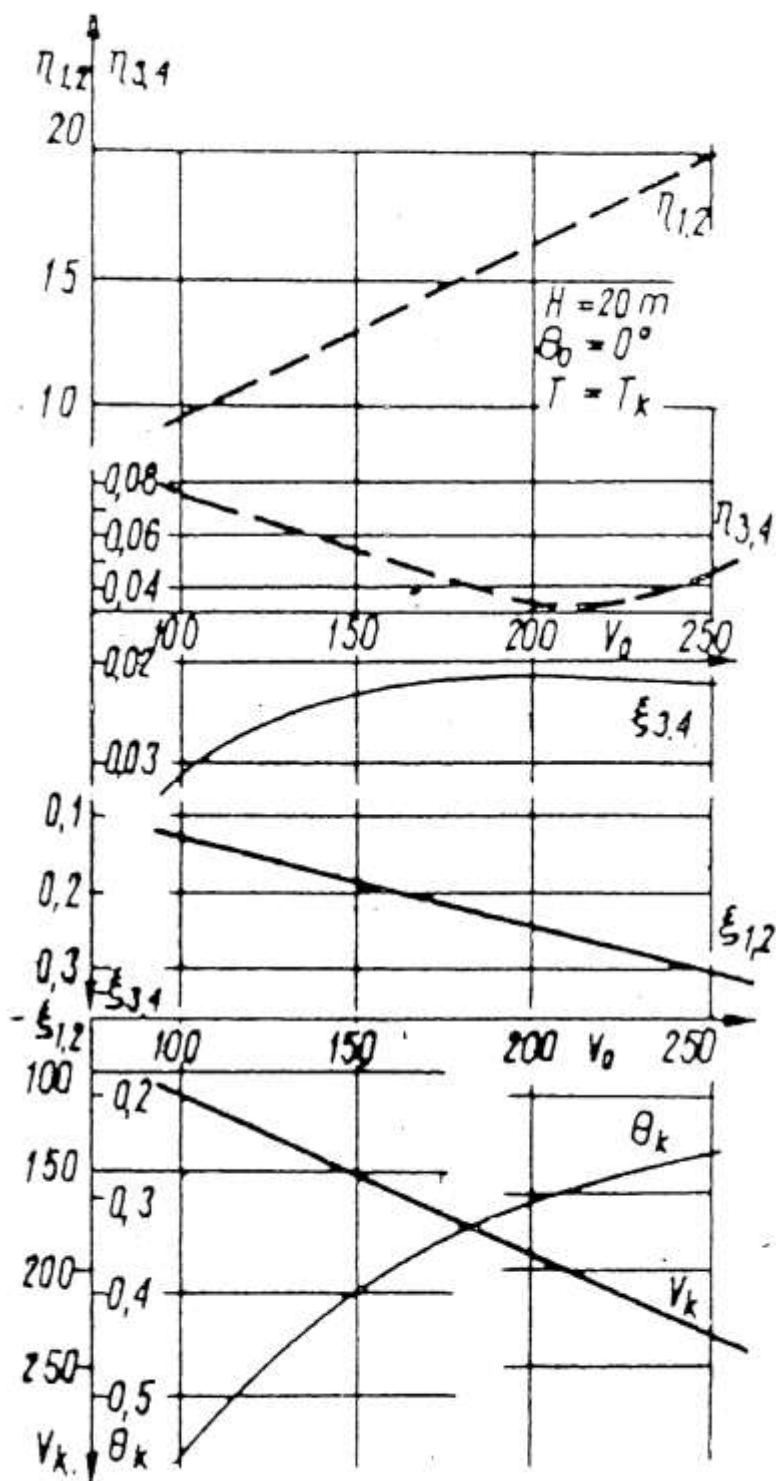
الاستنتاجات و التوصيات :

نستنتج مما سبق أنّ حركة القنبلة على مسارها تكون على شكل قطع مكافئ اهتزازي حيث إنّ هذا الاهتزاز يزداد بازدياد سرعتها على المسار و بشكل مماثل نرى التغيير في السرعة التصاعديّة W للقنبلة على مسارها وهذا بسبب الارتباط الوثيق بين الزاوية α و السرعة التصاعديّة W ، و هذا ما نراه أيضاً في الشكل (6)، حيث : $W = W(t)$ ومن تحليل الحسابات العددية يتضح لنا أنّ سرعة القنبلة المقذوفة و الساقطة بحرية من ارتفاعات قليلة تتغير ببطء شديد قياساً إلى سرعة قذفها من الطائرة V_0 كما بالشكل (7) و كما نجد أيضاً على هذا الشكل التغيير في السرعة النهائيّة $V_k = f(V_0)$ بالنسبة إلى السرعة البدائيّة للقذف V_0 .

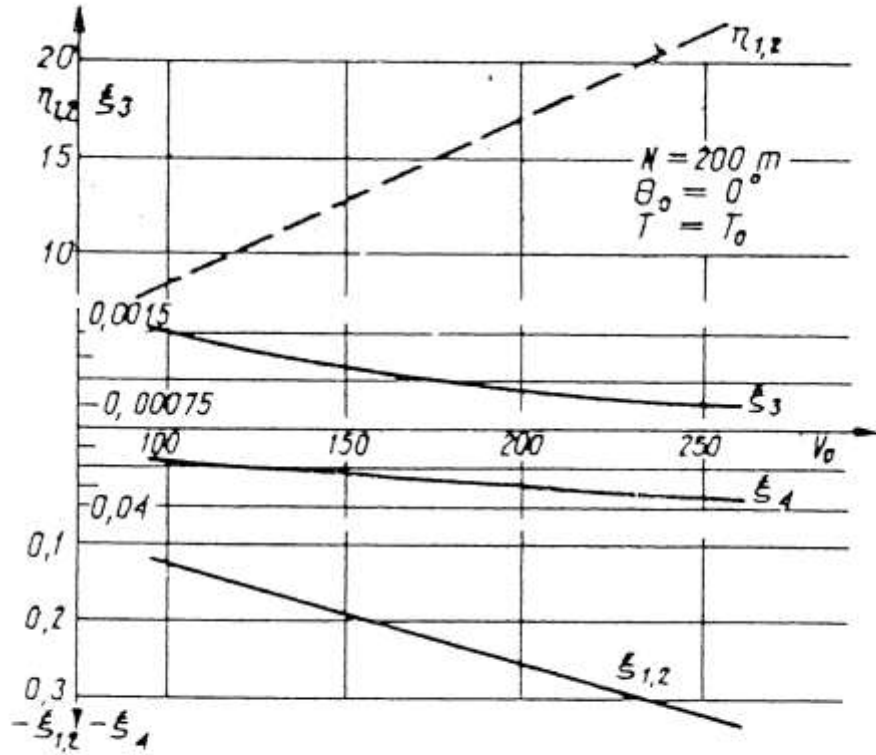
الشكل (6) الترنج في السرعة التصاعديّة للقنبلة $W = W(t)$

وعلى أساس هذه النتائج يبين لنا الشكل (7) أن طيران القنبلة في نهاية مرحلة السقوط يكون دائماً متوازناً حيث $\zeta_{1,2} < 0$ و $\zeta_{3,4} < 0$ و مع ارتفاع السرعة البدائيّة للقذف V_0 تتصاعد بشكل سريع عوامل تقوية القساوة $\eta_{1,2}$ بينما تقل عوامل الاهتزاز $\zeta_{1,2}$ و كما أن زاوية السقوط Θ_k تتعلق بالسرعة البدائيّة V_0 ، حيث إنها تتناقص مع زيادة هذه السرعة.

الشكل (8) يبين لنا أيضاً أن المرحلة البدائيّة للطيران غير متوازنة عندما تكون السرعة البدائيّة عالية وعندها تكون $\zeta_3 > 0$ و قيمة هذا العامل تقل بدرجات قليلة بينما نلاحظ كثافة الذبذبات في المرحلة البدائيّة تكون عالية، وكذلك فإن عامل التقوية للقساوة $\eta_{1,2}$ يقل .



الشكل (7) عوامل تقوية الاهتزاز و كثافة الترنجات (الذبذبات) و زاوية السقوط θ_k و السرعة النهائية V_k في لحظة السقوط (لحظة وصول الهدف).



الشكل (8) عوامل تقوية الاهتزاز و كثافة الترنحات (الذبذبات) كتابع لسرعة القذف V_0 في لحظة البدء .

المراجع:

- 1- ALYOUSEF , Z . S . *Modeowanie i analiza lotu rakiety sterowanej klasy ziemia-powietrze naprowadzanej wiazka* . Praca doctorska , Politechnika warszawska , Poland , 1994 , 175 .
- 2-FISZDOM , w . w . *Mechanica lotu* . tom 1 and 2 , wyd . pwn Warszawa , Poland , 1961 , 333- 355.
- 3-GUTOWSKI , R .S . *Mechanica analityczna* . wyd , PWN, Warszawa, Poland , 1971 , 158.
- 4-MARTIN , D.W . *Runge-Kutta methods for integrating differential equations on high speed digital computer* . The computer journal , PWN, Warszawa , Poland 1958 , 358.
- 5- MARYNIAK , J . *Dynamiczna Teoria Obiektow Ruchomych* . Praca Naukowe pw, Mechanika 3 , PWN, Warszawa , Poland 1975, 128.