



جامعة دمشق
كلية الهندسة المعلوماتية
السنة الثالثة

/مشروع الحسابات العلمية/

محاكاة طائرة مدنية

التقرير النهائي

تقديم:

حمزه تميم سلمان

أحمد نعيم ديش

قصي سمير سلوم

داني موسى الشماس

كابي ميشال الحنا

بإشراف:

المهندسة رؤى الداود

٤	فكرة المحاكاة.....
٥	الدراسة الفيزيائية.....
٥	السكون:.....
٥	قوة الجاذبية:.....
٦	قوة الدعم الأرضي:.....
٦	خلاصة القول:.....
٧	الإقلاع:.....
٧	قوة الجاذبية / الثقل - Weight:.....
٧	قوة الرفع - Lift:.....
٩	قوة الدفع - Thrust:.....
٩	قوة السحب - Drag:.....
١٠	قوة العزم:.....
١١	ملاحظات:.....
١٢	التحليق - الطيران:.....
١٢	قوة الرفع:.....
١٢	قوة المقاومة - السحب:.....
١٢	قوة الثقل (قوة الجاذبية الأرضية):.....
١٣	قوة الدفع:.....
١٣	قوة الجانب:.....
١٤	أيضا من العوامل المؤثرة:.....
١٥	ملاحظات:.....
٢٠	دراسة الخوارزمية.....
٢٠	البيئة المستخدمة:.....
٢٠	طريقة ربط القوانين الفيزيائية برسم الطائرة:.....
٢٠	خوارزمية إيجاد الموقع الجديد للطائرة:.....
٢١	طريقة تطبيق الخوارزمية السابقة برمجياً:.....
٢١	كلاس Airplane لحساب القوى الفيزيائية المؤثرة على حركة الطائرة والباقي الخاص فيه:.....
٢٢	تابع لحساب تسارع القوى المؤثرة:.....
٢٢	توابع حساب القوى الفيزيائية المؤثرة على حركة الطائرة:.....

٢٣	تابع لحساب قوة العزم والتسارع الزاوي:
٢٣	تابع تحديث الحسابات الفيزيائية والموقع الجديد:
٢٤	تابع لإسناد الموقع الجديد والدوران إلى موديل الطائرة:
٢٤	تعريف كائن من Airplane وتابع تحديث المشهد بشكل كامل:
٢٥	مخطط تدفقي لحساب موقع الطائرة تبعا للخوارزمية السابقة:
٢٦	خوارزمية وشرح تحليق الطائرة من الإقلاع إلى الهبوط:
٢٦	الإقلاع - takeoff:
٢٨	ملاحظات:
٢٩	مخطط تدفقي لخوارزمية الإقلاع:
٣٠	التحليق – in-flight:
٣١	مخطط تدفقي لخوارزمية التحليق:
٣٢	الهبوط - Landing:
٣٣	مخطط تدفقي لخوارزمية الهبوط:
٣٤	البرمجة وطرقها
٣٥	الصعوبات
٣٦	النتائج
٣٧	إدارة المشروع
٣٨	المراجع

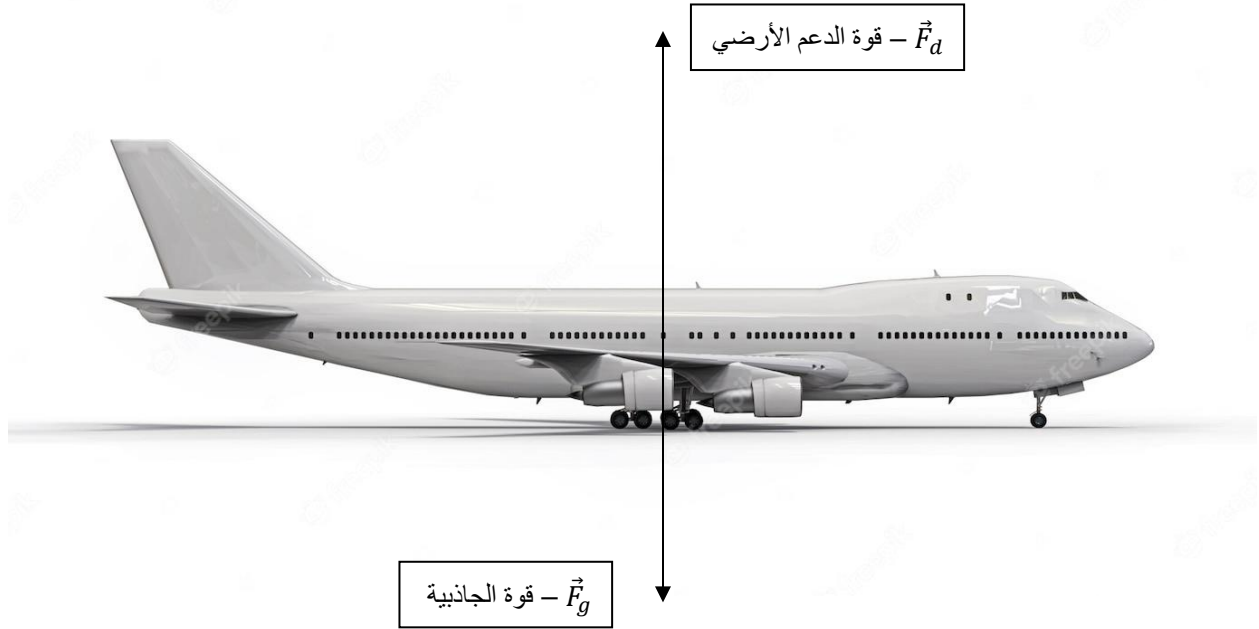
فكرة المحاكاة

محاكاة لتحليق طائرة مدنية وذلك بدءاً من إقلاع الطائرة مروراً بطيرانها على المسار المناسب وهبوطها أخيراً في الموقع المحدد وكل هذا تبعاً للمعطيات (المدخلة من قبل المستخدم) التي تتعلق بصفات الطائرة والبيئة المحيطة والمعطيات المتغيرة مع مسار الرحلة.

الدراسة الفيزيائية

السكون:

عندما تكون الطائرة المدنية في حالة ثبات في المطار، فإن القوى المؤثرة هي:



قوة الجاذبية:

تتأثر الطائرة بقوة الجاذبية التي تنشأ بسبب جاذبية الأرض والتي تسحب الطائرة في اتجاه الأرض. يمكن حساب قوة الجاذبية على الطائرة باستخدام قانون نيوتن الثاني، الذي ينص على أن القوة الناتجة عن تغير سرعة الطائرة هي نسبية لكتلتها وتسارعها، ويمكن تحديد قوة الجاذبية على الطائرة باستخدام المعادلة التالية:

$$\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}$$

حيث:

F_g - قوة الجاذبية، m - كتلة الطائرة، g - تسارع الجاذبية الأرضية.

قوة الدعم الأرضي:

تتأثر الطائرة بقوة الدعم الأرضي التي تتولد من التفاعل بين طائرة الهبوط و سطح المدرج. وبما أن الطائرة في حالة ثبات على الأرض، فإن قوة الدعم الأرضي تعادل قوة الجاذبية، ويمكن تحديد قوة الدعم الأرضي باستخدام قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أنه لكل فعل يوجد رد فعل متساوٍ ومعاكس. ويمكن تحديد قوة الدعم الأرضي باستخدام المعادلة التالية:

$$\vec{F}_g = -\vec{F}_d$$

حيث:

$-F_g$ - قوة الجاذبية وتعادل وزن الطائرة، F_d - قوة الدعم الأرضي ذات القيمة نفسها وبالاتجاه المعاكس.

خلاصة القول:

إنه عند تحليل القوى المؤثرة على الطائرة بالحالة الساكنة، يجب ملاحظة أنه إذا كان الطائرة متوازنة، فإن قيمة القوى المؤثرة عليها تساوي صفر، وهذا يعني أن المجموع النهائي لكل القوى والعزوم المؤثرة عليها يساوي صفر، وبالتالي فإن الطائرة ستبقى في حالة الثبات ولن تتحرك.

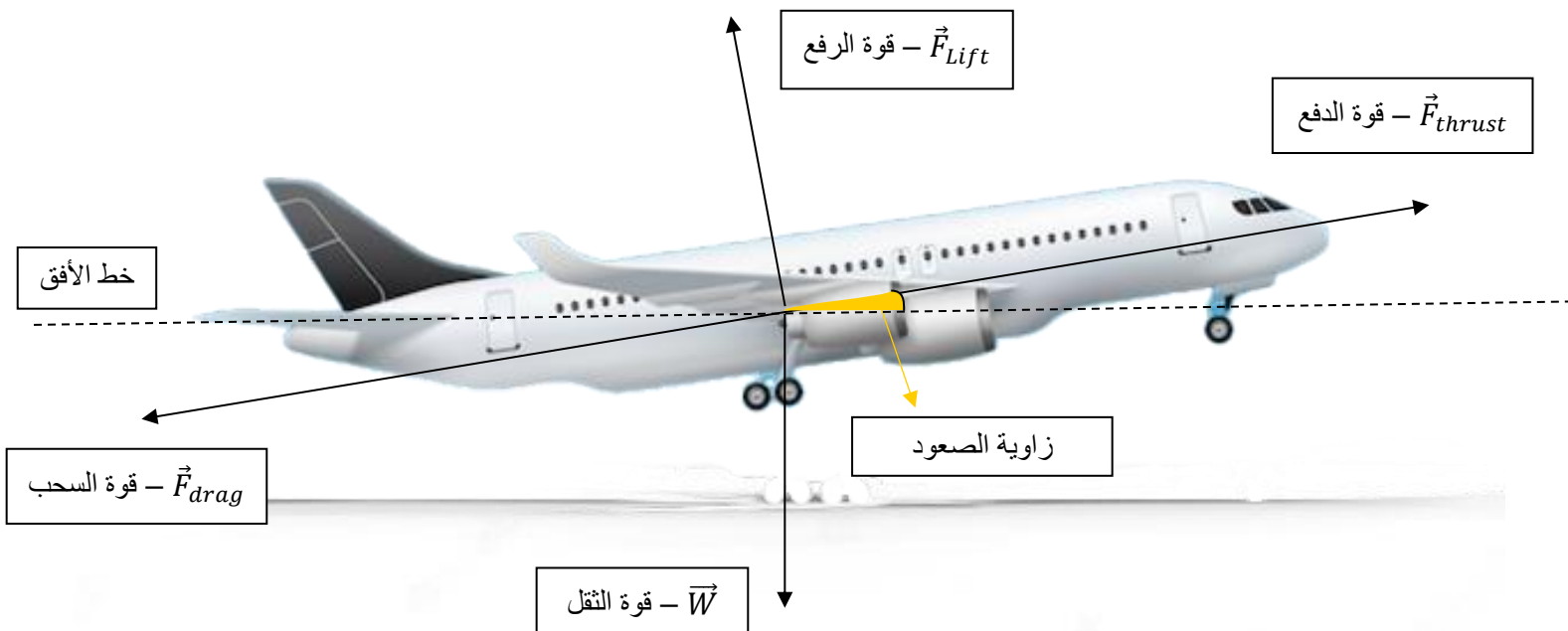
$$\Sigma F = F_g - F_d = 0 \text{ N}$$

حيث:

ΣF - محصلة القوى المؤثرة.

الإقلاع:

في عملية الإقلاع، تتأثر الطائرة بعدة قوى تؤثر على حركتها وإقلاعها، ومن بين هذه القوى:



قوة الجاذبية / الثقل - Weight:

وهي القوة التي تجذب الطائرة باتجاه الأرض، وتعتمد قيمتها على كتلة الطائرة وتساوي مضروب كتلة الطائرة في الثقل النوعي - **قوة الجاذبية**.

قوة الرفع - Lift:

وهي القوة التي ترفع الطائرة في الهواء، وتنتج هذه القوة عندما يتدفق الهواء بسرعة عالية على الأجنحة ويحدث اختلاف في الضغط بين الجانب الأعلى والأسفل من الجناح، مما يؤدي إلى رفع الطائرة، ويتم حساب قوة الرفع باستخدام معادلة بيرنولي (Bernoulli's equation) ومعادلة الحفاظ على الكتلة (Mass conservation equation).

- معادلة الحفاظ على الكتلة: تعبر عن المحافظة على الكتلة الإجمالية للنظام المغلق ويمكن التعبير عنها بالصيغة الرياضية التالية:

$$\Sigma m = constant$$

حيث:

Σm هي مجموع الكتل الداخلة والخارجة من النظام المغلق وتساوي ثابت مع الزمن.

بالنسبة للحركة الجوية، يمكن استخدام معادلة بيرنولي لتحديد الضغط الذي يتولد فوق الجناح وتحتة. وفي حالة الطائرات المدنية، يتم حساب قوة الرفع باستخدام معادلة بيرنولي بالإضافة إلى معادلة الحفاظ على الكتلة، حيث يتم حساب كمية الهواء الذي يمر فوق الجناح وتحتة وتأثيره على الضغط الذي يتولد على الجناح.

ويمكن التعبير عن قوة الرفع بالصيغة الرياضية التالية:

- معادلة بيرنولي التي تصف العلاقة بين سرعة الهواء والضغط المؤثر على الجناح:

$$P + (1/2)\rho v^2 + \rho gh = constant$$

حيث:

P - الضغط، ρ - الكثافة، v - السرعة، g - الثقل النوعي للجاذبية، h - الارتفاع

ويتغير عادة مع تغير الظروف المحيطة.

$$F_L = 0.5\rho V^2 \times S \times C_L$$

حيث:

F_L - قوة الرفع، ρ - كثافة الهواء، V - سرعة الطائرة، S - مساحة الجناح، C_L - معامل الرفع.

C_L : يمثل القوة الإضافية التي تحمل الطائرة في الجو، ويعتمد على عدة عوامل مثل زاوية الهجوم، والشكل الهندسي للجناح وسرعة الهواء النسبية على الجناح.

ولتحديد قوة الرفع بدقة، يجب حساب كمية الهواء التي تمر فوق الجناح وتحتة وتحديد تأثيرها على الضغط الذي يتولد على الجناح. ويتم ذلك باستخدام معادلة الحفاظ على الكتلة، حيث تؤخذ بعين الاعتبار كمية الهواء التي تمر فوق الجناح وتحتة وتحرك بسرعات مختلفة، وتحتفظ بكتلتها الإجمالية. ويمكن التعبير معادلة الحفاظ على الكتلة بالصيغة الرياضية التالية:

$$\rho_1 \times V_1 \times A_1 = \rho_2 \times V_2 \times A_2$$

حيث:

ρ - كثافة الهواء، V - سرعة الهواء، A - مساحة المقطع العرضي للتدفق في كل نقطة.

ويتم استخدام هذه المعادلة لحساب سرعة الهواء الذي يمر فوق الجناح وتحتة، وتحديد تأثيره على الضغط الذي يتولد على الجناح.

قوة الدفع - Thrust:

وهي القوة التي تدفع الطائرة إلى الأمام، وتنتج هذه القوة عندما يتدفق الهواء على المحركات بسرعة عالية ويتم دفعها إلى الخلف باتجاه الطائرة، ويمكن حساب قوة الدفع باستخدام معادلة نيوتن الثالثة (Newton's third law).

$$\vec{F}_{thrust} = m \cdot \vec{a}$$

حيث:

\vec{F}_{thrust} - قوة الدفع، m - كتلة الطائرة، a - تسارع الطائرة.

قوة السحب - Drag:

هي القوة التي تقاوم حركة الطائرة في الهواء، وتنتج هذه القوة نتيجة لاحتكاك الهواء بالطائرة وتعتمد قيمتها على شكل وحجم الطائرة وسرعتها وكثافة الهواء.

لا يمكن حساب قوة السحب كقانون فيزيائي بشكل مباشر، ولكن يمكن استخدام العلاقات الفيزيائية لتقديرها بالاعتماد على المتغيرات الأساسية التي تؤثر عليها. وتعتمد العلاقات الفيزيائية التي تستخدم لحساب قوة السحب على النموذج المستخدم ومدى تعقيده، ولكن بشكل عام، تستخدم العلاقات الفيزيائية التالية لتقدير قوة السحب:

١. قانون نيوتن الثالث:

يقول هذا القانون إنه لكل عملية فعل يوجد رد فعل متساوي القوة ومعاكس الاتجاه. وبالتالي، يمكن استخدام هذا القانون لتفسير قوة السحب على أنها القوة المعاكسة لقوة الدفع، حيث تؤثر على الطائرة بشكل معاكس لقوة الدفع التي تولدها المحركات. ويمكن تمثيله بالمعادلة التالية:

$$\vec{F}_{drag} = - \vec{F}_{thrust}$$

حيث:

$$F_{drag} - \text{قوة السحب، } F_{thrust} - \text{قوة الدفع.}$$

٢. قانون بيرنولي:

عندما يتحرك الهواء عبر جسم معين يتغير الضغط على سطح الجسم ويحدث تدفق للهواء حول الجسم. ويمكن استخدام هذا القانون لحساب قوة السحب بالاعتماد على الضغط والتدفق الهوائي حول الطائرة. ويمكن تمثيل هذا القانون بالمعادلة التالية:

$$F_{drag} = 0.5\rho V^2 \times S \times Cd$$

حيث:

D - قوة السحب، ρ - كثافة الهواء، V - سرعة الطائرة، S - مساحة الجناح، Cd - معامل السحب. Cd : يعتمد على عدة عوامل مثل شكل الطائرة، ونوعية المواد المستخدمة في تصنيع الطائرة، وسرعة الهواء النسبية على الطائرة.

قوة العزم:

القوة التي تؤثر على الطائرة في اتجاه دوراني، وتحدث هذه القوة نتيجة لقوة الدفع المائلة أو الجاذبية المائلة، ويمكن حساب قوة العزم باستخدام معادلات الديناميكا الدورانية.

- معادلة ديناميكية الدوران التي تصف العلاقة بين قوة العزم والزاوية الدورانية وعزم الارتياح، وتستخدم لحساب قوة العزم:

$$\tau = I.\alpha$$

حيث:

τ - قوة العزم، I - عزم الارتياح، α - الزاوية الدورانية.

ملاحظات:

لتحقيق الإقلاع بطريقة آمنة وفعالة، يجب أن يتم حساب هذه القوى وتوازنها بشكل صحيح، وذلك عن طريق تطبيق مبادئ الديناميكا والفيزياء على الحركة الجوية. ويتم تحقيق هذا التوازن بتحديد قيمة سرعة الطائرة وزاوية الصعود المناسبة التي تساعد في تحقيق القوى المذكورة أعلاه، وتحقيق الشروط التالية:

- يجب أن تكون قيمة قوة الرفع أكبر من قيمة قوة الوزن للطائرة.
- أن تكون قيمة قوة الدفع أكبر من قيمة قوة السحب.

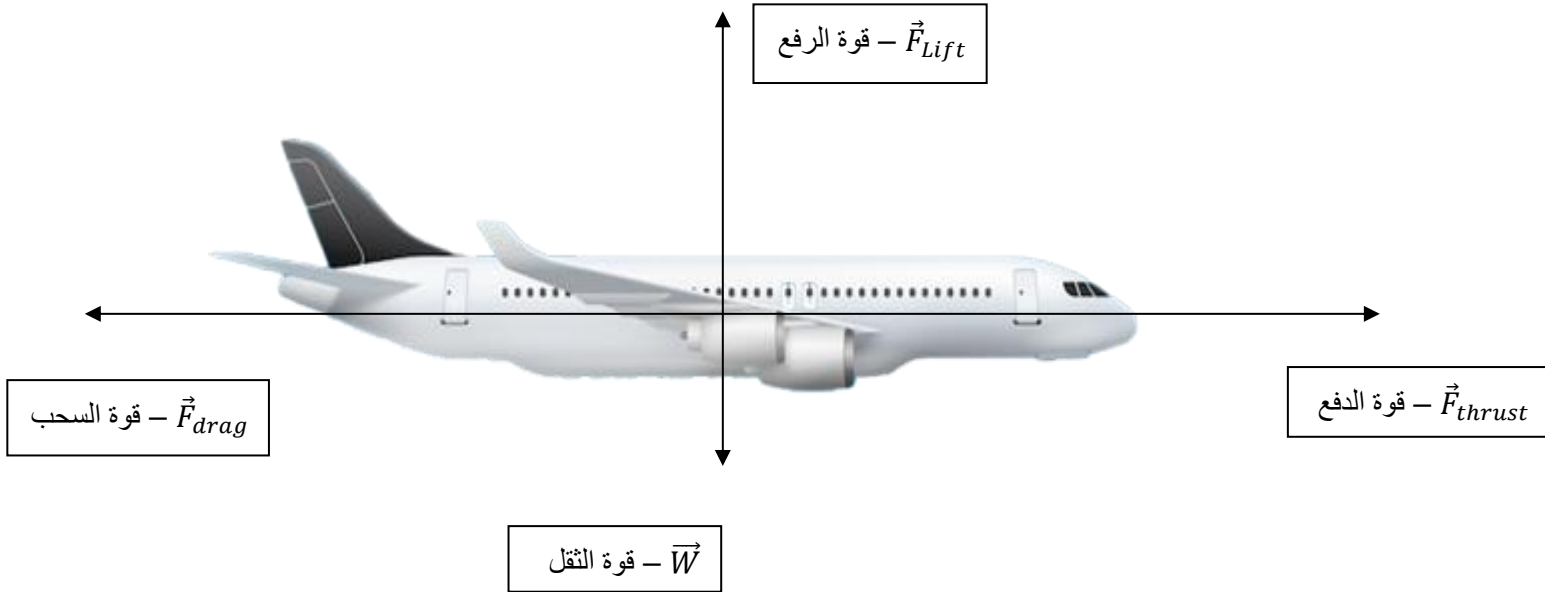
ويتم تحقيق هذا التوازن بواسطة ضبط معدل سرعة الطائرة وزاوية الصعود ومعدل الدفع.

بالإضافة إلى المعادلات الفيزيائية التي ذكرتها، هناك عدة عوامل أخرى تؤثر على عملية الإقلاع للطائرة المدنية. ومن بين هذه العوامل:

- **طول المدرج:** يجب أن يكون طول المدرج كافيًا للسماح بتسارع الطائرة والإقلاع بشكل آمن. وتعتمد طول المدرج على الحمولة والسرعة التي يتم الإقلاع بها، ويتم حسابها باستخدام معادلات الديناميكا.
- **درجة حرارة الهواء:** يؤثر ارتفاع درجة حرارة الهواء على قدرة الطائرة على الإقلاع، حيث تزيد درجة حرارة الهواء من كثافته وتقلل من قوة الرفع، مما يجعل من الصعب على الطائرة الإقلاع في الظروف الحارة. ويمكن حساب تأثير درجة حرارة الهواء باستخدام معادلات الغاز.
- **الرياح:** يؤثر اتجاه وسرعة الرياح على عملية الإقلاع، حيث تزيد الرياح العرضية من قوة السحب وتخفض من قوة الرفع، ويمكن حساب تأثير الرياح باستخدام معادلات الديناميكا.
- **الوقود:** يجب حساب كمية الوقود المطلوبة للطائرة بدقة، حيث تزيد الوزن الزائد من قوة الجاذبية وتتأثر بالتالي عملية الإقلاع. ويمكن حساب كمية الوقود المطلوبة باستخدام معادلات الحركة الخطية.
- **الحمولة:** يجب أخذ حمولة الطائرة في الاعتبار عند حساب قوى الجاذبية والرفع، حيث تزيد الحمولة عن وزن الطائرة الفارغة وتؤثر على قوة الجاذبية. ويمكن حساب تأثير الحمولة باستخدام معادلات الحركة الخطية.
- **التضاريس:** يؤثر نوع التضاريس على قوة الرياح والتيارات الجوية، مما يؤثر على عملية الإقلاع. ويتم حساب تأثير التضاريس باستخدام بيانات الرصد الجوي والمعلومات الجغرافية.
- **زاوية الصعود:** يجب اختيار الزاوية الصعود المناسبة للطائرة، حيث يجب أن تكون الزاوية كافية لتحقيق قوة الرفع اللازمة ولكن لا تزيد عن الحد الأقصى المسموح به للطائرة. ويمكن حساب الزاوية الصعود باستخدام معادلات الحركة الزاوية.

التحليق - الطيران:

القوى الرئيسية المؤثرة على الطائرة خلال التحليق:



قوة الرفع:

هي القوة التي تحمل الطائرة في الجو، وتنتج عن تدفق الهواء على أجنحة الطائرة. ويمكن حساب قوة الرفع باستخدام معادلة الرفع.

$$F_{Lift} = 0.5\rho V^2 \times S \times C_{Lift}$$

حيث:

F_{Lift} - قوة الرفع، ρ - كثافة الهواء، V - سرعة الطائرة، S - مساحة الجناح، C_{Lift} - معامل الرفع.
 C_L : يمثل القوة الإضافية التي تحمل الطائرة في الجو، ويعتمد على عدة عوامل مثل زاوية الهجوم، والشكل الهندسي للجناح وسرعة الهواء النسبية على الجناح.

قوة المقاومة - السحب:

هي القوة التي تقاوم حركة الطائرة في الجو، وتنتج عن احتكاك الطائرة مع الهواء. ويمكن حسابها باستخدام معادلة السحب.

قوة الثقل (قوة الجاذبية الأرضية):

هي القوة التي تسحب الطائرة نحو الأسفل وتعتمد على كتلة الطائرة ويمكن حسابها كالآتي:

$$\vec{W} = m \cdot \vec{g}$$

حيث:

m - كتلة الإجمالية للطائرة، g - تسارع الجاذبية الأرضية.

قوة الدفع:

هي القوة التي تساعد الطائرة على التحرك إلى الأمام وتنتج عن محركات الطائرة. ويمكن حساب الدفع باستخدام معادلة الدفع:

$$T = F \times v$$

حيث:

T - قوة الدفع، F - القوة المولدة من المحركات، v - سرعة الخروج للغازات المحركة.

قوة الجانب:

تنشأ قوة الجانب (Lateral Force) عندما يتغير اتجاه الطائرة ويتحرك جانبيًا، وتؤثر على حركة الطائرة بالتأثير على الزاوية الجانبية والميلان والسرعة وغيرها من العوامل. ويعتمد حساب قوة الجانب على العلاقات الفيزيائية التي تحكم حركة الطائرة في الهواء، وتعتمد على عدة عوامل، منها الميلان والزاوية الجانبية والسرعة وخصائص الهواء المحيط بها.

- **الميلان:** يؤثر الميلان على قوة الجانب بشكل مباشر، حيث يؤدي إلى تغير اتجاه الطائرة جانبيًا وبالتالي يؤثر على القوة المولدة في الاتجاه الجانبي. ويمكن تمثيل الميلان بالرمز الرياضي β .
- **الزاوية الجانبية:** تؤثر الزاوية الجانبية على قوة الجانب بشكل حاسم، حيث تحدد الاتجاه الذي تتحرك به الطائرة جانبيًا وتحدد شدة القوة المولدة في الاتجاه الجانبي. ويمكن تمثيل الزاوية الجانبية بالرمز الرياضي Ψ (yaw angle).
- **السرعة:** تؤثر السرعة على قوة الجانب بشكل مباشر، حيث تحدد شدة القوة المولدة في الاتجاه الجانبي. ويمكن تمثيل السرعة بالرمز الرياضي V .
- **خصائص الهواء:** تؤثر خصائص الهواء المحيط بالطائرة، مثل الكثافة واللزوجة والضغط، على قوة الجانب بشكل مباشر، حيث تؤثر على تدفق الهواء حول الطائرة وتحدد شدة القوة المولدة في الاتجاه الجانبي.

يتم استخدام علاقات فيزيائية معقدة لتحديد قوة الجانب بالاعتماد على هذه العوامل المختلفة، ويمكن تحسين تصميم الطائرات وتحسين الكفاءة الوقودية بالاعتماد على تحليل وتحديد العوامل التي تؤثر على قوة الجانب. ومن العلاقات الفيزيائية التي تستخدم لحساب قوة الجانب:

١. قانون نيوتن الثاني:

يقول هذا القانون إن القوة المؤثرة على جسم يساوي معدل تغير الكمية الحركية للجسم، ويمكن استخدام هذا القانون لحساب قوة الجانب باعتبارها القوة المؤثرة على الطائرة نتيجة تغير اتجاهها جانبيًا. ويمكن تمثيل هذا القانون بالمعادلة التالية:

$$\vec{F}_{Lateral} = m \cdot \vec{a}$$

حيث:

$F_{Lateral}$ - قوة الجانب، m - كتلة الطائرة، a - التسارع الجانبي للطائرة.

٢. قانون بيرنولي:

يمكن استخدام **قانون بيرنولي** أيضًا لتقدير قوة الجانب، حيث يوضح هذا القانون العلاقة بين الضغط والسرعة والارتفاع في الهواء وذلك بحساب قيم القانون حسب الحالة الجانبية.

أيضا من العوامل المؤثرة:

- الاتجاه: يمثل الزاوية التي يتحرك بها الطائرة في الجو، ويمكن حسابه باستخدام معادلة الاتجاه:

$$\tan(\theta) = W/L$$

حيث:

θ - الزاوية بين الطائرة والأفق، W - وزن الطائرة، L - قوة الرفع.

- التسارع يمثل تغير السرعة مع الزمن، ويمكن حسابه باستخدام قانون نيوتن الثاني للحركة:

$$F = m \cdot a$$

ملاحظات:

بالإضافة إلى القيم الثابتة التي تظهر في المعادلات المذكورة أعلاه، هناك بعض القيم التي تتغير باستمرار أثناء حركة الطائرة، ومن بين هذه القيم:

- **سرعة الطائرة:** تتغير باستمرار بسبب التحولات والتغيرات في الاتجاه والارتفاع والسرعة المطلوبة لتحقيق الرحلة المخططة ويمكن حسابها بالقوانين التالية.

١. المسافة على الزمن:

$$v = d/t$$

٢. قانون بيت:

$$v^2 = 2 \times p \times (P_1 - P_2) / \rho$$

حيث:

v - سرعة الهواء النسبية للطائرة، p - الضغط الجوي، P_1 - الضغط على الجناح العلوي للطائرة،

P_2 - الضغط على الجناح السفلي للطائرة، ρ - كثافة الهواء

٣. قانون دوبلر:

$$v = f_0 * (c \pm v_0) / (c \pm v)$$

حيث:

v - سرعة الطائرة، f_0 - تردد الموجة الصوتية المنبعثة من الطائرة، v_0 - سرعة الصوت،

c - سرعة الموجات الصوتية في الهواء.

يجب الإشارة إلى أن هذه العلاقات الفيزيائية هي بعض العلاقات الأساسية المستخدمة لحساب سرعة الطائرة المدنية، وتختلف العلاقات المستخدمة اعتمادًا على طريقة القياس والظروف الجوية المحيطة بالطائرة. ويجب الإشارة إلى أن استخدام هذه العلاقات يتطلب معرفة دقيقة بالظروف الجوية المحيطة بالطائرة وتقنيات القياس المتاحة، وتطبيق العلاقات بشكل صحيح يحتاج للحصول على قيم دقيقة للمتغيرات المستخدمة في العلاقات.

- سرعة الهواء النسبية على الطائرة:

تتغير بسبب التغيرات في الاتجاه وسرعة الطائرة والتغيرات في سرعة الرياح وارتفاع الطائرة، ويتم حسابها بقانون بيت.

$$v^2 = 2 \times p \times (P_1 - P_2) / \rho$$

ويمكن حل هذه العلاقات الرياضية للحصول على قيمة سرعة الهواء النسبية للطائرة، وذلك باستخدام القيم المعروفة للمتغيرات في العلاقة.

على سبيل المثال:

إذا كان الضغط الجوي p يساوي $101325 Pa$ ، وكان الضغط على الجناح العلوي P_1 يساوي $101500 Pa$ ، وكان الضغط على الجناح السفلي P_2 يساوي $101200 Pa$ ، وكانت كثافة الهواء ρ تساوي $1.225 Kg/m^3$ ، فإن سرعة الهواء النسبية على الطائرة يمكن حسابها عن طريق حل العلاقة السابقة، كما يلي:

$$V^2 = 2 \times 101325 \times (101500 - 101200) / 1.225$$

$$V^2 = 2 \times 101325 \times 300 / 1.225$$

$$V^2 = 2 * 78,090,000 / 1.225$$

$$V^2 = 127,204,081$$

$$V = \sqrt{127,204,081}$$

$$V = 11,276.7 m/s$$

- معامل الرفع - C_{Lift} ومعامل المقاومة - C_{drag} :

يتأثران بتغيرات في زاوية الهجوم وسرعة الهواء النسبية على الجناح وشكل الطائرة ومواد تصنيع الطائرة.

يمكن استخدام قانونين فيزيائيين لحساب معامل الرفع ومعامل المقاومة الذين يؤثران على حركة الطائرة المدنية. وفيما يلي الرموز والعلاقات الرياضية لهذين القانونين:

١. قانون الرفع:

$$F_{Lift} = 0.5\rho V^2 \times S \times C_{Lift}$$

٢. قانون المقاومة:

$$F_{drag} = 0.5\rho V^2 \times S \times C_{drag}$$

- القوة المولدة من المحركات:

تتغير بسبب تعديلات في قوة الدفع وسرعة الخروج للغازات المحركة. تقوم محركات الطائرات المدنية بدفع كمية كبيرة من الهواء الخلفي بشكل سريع، وتسبب هذه العملية إنتاج قوة دفع تدفع الطائرة إلى الأمام، يمكن حساب قوة الدفع باستخدام العلاقة التالية:

$$Thrust\ force = mass\ flow\ rate \times exit\ velocity$$

حيث:

mass flow rate – كمية الهواء التي يمر عبر المحرك في وحدة الوقت

exit velocity – سرعة الهواء الخارجة من المحرك.

- الزاوية بين الطائرة والأفق:

تتغير بسبب تحريك المناورات الجوية للطائرة وتغيرات في قوة الرفع ووزن الطائرة، يمكن حسابها باستخدام قانون الجاذبية الأرضية وزاوية الميلان الطولي للطائرة. ويمثل هذا القانون العلاقة بين متجهات القوة والزاوية بينها حيث يمكن استخدام القانون التالي لحساب الزاوية بين الطائرة والأفق:

$$\tan(\theta) = g \times \cos(\varphi) / V$$

حيث:

θ – الزاوية بين الطائرة والأفق، $g \approx 9.81$ – قوة الجاذبية الأرضية، φ – زاوية الميلان الطولي للطائرة،

V – سرعة الطائرة النسبية للهواء

- **الارتفاع:** يؤثر ارتفاع الطائرة على قوة الرفع وقوة المقاومة، حيث تقل كثافة الهواء وقوة الرفع عند الارتفاع، وتتأثر قوة المقاومة بنفس الطريقة. ويمكن حساب تأثير الارتفاع باستخدام معادلات الديناميكا الحرارية.
- **درجة الحرارة:** تؤثر درجة الحرارة على كثافة الهواء وقوة الرفع وقوة المقاومة، ومن ثم تؤثر على الطيران.
- **الرياح:** تؤثر الرياح على عملية الطيران بطريقة مماثلة لتأثيرها على عملية الإقلاع، حيث تساعد الرياح على تحقيق السرعة.
- **الحمولة:** يؤثر حجم الحمولة على الطائرة على قوة الجاذبية وقوة الرفع، ومن ثم يؤثر على الطيران. ويمكن حساب تأثير الحمولة باستخدام معادلات الديناميكا.
- **الزاوية الهجومية:** يجب تحديد الزاوية الهجومية المثلى للجناح لتحقيق أقصى قدر من قوة الرفع، ويمكن حسابها باستخدام معادلات الديناميكا الحرارية.
- **الإجهاد والتآكل:** يتعرض جسم الطائرة للإجهاد والتآكل بفعل الأحمال والتعرض للعوامل الخارجية، ومن ثم يؤثر على عملية الطيران. ويتم تقييم الإجهاد والتآكل باستخدام تقنيات الاختبارات غير التدميرية والتحليل الفيزيائي.
- **الحالة الجوية:** تؤثر الحالة الجوية على الطيران بشكل كبير، حيث تؤثر على قوة الرفع وقوة المقاومة والرياح والرطوبة والضغط الجوي والرؤية وغيرها من العوامل. ويتم تحديد الحالة الجوية باستخدام معدات القياس المختلفة ومعلومات الطقس المتاحة.
- **الحركة الهوائية:** تؤثر حركة الهواء على الطيران بشكل كبير، حيث يمكن أن تؤدي إلى اضطرابات في الطيران مثل الاهتزازات والتقلبات في المسار والسرعة. ويتم تقييم حركة الهواء باستخدام معدات الرصد المختلفة وتقنيات التحليل الفيزيائي.
- **الضغط الجوي:** يؤثر الضغط الجوي على عملية الطيران بشكل كبير، حيث يتأثر به الهواء المحيط بالطائرة، ويتأثر بدوره بقوة الرفع وقوة المقاومة. وتختلف قوة الضغط الجوي باختلاف الارتفاع ودرجة الحرارة والرطوبة في الجو.

$$P = 0.5\rho V^2 \times S \times C_{drag}$$

- **سرعة الرياح:** يتأثر الطيران بسرعة الرياح، حيث يؤثر على قوة الرفع وقوة المقاومة ويمكن أن يؤدي إلى اضطرابات في المسار والسرعة.

- **الرؤية:** يجب أن تكون الرؤية جيدة في عملية الطيران، حيث تؤثر على قدرة الطيار على التحكم بالطائرة واتخاذ القرارات الصحيحة. ويتأثر الرؤية بعدة عوامل مثل الضباب والغيوم والأمطار والثلوج والغبار والدخان وغيرها.
- **الاتجاهات الهوائية:** تتأثر الطائرة بالاتجاهات الهوائية المختلفة مثل التيارات الهوائية والدوامات والتيارات الهابطة والصاعدة وغيرها، ويمكن أن تؤثر على قدرة الطيار على التحكم بالطائرة.
- **الحمولة الديناميكية:** تتأثر الطائرة بالحمولة الديناميكية التي تتغير باستمرار خلال الرحلة، ويمكن أن تؤثر على قدرة الطيار على التحكم بالطائرة وتحقيق الاستقرار اللازمة للطيران.
- **الاهتزازات والتقلبات:** تتعرض الطائرة للاهتزازات والتقلبات خلال الرحلة، ويمكن أن تؤثر على قدرة الطيار على التحكم بالطائرة وتأثيرها على راحة الركاب والطواقم. ويتم التعامل مع هذه الظواهر بواسطة تقنيات الهندسة الفيزيائية وتصميم الطائرات بطريقة تحد من هذه الاهتزازات.
- **التكنولوجيا:** تتطور التكنولوجيا باستمرار في صناعة الطائرات المدنية، وتؤثر على عملية الطيران وأداء الطائرات. وتشمل التكنولوجيا الجديدة أنظمة الملاحة والتحكم والمراقبة والأجهزة الإلكترونية المتطورة والمواد الجديدة المستخدمة في تصنيع الطائرات. وتهدف هذه التحديثات إلى تحسين أداء الطائرات وزيادة سلامة الطيران وتحسين تجربة الركاب.

دراسة الخوارزمية

البيئة المستخدمة:

مكتبة three.js، وهي مكتبة رسومية – 3D Graphics Library مفتوحة المصدر، تم تطويرها باستخدام لغة JavaScript.

سبب الاستخدام:

- وجود العديد من الكيانات – objects مثل: light – materials – shapes والممكن استخدامها في بناء مشهد الرسم الثلاثي الأبعاد والتحكم فيه.
- العرض / Rendering – إظهار محتوى المشهد بسرعة وبدقة عالية.
- التفاعلية / interactivity - يمكن للمستخدم التفاعل مع المشهد.
- Animation – التحكم بحركة الـ objects بسهولة.

طريقة ربط القوانين الفيزيائية برسم الطائرة:

خوارزمية إيجاد الموقع الجديد للطائرة:

يمكن استنتاج موقع الطائرة في كل لحظة من خلال حساب القوى المؤثرة عليها والتسارعات الناتجة عنها، ومن ثم حساب الموقع الجديد والسرعة الجديدة للطائرة.

١. حساب القوى الخمسة المؤثرة:

قوة الجاذبية	قوة الرفع	قوة الدفع	قوة السحب	قوة العزم
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------

٢. بعد حساب هذه القوى والتسارعات الناتجة عنها، يمكن حساب الموقع الجديد للطائرة باستخدام القانون:

$$x_{new} = x_{old} + v \times dt + 0.5 \times a \times dt^2$$

لـ حيث x_{new} هو الموقع الجديد، x_{old} هو الموقع القديم، v هي السرعة الجديدة، a هو التسارع الجديد، و dt هو الفاصل الزمني بين اللحظتين.

٣. ويمكن حساب السرعة الجديدة للطائرة باستخدام القانون:

$$v_{new} = v_{old} + a \times dt$$

حيث v_{new} هي السرعة الجديدة، v_{old} هي السرعة القديمة، و a هو التسارع الجديد.

٤. وبعد حساب الموقع الجديد والسرعة الجديدة، يمكن استخدام three.js لرسم الطائرة في الموقع الجديد. يتم تطبيق هذه العمليات بشكل متكرر في كل لحظة من خلال تحديث حالة الطائرة وحساب الموقع والسرعة الجديدة باستخدام البيانات الجديدة للقوى والتسارعات.

طريقة تطبيق الخوارزمية السابقة برمجياً:

كلاس Airplane لحساب القوى الفيزيائية المؤثرة على حركة الطائرة والبابي الخاص فيه:

```
1  const R = 287.058
2
3  class Airplane {
4    constructor(mass, gravity, area, temperature, pressure, thrust, liftCoefficient, dragCoefficient, momentOfInertia) {
5      this.mass = mass;
6      this.gravity = gravity;
7      this.area = area;
8      this.airDensity = pressure / (R * temperature);
9      this.thrust = thrust;
10     this.liftCoefficient = liftCoefficient;
11     this.dragCoefficient = dragCoefficient;
12     this.momentOfInertia = momentOfInertia;
13     this.angularAcceleration = angularAcceleration;
14     this.position = new THREE.Vector3();
15     this.velocity = new THREE.Vector3();
16     this.acceleration = new THREE.Vector3();
17     this.rotation = new THREE.Euler();
18     this.angularVelocity = new THREE.Vector3();
19     this.angularAcceleration = new THREE.Vector3();
20   }
```

يتم إدخال المتغيرات لبناء كائن من Airplane وهي:

- كتلة الطائرة الكلية - mass.
 - الجاذبية.
 - مساحة سطح الجناح - area.
 - الحرارة - temperature والضغط - pressure.
 - تسارع قوة دفع المحرك - thrust.
 - معامل الرفع - liftCoefficient.
 - معامل السحب - dragCoefficient.
 - عزم القصور الذاتي - momentOfInertia.
- بالإضافة إلى وجود ال attributes التالية:
- كثافة الهواء - airDensity.
 - الموقع والسرعة والتسارع بالإضافة إلى السرعة الزاوية والتسارع الزاوي، ودوران الطائرة - rotation.
 - وثابت: R - ثابت غازي للهواء الجاف.

تابع لحساب تسارع القوى المؤثرة:

وذلك بقسمة القوة - force (المحسوبة في [التوابع التالية](#)) على الكتلة - mass ومنه نجد التسارع الجديد.

```
1  applyForce(force) {  
2      const acceleration = force.clone().divideScalar(this.mass);  
3      this.acceleration.add(acceleration);  
4  }
```

توابع حساب القوى الفيزيائية المؤثرة على حركة الطائرة:

```
1  calculateGravity() {  
2      const gravityForce = new THREE.Vector3(0, -this.mass * this.gravity, 0);  
3      this.applyForce(gravityForce);  
4  }  
5  
6  calculateLift() {  
7      const velocitySquared = this.velocity.lengthSq();  
8      const liftForce = new THREE.Vector3(0, 0.5 * this.airDensity * velocitySquared * this.area * this.liftCoefficient, 0);  
9      this.applyForce(liftForce);  
10 }  
11  
12 calculateThrust() {  
13     const thrustForce = this.thrust.clone().multiplyScalar(this.mass);  
14     this.applyForce(thrustForce);  
15 }  
16  
17 calculateDrag() {  
18     const velocitySquared = this.velocity.lengthSq();  
19     const dragForce = new THREE.Vector3(0, -0.5 * this.airDensity * velocitySquared * this.area * this.dragCoefficient, 0);  
20     this.applyForce(dragForce);  
21 }
```

حساب قوة الجاذبية:

- المدخلات: الكتلة وتسارع الجاذبية.

حساب قوة الرفع:

- المدخلات: السرعة، كثافة الهواء، مساحة سطح الجناح ومعامل الرفع.

حساب قوة الدفع:

- المدخلات: الكتلة وتسارع دفع المحرك.

حساب قوة السحب: المدخلات: السرعة، كثافة الهواء، مساحة سطح الجناح ومعامل السحب.

ونحتاج هذه التوابع يستخدم في تابع
applyForce
لحساب التسارع

```
1 calculateTorque() {
2     const torque = new THREE.Vector3(0, 0, this.momentOfInertia * this.angularAcceleration.z);
3     this.applyTorque(torque);
4 }
5
6 applyTorque(torque) {
7     const angularAcceleration = torque.clone().divideScalar(this.momentOfInertia);
8     this.angularAcceleration.add(angularAcceleration);
9 }
```

حساب قوة العزم:

- المدخلات: عزم القصور الذاتي والتسارع الزاوي.
- الناتج يستخدم في تابع applyTorque لإضافة التسارع الزاوي الجديد.

تابع تحديث الحسابات الفيزيائية والموقع الجديد:

```
1 update(dt) {
2     this.calculateGravity();
3     this.calculateLift();
4     this.calculateThrust();
5     this.calculateDrag();
6     this.calculateTorque();
7
8     this.velocity.add(this.acceleration.clone().multiplyScalar(dt));
9     this.position.add(this.velocity.clone().multiplyScalar(dt));
10    this.angularVelocity.add(this.angularAcceleration.clone().multiplyScalar(dt));
11    this.rotation.z += this.angularVelocity.z * dt;
12    this.acceleration.set(0, 0, 0);
13    this.angularAcceleration.set(0, 0, 0);
14 }
```

- المدخلات: فرق الزمن - dt.
- حساب السرعة والموقع الجديدين بالإضافة الى الدوران.
- إعادة تصفير قيم التسارع والتسارع الزاوي

تابع لإسناد الموقع الجديد والدوران إلى موديل الطائرة:

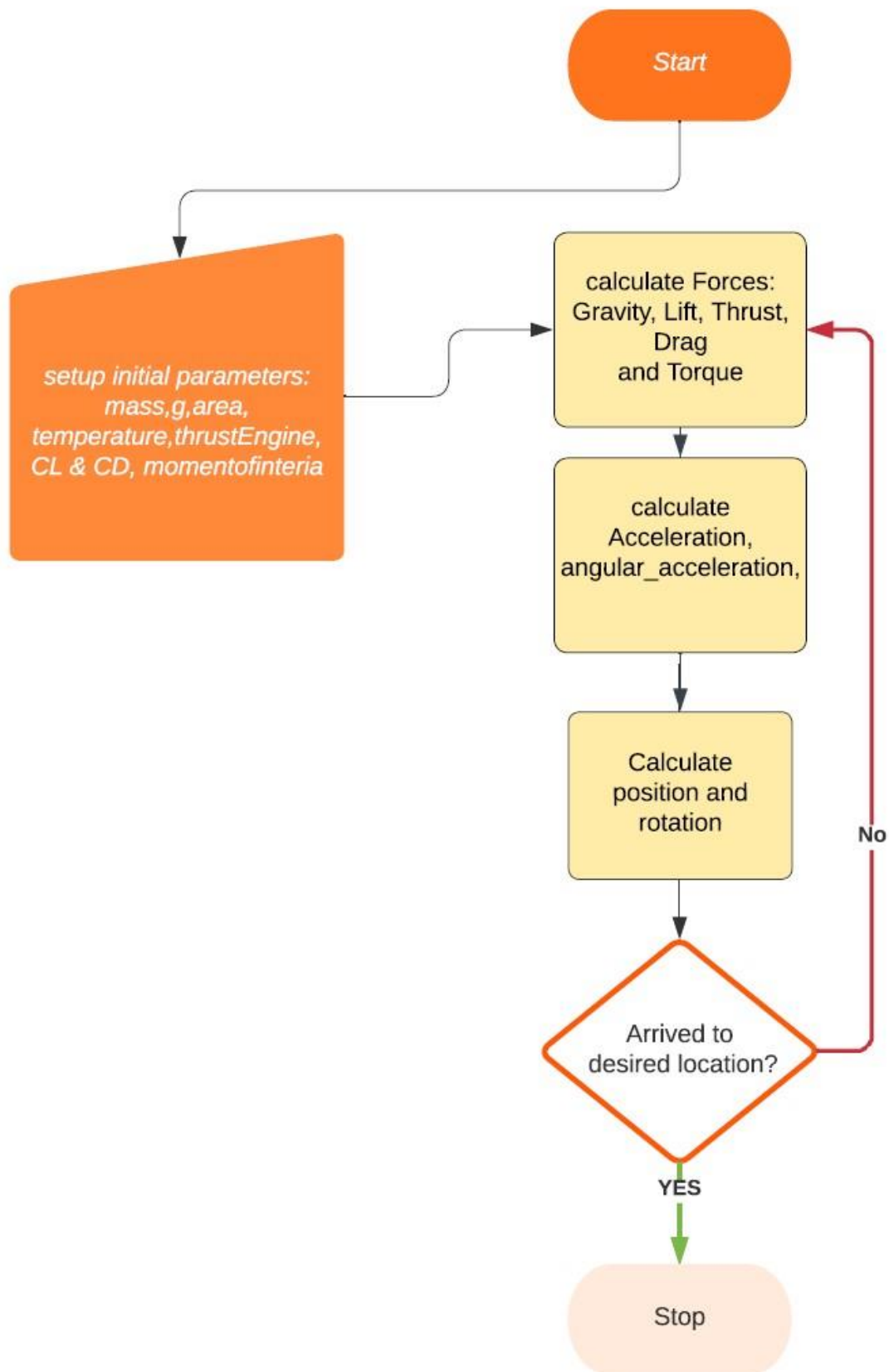
```
1 draw() {
2   const position = new THREE.Vector3(this.position.x, this.position.y, this.position.z);
3   const rotation = new THREE.Euler(0, 0, this.rotation.z);
4   airplaneMesh.position.copy(position);
5   airplaneMesh.rotation.copy(rotation);
6 }
```

تعريف كائن من Airplane وتابع تحديث المشهد بشكل كامل:

```
1 const airplane = new Airplane(mass, gravity, area, temperature, pressure, thrust,
2   liftCoefficient, dragCoefficient, momentOfInertia, angularAcceleration);
3
4 function animate() {
5   const dt = clock.getDelta();
6   airplane.update(dt);
7   airplane.draw();
8   renderer.render(scene, camera);
9   requestAnimationFrame(animate);
10 }
```

- تحديث الحسابات الفيزيائية.
- نسخ الموقع الجديد الى موديل الطائرة.

مخطط تدفقي لحساب موقع الطائرة تبعا للخوارزمية السابقة:



خوارزمية وشرح تحليل الطائرة من الإقلاع إلى الهبوط:

الإقلاع - takeoff:

تبدأ عملية الإقلاع للطائرة المدنية بعد عدة خطوات مهمة. يجب التأكد من أن كل شيء في حالة جيدة وجاهزة للإقلاع.

- التأكد من أن ثقل الطائرة والركاب ضمن الحد المعقول – أقصى حد تقريبا ٥٠٠ طن.
- فحص كمية الوقود المناسبة تبعا لكتلة الطائرة ومسافة الرحلة.
- تشغيل المحركات.

تعمل المحركات في الطائرة المدنية عن طريق إدخال الوقود والهواء إلى مجموعة من الأنابيب الداخلية المعروفة باسم "المكبس". يتم حرق الوقود داخل المكبس وتوليد الغازات الساخنة التي تتمدد وتحرك مرفق الطائرة (crankshaft)، الذي يحرك المروحة (fan) على الجانب الأمامي للمحرك. تمرر هذه الحركة إلى مراوح الدفع الرئيسية الخلفية، حيث تحرك الهواء الخلفي وتولد القوة الدافعة التي تدفع الطائرة إلى الأمام.

✚ درجة الحرارة الجوية: تؤثر درجة الحرارة الجوية على كثافة الهواء المحيط، فعندما تكون درجة الحرارة أكثر ارتفاعًا، يصبح الهواء أقل كثافة، وبالتالي يحتاج المحرك إلى مزيد من الوقود لتوليد القوة الدافعة.

✚ عندما تبدأ المحركات في توليد الدفع، فإن القوة الناتجة ستزداد بشكل تدريجي، مما يؤدي إلى زيادة التسارع وبالتالي زيادة سرعة الطائرة.

✚ تحديد سرعة الإقلاع:

السرعة الماسية للإقلاع (V_{stall}) هي الحد الأدنى لسرعة الطائرة التي يمكنها الإقلاع عندما تكون الطائرة محملة بالحد الأقصى للوزن المسموح بها. يمكن تقريب قيمة V_{stall} باستخدام المعادلة التالية:

$$V_{stall} = \sqrt{\frac{2W}{S \times \rho \times CL_{max}}}$$

✚ السرعة المطلوبة للإقلاع (V_r – Rotation Speed) هي السرعة التي يجب أن تصل إليها الطائرة قبل أن تتمكن من الإقلاع، ويمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية:

$$V_r = 1.2 \times V_{stall}$$

- ✚ زاوية الصعود هي الزاوية بين مسار الطائرة والأفق، وتتحكم فيها قوة الرفع وقوة الثقل.
- يمكن تقريب زاوية الصعود بحوالي ١٥ درجة إلى ٢٠ درجة للطائرات الصغيرة وحوالي ٥ درجات إلى ١٠ درجات للطائرات الكبيرة.
 - يمكن تعديل زاوية الصعود بتغيير زاوية الهجوم (angle of attack) للجناح، حيث تزداد زاوية الهجوم بزيادة قوة الرفع وتصغر مع زيادة المقاومة الجوية.
 - يمكن حساب زاوية الصعود θ باستخدام المعادلة التالية:

$$\theta = \arcsin(\text{Weight}/\text{Lift})$$

ومن المهم التأكد من أن الزاوية الصعود لا تزيد عن الحد الأقصى المسموح بها للطائرة، حيث يمكن أن تؤدي زيادة زاوية الصعود إلى انخفاض سرعة الطائرة وزيادة المقاومة الجوية، مما يؤدي إلى تقليل الكفاءة الحركية للطائرة وتعريضها لخطر السقوط.

✚ أما بالنسبة للارتفاع الذي ستصعد إليه الطائرة خلال الرحلة، فسيتم تحديده بمراعاة العوامل التالية:

- ↳ سرعة الطائرة: يجب معرفة سرعة الطائرة خلال الرحلة.
- ↳ طول المدرج: يجب معرفة طول المدرج المتاح للإقلاع والهبوط.

$$\text{Required height} = \text{Runaway Length} + \left(\frac{v^2}{a \times g} \right)$$

ملاحظات:

✚ يجب ملاحظة أنه يمكن تقريب قيم كثافة الهواء بحالة الطيران في الارتفاعات المنخفضة عن طريق استخدام القيم القياسية للضغط ودرجة الحرارة والرطوبة في مستوى سطح البحر، والتي تقدر عادة عند:

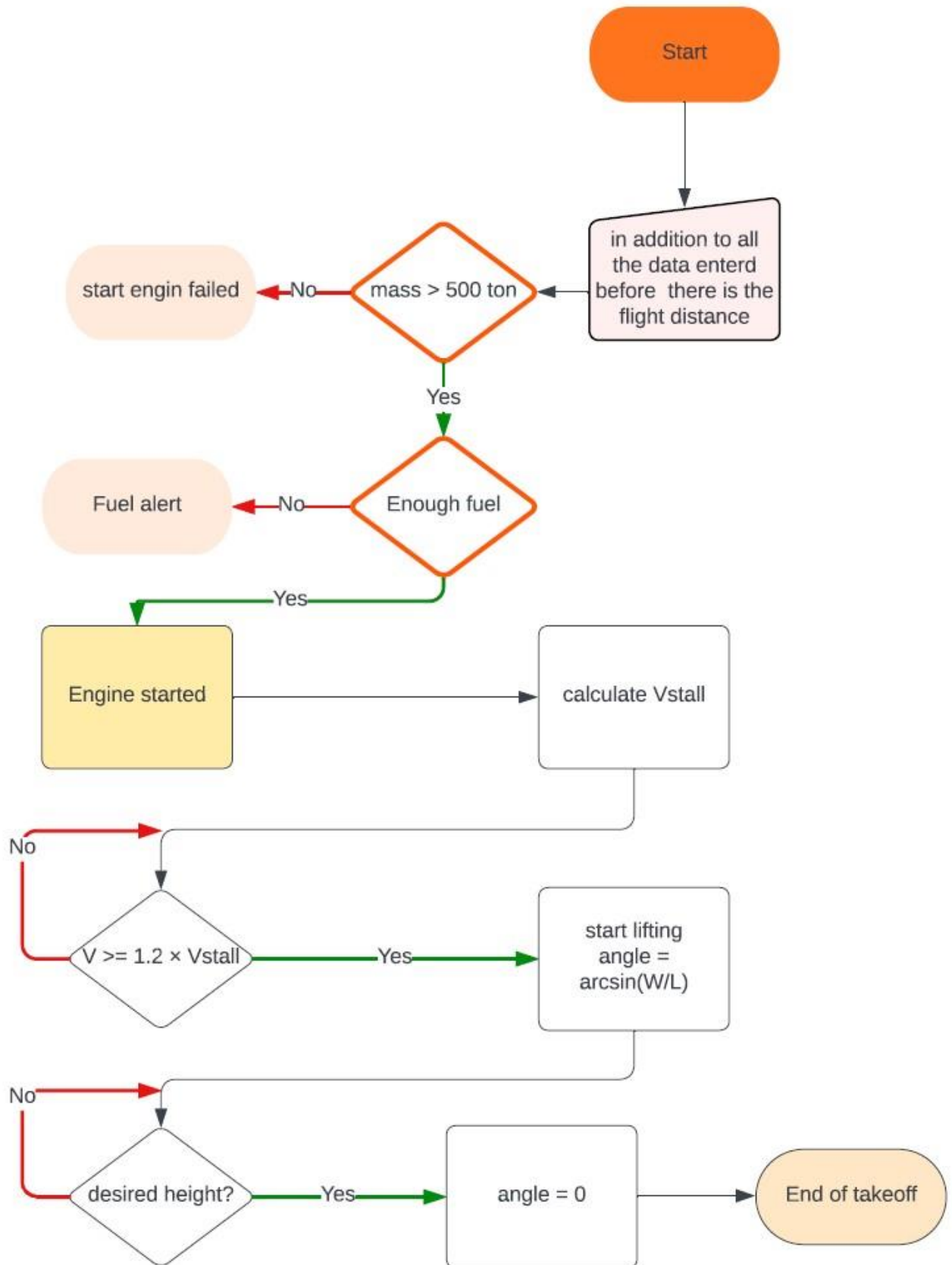
101325 Pa	الضغط الجوي القياسي
288.15 K	درجة الحرارة القياسية
1.225 kg/m ³	الكثافة الجافة للهواء القياسية

✚ حساب الوقود اللازم للطائرة خلال رحلتها يتم بمراعاة العوامل التالية:

- ↳ الوزن الإجمالي للطائرة
- ↳ المسافة المقطوعة – Travel Distance.
- ↳ سرعة الطائرة – Velocity (km/h).
- ↳ معدل استهلاك الوقود - Fuel burn rate (kg/h): يجب معرفة كمية الوقود التي تستهلكها الطائرة بوحدة زمنية.

بناءً على هذه العوامل، يتم حساب كمية الوقود اللازمة للرحلة باستخدام المعادلة التالية:

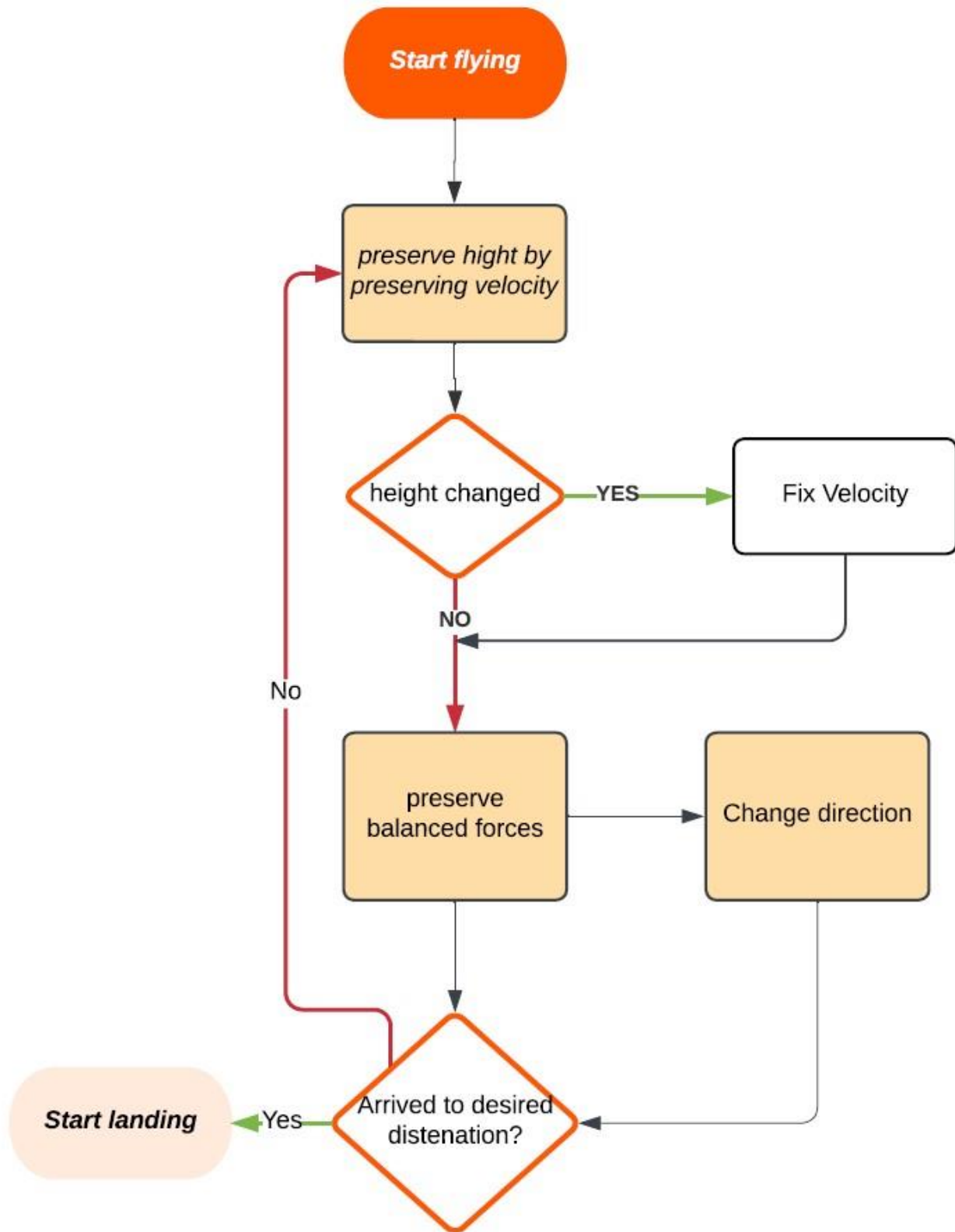
$$Fuel = (Weight \times Travel_Distance \times (Fuel\ burn\ rate)) / (Velocity \times 3600)$$



- المحافظة على الارتفاع المناسب وذلك بالحفاظ على السرعة المطلوبة.

$$V = (T - D) / (C_D * S * 0.5 * \rho)$$

- المحافظة على تحقيق توازن بين القوى المؤثرة للحفاظ على ثبات الطائرة في الجو.
- إمكانية تغيير اتجاه الطائرة.
- الوصول إلى موقع الهبوط.



١. تحديد السرعة المناسبة وضبط الجناحين.

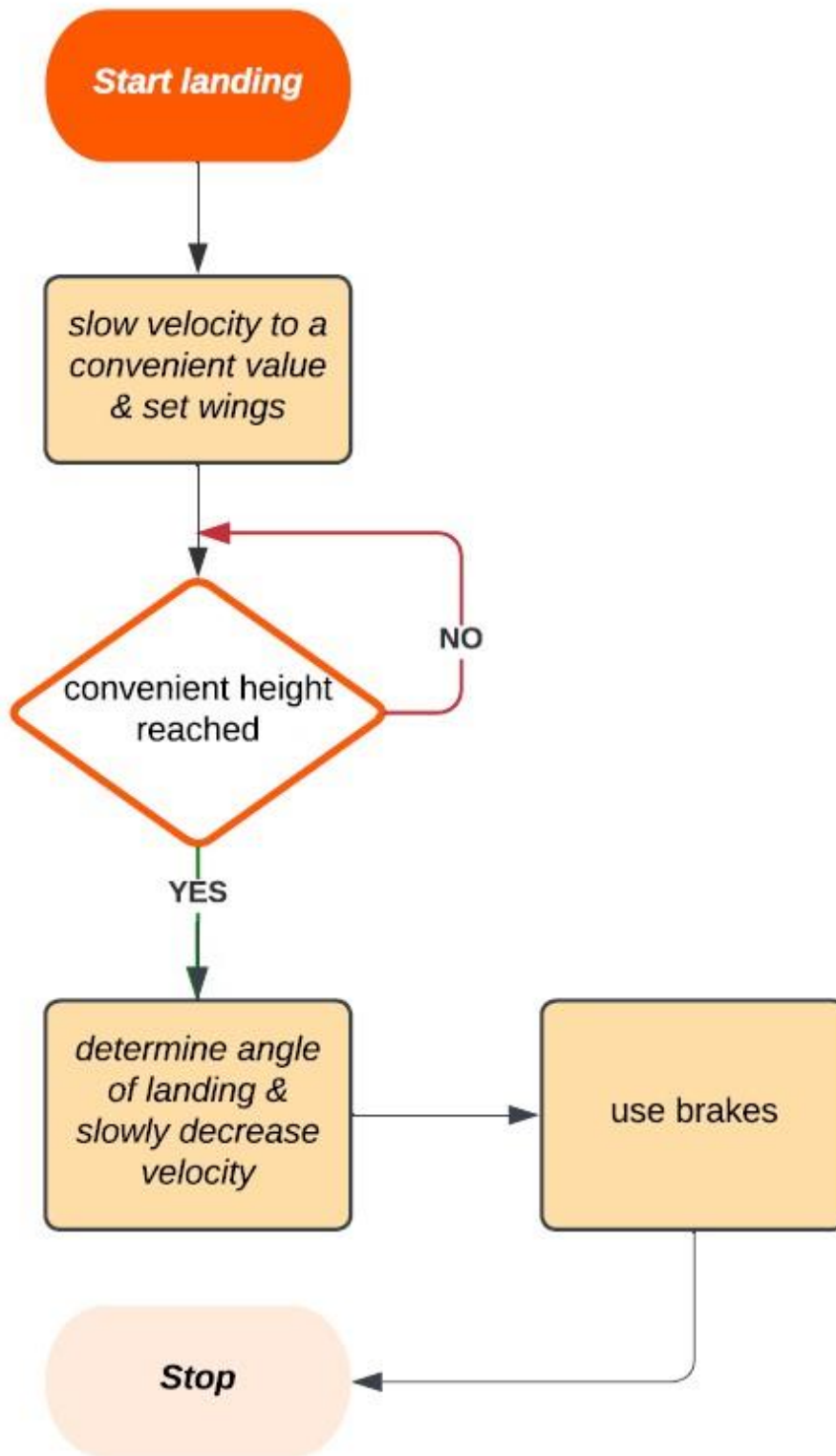
٢. النزول لارتفاع منخفض مناسب.

٣. الهبوط النهائي: عندما تصبح الطائرة في المسافة المناسبة من المدرج، يجب الهبوط بلطف عن طريق

تخفيف سرعة الطائرة وتحديد الزاوية المناسبة للهبوط والتحكم في الارتفاع، تحدد زاوية الهبوط بالقانون:

$$\tan(\theta) = (L - W) / D$$

٤. التوقف: باستخدام الفرامل والتحكم في سرعة الطائرة.



البرمجة وطرقها

الصعوبات

النتائج

إدارة المشروع

المراجع