



كلية الهندسة المعلوماتية

جامعة دمشق

السنة الثالثة

حسابات علمية محاكاة اسقاط مظلي

تقديم الطلاب:

عمر مارديني

محمد العلي

براء محمد الفتال

عبد الرزاق الرفاعي

عبادة احمد المقداد

الفهرس:

الدراسة الفيزيائية.....(3-6)

الدراسة الخوارزمية.....(7-9)

التحقيق البرمجي.....(10-13)

المراجع.....(14)

المقدمة:

الاسقاط المظلي هو عملية إسقاط الجنود أو المعدات أو الإمدادات من الطائرات باستخدام المظلات. تم استخدام الاسقاط المظلي لأول مرة في الحرب العالمية الثانية وكانت هذه العملية تستخدم بشكل رئيسي لنقل القوات الجوية إلى الخطوط الأمامية في الحرب. ومنذ ذلك الحين، تم استخدام الاسقاط المظلي في عمليات الإنقاذ والإمدادات الإنسانية وفي العمليات العسكرية.

تتضمن هذه العملية إلقاء الجنود أو المعدات أو الإمدادات من الطائرات باستخدام المظلات، وهي تشمل أيضًا الاستعداد للقفز وتحديد نقطة الهبوط وتحديد الارتفاع والسرعة المطلوبين للهبوط بأمان. كما يجب تدريب الجنود على كيفية استخدام المظلات والأجهزة اللازمة للقفز بأمان.

تعد الاسقاط المظلي عملية خطيرة وتتطلب مهارات عالية وتدريبًا جيدًا، وقد تم تطوير تقنيات وأساليب جديدة لجعل هذه العملية أكثر أمانًا وفعالية.

الدراسة الفيزيائية:

فلمحاكاة هذه الظاهرة نحن بحاجة الى دراسة حركة الجسم في جملة الاحداثيات (X,Y)

حيث OY المحور العمودي على سطح الأرض

OX المحور الافقي الذي يوازي حركة الطائرة

دراسة الحركة العمودية (OY):

على هذا المحور يوجد القوى التالية :

- قوة الجذب العمودية: قوة الجذب العمودية تؤثر على الحركة العمودية للمظلي. تتغير هذه القوة بمرور الوقت بسبب تغير سرعة السقوط.
- مقاومة الهواء العمودية: تؤثر مقاومة الهواء العمودية على الحركة العمودية للمظلي. تزداد هذه المقاومة بزيادة سرعة الجسم ومساحة المظلة.

و من اجل دراسة فيزيائية شاملة لقفزة مظلية من طائرة حربية بحالة السقوط الحر نحتاج الى القوانين الفيزيائية والاساسية المعنية بهذه العملية مع بعض التفاصيل المهمة المتعلقة بجميع حالات المظلي وهي كالتالي:

1. قبل الفقرة:

- قوانين الحركة: وفقاً للقانون الأول لنيوتن، يستمر الجسم في حالة سكون أو حركة مستقيمة بسرعة ثابتة إذا لم يكن تتأثر به أي قوة خارجية. وبما أن الطائرة في حالة سقوط حر، يكون للجسم داخلها حالة سكون نسبي.

2. أثناء السقوط الحر:

- قانون الحركة الثاني لنيوتن: قوة الجذب (الوزن) تتسبب في تسارع الجسم. ويمكن استخدام المعادلة $F = ma$ لحساب قوة الجذب، حيث F هي القوة الناتجة، m هي كتلة الجسم، و a هو التسارع.
- مقاومة الهواء: تعتبر المقاومة الهوائية قوة تعمل على الجسم في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة. تعتمد هذه القوة على سرعة الجسم ومساحته العرضية ومعامل المقاومة الهوائية للجسم. يمكن حساب المقاومة الهوائية باستخدام المعادلة $Fr = 0.5 * \rho * A * Cd * v^2$ ، حيث Fr هي قوة المقاومة الهوائية، ρ هي كثافة الهواء، A هي مساحة المقطع العرضي للجسم، Cd هو معامل المقاومة الهوائية للجسم، و v هي سرعة الجسم.
- فنلاحظ انه عند بدء السقوط يكون الجسم خاضعاً لتأثير قوة ثقلية الثابتة W ثم تتولد قوة مقاومة الهواء Fr التي تزداد بزيادة سرعة الجسم بتطبيق العلاقة الأساسية في التحريك

$$\varepsilon F = m \cdot a$$

$$W - Fr = m * a$$

طالما $W > Fr$ فحركة سقوط الجسم متسارعة **فتزداد السرعة وتزداد مقاومة الهواء وينقص المقدار $(W - Fr)$ حتى ينعدم عندما $W = Fr$ ****

فتصبح حركة سقوط الجسم منتظمة سرعتها الثابتة هي السرعة الحدية V_t

من العلاقة **

$$\frac{1}{2} K P S V_t^2 = mg$$

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{kps}}$$

حيث k عدد تتوقف قيمته على شكل الجسم ونعومة سطحه غالباً تكون قيمة $\frac{1}{2} K P S = 0.8$

P الكتلة الحجمية

S مساحة سطح الجسم.

3. مرحلة فتح المظلة:

- قوة الجذب الهوائي: عندما يتم فتح المظلة، تنشأ قوة الجذب الهوائي التي تعمل على المظلة. تكون هذه القوة موجهة نحو الأعلى وتعمل على تقليل سرعة السقوط الحر للمظلي.
- قوة الرفع الجانبي: تتولد هذه القوة بفضل هندسة المظلة وتوجيهها الصحيح. تعمل قوة الرفع الجانبي على تحويل الحركة العمودية إلى حركة أفقية، وبالتالي تقليل سرعة الهبوط العمودي.
- الاستقرار والتحكم: يلعب دوراً هاماً في توجيه المظلة والتحكم في السرعة والزاوية المطلوبة للهبوط وتجنب الاصطدامات.

ملخص الحركة العمودية على المحور (OY):

عندما يقفز شخص من ارتفاع عالٍ فإن قوة الجاذبية تسبب في تسارعه نحو الأرض ومع زيادة سرعته، تزداد قوة السحب التي تقلل من تسارعه في نقطة ما تصبح قوتا الجاذبية والسحب متساويتان (السرعة الحدية) فلا يزداد التسارع أو ينقص. عند فتح المظلة، تنشأ قوة الجذب الهوائي التي تعمل على المظلة والتي تعمل على تقليل سرعة السقوط الحر للمظلي بحيث يزداد السطح بشكل كبير، مما يزيد من قوة السحب. هذا يؤدي إلى انخفاض سرعة الهبوط بشكل حاد، والتقليل من خطورة التأثير على سطح الأرض. يمكن للقافر أيضاً التأثير على حركته بتغيير شكل المظلة أو اتجاهه أو ميله.

دراسة الحركة الأفقية المحور (OX):

أما بالنسبة للحركة على هذا المحور فالقوى المؤثرة هي :

- قوة الجذب الأفقية: يكون هناك قوة جذب أفقية نتيجة لقوة الجاذبية، وهذه القوة تكون موجهة في اتجاه الحركة المطلوبة.
- مقاومة الهواء الأفقية: تؤثر مقاومة الهواء على الحركة الأفقية للمظلي. تزداد هذه المقاومة بزيادة سرعة الجسم ومساحة المظلة.

1- معادلة الحركة الأفقية:

تقول أن سرعة الإسقاط المظلي الأفقية هي: $V_x = V_0 \cos \theta$
حيث:

V_x هي سرعة الإسقاط المظلي الأفقية سرعة الطائرة.

V_0 هي السرعة الأولية للإسقاط المظلي.

θ هو زاوية انحدار سقوط المظلي.

2- معادلة الحركة الرأسية:

تقول أن حركة الإسقاط المظلي الرأسية يمكن حسابها بالمعادلة التالية: $y = V_0 \sin \theta - (1/2)gt^2$
حيث:

y هو الارتفاع العمودي للإسقاط المظلي.

t هو الوقت المستغرق في الحركة.

g هي ثابت الجاذبية الأرضية.

2- معادلة الارتفاع:

تقول أن الارتفاع h يمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية: $h = (v_0^2 \sin^2 \theta) / 2g$
حيث:

h هو الارتفاع الأقصى للإسقاط المظلي.

v_0 هي السرعة الأولية للإسقاط المظلي.

θ هو زاوية انحدار سقوط المظلي.

g هي ثابت الجاذبية الأرضية.

الدراسة الخوارزمية:

هذه الدراسة هي حلقة الوصل بين الدراسة الفيزيائية ومرحلة كتابة الكود.

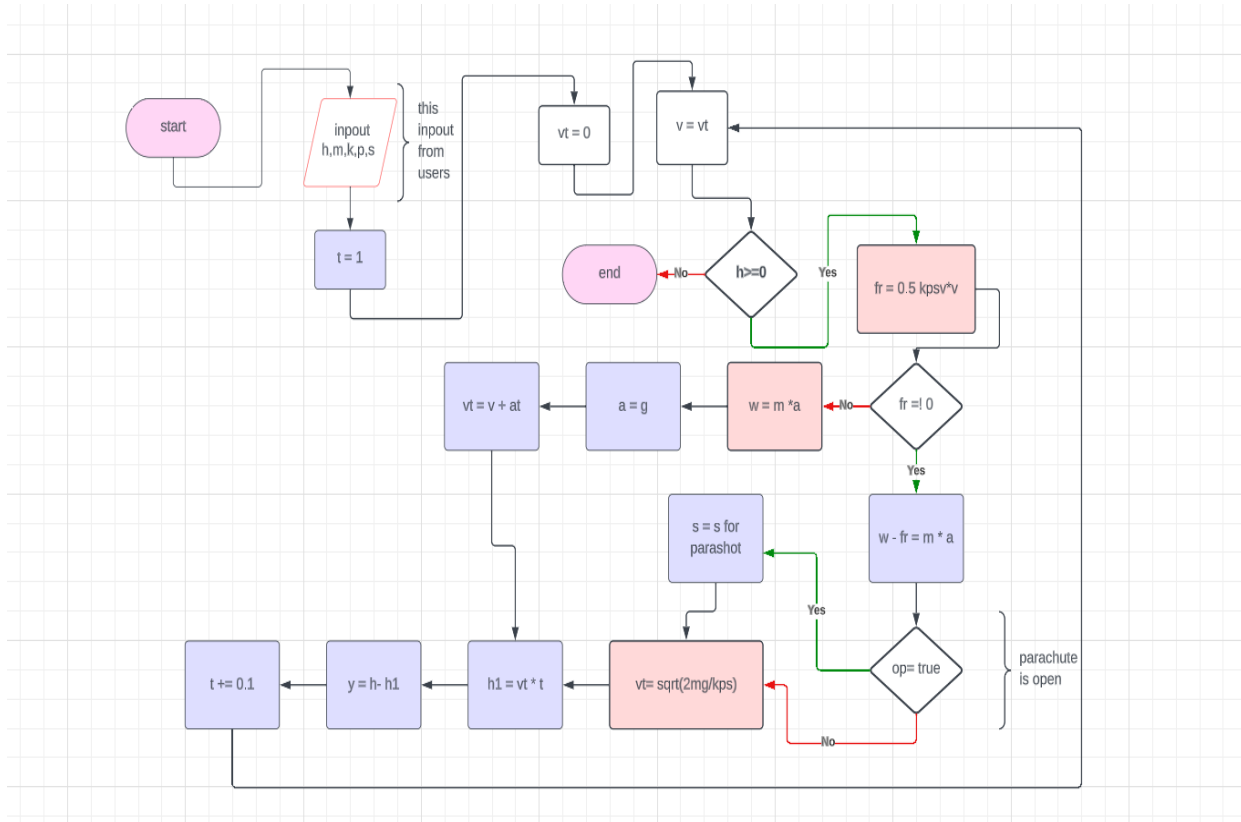
وفيما يلي سنوضح خطوات تنفيذ مشروعنا.

هذا المشروع قائم على تابعين رئيسيين هما:

- تابع لرسم الجسم وياخذ ثلاث متغيرات تمثل موقع الجسم في الفضاء ثلاثي الابعاد
- تابع يستند على أسس علمية (فيزيائية ورياضية) ويقوم بحساب الاحداثيات اللازمة للرسم من خلال ثلاث توابع أخرى (الاول لحساب الاحداثيات على المحور الشاقولي والثاني لحساب احداثيات الجسم على المحور الافقي والثالث على المحور المتبقي)

وفيما يلي مخططات Flowcharts تعبر عن هذه التوابع.

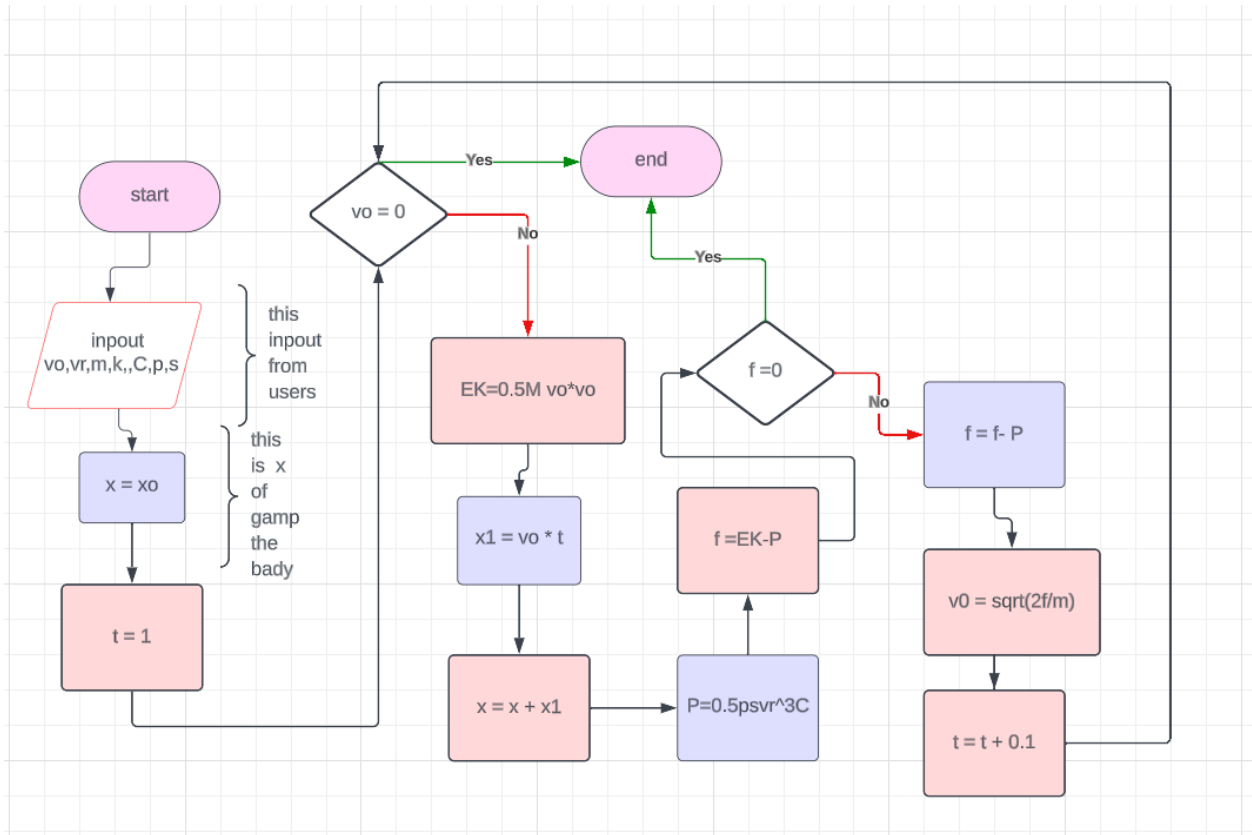
تابع حساب الارتفاع y



ملخص الحركة العمودية على العمود (OY):

عندما يقفز شخص من ارتفاع عالٍ فإن قوة الجاذبية تسبب في تسارعه نحو الأرض ومع زيادة سرعته، تزداد قوة السحب التي تقلل من تسارعه في نقطة ما تصبح قوتا الجاذبية والسحب متساويتان (السرعة الحدية) فلا يزداد التسارع أو ينقص. عند فتح المظلة، تنشأ قوة الجذب الهوائي التي تعمل على المظلة والتي تعمل على تقليل سرعة السقوط الحر للمظلي بحيث يزداد السطح بشكل كبير، مما يزيد من قوة السحب. هذا يؤدي إلى انخفاض سرعة الهبوط بشكل حاد، والتقليل من خطورة التأثير على سطح الأرض. يمكن للقافز أيضا التأثير على حركته بتغيير شكل المظلة أو اتجاهه أو ميله. كما تعمل قوة الرفع الجانبي على تحويل الحركة العمودية إلى حركة أفقية، وبالتالي تقليل سرعة الهبوط العمودي.

تابع حساب احداثيات الجسم على المحور OX



علما ان :

T : الوقت

H : الارتفاع

V_t : السرعة اللحظية

V : السرعة

W : قوة الثقل

F_r : مقاومة الهواء

V_0 : السرعة الابتدائية

E_k : القوة الحركية

P : كثافة الهواء

cd : معامل السحب

L : عامل يبين فيما اذا كانت المظلة مشدودة ام لا

S : مساحة سطح المظلة

و من خلال التوابع السابقة نستطيع حساب احداثيات الجسم (x, y) عند كل 0.1 ثانية

فبقي تمرير هذه القيم لتابع الرسم ليقوم باظهار المشهد كاملا.

التحقيق البرمجي:

لقد قمنا باستخدام **Three.js** لتحقيق الدراسة الفيزيائية برمجيا كما يلي:

قمنا بتعريف جميع الثوابت التي نحتاجها مثل سرعة الرياح و التسارع وامور اخرى.

```
var windSpeed = 0;
var parachuteSurfaceArea = params.parachuteSurfaceArea;
var parachuteMass = params.parachuteMass;
var playerMass = params.playerMass;
var combinedMass = playerMass;
var g = params.gravity;
var k = 0.25;
var p = 1.225;
var planeSpeed = params.planespeed;
var deltaT = 0.01;
```

وقمنا بحساب مساحة المظلي و المظلة كالتالي.

```
var L = 10;
var W = 5;
var S = 2 * (L * W);
S *= 10 / playerMass;

function calculateParachuteSurfaceArea() {
    var length = 10;
    var width = 5;

    var surfaceArea = 2 * (length * width);

    return surfaceArea;
}
```

قمنا بتعيين شعاع السرعة الاولى (0).

```
var velocity = new THREE.Vector3(0, 0, 0);
```

قمنا بحساب عدة قوانين التي نحتاجها:

- قانون حساب الجاذبية من خلال ضرب الكتلة بتسارع الجاذبية.

```
var gravityForce = new THREE.Vector3(0, -params.playerMass * g, 0);
```

- قانون حساب قوة المقاومة الهوائية (قوة السحب استنادا الى السرعة الاولية و باستخدام معادلة السحب).

```
var airResistanceForce = new THREE.Vector3().copy(velocity).multiplyScalar(-k * p * S * velocity.length());
```

- قانون حساب محصلة القوى المؤثرة على الشخصية من خلال جمعها.

```
var netForce = new THREE.Vector3().addVectors(gravityForce, airResistanceForce);
```

- قانون حساب التسارع استنادا الى محصلة القوى و الكتلة.

```
var acceleration = new THREE.Vector3().copy(netForce).divideScalar(playerMass);
```

- تحديث السرعة استنادا للسرعة و الوقت (معادلة الحركة).

```
velocity.add(acceleration.multiplyScalar(deltaT));
```

- تحديث الموقع استنادا الى السرعة و الوقت.

```
character.position.add(velocity.clone().multiplyScalar(deltaT).multiplyScalar(10));
```

وقمنا بتهيئة الزر "F" بحيث تفتح المظلة عند ضغطه و "Space" للقفز من الطائرة.

```
var flagP = false;
var cnt = 0
window.addEventListener("keydown", function (event) {
    if (event.key === " ") {
        isFalling = true;
    }
    if (event.key === "f" && !parachute && !flagP) {
        if (isFalling)
            loadParachuteModel();
        character.rotation.x = -Math.PI / 2;
        character.rotation.y = Math.PI / 2;
        playParachuteSound();
        cnt = 1;
        flagP = true;
    }
});
```

وقمنا بحساب القوانين عندما تكون المظلة مفتوحة.

```
if (parachute) {  
    var parachuteDragForce = new THREE.Vector3().copy(velocity).multiplyScalar(  
        -0.5 * p * parachuteSurfaceArea * velocity.length() * velocity.length()  
    );  
  
    var windForceOnParachute = new THREE.Vector3(windSpeed, 0, 0);  
  
    windForceOnParachute.multiplyScalar(0.5 * p * parachuteSurfaceArea * windSpeed * windSpeed);  
  
    var netForceWithParachute = new THREE.Vector3()  
        .addVectors(gravityForce, airResistanceForce)  
        .add(parachuteDragForce)  
        .add(windForceOnParachute);  
  
    var accelerationWithParachute = new THREE.Vector3().copy(netForceWithParachute).divideScalar(combinedMass);  
  
    velocity.add(accelerationWithParachute.multiplyScalar(deltaT));  
}
```

وقمنا بتعريف واجهة التحكم الرسومية (GUI) وتوابعها التي تحتوي على سرعة الطائرة وكتلة الشخص و سرعة الرياح و كتلة المظلة وحجمها.

```
var gui = new dat.GUI();  
gui.add(params, "planespeed", 100, 400).step(0.1).onChange(updatePlaneSpeed);  
gui.add(params, "playerMass", 40, 150).step(0.1).onChange(updatePlayerMass);  
gui.add(params, "speed", -40, 40).step(0.1).onChange(updateWindSpeed);  
gui.add(params, "parachuteMass", 15, 50).step(0.1).onChange(updateParachuteMass);  
gui.add(params, "parachuteSurfaceArea", 10, 200).step(0.1).onChange(updateParachuteSurfaceArea);
```

planespeed	<input type="text"/>	100
playerMass	<input type="text"/>	75
speed	<input type="text"/>	0
parachuteMass	<input type="text"/>	15
parachuteSurfac..	<input type="text"/>	100
Close Controls		

وقمنا بتعريف التوابع المسؤولة عن تغيير كل من المعطيات الموجودة في ال GUI.

```
function updatePlaneSpeed() {
    planeSpeed = params.planeSpeed;
}
function updateWindSpeed() {
    var totalMass = playerMass + parachuteMass;
    var speedInKmph = params.speed;
    var speedInMps = speedInKmph * 1000 / 3600;
    windSpeed = speedInMps * Math.sqrt(playerMass / totalMass);
}
function updateCombinedMass() {
    combinedMass = playerMass + parachuteMass;
}
function updatePlayerMass() {
    playerMass = params.playerMass;
    updateCombinedMass();
}
function updateParachuteMass() {
    parachuteMass = params.parachuteMass;
    updateCombinedMass();
}
function updateParachuteSurfaceArea() {
    parachuteSurfaceArea = params.parachuteSurfaceArea;
}
```

وأخيرا, قمنا بتعريف التابع المسؤول عن تكرار الحركة (60 FPS) و استدعاء توابع الفيزياء ضمنه.

```
function animate() {
    requestAnimationFrame(animate);

    plane.position.x += planeSpeed * deltaT;
    if (!isFalling) {
        character.position.x = plane.position.x;
        playPlaneSound();
    }
    if (isFalling) {
        applyFallingMotion();
        playWindSound();
    }

    renderer.render(scene, camera);
}
```

- <https://www.almrsal.com>
- <https://www.college-physics.com>
- <https://www.skydivetecumseh.com/2022/06/14/physics-of-skydiving>
- <https://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-skydiving.html>
- <https://www.skydiveorange.com/2021/12/08/the-physics-of-skydiving>
- <https://www.physicsclassroom.com/mmedia/newtlaws/sd.cfm>
- <https://skydivemonroe.com/blog/physics-of-skydiving/>