

# Aterratge autònom d'avions model basat en visió

Narcís Nogué Bonet

**Introducció**— Com indica el títol, el meu Treball de Final de Grau consisteix en crear un sistema de control autònom que sigui capaç d'aterrar un avió en una pista d'aterratge utilitzant únicament una càmera i altres sensors bàsics com acceleròmetres i giroscopis. Actualment la majoria de sistemes d'aterratge autònom necessiten modificacions substancials de la pista d'aterratge per instal·lar un sistema ILS (Instrument Landing System), dissenyat per permetre a una aeronau aterrar de nit o en baixa visibilitat. Tot i així, hi ha un subgrup important dels aeroports que segueixen les normes VFR (Visual Flight Rules), on només es pot aterrar de dia i quan la visibilitat sigui suficient, ja que la única informació que té el pilot és el contacte visual directe de la pista d'aterratge. La majoria d'aeroports petits, aeròdroms i pistes de muntanya cauen en aquesta categoria, i per tant l'aterratge autònom per mètodes convencionals hi és de moment impossible. La solució que proposo deriva directament d'aquesta restricció: si la majoria de pistes d'aterratge estan pensades i dissenyades per a vol visual, un sistema d'aterratge autònom ha de ser capaç d'aterrar de forma purament visual, i sense confiar en cap input des de la pista d'aterratge, per a poder-se considerar plenament autònom i genèric.



## 1 OBJECTIUS

**P**ER la naturalesa del projecte, els objectius del meu Treball de Final de Grau poden augmentar en complexitat molt ràpidament, i per tant els dividiré en dues seccions: els objectius necessaris per tenir un MVP (Minimum Viable Product), i la resta d'objectius opcionals per seguir expandint el projecte més enllà.

Objectius per a un MVP:

- Dissenyar i implementar un algoritme de control capaç d'aterrar un avió model si sap on és la pista d'aterratge.
- Dissenyar una simulació prou acurada d'un cas genèric d'aterratge, sobre la qual poder provar els algoritmes de control i de detecció de la pista.
- Dissenyar i implementar una xarxa neuronal capaç de reconèixer qualsevol pista d'aterratge sobre la qual hagi estat entrenada directament.

Objectius addicionals:

- Construir un avió model capaç d'aterrar de forma autònoma a una pista d'aterratge.
- Dissenyar i implementar una xarxa neuronal capaç de reconèixer qualsevol pista d'aterratge que no hagi vist prèviament.

• E-mail de contacte: nnogue4@gmail.com

• Menció realitzada: Computació

• Treball tutoritzat per: Felipe Lumbreras Ruiz (Department of Computer Science)

• Curs 2020/21

## 2 ESTAT DE L'ART

En la introducció ja he parlat una mica de com funciona l'aterratge autònom avui en dia, en aquesta secció entraré més en detall sobre els sistemes ILS i faré una ullada a altres projectes similars al meu i com han resolt els problemes que se'm presenten.

### 2.1 El sistema ILS

El sistema ILS [1], anomenat Instrument Landing System o Sistema d'Aterratge Instrumental es considera un sistema d'ajuda per als pilots en situacions de baixa visibilitat, i només algunes categories d'ILS permeten aterratge automàtic a través d'un sistema Autoland [2]. Els sistemes ILS es poden classificar en tres categories: CAT I, CAT II i CAT III, en funció de la precisió que proporcionen en el posicionament de l'aeronau, i només les categories II i III es consideren suficients per a aterratges automàtics.

Pel que fa al funcionament, un ILS consisteix en dos transmissors de ràdio situats a la pista d'aterratge. Un és el localitzador o *localizer* (LOC), que indiquen la direcció de la pista (en la figura 1 es mostra la pista i la senyal de ràdio vistes des de sobre).

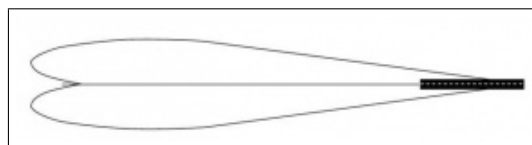


Fig. 1: Ràdio localitzador ILS

L'altra ràdio és la de pendent de descens o *Glide-Scope*

TAULA 1: TAULA D'EXEMPLE

One	Two
Three	Four

TAULA 2: TAULA MÉS COMPLETA

Team sheet		
Goalkeeper	GK	Paul Robinson
Defenders	LB	Lucas Radebe
	DC	Michael Duburrry
	DC	Dominic Matteo
	RB	Didier Domi
Midfielders	MC	David Batty
	MC	Eirik Bakke
	MC	Jody Morris
Forward	FW	Jamie McMaster
Strikers	ST	Alan Smith
	ST	Mark Viduka

(GS), que permet a l'aeronau controlar la ràtio de descens durant l'aproximació. (la figura 2 mostra la pista d'aterratge i la senyal de ràdio vistes de perfil).

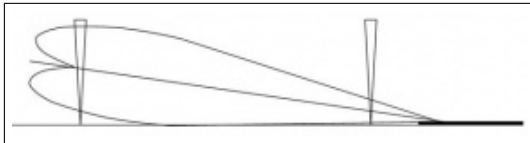


Fig. 2: Ràdio Glide-Scope ILS

El sistema ILS funciona bé i és molt robust, però necessita que les antenes de ràdio a la pista estiguin instal·lades i funcionin correctament, i avui en dia només els aeroports i aeròdroms amb més transit solen tenir aquest sistema, les pistes més petites i els aeròdroms en llocs remots solen quedar fora de l'equació pel que fa a aterratges amb ILS.

## 2.2 Un altre exemple de subsecció

La taula 1 és un exemple de taula senzilla. En canvi, la taula 2 és més completa.

Hi ha moltes referències *on-line* de  $\text{\LaTeX}$ , com.

## 3 PLANIFICACIÓ

En aquesta secció descriuré la planificació que vull seguir durant tot el projecte i el procés que he seguit per arribar-hi a través del mètode PERT [3].

### 3.1 Work Breakdown Structure

Començaré amb l'Estructura Detallada de Treball o Work Breakdown Structure (WBS) [4]. En la següent llista organitzaré les tasques que considero que són necessàries en una estructura jeràrquica de dos nivells:

1. Planificar el projecte de forma detallada.

2. Investigar possibles solucions pel problema plantejat.
  - 2.1. Recopilar una llista de possibles solucions (models de xarxa neuronal).
  - 2.2. Investigar pros i contres de cada possible solució
  - 2.3. Escollir models a implementar, poden ser més d'un si vull investigar-ne més d'un en profunditat
3. Implementar solucions escollides per a una única pista d'aterratge
  - 3.1. Crear datasets o simulació simple per a l'entrenament no supervisat.
  - 3.2. Implementar l'algoritme d'entrenament de les solucions escollides.
  - 3.3. Provar cada xarxa neuronal i iterar fins aconseguir la precisió desitjada.
4. Implementar una simulació complexa per provar el sistema.
  - 4.1. Investigar possibles formes de fer una simulació.
  - 4.2. Implementar la simulació de terreny.
  - 4.3. Implementar la simulació de l'avió model.
5. Provar el sistema sobre la simulació.
  - 5.1. Integrar lògica de control sobre la simulació.
6. Investigar integració arduino amb hardware típic d'avions radiocontrol.
7. Construir un avió model pathfinder.
  - 7.1. Investigar sobre construcció d'avions model.
  - 7.2. Construir estructura principal.
  - 7.3. Construir electrònica del model.
  - 7.4. Proves inicials de vol.
8. Construir avió model definitiu, de zero o extenent el model pathfinder.
  - 8.1. Construir estructura principal.
  - 8.2. Construir electrònica del model.
  - 8.3. Integrar el hardware de control autònom al model.
9. Implementar xarxa neuronal i controls en el model.
10. Provar el model sobre una pista d'aterratge real.
  - 10.1. Sobrevolar la pista controlant l'avió manualment i recopilar les dades necessàries per a poder analitzar les decisions del model després del vol.
  - 10.2. Provar l'estabilitat de vol en ràfegues curtes de vol autònom.
  - 10.3. Provar aproximacions autònomes i prendre control just abans de l'aterratge.
  - 10.4. Provar un aterratge complet.
11. Ampliar la xarxa neuronal perquè l'avió pugui aterrar en qualsevol aeroport.

TAULA 3: ASSIGNACIÓ DE TEMPS (EN HORES)

	To	Tn	Tp	T <sub>γ</sub>
1	5	8	10	
2.1	1	2	3	2
2.2	3	5	8	
2.3	1	1	2	
3.1	5	8	12	
3.2	8	10	15	
3.3	10	12	18	
4.1	2	3	5	
4.2	3	4	6	
4.3	5	6	8	
5.1	2	3	5	
6	3	5	8	
7.1	3	5	8	
7.2	5	6	8	
7.3	5	6	8	
7.4	4	5	7	
8.1	2	3	5	
8.2	2	3	5	
8.3	4	5	8	
9	6	8	12	
10.1	5	8	12	
10.2	5	8	12	
10.3	5	8	12	
11	10	15	25	

[2] Autoland Systems

<https://www.skybrary.aero/index.php/Autoland>  
 Visitat 1-3-2021

[3] La metodologia PERT

[https://en.wikipedia.org/wiki/Program\\_evaluation\\_and\\_review\\_technique](https://en.wikipedia.org/wiki/Program_evaluation_and_review_technique)  
 Visitat 1-3-2021

[4] Work Breakdown Structure

<https://www.workbreakdownstructure.com/>  
 Visitat 1-3-2021

### 3.2 Assignació de temps per tasca (PERT)

## 4 CONCLUSIONS

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## AGRAÏMENTS

.....

.....

.....

.....

## REFERÈNCIES

[1] Instrument Landing System (ILS)

[https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument\\_Landing\\_System\\_\(ILS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument_Landing_System_(ILS))  
 Visitat 28-2-2021