

Modelarea unui elicopter

Primul pas al oricărei automatizări constă în modelarea procesului pe care dorim să-l reglăm (sau comandăm). Temele de casă pe care le veți avea de rezolvat au ca subiect analiza și comanda unei platforme experimentale miniaturale a unui elicopter. Precum un elicopter adevărat, aceasta are două grade de libertate rotaționale. În primul rând, se poate roti în plan orizontal, această mișcare fiind denumită *girație* în jargon aeronautic. În al doilea rând, elicopterul se poate roti în plan vertical, aceasta constituind mișcarea de *tangaj*.

Spre deosebire de un elicopter real, platforma nu poate transalta din cauza cadrului prin care este fixată. Totuși, în zbor, pilotul uman nu poate influența decât unghiurile de girație și tangaj (împreună cu viteza elicei verticale pe care o vom trata semestrul viitor), deci standul de lucru surprinde fidel problema de orientare pe care un pilot automat trebuie să o rezolve pentru a-l înlocui pe cel uman. Regulatele pe care le vom proiecta pe parcursul celor două semestre sunt chiar autopiloții (regulatele) a căror misiune este să asigure unghiurile de tangaj și girație prescrise fie de pilot, fie de un punct de comandă în cazul în care elicopterul este ghidat de la distanță.

În cadrul temelor de la *Semnale și Sisteme*, vom considera mișcările de tangaj și girație ca acționând independent una de cealaltă, fără a se influența reciproc. Cu această convenție, putem introduce modelele ce caracterizează rotația pe cele două axe și care iau forma a două funcții de transfer:

$$\theta(s) = P_{tan}(s)V_{vert}(s),$$

$$\psi(s) = P_{gir}(s)V_{oriz}(s),$$

unde:

- θ și ψ sunt unghiurile de tangaj, respectiv girație, ilustrate în Fig. 1;
- V_{vert} și V_{oriz} sunt tensiunile electrice furnizate motoarelor din plan vertical, respectiv orizontal;
- P_{tan} este funcția ce caracterizează rotația în plan vertical;
- P_{gir} este funcția ce caracterizează rotația în plan orizontal.

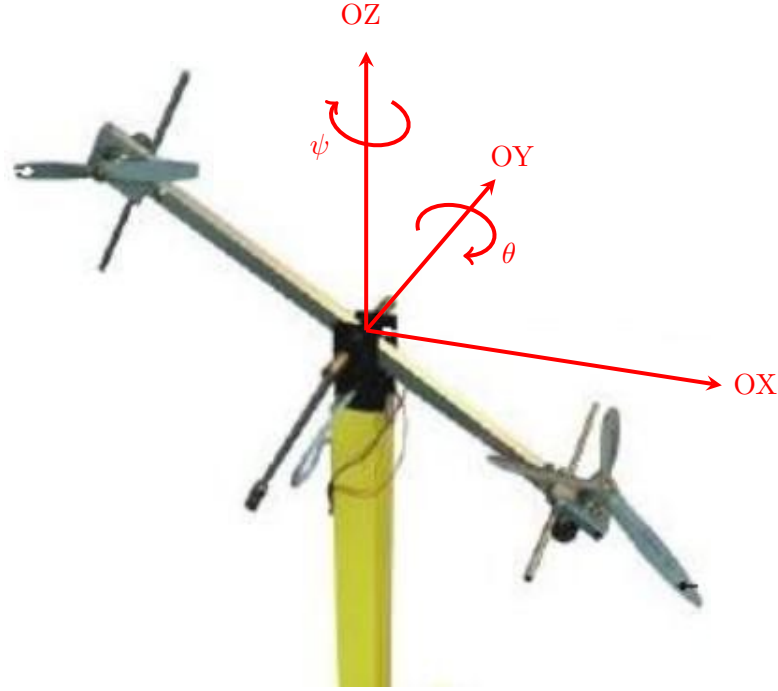


Figura 1: Platforma fizică si cele două grade de libertate.

Înainte să intrăm în detalii referitor la cele două funcții de transfer, trebuie să menționăm că cele două unghiuri, θ și ψ , sunt furnizate de senzorii de poziție ai elicopterului (în radiani), iar tensiunile V_{vert} și V_{oriz} sunt normalizate; cu alte cuvinte, acestea au amplitudini între 0 și 1 ce corespund unei tensiuni nule, respectiv unei tensiuni maxim admise.

Obținerea celor două funcții de transfer s-a făcut prin scrierea ecuațiilor cinematice care iau forma unor ecuații diferențiale neliniare ce depind de momentele de inerție dezvoltate de motoarele electrice. Liniarizând pentru valori mici ale lui θ și ψ , s-au putut scrie ecuațiile diferențiale ordinare din care s-au scos funcțiile de transfer.

Folosind cunoștințele dobândite la această materie, vom putea regla unghiurile instalației doar într-o vecinătate în jurul valorii 0. Totuși, menținerea în 0 a celor două unghiuri corespunde unui „zbor de croazieră” pentru care autopilotul rejectează influența turbulențelor atmosferice și păstrează orientarea setată de pilot. Acest tip de autopilot este folosit la scară largă în ziua de azi. În anii mai mari, veți învăța cum să proiectați regulatoare care să facă față neliniarității ce ne forțează să operăm momentan doar în jurul lui 0.

Funcția de transfer în plan vertical are expresia:

$$P_{tan}(s) = \frac{b_0}{s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0},$$

unde coeficienții a_i , b_j sunt reali. Această funcție de transfer este stabilă, datorită influenței gravitației în plan vertical, ceea ce ne va permite să îi analizăm îndeaproape proprietățile, atât în timp cât și în frecvență, în cadrul primelor două teme. Vom vedea cum îi putem confirma stabilitatea, cum răspunde la semnale uzuale din domeniul timp și cum îi putem ajusta caracteristica frecvențială pentru un răspuns mai bun sau o robustețe mai bună la erori de modelare.

Funcția de transfer în plan orizontal are expresia:

$$P_{gir}(s) = \frac{d_0}{s^3 + c_2 s^2 + c_1 s},$$

și se poate observa cu ușurință că este instabilă din cauza polului din origine, dat de lipsa vreunui factor disipativ, cum este greutatea în plan vertical. Frecarea vâscoasă cu aerul are un efect neglijabil relativ la cuplul semnificativ al motoarelor și la profilul aerodinamic modest al scheletului de elicopter. Din acest motiv, vom proiecta regulatoare stabilizatoare în cadrul celei de-a treia teme cu care vom aduce și menține în 0 unghiul de rotație.

Veți remarca faptul că modelele de mai sus nu sunt date numeric, ci parametric. Acest lucru este deoarece modelele matematice, oricât de fidele, nu surprind niciodată pe deplin și cu acuratețe absolută dinamica reală a procesului¹. Fiecare student a primit câte un model individual, determinat unic prin ID-ul din catalogul electronic. Toate aceste funcții de transfer formează o familie de modele în care fiecare membru este o aproximare suficient de bună a dinamicii elicopterului și are o șansă reală să fie chiar modelul căutat.

¹Amintiți-vă că am liniarizat niște ecuații neliniare și că am presupus că mișcările nu se influențează reciproc.