

# Sustav upravljanja bespilotnim zračnim manipulatorom u interakciji s okolinom zasnovan na poopćenom modelu

Marko Car

(marko.car@fer.hr)



mentor: prof. dr. sc. Stjepan Bogdan, prof. dr. sc. Mirko Kovač,  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

## 1. Uvod

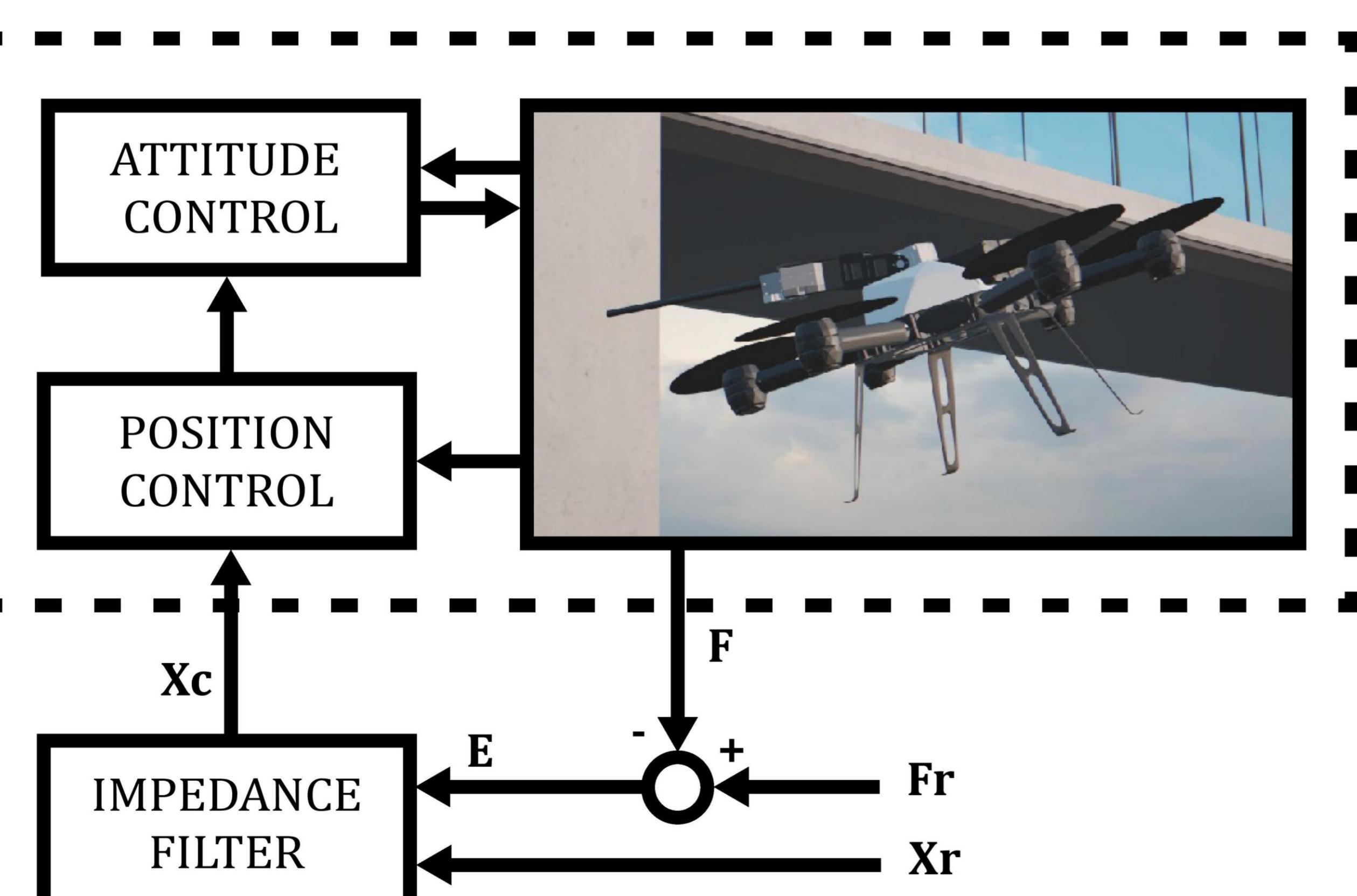
Svijet **bespilotnih letjelica** od svojih je začetaka privlačio veliki interes, kako široke javnosti, tako i brojnih znanstveno-istraživačkih zajednica. U početku su nalazile široku primjenu u vojsci, no posljednjih desetljeća ove su letjelice prešle put od vojne znanstvene fantastike do široke primjene u znanstveno-istraživačkoj zajednici, industriji i u svakodnevici. Dodavanjem manipulatora letjelicama, odnosno stvaranjem **bespilotnog zračnog manipulatora** otvaraju se mogućnosti za izvršavanje kompleksnih zadataka. Posebno su interesantni neki čovjeku rutinski zadaci poput zatvaranja ventila, premještanje predmeta, umetanje predmeta, koji za letjelicu predstavljaju težak izazov no koji zahtijevaju **interakciju s okolinom**.

## 2. Opis problema

Krutost manipulatora i propagacija kontaktnih sila kod interakcije s okolinom mogu dovesti do nestabilnog kontakta i rušenja bespilotnog zračnog manipulatora. Iz tog razloga, interakcija s okolinom ponekad zahtijeva delikatniji pristup. Cilj ovog istraživanja je, korištenjem informacije o okolini, uzimajući u obzir **kontaktne sile i momente**, sintetizirati metodu upravljanja koja će omogućiti održavanje stabilne interakcije robota s okolinom neovisno o tipu aktuatora bespilotnog zračnog manipulatora.

## 3. Metodologija

Osim klasičnog principa upravljanja, koji se temelji na promjeni iznosa potiska propelera promjenom **brzine vrtnje propelera**, koriste se i složenije metode koje mijenjaju **centar mase** ili **smjer potiska propelera** bespilotnog zračnog manipulatora. Razvija se poopćeni model zračnog manipulatora koji objedinjuje aktuatorne pomicanje centra mase te promjenom smjera i iznosa potiska propelera. Koristeći modelirani sustav, sintetizira se jedinstvena metoda upravljanja i analizira se ponašanje cijelogupnog sustava. Stabilna interakcija okoline i bespilotnog zračnog manipulatora osigurava se **impedantnim sustavom upravljanja**.



Prikaz sheme impedantnog sustava upravljanja

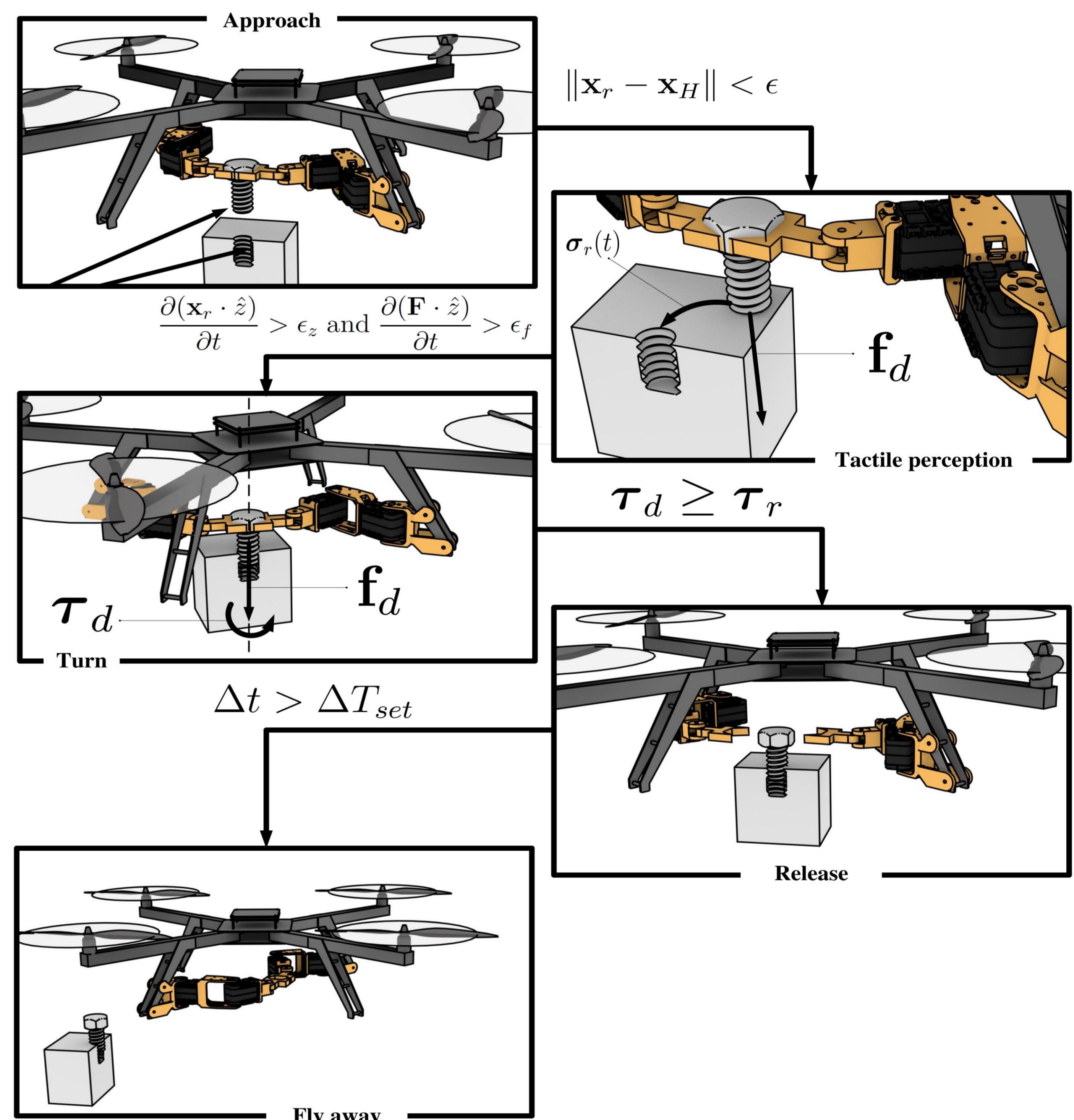
## Zahvala projektu

Rad doktoranda podržao je „Projekt razvoja karijere mladih istraživača - ospozobljavanje doktoranda“ HRZZ koji financira EU iz Europskog socijalnog fonda.

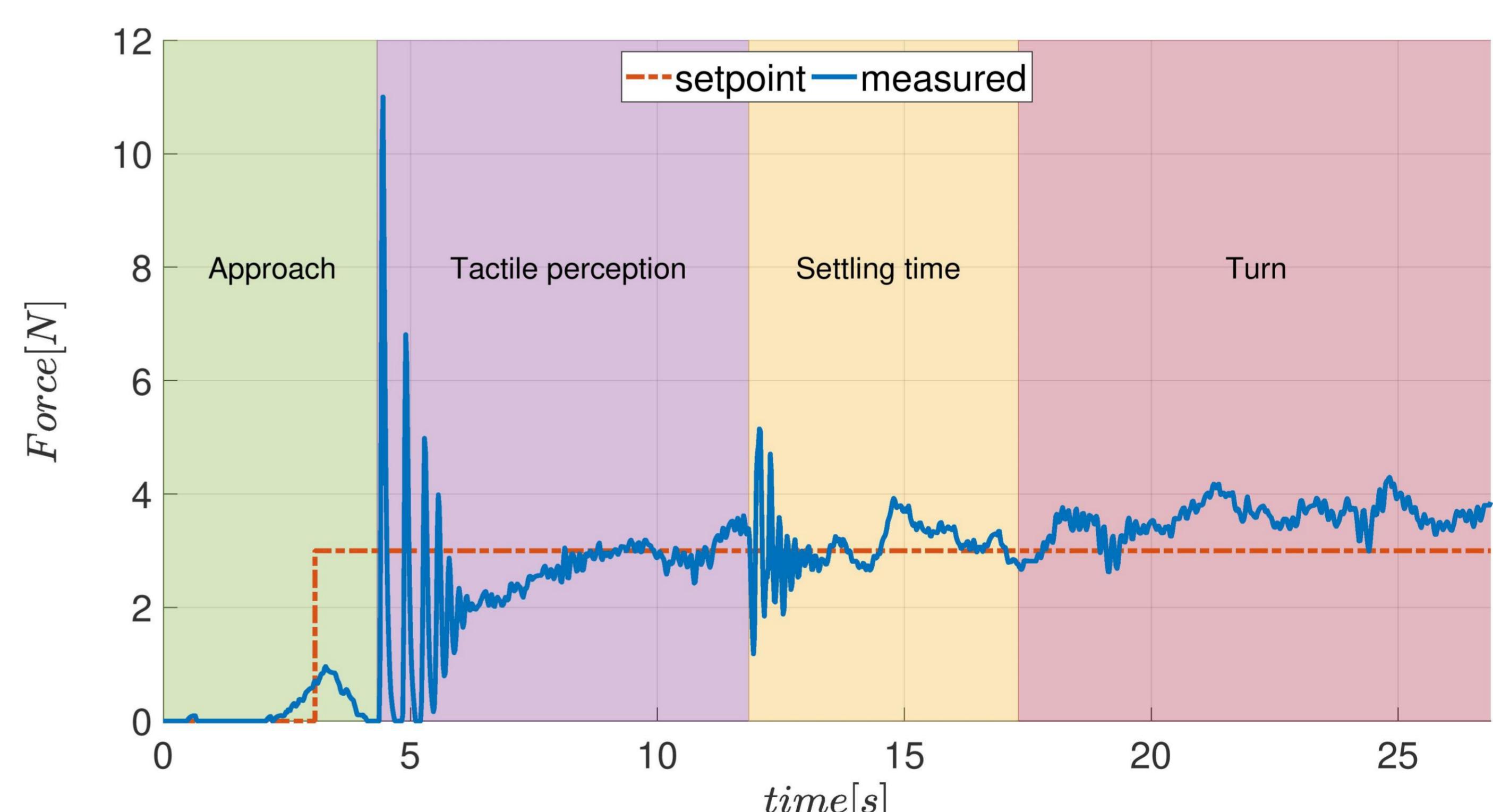


## 4. Rezultati

Predložena impedantna metoda upravljanja **bespilotnim zračnim manipulatorom** korištena je prilikom zadatka učvršćivanja vijka. Pokazano je da, uzimajući informaciju o kontaktnoj sili i koristeći impedantnu metodu upravljanja, bespilotni zračni manipulator može izvesti za čovjeka vrlo jednostavan zadatak **učvršćivanja vijka**.



Prikaz stanja sustava prilikom učvršćivanja vijka



Prikaz mjerene sile prilikom učvršćivanja vijka

Zadatak je uspješno izvršen 7 od 8 puta, čime potvrđujemo ispravnost odabrane metode.

## 5. Zaključak

Upravljanje impedancijom omogućuje istovremeno upravljanje pozicijom i silom zračnog manipulatora što uvelike pojednostavljuje strukturu upravljanja. Također, omogućuje nam stabilnu interakciju robota i okoline čime se otvaraju mogućnosti za obavljanje komplikiranijih zadataka.