# بررسی حرکت پرندگان مهاجر در جریانات هوایی عمودی بر فراز خشکی


**دانشجو: جواد خاقانی**

**استاد راهنما: دکتر مجید نیلی احمدابادی**

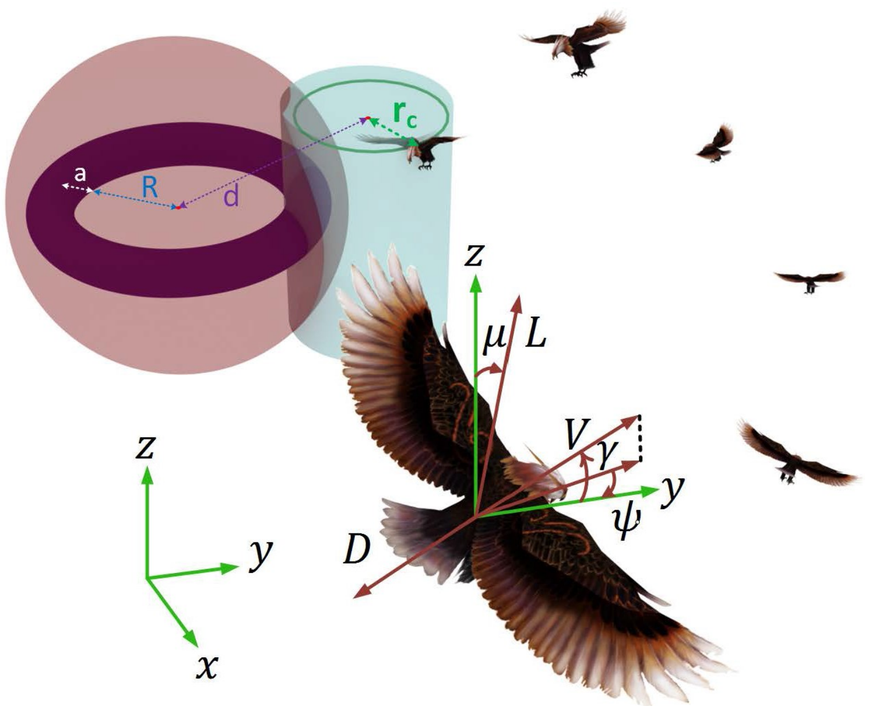
**دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران**


## مقدمه

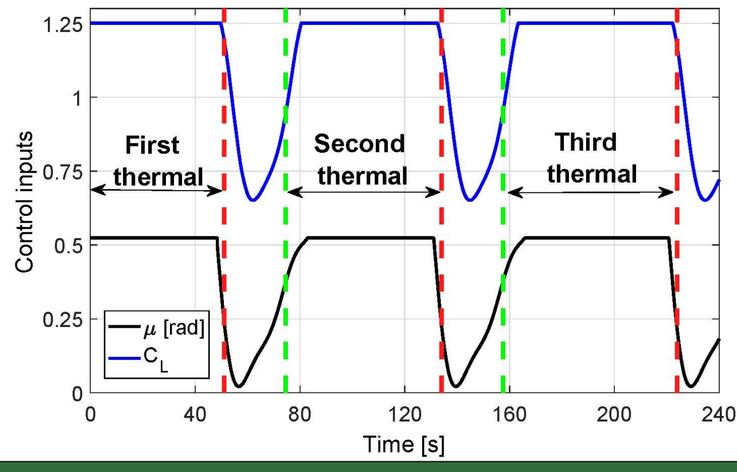
پرندگان از دو نوع تکنیک پروازی پویا و ایستا برای افزایش ارتفاع بدون بال زدن استفاده می کنند. تکنیک ایستا که غالبا به کمک بهره گیری از جریانات همرفتی صورت می گیرد، در میان پرندگان مهاجر خشکی زی رایج تر است. با توجه به ان که بهینه سازی مصرف انرژی در ربات های پرنده از اهمیت ویژه ای برخوردار است، در پژوهش های متعددی سعی شده به راز این رفتار بهینه پی برده شود و با کمک ان به توسعه ی ربات های پرنده کمک شود. در این پژوهش، ابتدا سعی شده با ارایه ی مدلی جامع، جریانات همرفتی را مدل سازی کرد. سپس مدل دینامیکی پرنده در حضور این جریانات و باد افقی را توسعه می دهیم. در پایان، کنترلر مناسبی طراحی کرده که امکان بهره برداری حداکثری پرنده از این جریانات را فراهم کرده و رفتار مدل و کنترلر را در محیط متلب شبیه سازی کرده ایم. به منظور بررسی صحت مدل و کنترلر، تمامی پارامترها با توجه به نمونه ی واقعی از پرواز پرندگان مقدار دهی شده و خروجی با رفتار پرنده در طبیعت مقایسه شده است.

## مدل و کنترلر پیشنهادی

بر خلاف پژوهش های گذشته که عموما جریان های همرفتی به صورت ستون های پیوسته از هوای بالارونده مدل سازی شده اند، در اینجا، این جریانات به صورت حباب های معلق از هوای بالارونده مدل سازی می شوند که سازگاری بیشتری با طبیعت دارد. همچنین از قانون توان هلمن به منظور مدل سازی باد افقی استفاده می شود. سپس معادلات دینامیکی پرنده به صورت جرم نقطه ای در حضور باد افقی و این جریانات همرفتی نوشته می شود.

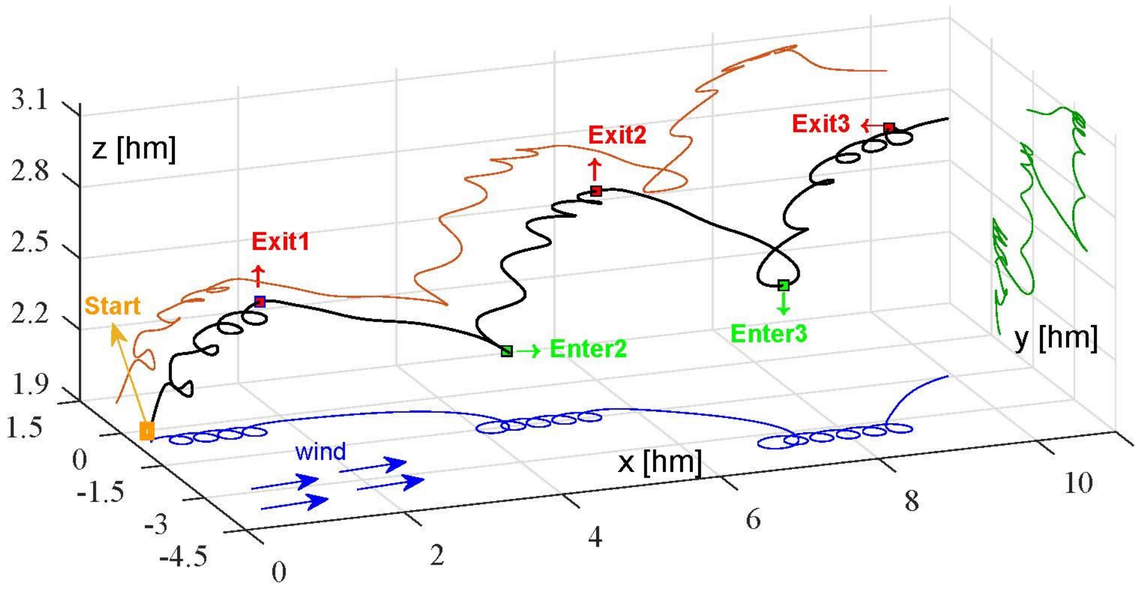



در گام بعدی به طراحی کنترلر با الهام از طبیعت می پردازیم. مشاهدات طبیعی نشان می دهد پرنده تا زمانی که بهره ی ارتفاع دارد با شعاع، سرعت و زاویه ی مسیر پرواز ثابت در داخل حباب پرواز می کند. این موضوع باعث می شود ورودی های سیستم یعنی زاویه ی شیب و ضریب نیروی بالابرنده ثابت بماند. در هنگامی که پرنده بهره ی ارتفاع چندانی ندارد براساس تئوری مهاجرت بهینه، ورودی های خود را به گونه کنترل می کند که با خروج از حباب کنونی، وارد حبابی جدید شود. در تصویر زیر کنترلر دو وضعیتی برای حرکت بین سه حباب اورده شده است.

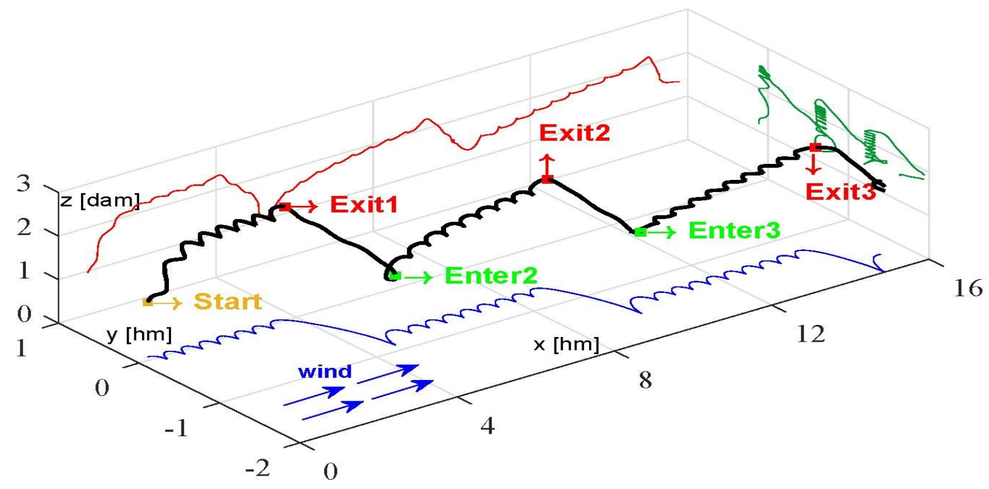



## نتایج

در تصویر اول نتایج شبیه سازی مسیر پرواز برای کرکس در خشکی امده است. این شبیه سازی براساس بخشی از یک مشاهده ی طبیعی [2] صورت گرفته است.




در تصویر دوم نتایج شبیه سازی مسیر پرواز برای پرنده ی فری گیت در دریا امده است.




مشاهده می شود که رفتار های تولید شده با مقدار دهی پارامتر ها براساس مشاهدات واقعی شبیه طبیعت است. دقت شود که به منظور مشاهده ی بهتر مسیر پرواز پارامتر های مکانی و زمانی با مقیاس ۰.۲ در نظر گرفته شده اند.

## جمع بندی

در این پژوهش، مدلی جامع براساس حباب برای جریان های همرفتی معرفی شده است. سپس تاثیر این جریانات و باد افقی بر روی دینامیک مدل سه درجه ازادی پرنده در نظر گرفته شده و با طراحی کنترلر دو وضعیتی با الهام از طبیعت، مدل و کنترلر توسعه داده شده در محیط متلب شبیه سازی شده است. مشاهده می شود که این رفتار به رفتار پرنده در طبیعت شبیه است.

### کاربرد های صنعتی:

- کاهش مصرف انرژی ربات های پرنده به ویژه ربات های حمل کالا
- تخمین سرعت باد افقی با مشاهده ی مسیر پرواز پرنده

## مراجع اصلی


1. Javad Khaghani, Mahdiar Nekoui, Rezvan Nasiri, and Majid Nili Ahmadabadi. Analytical model of thermal soaring : Towards energy efficient path planning for flying robots. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems,2018

2. J. Treep, G. Bohrer, J. Shamoun-Baranes, O. Duriez, R. Prata de Moraes Frasson, and W. Bouten, “Using high-resolution gps tracking data of bird flight for meteorological observations,” Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 97, no. 6, pp. 951–961, 2016.