

# AUTOMATED DESIGN OF A COMPETITION AIRCRAFT MODEL

**Martin Faltičko**

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT  
E-mail: xfalti00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Peter Chudý  
E-mail: chudyp@fit.vutbr.cz

## ABSTRACT

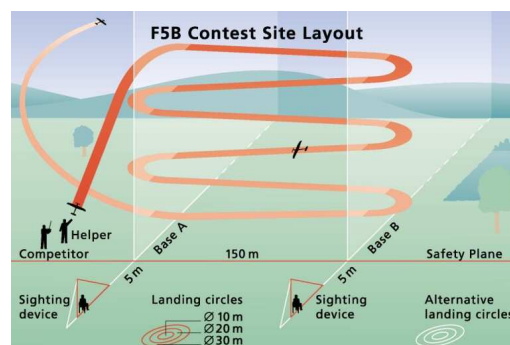
This document aims to explore the possibilities for design optimizations of an aircraft model in a specific competition category. On the basis of simulation of the model described by the basic parameters the characteristics are evaluated and then an appropriately chosen optimization algorithm refines the design. The evaluation takes into account several criteria including aerodynamics, stability and weight.

## 1. ÚVOD

Tato práce se zabývá teoretickým návrhem leteckého modelu pro specifickou soutěžní kategorii F5F. Ve stručnosti jde o rádiem řízené modely s elektrickým pohonem (prefix F5), které současně po vypnutí motoru dokáží létat jako kluzák.

### 1.1. ZJEDNODUŠENÁ PRAVIDLA

Popis pravidel je převzat z [1]. Samotný soutěžní let je rozdělen na dvě úlohy, které následují ihned za sebou. První úloha se nazývá „Vzdálenost“, což je vlastně let tam a zpět mezi dvěma rovnoběžnými rovinami. Zde má pilot k dispozici 200 sekund a během nich musí udělat tolik průletů, kolik je možné. Jeden průlet je chápán jako jedno překonání vzdálenosti mezi bázemi (zmiňované rovnoběžné roviny), které jsou od sebe vzdáleny 150m. Při této úloze je možno až 10× použít motor k nastoupení do výšky, ovšem v prostoru mezi bázemi musí být motor vždy vypnutý. Za každý dokončený průlet pilot získá 10 bodů (viz *Obrázek 1*).



**Obrázek 1:** Rozvržení letového prostoru kategorií F5B a F5F, převzato z [1].

Okamžitě po uplynutí 200s z první úlohy začíná druhá úloha. Ta spočívá v tom, že model nastoupá do výšky a pilot vyhledává termiku tak, aby zaletěl přesný čas 10 minut. Současně se snaží co nejméně používat motor, neboť za každou sekundu motorového letu se odečítá bod. Jeden bod se odečítá také za každou přelétanou sekundu nad zmíněných 10 minut. To už je na umění pilota.

Přistání je rovněž bodově hodnoceno, ale jen velmi mírně. Přistává se do kruhu a maximální prémii pilot získá, pokud se příd' modelu zastaví ve vzdálenosti max. 5m od středu tohoto kruhu.

## 2. ROZBOR

### 2.1. SOUTĚŽNÍ ÚLOHA A - VZDÁLENOST

Nejdůležitější část letu. Cílem našeho snažení je, aby model zdolal během stanovených 200s alespoň 40 průletů. To znamená využití plných deseti stoupání a po každém stoupání absolvování čtyř průletů.

Jelikož je spotřeba motoru limitována na 1300W.min a chceme si nechat 5s motorového času jako rezervu pro druhou, termickou úlohu, je nutné vypočítat, jak dlouho je možné stoupat v každém kole. Jestliže elektronický omezovač odstavuje motor v 33. až 34. sekundě jeho běhu (statisticky), po odečtení 5s nám zbývá 27s pro deset stoupání a 2,7s pro jedno stoupání, což je asi 106,4W.min (6,38kJ). Tato energie přeměněná na kinetickou a potenciální musí vystačit pro čtyři průlety.

Úlohu Vzdálenost je možno rozdělit na dva režimy, v nichž model musí vynikat. Jimi jsou přímý let a let v zatáčce. V přímém letu model stráví při jednom průletu přibližně 3,5s a pak následuje zatáčka o 180°, kdy model letí v náklonu často větším než 90°.

Pro přímý let potřebuje model co největší klouzavost při dané rychlosti (průměrně 45m/s) a v zatáčce je nutné mít co nejnižší indukovaný odpor při velkých úhlech náběhu. Klouzavost a indukovaný odpor jsou výrazně ovlivněny štíhlostí křídla (čím větší štíhlost křídla, tím model získá lepší aerodynamické vlastnosti). Také ale platí, že čím je nosná plocha štíhlejší a delší, tím jsou větší požadavky na pevnost nosníku a vzrůstá hmotnost (popsáno v [3]).

## 3. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Pro úspěch aplikace jsou potřeba dvě základní komponenty:

- 1) CFD program, jenž provede virtuální let aerodynamickým tunelem a vrátí všechny potřebné fyzikální proměnné. Zvolen matlabovský kód Tornado (<http://redhammer.se/tornado>), který provádí výpočty metodou VLM (vortex lattice method). Výstupem programu jsou koeficienty vztlaku, odporu a momentů, dále rozložení sil po rozpětí a stabilitní derivace těchto veličin.
- 2) Vlastní optimalizátor, který vyhodnotí získané proměnné podle účelové funkce a vhodným algoritmem bude provádět optimalizaci. Jako řešící metoda byl zvolen genetický algoritmus [2], v němž jsou jednotlivá data nosných ploch a trupu zadána posloupností osmibitových řetězců. Jedná se převážně o polohu těžiště modelu, rozpětí, vzepětí, použitý profil, úhel šípů a zúžení daných komponent křídla. Různá křídla se mohou skládat z různého počtu komponent, a tak bylo nutné genetický al-

goritmus navrhnout tak, aby respektoval různě dlouhé chromozomy (např. náhodným střídáním uniformního křížení a jednobodového křížení jedinců v populaci).

### 3.1. ÚČELOVÁ FUNKCE

V účelové funkci musí být zhodnoceny všechny dostupné kvality daného exempláře, aby jej bylo možné porovnat se zbytkem populace. Cílem je dosažení co největšího počtu nalétaných kol při omezené vstupní práci. Důležité je tedy zjistit, kolik energie potřebuje model pro absolvování jednoho kola. Při letu dochází k přeměně mechanické energie na potenciální a kinetickou, ale také ke ztrátám ve tření.

1. Při startu model vydá energii, aby byl uveden do letové rychlosti (teoreticky se předpokládá, že rychlost je celou dobu letu konstantní).
2. Při motorovém stoupání do vypočtené výšky dochází ke ztrátám při přeměně energie pohonné jednotky a model též překonává odpor vzduchu.
3. Po dosažení dostatečné potenciální energie (určité výšky) motor vypíná a tato energie musí vystačit na zachování rychlosti pro čtyři průlety bázemi - přímý let následovaný zatáčkami o  $180^\circ$ .

Počet průletů je tedy možné spočítat z energie potřebné na jeden průlet, rychlosti letu a poloměru zatáčky. V zatáčce se projevuje indukovaný odpor a hledáme její optimální poloměr.

Dále je nutné jistou penalizační funkcí (která se může s časem měnit, viz [2]) zajistit dodržování konstrukčních a letových omezení. Podle pravidel nesmí být plocha modelu v horizontální rovině menší než  $36\text{dm}^2$ . Také je důležité vypočítat a zohlednit minimálně statickou stabilitu modelu.

Rovněž hmotnost ovlivní celkové výkony modelu a je nutné ji vypočítat. Je to suma hmotností použitých komponent, tedy elektroinstalace (konstantní), trupu, uhlíkového potahu nosných a ocasních ploch a nosníků. Nosník je teoreticky zhotoven z uhlíkových pásnic v D-boxu a je navržen pro zatížení 30G.

## 4. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se v současnosti nachází ve stádiu implementace. Samotný proces optimalizace bude velmi náročný na počítačový čas (je nutné odsimulovat několik tisíc návrhů), ale zvolené optimalizační techniky jako genetické algoritmy a vhodně nastavená účelová funkce podle výše uvedených parametrů dávají vysokou pravděpodobnost, že výsledek procesu bude lepší než manuálně navržený model.

## LITERATURA

- [1] Kolektiv autorů: *CIAM FAI elektromodely 2008*. Oficiální stránky Klubu leteckých modelářů ČR. Platné od 1.1.2008. Dostupné na URL: <http://www.svazmodelaru.cz>.
- [2] Raymer, D.: *Enhancing Aircraft Conceptual Design using Multidisciplinary Optimization*, Ph.D. Thesis. Swedish Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2002.
- [3] Raymer, Daniel P.: *AIRCRAFT DESIGN: A Conceptual Approach*. Fourth Edition. AIAA Education Series, New York, NY, 2006. ISBN 1-56347-829-3.