

# Semianalični večdimenzionalni algoritem za optimizacijo zasnove letala: Študentsko tekmovanje Zasnuj – izdelaj - leti!

Viktor Šajn\*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Zmagovalec natečaja Ameriškega inštituta za letalstvo in astronautiko (AIAA), Textron, Raytheon Zasnuj – izdelaj – leti leta 2019 je bilo moštvo Edvarda Rusjana s Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani. Moštvo Edvarda Rusjana je pristopilo k tekmovanju strogo znanstveno ter premagalo konkurenčne ekipe iz najbolj prestižnih univerz. Razvili smo semi-analični večdimenzionalni algoritem za optimizacijo snovanja letal, ki glede na pravila tekmovanja išče zasnovo letala, ki omogoča čim večji tekmovalni rezultat. Izdelana in testirana sta bila dva vmesna prototipa za fino nastavitve empiričnih količnikov algoritma za letalske misije. Aerodinamika modela letala je bila napovedana z numeričnimi RANS simulacijami in dinamična stabilnost z metodo nevizkoznih panelov. Z meritvami v vetrovniku z nizko turbulenco je bil verificiran nizek upor izbrane postavitve zunanjega tovora na letalu. Krila in trup modela tekmovalnega letala, ki so ga ljubljanski študentje poimenovali „Pretty Boy“, sta bila narejena iz kompozita ogljikovih in steklenih vlaken ter epoksidne smole. Aramidno satje je bilo uporabljeno kot polnilo sendvič konstrukcije.

Glede na izbrano zasnovo letala, motorja, propelerja, baterij (čez 20 različnih velikosti) je algoritem napovedal njegove zmogljivosti, predvsem hitrost, s katero lahko letalo leti, ter čas, potreben za izvedbo enega kroga, ki je bil sestavljen iz premočrtnega leta in dveh celotnih krogov. Algoritem je tudi napovedoval, ali bo letalo v podani zasnovi zmožno vzleteti s podlage dolge le 3 m ter koliko krogov bo sposobno odleteti z izbranim paketom baterij. Marsikateri parametri letala so namreč v medsebojnem nasprotju pri doseganju čim boljših zmogljivosti. Zato lahko z visoko verjetnostjo pričakujemo lokalne ekstreme optimizacijske funkcije. Pri zadnji misiji, kjer letalo vzleti s tovorom igrač iz pene ter pri vsakem krogu po pravilniku odvrže eno, je algoritem določal optimalno hitrost za posamezni krog glede na omejeno zalogo energije v baterijah. Študenta Timotej in Tilen sta določila način postavitve igrač na trupu. Le ta je bil zasnovan tako, da je ustvarjal zračno zaveso in ščitil igrače pred vetrom ter zmanjševal skupni zračni upor letala. Z meritvami v vetrovniku je bilo potrjeno, da imata predlagana zasnova trupa in postavitve tovora značilno nižji zračni upor, kot če bi bil tovor klasično postavljen pod krili, kar je naredila večina moštev. Z analizo občutljivosti parametrov v območju širše optimalne zasnove letala pri prvi iteraciji, smo ugotovili katere velikosti imajo največji vpliv na zmogljivost. Tako smo v nadaljevanju optimizacije zmanjšali število pristopnih stopenj in potrebo po računalniški moči s ciljem maksimiziranja cenilne funkcije nelinearnega sistema enačb. Slaba napoved akumulirane energije v celicah baterij ter njene notranje upornosti je imela za posledico, da je bila določitev optimalne zasnove nezanesljiva - zamegljena. Prvi izračuni so pokazali, da je letalo sposobno odleteti 19 krogov v času 10 minut, pri testih pa je zanesljivo dosegalo le 17 krogov. S to zasnovo je moštvo nastopilo na tekmovanju in kljub skromnejemu pričakovanju zanesljivo prevzelo vodstvo. Z meritvami preostale energije v baterijskih celicah takoj po poletih, je bilo ugotovljeno, da so kapacitete celic manjše, kot so bile izmerjene v Sloveniji. Optimizacijski izračuni so bili ponovljeni z novo izmerjeno kapaciteto celic. Pri tem je bilo ugotovljeno, da je letalo sposobno odleteti 18 krogov ob povečanju števila celic paketa letala. Temu je posledično sledilo povečanje mase letala, sprememba optimalne lege težišča ter problemi z majhno hitrostjo pri vzletu. Moštvo se je odločilo, da izvede predelavo na samem tekmovanju in v ponavljalnem poletu (dovoljen le eden) poskusi popraviti lasten rekord. Pri ponavljalnem poletu tretje misije na TIMPA terenu v Tucsonu je pilot Timotej Hofbauer z letalom „Pretty Boy“ dosegel 18 krogov v 10 minutah, kar je bil absolutni rekord tekmovanja. Drugo uvrščena ekipa iz Georgia Institute of Technology, je bila za 22 % počasnejša in je končala tekmovanje s 14 doseženih krogi. Moštvo Edvarda Rusjana s Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani v letu 2019: Timotej Hofbauer (pilot in študentski vodja), Vid Pugelj, Viktor Govže, Matej Gorjan, Jaka Romih, Nejla Kambič, Emil Zubalic, Martin Kocijančič, Filip Plešnik, Klemen Ambrož, Andraž Vene, Tilen Košir, Enej Istenič, Patrik Tarfila, Klemen Mlakar, Andraž Kladnik in Viktor Šajn kot mentor.

**Ključne besede:** kompozitna konstrukcija letala iz ogljikovega stekla, število krogov v časovnem režimu, vzlet, konstrukcijski parametri, aerodinamični upor, DBF tekmovanje 2019, ekipa Edvarda Rusjana

\*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo,  
Laboratorij za nelinearno mehaniko, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana, Slovenija, viktor.sajn@fs.uni-lj.si