

MOŽNOSTI ZOBRAZENIA OCHRANNÝCH PRIESTOROV POSTUPOV PRIBLIŽENIA V GLOBÁLNOH GEOGRAFICKOM INFORMAČNOM SYSTÉME

Stanislav ĎURČO, Ing., PhD.

*Katedra letovej prípravy
Technická univerzita v Košiciach
Stanislav.durco@tuke.sk*

Abstrakt

Obsahom článku je posúdenie možnosti vizualizácie a kvalifikovaného odhadu hodnôt bezpečnej výšky nad prekážkami pri postupoch presného a nepresného priblíženia lietadla obchodnej leteckej dopravy na letisko s využitím grafického informačného systému Google Earth Pro.

Kľúčové slová

Postup priblíženia, geografický informačný systém, bezpečné výšky nad prekážkami (OCA/H), ochranné prekážkové roviny (OAS).

1. Úvod

Základnými údajmi pre výpočet bezpečnej výšky nad prekážkami OCA/H (Obstacle Clearance Altitude/Height) sú rozmery ochranných prekážkových rovín OAS (Obstacle Assessment Surface) a obálky zloženej z týchto rovín. Výpočtom rozmerov uvedených rovín určujeme priestor, kde sa nachádzajú nebezpečné prekážky. Pravdepodobnosť stretu lietadla s prekážkou, ktorá sa nachádza vo vnútri ochranných priestorov tvorených týmito rovinami a nepretína prekážkové roviny je 1×10^{-7} . Vypočítaná výška OCA/H s pripočítaním ostatných faktorov nám potom garantuje, že možnosť stretu s prekážkou nie je vyššia ako jeden krát za 10 miliónov priblížení.

Rozmery ochranných priestorov závisia na viacerých faktoroch, ale najdôležitejšia je hodnota presnosti technických zariadení používaných na priblíženie. Čím je presnosť vedenia lietadla väčšia, tým je vypočítaný ochranný priestor užší a môžeme predpokladať, že sa v tomto priestore nachádza menej významných prekážok a hodnota bezpečnej výšky nad prekážkami bude nižšia.

Obečné výpočty šírky týchto priestorov sú platné rovnako pre letúny a vrtuľníky. Odlišujú sa v hodnotách konštánt, ktoré charakterizujú jednotlivé kategórie lietadiel.

2. Obečný výpočet ochranných prekážkových rovín a bezpečnej výšky nad prekážkami

Pre výpočet OCA/H využívame tri základné metódy, ktoré sa líšia v miere ich zložitosti spracovaní údajov o prekážkach. Pre výpočet bezpečnej výšky pri nie-presnom priblížení využívame len metódu prvú.

Prvá metóda využíva súbor ochranných prekážkových rovín a obálku zloženú z týchto rovín vypočítaných pre jednotlivé typy priblíženia a využívané technické prostriedky. Za štandardných podmienok, za predpokladu neporušenia uvedených rovín prekážkou, je hodnota OCA/H definovaná stanoveným prídavkom výšky pre konkrétnu kategóriu lietadla. Ak došlo k prieniku rovín prekážkou je OCA/H vypočítaná s využitím najnebezpečnejšej výšky v definovanom priestore a stanoveného prídavku pre danú kategóriu.

Druhá metóda je založená na spojitý obálke zloženej z rovín OAS. Ak za štandardných podmienok nie je spojitá obálka preniknutá prekážkou a hustota prekážok pod OAS je akceptovateľná, potom je hodnota OCA/H definovaná stanovenou stratou výšky HL pre konkrétnu kategóriu lietadla. Ak došlo k prieniku rovín prekážkou je OCA/H vypočítaná s využitím najnebezpečnejšej výšky v definovanom priestore a stanovenou stratou výšky HL pre danú kategóriu.

Tretia metóda je použitie modelu zrážkového rizika (CRM). Model zrážkového rizika sa využíva ako alternatíva k aplikácii spojitý obálky rovín OAS, alebo v prípadoch keď je pod obálkou rovín nadmerná hustota prekážok.

Model spracováva celý súbor prekážok pod rovinami OAS a vyhodnotí riziko stretnutia s prekážkou pre všetky špecifikované OCA/H.

3. Stanovenie možnosti využitia grafického informačného systému google earth pro z hľadiska presnosti

Google Earth Pro je virtuálny globálny geografický informačný systém vyvíjaný spoločnosťou Google. Pre zobrazovanie povrchu zeme, využíva informácie získané zo satelitných snímok, leteckých snímok a vlastného GIS informačného systému. Umožňuje meranie geografických parametrov, vkladanie prekrývajúcich mapových zobrazení, definovanie a zobrazenie traťových línií, plošných a trojrozmerných objektov.

Pre vizualizáciu ochranných prekážkových rovin OAS a kvalifikovaný odhad prevádzkových minim v prostredí Google Earth je potrebné stanoviť možnosti presnosti zobrazenia a transformácie geografických polôh.

Pre stanovenie presnosti zobrazenia a transformácie geografických polôh v aplikácii Google Earth Pro bola zvolená metóda priameho porovnania súradníc súboru identických bodov a vypočítaných vzdialeností a smerov z týchto súradníc s hodnotami (spořadovanou presnosťou) oficiálne publikovanými v AIP SR. Bolo vykonané testovanie veľkosti polohových odchýlok medzi bodmi, smerov polohových odchýlok a rozdielu zmeranej výšky bodov.

Pre každú testovanú veličinu bola vypočítaná priemerná polohová odchýlka, smerodajná odchýlka (výberová) a interval spoľahlivosti (s 95% pravdepodobnosťou) pre strednú hodnotu.

Priemerná polohová odchýlka vyjadruje strednú hodnotu, ktorou je poloha v strede zoskupenia čísel v štatistickom rozdelení. V tomto prípade je vyjadrená aritmetickým priemerom absolútnych hodnôt:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{n} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{n} \quad (1)$$

Výberová smerodajná odchýlka (stredná kvadratická odchýlka) meria rozptyl hodnôt od priemernej hodnoty (strednej hodnoty). Je definovaná ako druhá odmocnina z výberového rozptylu. Používame ju vtedy keď nedokážeme pre malý počet meraní určiť smerodajnú odchýlku. Pre funkciu sa používa nasledovný vzorec:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu predstavuje rozsah hodnôt, kde stredná hodnota vzorky x sa nachádza v strede tohto rozsahu, pričom rozsah je $\bar{x} \pm$ hodnota intervalu spoľahlivosti. Interval udáva oblasť, kde sa skutočný parameter s veľkou pravdepodobnosťou nachádza. V našom prípade uvažujeme, že koeficient spoľahlivosti sa rovná 95%. Kritická hodnota štandardizovaného rozdelenia pre koeficient spoľahlivosti $P = 0,95$ je $z = 1,96$ a potom interval spoľahlivosti môžeme vyjadriť ako:

$$\bar{x} \pm z \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad \bar{x} \pm z \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (3)$$

Pozn.: Hodnota „z“ je údaj zo štatistických tabuliek. Plocha ohraničená krivkou štandardného normálneho rozdelenia, ktorá sa rovná (1 - 0,05) alebo 95 %.

Ako etalón pre porovnanie presnosti zobrazenia bodov, meranie smerov a vzdialeností v ortofotomape Google Earth Pro (zistenia posunov ortofotomapy voči systému geografických súradníc) boli využité súradnice bodov, smery a vzdialenosti z publikácie *Letecká informačná príručka Slovenskej republiky (AIP SR)* vydanie 19/11/2009 z časti *Letiská – fyzikálne charakteristiky vzletovej a pristávacej dráhy, prekážky letovej prevádzky*.

Body a smery boli vyberané tak, aby spĺňali podmienky reálneho stavu a boli identifikovateľné v oboch aplikáciách, preto to sú súradnice THR RWY, ARP a bodových objektov publikovaných ako prekážky letovej prevádzky. Tieto body a smery sú publikované s dostatočnou presnosťou - zemepisný smer RWY je uvedený s presnosťou na stotinu stupňa, poloha posunutého prahu s presnosťou na meter alebo stopu, nadmorské výšky prahov RWY a zvlňenie geoidu s presnosťou na pol metra alebo stopu, zemepisné súradnice prahov RWY v stupňoch, minútach, sekundách a stotínach sekundy, zemepisné súradnice prekážok v stupňoch, minútach, sekundách a desatinách sekundy. Zo súradníc THR RWY boli vypočítané dĺžky RWY a porovnané so zmeranou zodpovedajúcou vzdialenosťou v Google Earth Pro. Pri výpočte veľkosti polohovej odchýlky bol použitý na výpočet vzdialenosti algoritmus Vincenty.

Tab. 1 Stanovenie polohovej odchýlky bodov v ortofotomape Google Earth od súradníc bodov v AIP SR

Druh odchýlky	Dĺžka [m]	Smer [°]	Výška [m]
Priemerná odchýlka	6,1	184	3,9
Smerodajná odchýlka	4,4	78	1,5
Interval spoľahlivosti (95%) pre strednú hodnotu	2,0	36	0,8
Interval výskytu hodnôt s 95% pravdepodobnosťou	OD	4,0	148
	DO	8,1	220
			4,7

Tab. 2 Stanovenie odchýlky vzdialenosti a smeru zmeraného v ortofotomape Google Earth od vzdialenosti vypočítanej zo súradníc bodov AIP a smeru publikovaného v AIP

Druh odchýlky	dD [m]	d SMzRWY [°]
Priemerná odchýlka	2,4	0,05
Smerodajná odchýlka	1,2	0,03
Interval spoľahlivosti (95%) pre strednú hodnotu	0,8	0,02
Interval výskytu hodnôt s 95% pravdepodobnosťou	OD	1,6
	DO	3,2
		0,08

4. Záver

Priemerná polohová odchýlka nám určuje posun ortofotomapy voči systému zemepisných súradníc. Priemerná hodnota posunu sa pohybuje v intervale (4m, 8m) v prevládajúcom južnom smere. Táto hodnota posunu vypočítaná v testovaných priestoroch je pre účely simulácie polohy obálok minimálnej bezpečnostnej výšky a ostatných prvkov manévrov približní v priestore Google Earth vyhovujúca, ale pre zachovanie objektivity merania, vzhľadom na predpokladanú nerovnomernú charakteristiku posunu ortofotomapy, je nutné porovnať výsledky interakcií obálok s terénom s údajmi v digitalizovanej mape a v klasickej mape.

Meranie uhlov je možné, vzhľadom k predpokladaným vzdialenostiam využitia, považovať za presné. Meranie výšok je podľa výsledkov dostatočne presné, ale tento údaj je z hľadiska bezpečnosti najdôležitejší, a preto je nutné porovnať hodnoty výšok s údajmi v digitalizovanej mape a v klasickej mape.

Simulácia umiestnenia obálok ochranných rovin realizovaná v prostredí Google Earth preukazuje využiteľnosť pre kvalifikovaný odhad prevádzkových minim malého letiska alebo pristávacej plochy pre vrtuľník za podmienok malej hodnoty dohľadnosti

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry ITMS 26220220156.“



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/ Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Literatúra

- [1] DOC 8168 - Volume I. Procedures for Air Navigation Services - Flight Procedures, Fifth edition: ICAO, 2009.
- [2] DOC 8168 - Volume II. Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operation, Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, Fifth edition: ICAO, 2009.
- [3] DOC 9906. Quality Assurance Manual for Flight Procedure Design, Volume 1 - Flight Procedure Design Quality Assurance System, 1st edition: ICAO, 2009
- [4] FAA ORDER 8260.3B. United States Standard for Terminal Instrument Procedures: Federal Aviation Administration, 2007.