



## КЛАСИФИКАЦИЈА VFR ВАЗДУХОПЛОВНИХ КАРТА И ЊИХОВА ИЗРАДА У ГЕОИНФОРМАЦИОНОМ ОКРУЖЕЊУ

### CLASSIFICATION OF VFR AERONAUTICAL CHARTS AND THEIR PRODUCTION IN A GEOINFORMATION ENVIRONMENT

МАРКО СИМИЋ<sup>1</sup>, ЈАСМИНА М. ЈОВАНОВИЋ<sup>2</sup>, МАРИЈА СТОЈАНОВИЋ<sup>3</sup>, МИХАЛЛО БОБАР<sup>4</sup>,  
ВЛАДИМИР ВУЧЕНОВ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Војногеографски институт – „Генерал Стеван Бошковић“, Београд, marko.simic@vs.rs

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд, jasmina.jovanovic@gef.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Војногеографски институт – „Генерал Стеван Бошковић“, Београд, marijasmaki996@gmail.com

<sup>4</sup> Војногеографски институт – „Генерал Стеван Бошковић“, Београд, bobarmihajlo96@gmail.com

<sup>5</sup> Војногеографски институт – „Генерал Стеван Бошковић“, Београд, vvucenov@gmail.com

**Резиме:** Ваздухопловне карте представљају сет карата које се користе у процесу планирања лета и као помоћ у навигацији летелице током свих фаза лета. За безбедно обављање ваздушних операција по правилима визуелног летења (VFR) од суштинског је значаја да актуелни, свеобухватни и меродавни извори навигационих информација буду увек доступни, а ваздухопловне карте представљају погодан медијум за пружање оваквих информација на управљив, сажет и координисан начин. Ваздухопловне карте захтевају високу тачност и ажурност података како би могле да се користе у ваздухопловној навигацији и како би безбедан лет био могућ. Геоинформациони системи представљају идеално решење ових захтева и омогућавају креирање и одржавање квалитетних података неопходних за анализу и израду стандардизованих ваздухопловних карата. Будућност ваздухопловне картографије повезана је са структуром база података повезаних са ГИС-ом који омогућавају крајњем кориснику да састави сопствену карту за навигацију на дигиталним платформама, папуштајући све, или скоро све, папирне формате. Публикације слојева информација на веб-у постају све значајнија за кориснике географских информација.

**Кључне речи:** Ваздухопловне Карте, ГИС, Картографија.

**Abstract:** Aeronautical charts are a set of charts used in the flight planning process and as an aid in aircraft navigation during all phases of flight. For the safe performance of VFR (Visual Flight Rules) air operations, it is essential that current, comprehensive, and authoritative sources of navigational information are always available, and aeronautical charts are well suited for providing this type of information in a manageable, concise, and coordinated manner. Aeronautical charts require high accuracy and up-to-date data to be used in air navigation and to ensure a safe flight. Geoinformation systems represent an ideal solution to these requirements and enable the creation and maintenance of quality data necessary for the analysis and production of standardized aeronautical charts. The future of aeronautical cartography is linked to a structured database linked to GIS that allows the end user to compile their navigation map on digital platforms, disemploying all, or almost all, paper formats. Publications of layers of information on the web are becoming more and more important for users of geographic information.

**Keywords:** Aeronautical Charts, GIS, Cartography.

## 1. УВОД

Ваздухопловне карте (ВК) пружају пилоту важне информације о карактеристикама рељефа, топографским детаљима и ваздухопловном садржају. Користе се у планирању и током лета. Курс лета уноси се на ВК у процесу планирања, а пилоти током лета, помоћу инструмената,

различитим методама одређују своју тренутну локацију и врше корекције у односу на испланирани курс. Поред инструмената могуће је извршити оријентацију и помоћу карактеристичног, лако уочљивог из ваздуха, садржаја приказаног на ВК (оријентири, градови, главни путеви, високи објекти и др.). Поред тога што пружају дводимензионалне (2Д) информације кориснику, као и већина карата, приказују и тродимензионалне (3Д) информације о ваздушном саобраћају. Циљ ВК је да истакне кључне карактеристике пилотима, како би могли безбедно да се крећу од једне до друге радне тачке, узимајући у обзир терен, временске прилике, препреке и друге атрибуте.

Ове карте захтевају високу тачност и ажурност података, како би могле да се користе у ваздухопловној навигацији и да омогуће безбедан лет. Геоинформациони системи (ГИС) представљају идеално решење и омогућавају креирање и одржавање квалитетних података неопходних за анализу и израду стандардизованих ВК. Подаци се складиште просторно, задржавајући геометријски интегритет који је веома важан за ваздухопловно картирање. ГИС омогућава да се подаци креирају, уређују и чувају на централизован начин, чиме се смањује вероватноћа грешака, а подаци су увек спремни за даљу употребу. Такође, омогућава управљање великим базама података о препрекама и терену што знатно олакшава њихово редовно ажурирање. Све карте се чувају у заједничкој бази података, а подаци се након једог ажурирања могу користити у изради различитих производа (ВК, публикације ваздухопловних информација, електронске публикације и др.). Ово чини податке интероперабилним, смањује могућност грешака, поједностављује токове рада, омогућава дељење података у целој организацији и сажима квантитет података, које је потребно физички складиштити, чиме се смањују трошкови. Приликом израде ВК од велике важности су порекло и тачност података, као и да ли је извршена провера њиховог квалитета. ГИС обезбеђује контролу квалитета и преглед података у ходу, како би увид у начин и време уређивања података и праћење напретка пројекта било олакшано.

## **2. КЛАСИФИКАЦИЈА VFR ВАЗДУХОПЛОВНИХ КАРТА**

Правила визуелног летења (енг. Visual Flight Rules - VFR) односе се на скуп правила за лет приликом метеоролошких услова који дозвољавају визуелно летење. Контролори ваздушног саобраћаја нису увек обавезни да одржавају дистанцу између VFR авиона. Та одговорност искључиво припада пилоту, што од њега захтева да у сваком тренутку буде у стању да види испред и око свог авиона. Из тог разлога, ова правила такође обухватају одређене захтеве видљивости и критеријуме чистоће облака који су неопходни за лет са визуелном референцом на тло и хоризонт. Ови захтеви варирају у зависности од врсте ваздушног простора у којем се лети и постоје како би обезбедили сигурност летелица и спречили сударе због лоше видљивости [1].

Као помоћ у навигацији ваздухоплова који лете по правилима визуелног летења користе се VFR ваздухопловне карте. Оне су најсличније топографским картама, јер се на њима, поред ваздухопловног садржаја, приказује мноштво географских елемената. Разлог је што су то маркантни географски објекти, лако су уочљиви из ваздуха (нпр. велике реке, аутопутеви, ветропаркови и др.) и знатно олакшавају оријентацију приликом визуелног лета. Ове навигационе карте могу се на основу својих карактеристика, размере и намене поделити на: терминалне карте подручја 1:250.000, ВК 1:500.000 (односно секционалне ВК), светске ВК 1:1.000.000, навигационе ВК ситне размере, ВК хеликоптерских рута и карта визуелног приласка.

Терминалне карте подручја су размере 1:250.000 и приказују ваздушни простор класе В. Оне приказују више детаља од стандардних ВК, јер су веће размере. Намењене су пилотима који полећу са или слећу на аеродром, који се налази унутар, или је у непосредној близини ваздушног простора класе В или С [2] (Слика 1-А).

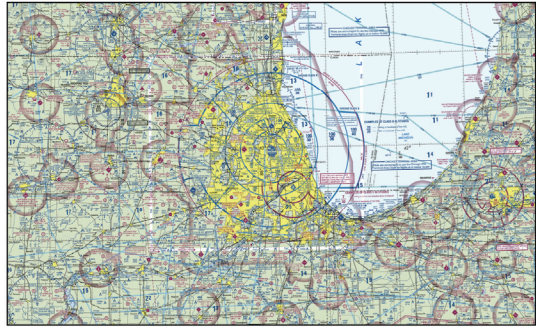
На ВК 1:500.000 приказано је више детаља него на светској и навигационој ВК, што је чини одличном картом за обуку у навигацији. Најпогоднија је за генерално визуелни лет у

авионима мале брзине, кратког или средњег домета који лете на малим и средњим висинама [3]. Информације о терену су представљене на овим картама помоћу контурних линија, осенченог рељефа, шема дренаже и великог броја оријентира и визуелних контролних тачака који се користе за VFR лет. Такође, приказују се градови, насеља, путеви, пруге, природне и културне знаменитости, државне границе, водене површине и обалне линије. Ваздухопловне информације које су представљене укључују визуелна и радио помагала за навигацију, аеродроме, контролисани ваздушни простор, ваздушни простор за специјалну употребу и препреке [2]. ВК 1:500.000 може се користити као основна ВК у обуци пилота и/или као допуна специјализованим ВК које не приказују битне визуелне информације, као и у планирању лета [4] (Слика 1-Б).

**А**



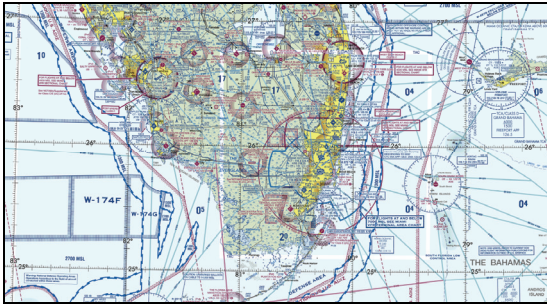
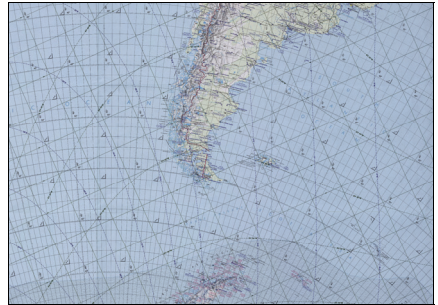
**Б**



**Слика 1:** Исечак терминалне карте подручја 1:250.000 (А) [5] и ВК 1:500.000 (Б) [6]

Садржај светске ВК 1:1.000.000 обезбеђује потпуну покривеност геопростора света ваздухопловним подацима униформно приказаним на свим територијама и у истој размери. Она се може користити као основна ВК, као допуна специјализованим ВК које не приказују битне визуелне информације, за израду других ВК и у планирању летова. На њој се приказују контурне линије, рељеф помоћу хипсометријске скале, природне и културне знаменитости, градови и насеља према својој релативној важности за визуелну навигацију, значајнији путеви и пруге, водене површине, обалне линије и међународне границе. Од ваздухопловних информација на овој карти се приказују аеродроми, препреке, забрањене и опасне зоне, систем услуга ваздушног саобраћаја, помоћни симболи у радио навигацији и додатне информације од значаја [4] (Слика 2-А).

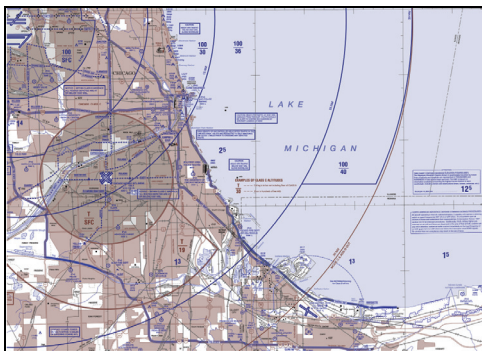
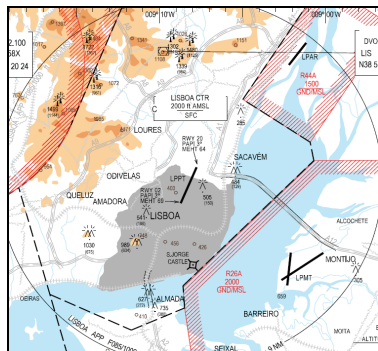
Навигациона ВК ситне размере представља најситнију ВК намењену за VFR летове и намењена је као помоћно средство у ваздухопловној навигацији за посаде авиона великог домета који лете на великим висинама [3]. Осигурава селективне контролне тачке на великим раздаљинама намењене за идентификацију на великим висинама и при великим брзинама, које су потребне за визуелну потврду положаја. Обезбеђује и сталну визуелну референцу на тло током далеких летова изнад области у којима недостају радио и друга електронска навигациона помагала, или изнад области где је визуелна навигација неопходна или пожељнија од инструменталне. Користе се приликом планирања дугих летова. Размера ових карата је од 1:2.000.000 до 1:5.000.000. Од географских елемената приказани су путеви, пруге, градови и насеља према својој релативној важности за визуелну навигацију, природне и културне знаменитости, водене површине, обалне линије и међународне границе. Од ваздухопловних информација приказују се аеродроми, препреке, забрањене и опасне зоне, елементи система услуга ваздушног саобраћаја и помоћни симболи у радио навигацији [4] (Слика 2-Б).

**А****Б**

**Слика 2:** Исечак светске ВК 1:1.000.000 (А) [7] и глобалне навигационе ВК 1:5.000.000 (Б) [8]

Ваздухопловна карта хеликоптерских рута приказује актуелне ваздухопловне информације корисне пилотима хеликоптера који лете у подручјима са високом концентрацијом хеликоптерских активности. Приказују се руте хеликоптера, четири класе хелидрома са својим фреквенцијама и могућностима осветљења, препреке и радио-навигациони уређаји. Поред тога, приказани су путеви и лако уочљива и препознатљива географска обележја. Размера ове ВК је 1:125.000 [2] (Слика 3-А).

Карта визуелног приласка пружа неопходне информације пилотима да слете на писту приказаног аердрома помоћу визуелне референце. Карта приказује основни распоред у оквиру аердрома и његове околне карактеристике које се лако препознају из ваздуха. Поред оријентације, сврха ових карата је и истицање потенцијалних опасности, као што су препреке, високи терени и подручја опасног ваздушног простора [3]. Неопходно је да размера карте омогући приказ значајних карактеристике аердрома и индицира њихов распоред, зато не би требало да буде ситнија од 1:500.000. Препоручена размера од стране Међународне организација цивилног ваздухопловства (енг. International Civil Aviation Organization - ICAO) је 1:250.000 и 1:200.000. На картама се приказују природне и културне знаменитости, обалне линије, језера, реке, потоци и рељеф на начин који најбоље одговара надморској висини и карактеристикама препрека картираног подручја. Од ваздухопловних информација приказују се аердроми, препреке, забрањене, опасне и контролне зоне, информације о визуелном приласку и помоћни симболи у радио навигацији [4] (Слика 3-Б).

**А****Б**

**Слика 3:** Исечак ВК хеликоптерских рута 1:125.000 (А) [9] и ВК визуелног приласка 1:250.000 (Б) [10]

### **3. ИЗРАДА VFR ВАЗДУХОПЛОВНИХ КАРАТА У ГЕОИНФОРМАЦИОНОМ ОКРУЖЕЊУ ОКРУЖЕЊУ**

ГИС представља софтверски системи за прикупљање, складиштење, управљање, манипулацију, анализу и визуелизацију географских или просторних података. База података састоји се од запажања о просторно распоређеним карактеристикама, активностима или догађајима, који су дефинисани у простору као тачке, линије или области. ГИС управља подацима о овим тачкама, линијама и областима, како би добио податке за задате упите и анализе [11].

Савремени напредак у картографији заснованој на ГИС-у олакшава креирање великог броја ВК веома брзо, коришћењем аутоматизованих техника, након што се успостави база података и направе шаблони ВК. Подаци смештени у овим базама могу се поделити на топографску основу (рељеф, хидрографија, комуникације, насељена места, објекти, границе и географски називи) и ваздухопловне информације (препреке, аеродроми, радио-навигационе информације, информације о службама ваздушног саобраћаја, ваздухопловне зоне, руте лета и максимална надморска висина). Шаблони ВК и симболија ваздухопловних информација се најчешће израђују по спецификацијама, правилима и препорукама ИСАО. Међутим неке државе (нпр. САД) их израђују по сопственим стандардима [12]. Приликом употребе података из базе у изради карте неопходно је извршити проверу њихове позиционе тачности у односу на сателитске или фотограметријске снимке. Такође се проверавају њихове атрибутне информације са податцима прикупљеним из различитих извора, укључујући државне и локалне власти, публикације и старије карте [13]. Након тога, потребно је извршити и теренску проверу података, како би се побољшала тачност информација о инфраструктури и комуникацијама и извршила уопштена провера валидност података. Нарочито је битна визуелна провера препрека за летење, коју би требало извршити из ваздуха. Препоручено је да се ова провера врши сваке четири године или чешће, како би подаци увек били ажурни [14]. Формална валидација података предузима се како би се осигурало да подаци испуњавају захтеве квалитета дефинисане у спецификацији базе података. Топографска основа и њена симболија могу се делимично, или у потпуности, преузети са одговарајућих топографских карата, како би се уштедели ресурси и време.

Традиционални начин израде ВК у штампаној форми (на папиру) или коришћењем затворених дигиталних система различитих приватних провајдера, што обично подразумева скупа периодична ажурирања и ограничава приступ поузданим подацима, ствар је прошлости. Развој различитих иницијатива које теже интероперабилности ваздухопловних база података има за циљ, успостављање тачних, употребљивих и доступних средстава за дељење ваздухопловних информација, од којих је већина оријентисана на дистрибуцију помоћу ГИС-а. Ово представља концептуални и технолошки оквир за развој нових метода дистрибуције и визуелизације ваздухопловних географских информација [15].

### **4. ЗАКЉУЧАК**

Од стварања прве ваздухопловне карте до данас, развој ваздухопловне картографије прошао је кроз многе фазе, а узрок томе је стално побољшање технологија навигације и развој нових и безбеднијих ваздухоплова, конструисаних за прелазак све већих дистанци. То је довело не само до развоја и усавршавања постојећих ВК, већ и до креирања различитих врста нових карата специјализованих за одређене процедуре. Ово је изискивало узастопно развијање и процеса и технологија израде ВК.

Савремено решење је пронађено у ГИС-у, који повећава ефикасност израде ВК у односу на традиционалне производне системе тако што централизује информације, пружа алате за управљање ваздухопловним информацијама, своди унос података на минимум а максимизира њихову искоришћеност. Имплементација ГИС-а омогућава бржи ток посла, лакше одржавање података и економичност у виду могућности израде више различитих производа

(дигиталних и штампаних) из једне базе података. Након успостављања базе података, ГИС омогућава аутоматизацију картографске симболије, постављања назива и прављења окружења карте, тако да је картограф у могућности да релативно брзо креира карте.

За безбедно обављање ваздушних операција од суштинског је значаја да актуелни, свеобухватни и меродавни извори навигационих информација буду увек доступни, а ВК уз подршку ГИС-а представљају погодан медијум за пружање оваквих информација на управљив, сажет и координисан начин.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] International Civil Aviation Organization, (2005). Annex 2 - Rules of the Air, 10th Edition.
- [2] Federal Aviation Administration, (2023). Types of Charts Available, Aeronautical Charts and Related Publications, [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aim\\_html/chap9\\_section\\_1.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap9_section_1.html).
- [3] Abeyratne, R. (2012). *Air Navigation Law*, Berlin: Springer Verlag.
- [4] International Civil Aviation Organization, (2009). Annex 4 - Aeronautical Charts, 11th Edition.
- [5] TAC 1:250 000: CHICAGO, FAA, 2022, [https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Chicago\\_TAC.pdf](https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Chicago_TAC.pdf).
- [6] Sectional Aeronautical Chart 1:500.000: CHICAGO, FAA, 2022, <https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Chicago.pdf>.
- [7] VFR Aeronautical Charts 1:1.000.000: Caribbean 1, FAA, 2022, [https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Caribbean\\_1\\_VFR.PDF](https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Caribbean_1_VFR.PDF)
- [8] GNC 1:5.000.000: 24, Defence Mapping Agency, 1985, <https://www.atlasofplaces.com/cartography/global-navigation-planning-charts/#figure-2>
- [9] Helicopter Route Chart 1:125.000: CHICAGO HELICOPTER, FAA, 2022, [https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Chicago\\_Heli.pdf](https://aeronav.faa.gov/visual/11-03-2022/PDFs/Chicago_Heli.pdf)
- [10] Visual Approach Chart - ICAO 1:250 000: LISBOA, Humberto Delgado; NAV Portugal, 2022, [https://charts.portugal-vacc.org/files/LP\\_AD\\_2\\_LPPT\\_13-1\\_en.pdf](https://charts.portugal-vacc.org/files/LP_AD_2_LPPT_13-1_en.pdf)
- [11] Xuan, Z. (2014) GIS and Urban Mining. *Resources*, 3(1), 235-247.
- [12] Teodoro, R., Vicente, N., Ferreira, J., Fernandes, J. and Catita, C. (2016). A gis-based infrastructure for the production of the official aeronautical chart. *Proceedings, 6th International Conference on Cartography and GIS*, Albena, Bulgaria, 13-17 June 2016, 538-550.
- [13] Ammar, E., Behairy, A. and Habibi, A. (2016). Gis cartography for topographic maps series. *Proceedings, 6th International Conference on Cartography and GIS*, Albena, Bulgaria, 13-17 June 2016, 704-711.
- [14] Federal Aviation Administration, (2021). Aeronautical Chart Users' Guide.
- [15] Siabato, W., Moya-Honduvilla, J. and Bernabé-Poveda, A. M. (2016). Supporting Aeronautical Information Management (AIM) Through Geographic Information Technologies and Spatial Data Infrastructures (SDI). *International Journal of Applied Geospatial Research*, 7(3), 1-37.