

საჰაერო ტრანსპორტის მართვის, გადაადგილების და საჰაერო სივრცის ეფექტურად ათვისების საკითხები

ბადრი ნადარაია

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

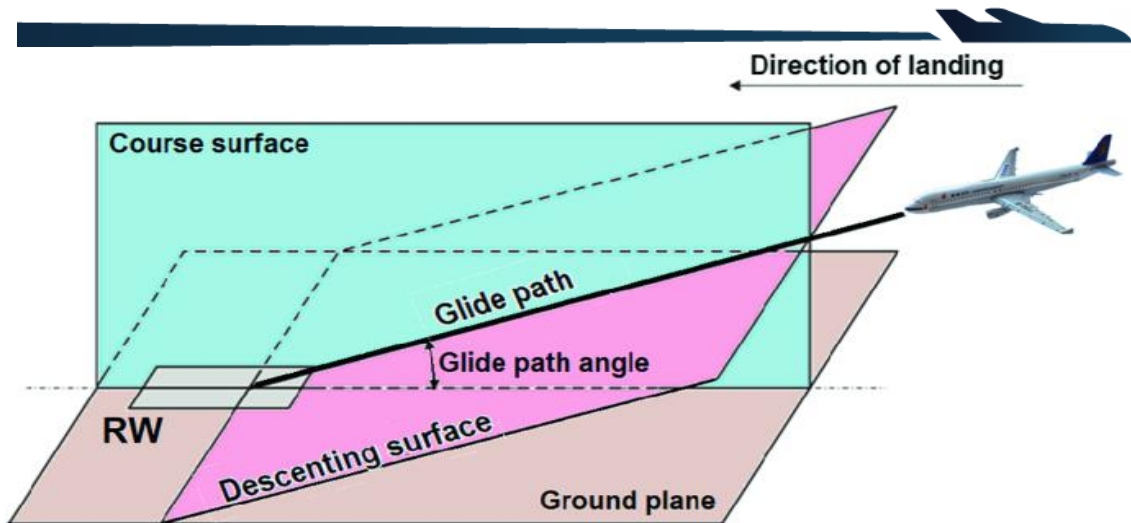
თბილისი, ქეთევან დედოფლის გამზირი № 16, 0103 საქართველო

რეზიუმე: სტატიაში წარმოდგენილია თანამედროვე ავიაციის განვითარების გზები თანამზღვრე შემადგენელი ფაქტორების გათვალისწინებით და ტექნიკურ-ტექნოლოგიური საკვანძო საკითხების ერთმანეთისაგან განსხვავებული მოდულები, რომლებიც თავის მხრივ პოტენციური მიმართულებით სამომავლო გლობალური გამოწვევების დასაძლევად როგორც ზემოთ აღნიშნულის, ასევე პირადი მოხმარების ხომალდების და საჰაერო სივრცის გამტარუნარიანობასთან მიმართებაში. აეროდრომების საჰაერო და სახმელეთო სივრცის მოდელირება (ე.წ. გაციფრულება) მოგვცემს ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიის გამოყენების შესაძლებლობას, რაც თავის მხრივ პირველადი მნიშვნელობისაა ინდივიდუალური ავიატრანსპორტის მასიური გამოყენების შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები: მომავლის ავიაცია, დრონები, ვირტუალური რეალობა (VR), ენერგოეფექტურობა, ILS, თანამგზავრული ნავიგაცია, GPS, პოზიციონირება, მომავლის ტექნოლოგია, კოსმოსური სისტემები.

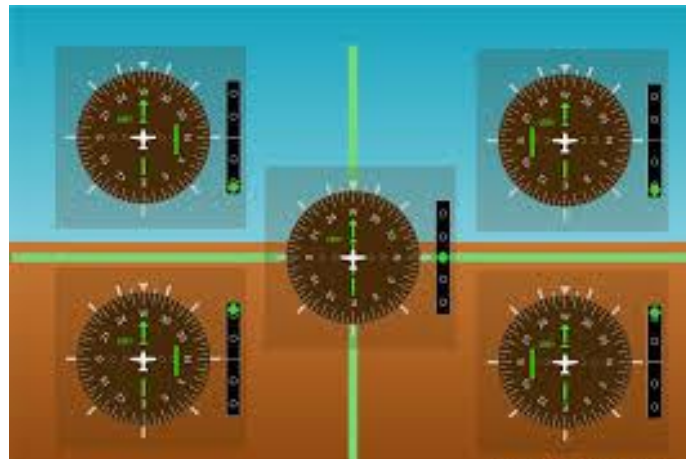
ძირითადი ნაწილი

საჰაერო ხომალდების თანამედროვე კლასიკური ასაფრენ-დასაფრენი სისტემა შედგება საკურსო და საგლისადო რადიომუქურული სისტემებისაგან. ზოგადი მოქმედების პრინციპი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებას როგორც საკურსო, ასევე საგლისადო რადიომუქურებისაგან. აღნიშნული ტალღების/სიგნალების თანაკვეთა ხდება მკაცრად განსაზღვრულ ე.წ. თანაბარსიგნალურ ღერძზე, რომლიც ვერტიკალურ სიბრტყეში აუცილებლად თანხვედრილია ასაფრენ დასაფრენი ზოლის (ადზ) გრძივი ღერძისა, ხოლო ჰორიზონტალურ სიბრტყეში კი, საგლისადო დახრული სიბრტყისა, რომელიც ადგილმდებარეობის რელიეფიდან გამომდინარე ვარირებს 10-დან 3,50-მდე. ზემოაღნიშნულის საილუსტრაციო მოქმედების პრინციპი წარმოდგენილია სურათზე (იხ. ნახ.1) [3,5].



ნახ.1. საკურსო-საგლისადო სიგნალების თანაკვეთით წარმოქმნილი თანაბარსიგნალური ღერძი

მფრინავი თვალყურს ადევნებს საჰაერო ხომალდის კაბინაში განთავსებულ ხელსაწყოებს და შესაბამისი ინფორმაციის საფუძველზე აკორექტირებს თვითმფრინავის მიმართულებას. საკურსო-საგლისადო არეალში შესვლამდე თვითმფრინავს უწევს ე.წ. მარკერული რადიოშუქურების თავზე გადაფრენა იმის დასტურად, რომ ის სწორედ მიემართება ა.დ.ზ.-ის არეალში. ერთი შეხედვით, მარტივია, თუმცა ყოველთვის გასათვალისწინებელია ადამიანური ფაქტორის ზეგავლენა სტრესისა და გადაღლილობის დროს, სადაც შეცდომების დაშვების ალბათობა მკვეთრად იზრდება, როგორც საჰაერო ხომალდის, ასევე საჰაერო მოძრაობის მართვის ავიაშემთვალყურეს მიმართ. სურათზე წარმოდგენილია საინდიკაციო მოწყობილობა, რომელსაც იყენებს მფრინავი საჰაერო ხომალდის (ს.ხ) კურსისა და გლისადის კორექციისას. (იხ.ნახ. 2) [3].



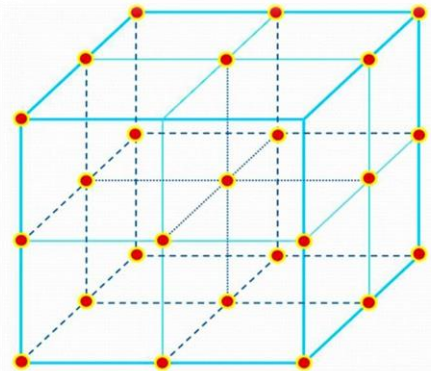
ნახ. 2. საკურსო-საგლისადო ინდიკატორი

თანამედროვე ტექნოლოგია იძლევა საჰაერო ხომალდის ადზ-ზე ავტომატურად (ავტოპილოტის გამოყენებით) დაფრენის შესაძლებლობას, თუმცა სიზუსტის დაცვისა და გლობალურობის თვალსაზრისით ის ბევრად ჩამორჩება სტატიაში წარმოდგენილ კონცეფციას სამომავლო ავიაციასთან მიმართებაში.

მომავლის ავიაციის ხედვა და ტექნიკურ-ტექნოლოგიური პროგრესი მდგომარეობს სრულიად ავტომატურ სისტემებში, რომლებშიც ადამიანის ჩართულობის აუცილებლობა არ არის.

კონცეფცია მდგომარეობს ს.ხ.-ის მართვაში გლობალური პოზიციების სისტემის გამოყენებით. აღნიშნული სისტემის პოტენციალი იმდენად დიდი და პერსპექტიული, რომ ის სრულიად ჩაანაცვლებს თანამედროვე სახმელეთო დანიშნულების ხელსაწყოების მიხედვით დაფრენის სისტემას (ILS), რადიოლოკაციურ სადგურებს, სააროდრომო დანიშნულების ს.ხ.-ის მიმმართველებს სამიმოსვლო ბილიკებზე და ბაქანზე არსებულ სადგომების ორიენტირებს. ამასთან ერთად ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია კიდევ ერთხელ ადასტურებს ზემოხსენებული სისტემის რეალიზაციის შესაძლებლობას [7].

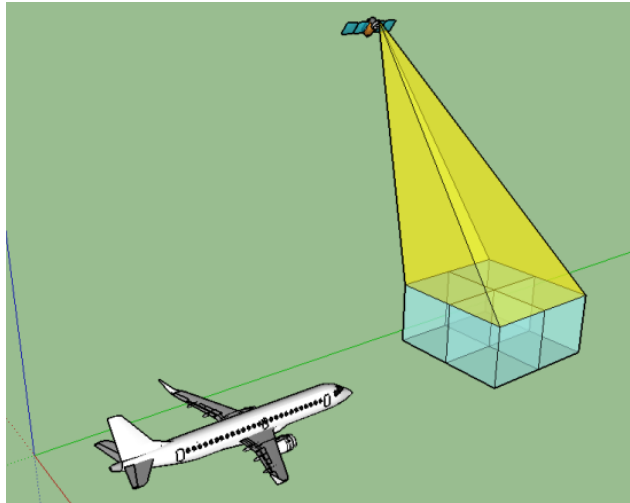
თანამედროვე ავიაციის მოწინავე და განვითარებადი ტექნოლოგიის პერსპექტივაში დევს სისტემა ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast / ავტომატური დამოკიდებული თვალ-ყურის დევნება - მაუწყებლობა). აღნიშნული სისტემა ეფუძნება გლობალური ნავიგაციის თანამგზავრების გამოყენებას და მოქმედების პრინციპების ზოგად აღწერაში შესაძლებელს ხდის საჰაერო ხომალდების, როგორც ერთმანეთთან, ასევე სახმელეთო მართვის სადგურებთან კომუნიკაციას და პარამეტრული მონაცემების გაცვლას. ავიაციის განვითარების ამ ეტაპზე ვასკვნით, რომ ინფორმაციის გაცვლა არ წარმოადგენს სირთულეს. აქედან და თანამგზავრული კოორდინაციული სიზუსტიდან გამომდინარე, შეგვიძლია სივრცეში აღებულ ნებისმიერ ფიქტიურ წერტილს მივუჩინოთ შესაბამისი კოორდინატი, ანუ ზღვრული მათემატიკური მნიშვნელობა, რომელის გადაყვანა ციფრულ მოდელზე არ წარმოადგენს დღეისათვის რაიმე სირთულეს. (იხ. ნახ. 3) [6,7].



ნახ. 3. საჰაერო სივრცის კოორდინირებული მოდელი

როდესაც საჰაერო სივრცის ნებისმიერ შემთხვევით აღებულ წერტილს მინიჭებული აქვს ციფრული მნიშვნელობა, შესაძლებელია მისი ასახვა, გადატანა ნებისმიერ სხვა სისტემაში შესაბამისი ენით [3].

თანამგზავრების ერთობლიობით წარმოქმნილი სივრცულ-კოორდინირებული ბადე, ანუ ველი, გვაძლავს სივრცის მოდელირების და შესაბამისად ვირტუალურ ტექნოლოგიასთან ინტეგრაციის შესაძლებლობას. (იხ.ნახ. 4) [4].



ნახ.4. თანამგზავრული სიგნალებით შექმნილი კოორდინაციული ველი

ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია იხელმძღვანელებს საორიენტაციო სივრცული კოორდინატებით, რომელიც თავის მხრივ მოეწოდება გლობალური პოზიცირების სისტემიდან და აღიქმება გრაფიკულად მფრინავის კაბინაში საფრენოსნო ეკიპაჟის მიერ (იხ. ნახ. 5).



ნახ. 5 . VR ტექნოლოგიით ს.ხ.-ის მართვის პროცესი

გლობალური ნავიგაციის თანამგზავრული სისტემით შექმნილი ვირტუალურ კოორდინირებული სივრცული ველი და მასში ინტეგრირებული ს.ხ.-ის მართვის სისტემა, იძლევა უპრეცედენტო შესაძლებლობას ვმართოთ არა მარტო კომერციული ტიპის კონტინენტალური თვითმფრინავები, არამედ ავტომატურ, წინასწარი

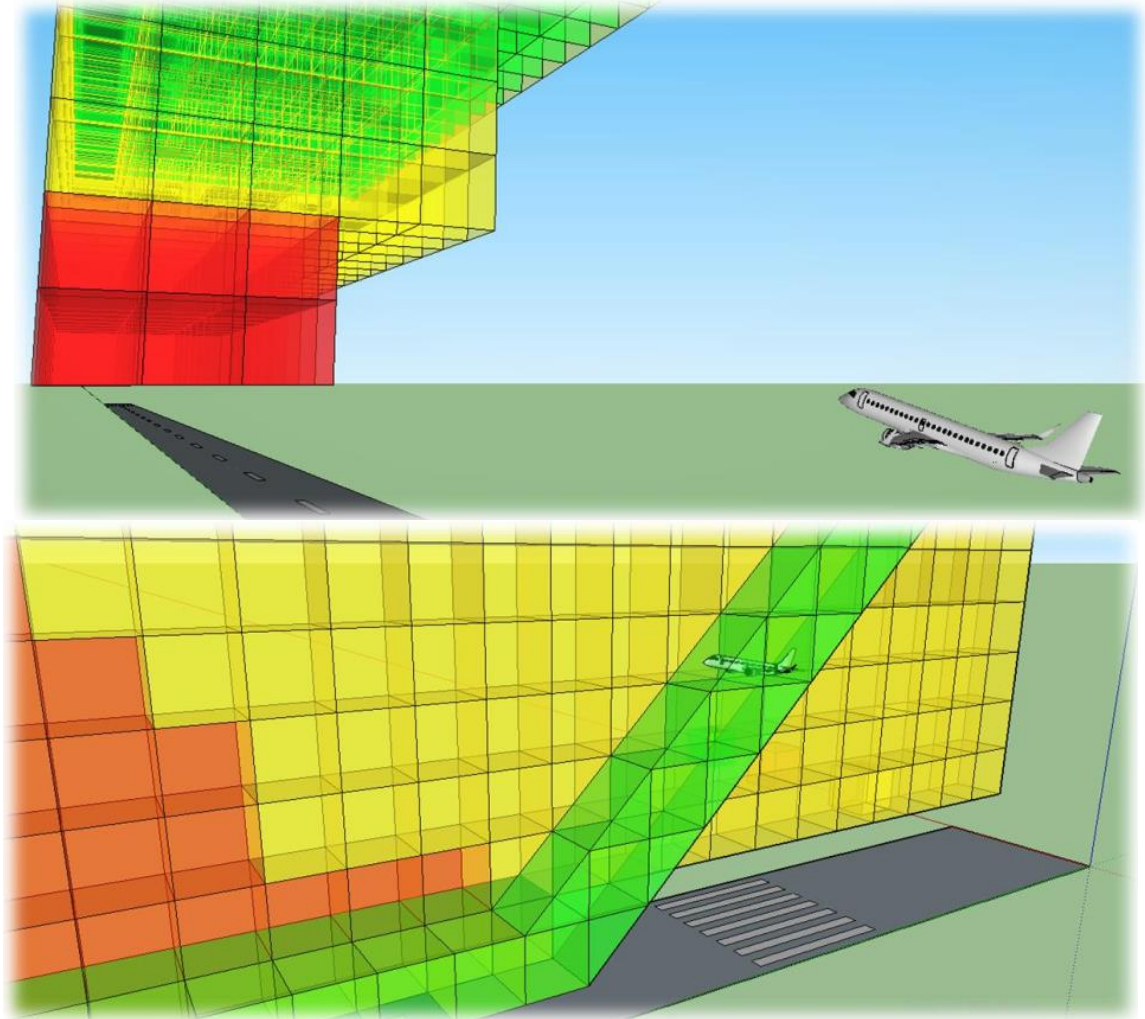
ალგორითმის გამოყენებით იმართებოდა ინდივიდუალური მოხმარების სატრანსპორტო დროები. VR ტექნოლოგიის დამუშავება და ავიახელსაწყოებთან ინტეგრირება იძლევა უპრეცედენტო შესაძლებლობას - მფრინავის მიერ უზუსტესად იქნას კლასიკური მართვის პრინციპების ხელსაწყოების მიხედვით, არამედ აღქმული იყოს სივრცულ-კოორდინირებული ველი GPS-ზე დაყრდნობით შემუშავებულ ფიქტიურ "n" რაოდენობის წერტილზე დაყრდნობით. ავტომატიზაცია გულისხმობს ადამიანების არ არსებობას მართვის ეტაპზე/მოდულზე. მსგავსი ტიპის ტექნოლოგია დღესდღეობით რეალიზებულია ავტონდუსტრიაში, კონკრეტულად კი ტაქსით მომსახურებისა და ტვირთების გადატანის სფეროში. ასეთი მიმართებით იზრდება ავიატრანსპორტისადმი მოთხოვნა, როგორც კომერციული, ასევე ინდივიდუალური დანიშნულებით. ავტომატიზაცია კი, თავის მხრივ გამოიწვევს ადამიანის მყისიერ ჩარევას მართვის ეტაპებზე. ეს კი თავის მხრის ხელმისაწვდომს ხდის ავიატრანსპორტს ნებისმიერი მომხმარებლისადმი თავის ფინანსური ღირებულების გათვალისწინებით [2,3,4].

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით თავს იჩენს ენერგოეფექტურობისა და ელექტრომაგნიტური ეკოლოგიის საკითხები, რაც დღევანდელი კაცობრიობის პროგრესის თანმხლებია.

საჰაერო სივრცის ყოველ შემთხვევით აღებულ n კოორდინატზე მნიშვნელობის მინიჭებით ვღებულობთ წინასწარ ცნობილ, ალგორითმულ ველს. ეს უკანასკნელი მიიღება პლანეტის მასშტაბით, გლობალურად დროის ნებისმიერ მყისიერ მომენტში დედამიწის ორბიტაზე განთავსებული თანამგზავრების მიერ გამოსხივებული სიგნალებით.

მათემატიკური, გაკოორდინირებული დროისა და სივრცის ველის შექმნა პლანეტის გარშემო, რომელშიც გადაადგილდებიან საჰაერო ხომალდები, უკუ აგდებს სახმელეთო დანიშნულების რადიოლოკაციური სადგურების, საკურსო-საგლისადო და სააეროდრომო დანიშნულების შუქსანათი სისტემების აუცილებლობას. რჩება მხოლოდ და მხოლოდ ე.წ. ნულოვანი სასტარტო წერტილი (შესაძლებელია, აზომვების წარმოებისათვის გათვალისწინებული რადიოლოკაციური სადგურები).

ელექტრომაგნიტური ეკოლოგიის საკვანძო მომენტი მდგომარეობს უშუალოდ გამოსხივების კონცენტრატის არ არსებობაში იმდენად, რამდენადაც თანამგზავრული სიგნალების არსებობა გამოიხატავს რაიმე დამატებითი სააეროდრომო კონცენტრირებული ენერგიების აუცილებლობას და მიიღწევა სიგნალით დაფარული კოორდინირებული სივრცე. ცხადია აღნიშნული სივრცის კონკრეტული უბანი მართვადია შეზღუდვების დაწესებისა თუ საჰაერო დერეფნები წარმოქმნის თვალსაზრისით. (იხ.ნახ.6) [2,6,7].



ნახ.6. კოორდინირებული საჰაერო სივრცის გამტარუნარიანობის გამარტივებული პრინციპული მაგალითი

დასკვნა

სამეცნიერო სტატიაში მოცემული პრობლემების შესაბამისი გადაწყვეტის მიზნით დასკვნის სახით, მოცემულია კონკრეტული რეკომენდაციები, რომელთა პრაქტიკაში დანერგვა გააუმჯობესებს, საჰაერო ტრანსპორტის მართვის, გადაადგილების და საჰაერო სივრცის ეფექტურად ათვისების საკითხებს, გაზრდის საჰაერო სივრცის გამტარუნარიანობას და საიმედოობას, კერძოდ:

1 - სააეროდრომო დანიშნულების რადიოლოკაციური სადგურების პარამეტრების გაუმჯობესება, ან მათი ექსპლუატაციიდან ამოღება შესაბამისი ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვის გზით;

2 - ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესება ელექტრომაგნიტური ენერჯის კონცენტრაციის შემცირებით ყოველ შემთხვევით აღებულ სივრცულ წერტილზე;

3 - საჰაერო ხომალდების სივრცული პოზიციების განსაზღვრის ზუსტი კოორდინირება;

4 - საჰაერო ხომალდების, ისევე როგორც აეროპორტების/აეროდრომების მართვის ნახევარ ავტომატური (დამოკიდებულია ხელოვნური ინტელექტის წარმადობის შესაძლებლობაზე) პოტენციალი;

5 - საჰაერო ტრანსპორტის მართვის პრინციპების გაუმჯობესება (გამარტივება), სივრცული დერეფნების ვირტუალიზაციის და მფრინავთა მომზადება/გადამზადების გამარტივების გათვალისწინებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] - ვ. ზურაბიშვილი, თ. სვანიძე - ელექტრომაგნიტური ეკოლოგია (2018);
- [2] - ვ. ზურაბიშვილი, თ. სვანიძე - ელექტრომაგნიტური თავსებადობა (2018);
- [3] - ბ. ნადარაია - კოსმოსურ-თანამგზავრული ტექნოლოგიების ინტეგრაცია დაფრენის საავიაციო სისტემებში და მათი გამოყენების სამომავლო პერსპექტივები (2020);
- [4] - მ. ზოიძე - ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდები ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით (2020);
- [5] - ნ. თიკანაშვილი - საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემაში ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვა ადამიანის ფაქტორის გათვალისწინებით ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით (2019);
- [6] - Buckup S, González J. - Advanced Air Mobility: Shaping the Future of Aviation (2024);
- [7] - F. Salabert - The Future of GNSS in Civil Aviation: Opportunities and Challenges (2017).

Issues of air transport management, movement, and efficient utilization of airspace

Badri Nadaraia

Georgian Aviation University
Ketevan Dedopali Ave. 16, 0103, Tbilisi, Georgia

Abstract

The article presents the ways of development of contemporary aviation with the provision of possible obstacles and basic technological modules, which in their kind are the main source of transformation of global challenges, not only the above, but also regarding individual aircraft that will need high airspace capacity. Modeling of ground and airspace will provide the opportunity to use virtual reality technology, which is paramount when using aircraft as an individual transport.