

EFEKTYVUS ORO ERDVĖS VALDYMAS IR SKRYDŽIŲ VALDYMO SEKTORIŲ
PRALAUDUMO DIDINIMAS

Viktorija Mažilytė, Vaidotas Kondroška

VGTU AGAI Aviacijos technologijų katedra

El. p. viktorija.mazilyte@gmail.com

Santrauka. Oro eismo paslaugų sistemos pralaidumas priklauso nuo daugelio aplinkybių: oro eismo paslaugų maršrutų struktūrų, navigacinio orlaivio tikslumo, meteorologinių sąlygų, skrydžių vadovų darbo krūvio. Tačiau oro erdvės naudotojų lūksčiai ne visada yra visiškai patenkinami dėl didėjančių skrydžių ir keleivių srauto. Oro erdvės vadyba deda visas pastangas, kad būtų pasiektas maksimalus eismo pralaidumo lygis tiek normaliomis sąlygomis, tiek piko metu, tuo pačiu nesumažinant saugumo lygio.

Įsitinkinta, kad į atskirus segmentus suskaidyta oro erdvė naudojama neveiksmingai. Sukūrus optimalią oro erdvės struktūrą regiono mastu, būtų galima patenkinti didėjančius oro erdvės naudotojų poreikius, valdant eismą dinamiškiau, taip sumažinant skrydžių vėlavimus, sudarant sąlygas padidinti skrydžių saugumą ir efektyvumą.

Reikšminiai žodžiai: oro erdvės vadyba, oro erdvės blokai, skrydžių valdymo sektorių pralaidumas, darbo krūvis.

1. Įvadas

Kaip ir bet kuriai transporto rūšiai, taip ir oro eismui yra būtina teikti atitinkamas paslaugas, kurios būtų paremtos saugiais ir gerai organizuotais metodais.

Oro eismo vadybos sistema teikia oro eismo ir oro erdvės vadybos paslaugas bendrai integruodama žmones, informaciją, technologijas, infrastruktūrą ir paslaugas, paremtas oro, antžeminiais ar kosminiais ryšiais, navigacija ir stebėjimu (ICAO 2007).

Šios paslaugos reikalingos saugiam, ekonomiškam ir efektyviam nenutrūkstamų paslaugų teikimui orlaiviams ir antžeminėms tarnyboms. Oro eismo vadyba ir oro erdvės vadyba, kartu su kitomis atitinkamomis priemonėmis, nustato sąlygas skrydžiams ir apsprendžia skrydžių trajektorijų ir reguliarumo efektyvumą (ICAO 2005). Visos pastangos yra dedamos, kad būtų pasiektas pakankamas eismo pralaidumo lygis. Dalinant oro erdvę į valdomus sektorius, kurių ribos keičiasi dienos eigoje, priklausomai nuo eismo ir skrydžių vadovų darbo krūvio, skrydžių valdymo sektoriai gali būti suskaidomi padidėjus krūviui arba sujungiami jam sumažėjus.

2. Oro eismo paslaugų organizavimas Europoje ir Jungtinėje Amerikos Valstijose

Europa ir Jungtinės Amerikos Valstijos (toliau – JAV) yra panašios savo plotu, tačiau šiose šalyse yra taikomos skirtingos oro eismo paslaugų teikimo technologijos. Dėl to JAV valdo beveik 70% daugiau skrydžių ir aptarnauja kur kas daugiau orlaivių, skrendančių pagal vizualias skrydžių taisykles tam naudodama mažesnius resursus (Eurocontrol ... 2009). JAV yra tik vienas oro navigacijos paslaugų tiekėjas ir visuose skrydžių valdymo centruose yra taikomos vienodos procedūros ir technologijos. Tuo tarpu Europoje oro navigacijos paslaugas teikia 38 skirtingi tiekėjai, kurie tai daro pagal savo sistemą. Tai ir lemia oro eismo srautų vadybos ir skrydžių valdymo pralaidumo lygio koordinavimą.

Lentelėje pateikti 2008 m. pagrindiniai duomenys, atspindintys Europos ir JAV oro eismo paslaugų organizavimo sistemą.

Lentelė. Europos ir JAV oro eismo paslaugų organizavimo rodikliai

Table. The main indicators of air traffic services in Europe and USA

	Europa	JAV	Skirtumas tarp JAV ir Europos
Geografinis plotas (mln. km ²)	11,5	10,4	≈ -10%
Oro navigacijos paslaugų tiekėjų kiekis	38	1	
Skrydžių vadovų kiekis	16 800	14 000	≈ -17%
Visas personalas	56 000	35 000	≈ -40%
Valdomi skrydžiai (mln.)	10	17	≈ 70%
Erdvės skrydžių valdymo centrai	65	20	≈ -70%
Sektorių kiekis maksimalia konfiguracija	679	955	≈ 40%

Europos regiono OEVS sistemos pagrindinė silpnybė, palyginti su JAV OEVS, yra tokia, kad esama oro eismo paslaugų erdvė yra suskaidyta, kiekviena šalis organizuoja oro navigacijos paslaugų teikimą savo oro erdvėje. Orlaivis per skrydį „zigzagais“ nuskrenda vidutiniškai 49 km daugiau, nei skrendant optimalia trajektorija. JAV yra 20 erdvės skrydžių valdymo centrų, Europoje – daugiau nei 60 (Deutsche ... 2013). JAV oro eismo valdymo sistemos vadovavimo centras koordinuoja srautų vadybą,

tačiau JAV grūstys daugiausia susidaro oro uostuose (Gulding *et al.* 2009). Europoje kiekviena šalis turi atskirą oro erdvę, todėl koordinuoti skrydžių valdymą ir srautų vadybą yra sudėtingiau. Daugelis skrydžių Europoje yra trumpi, tačiau orlaivis turi kirsti keletą atskirų oro erdvių kaip atskirų susikirtimo taškų tarp kelių, dėl to spūstys susidaro ne tik žemėje, bet ir erdvėje. Nukrypimai nuo optimalios trajektorijos prideda papildomai laiko, sudeginama daugiau degalų, o tai oro erdvės naudotojui padidina išlaidas (Powell, Leal de Matos 2002). JAV beveik perpus pigiau eksploatuoja panašaus dydžio oro erdvę.

3. Baltijos funkcinio oro erdvės bloko įvertinimas

Svarstant, kaip Europos oro erdvę aptarnaus vis didėjanti skrydžių srautų, tuo pačiu sumažindama kainas ir pagerindama jos valdymą, buvo padaryta išvada, kad erdvę gali būti suskirstyta į funkcinis blokus atsižvelgiant ne į valstybių sienas, o į eismo srautus. Siekdamą pertvarkyti oro navigacijos paslaugų sektorių Europoje ir sukurti bendrą Europos oro erdvę, Europos Komisija 1999 m. paskelbė ketinimą įdiegti tam tikrų priemonių paketą. Taip atsirado „Bendro Europos dangaus“ idėja, kuri apima bendros oro erdvės, vienuodų skrydžių valdymo standartų bei procedūrų sukūrimą (Eurocontrol 2011b). „Bendro Europos dangaus“ koncepcija sukurta atsižvelgiant į vis didėjantį oro transporto eismo intensyvumą, dėl kurio ėmė strigti Europos oro eismo paslaugų teikimo sistema ir pradėjo gausėti vėluojančių skrydžių. Įsitinkinta, kad į atskirus segmentus suskaldyta oro erdvė naudojama neveiksmingai. Oro navigacijos paslaugas šalys teikia oro erdvėje tik virš savo teritorijos, o tai reiškia, kad naudojamos skirtingos oro eismo valdymo technologijos, skrydžių maršrutai yra nepatogūs ir kyla įvairių sunkumų kertant valstybių sienas.

Pagrindinė „Bendro Europos dangaus“ idėja – sukurti funkcinis oro erdvės blokus (toliau – FAB), kurie organizuotų regioninį bendradarbiavimą ir tai pagerintų skrydžių valdymo efektyvumą. Valstybės yra skatinamos konfigūruoti viršutinę oro erdvę į FAB.

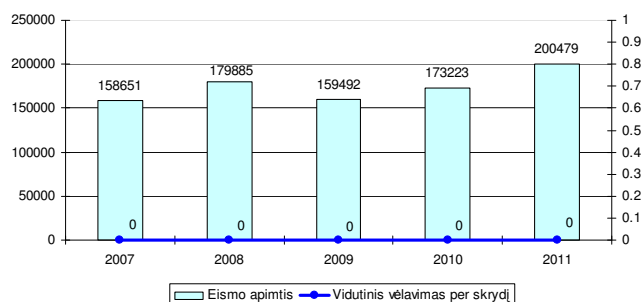
Šiuo metu Europoje pradėtos kurti devynios funkcinės oro erdvės blokų iniciatyvos. Lietuva ir Lenkija sutarė kurti Baltijos FAB. Bendras numatomo Baltijos FAB valdomos oro erdvės plotas yra 410 126 km². Regiono skrydžių valdymo paslaugos būtų teikiamos iš dviejų regiono skrydžių valdymo centrų (toliau SVC): Varšuvos ir Vilniaus regiono SVC.

Lietuvoje tranzitiniai skrydžiai yra valdomi regiono SVC oro erdvėje, kuri apima visą oro erdvę nuo 95 iki 660 SL. Vilniaus regiono SVC plotas yra 76 126 km². Šio SVC maksimali konfigūracija yra 3 SV sektoriai. Kiekvieną sektorių yra valdo skrydžių vadovas ir asistentas. Priklausomai nuo eismo poreikio, SV sektoriai gali būti sujungti ar išskaidyti. Sektorių atidarymo schema yra planuojama pagal eismo prognozes ir sektorių poreikį – dienos bėgyje tai reguliuoja regiono SVC pamainos viršininkas. Kadangi skrydžių pralaidumas neviršija leistino kiekio, regiono SVC dažniausia dirba 2 sektoriais, kurie yra vertikaliai vienas virš kito:

1. Žemutinis SV sektorius, kurio vertikali ribos yra nuo 95 SL iki 335 SL.
2. Viršutinis SV sektorius, kurio vertikali ribos yra nuo 335 SL iki 660 SL.

Lietuvoje per metus yra aptarnaujama apie 200 000 orlaivių, iš kurių 84% sudaro tranzitiniai skrydžiai. Stebint skry-

džių vėlavimo statistiką nuo 2007 iki 2011 m., skrydžių vėlavimų dėl oro eismo srautų valdymo užfiksuota nebuvo (Eurocontrol ... 2011a). Žemiau (1 pav.) pateikta pastarųjų metų eismo apimtis Lietuvos oro erdvėje ir vėlavimo dėl oro eismo srautų valdymo statistika.

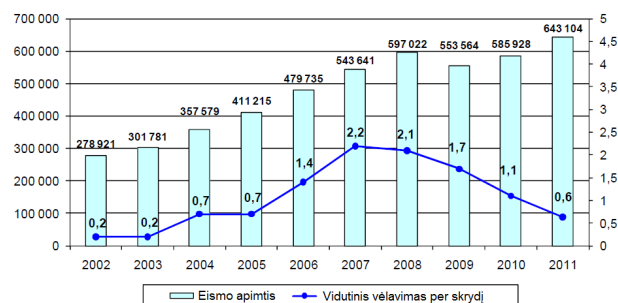


1 pav. Eismo apimtis ir vidutinis vėlavimas per skrydį Lietuvos oro erdvėje

Fig. 1. Traffic volume and average delay per flight in Lithuania airspace

Varšuvos regiono SVC plotas yra 334 000 km², maksimali SV sektorių konfigūracija yra 9 sektoriai. Vertikalios sektorių ribos – nuo 95 SL iki 660 SL.

Lenkijos oro erdvėje kasmet aptarnaujama daugiau nei 500 000 orlaivių, iš kurių 56% sudaro tranzitiniai skrydžiai (Eurocontrol 2010). Žemiau (2 pav.) pateikta pastarųjų metų eismo apimtis Lenkijos oro erdvėje ir vėlavimo dėl oro eismo srautų valdymo statistika.



2 pav. Eismo apimtis ir vidutinis vėlavimas per skrydį Lenkijos oro erdvėje

Fig. 1. Traffic volume and average delay per flight in Poland airspace

Kaip matyti, nuo 2002 m. didėjant skrydžių srautui didėjo ir vidutinis orlaivių vėlavimas. 2007 m. skrydžių vėlavimas siekė net 2,2 minutės per skrydį. Nors pastarųjų metų vėlavimo tendencija yra mažėjanti, tačiau tai rodo, kad Lenkijos oro erdvėje oro eismo srautų valdymas yra nepakankamai efektyvus ir SV sektorių pralaidumas nėra optimalus. Eurokontrolės duomenimis, kiekviena prarasta minutė kainuoja apytiksliai 81 eurą, kas 2010 m. Europos regione sudarė 2,2 mlrd. eurų. Ši ekonominė išraiška rodo, kad yra būtina gerinti oro eismo paslaugų teikimą. Pagrindinis elementas, turintis įtakos oro eismo vadybos sistemai, yra oro erdvės organizavimas ir planavimas. Darant prielaidą, kad abiejų valstybių veikla organizuojama bendrai ir kasmet stebima skrydžių didėjimo statistika, Baltijos FAB reiktų gerinti vieną svarbiausių oro eismo paslaugų efektyvumo rodiklių – oro erdvės pralaidumą.

Oro erdvės pralaidumas priklauso ne tik nuo orlaivių skirsnavimo intervalų ir skrydžių sektoriaus geografinės konfigūracijos, bet paprastai jį lemia darbo krūvio dydis (Basu *et al.* 2009). Skrydžių valdymo sektoriaus pralaidumas apibūdinamas kaip maksimalus orlaivių skaičius, kuriam konkrečiame SV sektoriuje per tam tikrą laiko intervalą skrydžių vadovas gali suteikti saugias ir efektyvias oro eismo paslaugas.

4. Prielaidos oro erdvės pralaidumo pagerinimui

Vienas iš skrydžių srautų vadybos uždavinių yra užtikrinti, kad skrydžių skaičius kiekviename SV sektoriuje neviršytų leistino kiekio, nebūtų viršytas leistinas skrydžių vadovų darbo krūvis bei būtų užtikrinta skrydžių sauga ir oro eismo paslaugų kokybė. Manoma, kad maksimalų SV sektoriaus pralaidumą lemia 70% darbo laiko, kuris susijęs su tiesioginiu skrydžių valdymu. Nustatant SV sektoriaus pralaidumą orientuojamasi į 69–72% skrydžių vadovų darbo krūvį (Kondroška, Stankūnas 2010). Skrydžių vadovų darbo krūvį nustato oro erdvės dydis, skrydžių skaičius ir jų sudėtingumas. SV sektorių kiekis turėtų kisti dienos bėgyje priklausomai nuo esamo oro eismo ir skrydžių vadovų darbo krūvio. Sektoriaus turėtų būti atidaromas padidėjus darbo krūviui arba uždaromas/sujungiamas sumažėjus krūviui.

Matant kasmetinę skrydžių skaičiaus didėjimo tendenciją, skrydžių vadovų darbo krūvis taip pat didės ir pralaidumas paros metu gali pasiekti maksimaliai leistinus dydžius. Kad skrydžiai būtų efektyviai ir saugiai aptarnaujami ne tik piko metu, bet ir visą parą, reikia nustatyti optimalių skrydžių vadovų skaičių, įvertinant kasmetinį skrydžių augimą ir poreikį bei SV sektoriaus pralaidumą.

5. Išvados

1. Esamas Europos oro erdvės modelis nebesugeba susidoroti su vis didėjančiais skrydžių srautais. Įsitinginta, kad į atskirus segmentus suskaidyta oro erdvė naudojama neveiksmingai: skrydžių maršrutai neatitinka optimalių trajektorijų, naudojamos skirtingos skrydžių valdymo procedūros ir kyla įvairių sunkumų kertant valstybių sienas. JAV beveik perpus pigiau eksploatuoja panašaus dydžio oro erdvę ir aptarnauja didesnę kiekį oro erdvės naudotojų mažesniais ištekliais.
2. Sukūrus regioninį bendradarbiavimą, t. y. suskirsčius erdvę į FAB, būtų sudaromos sąlygos pagerinti oro erdvės pralaidumą, užtikrinti saugumą, sumažinti skrydžių valdymo sąnaudas bei poveikį aplinkai.
3. Vienas iš būdų sumažinti skrydžių vėlavimus – parinkti optimalių skrydžių vadovų kiekį.

Literatūra

- Basu, A.; Mitchell, J. S. B.; Sabhnani, G. 2009. Geometric algorithms for optimal airspace design and air traffic controller workload balancing [interaktyvus], *Journal of Experimental Algorithmics* 14(3): 75–89. [žiūrėta 2013 m. kovo 12 d.]. Prieiga per internetą: http://www.siam.org/proceedings/alnex/2008/alx08_08basua.pdf
- Deutsche Welle. 2013. *EU's Single Sky Flights National Delays* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. kovo 16 d.]. Prieiga per

internetą: <http://www.dw.de/eus-single-sky-fights-national-delays/a-16682912>

- Eurocontrol. 2010. *Local Single Sky Implementation document for Poland 2011–2015* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/reports/201115-issip-pl.pdf>
- Eurocontrol. 2011a. *Local Single Sky Implementation document for Lithuania* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/reports/2012-issip2011-lt.pdf>
- Eurocontrol. 2011b. *Single European Sky* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eurocontrol.int/dossiers/single-european-sky>
- Eurocontrol, FAA. 2009. *U.S./Europe Comparison of ATM-related Operational Performance* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. kovo 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/single-sky/pru/publications/other/us-europe-comparison-of-atm-related-operational-performance.pdf>
- Gulding, J.; Knorr, D.; Rose, M., *et al.* 2009. *US/ Europe comparison of ATM-related operational performance* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. kovo 25 d.]. Prieiga per internetą: http://www.atmseminarus.org/seminarContent/seminar8/papers/p_115_APM.pdf
- ICAO 2005. *Global Air Traffic Management Operational Concept*. Doc: 9854 AN/458.
- ICAO. 2007. *Procedures for Air Navigation Services – Air traffic management*. Doc: 4444 ATM/501.
- Kondroška, V.; Stankūnas, J. 2010. Lietuvos Respublikos oro erdvės reorganizavimas [interaktyvus]. *Vilniaus Gedimino technikos universitetas „Mokslas – Lietuvos ateitis“* 2(6): 103–109. [žiūrėta 2013 m. kovo 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/download/mla.2010.122/pdf>
- Powell, P. L.; Leal de Matos, P. A. 2002. Decision support for flight re-routing in Europe, *Decision Support Systems* 34(4): 397–412.

ON THE PROBLEM OF EFFECTIVE AIRSPACE MANAGEMENT AND AIR TRAFFIC CONTROL CAPACITY

Viktorija Mažlytė

Summary

Air traffic services system depends on: air traffic services route structure, aircraft navigational aids, weather conditions, air traffic controller workload. However, the demand of airspace users is not always satisfied. The airspace management is trying to make a maximum capacity level both under normal conditions and during peak periods.

Europe's fragmented airspace causes inefficiency and bigger costs for users. The creation of functional airspace blocks in region will satisfy the growing capacity requirements of all airspace users with a minimum of delays by managing air traffic more dynamically. At the same time, safety standards and overall efficiency will be enhanced.

Key words: airspace management, airspace blocks, air traffic capacity, controller workload