

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Monta LĀCĀNE

**Gaisa satiksmes vadības sistēmas izstrāde tālvadības gaisa kuģu lidojumiem
Rīgas lidojumu informācijas rajonā**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2016

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte
Aeronautikas institūts

Monta LĀCĀNE
Doktora studiju programmas „Transports” doktorante

**Gaisa satiksmes vadības sistēmas izstrāde tālvadības gaisa kuģu lidojumiem
Rīgas lidojumu informācijas rajonā**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
Profesors, *Dr. habil. sc. ing.*
A. Urbahs

**RTU Izdevniecība
Rīga 2016**

Lācāne M. Gaisa satiksmes vadības procedūru izstrāde tālvadības gaisa kuģu lidojumiem Rīgas lidojumu informācijas rajonā. Promocijas darba kopsavilkums. – R.:RTU Izdevniecība, 2016. – 42 lpp.

Iespiests saskaņā ar RTU P-22 promocijas padomes 2016. gada 12. maija lēmumu, protokols Nr. 6

ISBN

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2016. g. 12. maijā Rīgas Tehniskās universitātes Aeronautikas institūtā, Lomonosova ielā 1A, k-1, 218. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, *Dr. habil. sc. ing.* Vladimirs ŠESTAKOVŠ
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Vadošais pētnieks, *Dr. sc. ing.* Vladislavs TURKO
SIA *Aviatest LNK AEROSPACE*, Latvija

Profesors, *Dr. habil. sc. ing.* Jonas STANKŪNAS
Viļņas Ģedimina tehniskā universitāte, Lietuva

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Monta Lācāne(paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 5 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 3 pielikumus, 44 attēlus, kopā 177 lappuses. Literatūras sarakstā ir 72 nosaukumi.

Saturs

1. DARBA AKTUALITĀTE	6
2. DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI.....	7
3. PĒTNIECISKĀS METODES	7
4. DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE	7
5. DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME.....	8
6. DARBA APROBĀCIJA.....	9
7. PUBLIKĀCIJAS	9
8. PROMOCIJAS DARBA APJOMS UN STRUKTŪRA	10
8.1. Tālvadības gaisa kuģu lidojumu nodrošināšanas esošo procedūru analīze atbilstoši starptautiska, Eiropas un vietēja mēroga likumdošanai	11
8.2. Tālvadības gaisa kuģu procedūru izstrāde lidojumu veikšanai Rīgas lidojumu informācijas rajona kontrolējamā gaisa telpā	18
8.3. Rīgas lidojumu informācijas rajona sektorizācija atkarībā no gaisa transporta intensitātes no zemes līdz FL100	24
8.4. Matemātiskā modelēšana gaisa satiksmes intensitātes analīzei Rīgas lidojumu informācijas rajonā.....	28
8.5. Apmācību programmas	40
9. SECINĀJUMI.....	41
IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI.....	44

1. DARBA AKTUALITĀTE

Rīgas lidojumu informācijas rajonā (LIR) gaisa satiksme ir organizēta saskaņā ar oficiāli pieņemtiem dokumentiem, kur viens no galvenajiem ir *ICAO PANS-ATM Doc4444* “Air Traffic Management”, Latvijas aeronautikas informācijas publikācijas jeb Latvijas AIP, kā arī darba tehnoloģijas rokasgrāmatas katram gaisa satiksmes vadības (GSV) sektoram, kas atrodas Rīgas LIR. Šajās darba tehnoloģiju rokasgrāmatās ir iekļauta informācija par visām procedūrām, ko GSV dispečeri piemēro attiecīgajā sektorā – austrumu un rietumu tranzīta, pieejas, kā arī torņa atbildības sektoros. Galvenā problēma šajā gadījumā ir tā, ka pašlaik nav neviena oficiāli pieņemta dokumenta, kur būtu raksturotas procedūras, kā tālvadības gaisa kuģiem (TGK) vajadzētu darboties kontrolējamā gaisa telpā un kā GSV dispečeriem vajadzētu apkalpot šāda veida gaisa kuģus. Rezultātā pašreizējā GSV sistēma nav gatava sniegt nepieciešamo servisu, kā arī nodrošināt nepieciešamo drošības līmeni TGK attiecībā pret citiem TGK, kā arī pret ierastajiem pilotu vadāmajiem gaisa kuģiem.

TGKS nākotnē tiks pilnībā integrētas vispārējās gaisa satiksmes vidē, kas ir definēta kā gaisa satiksme, kas darbojas saskaņā ar Starptautiskās civilās aviācijas organizācijas ICAO noteikumiem un procedūrām. Lai gan pašlaik nav noteiktu procedūru, kā TGKS vajadzētu veikt lidojumus, tomēr augošais šādu gaisa kuģu pieprasījums dažādu iemeslu dēļ liek tiem darboties ne tikai speciāli norobežotās gaisa telpas daļās, bet arī ārpus tām. Darbojoties ārpus norobežotām zonām, TGK var radīt problēmas citiem gaisa telpas lietotājiem. Ir jāņem vērā, ka tālvadības gaisa kuģi ievērojami atšķiras no ierastajiem pilotu vadāmajiem gaisa kuģiem gan tehniskajos jautājumos, gan arī operatīvajos. Viena no galvenajām atšķirībām ir tā, ka TGK nav sekundārās radiolokācijas retranslatora, tādēļ šādi lidaparāti netiek prezentēti uz GSV dispečeru radaru ekrāniem. Tas nozīmē, ka GSV dispečeri nedrīkst kontrolēt šādus lidojumus, dodot specifiskas komandas. Bet augošais TGKS pieprasījums veicina to izmantošanu dažādām vajadzībām, neinformējot GSV dienestu par lidaparāta atrašanās vietu, nolūkiem un citu informāciju. Atsevišķu klašu gaisa telpās tas ir atļauts, bet ir jāņem vērā, ka jo vairāk šādu TGK bez retranslatora un komunikācijām ar GSV ir gaisā, jo augstāks ir risks sadurties ar kādu citu GK. Šī iemesla dēļ ir lietderīgi veikt gaisa transporta plūsmas analīzi gaisa telpas daļā, kur plānots TGK izmantot.

No esošās situācijas raksturojuma izriet, ka ir nepieciešams izveidot oficiālas procedūras, kuras noteiktu, kā visiem gaisa telpas lietotājiem – gan bezpilota, gan pilotu vadāmajiem gaisa

kuģiem – vajadzētu darboties Rīgas LIR. Tas ir, pirmkārt, nepieciešams, lai aizsargātu katra gaisa telpas lietotāja tiesības, kā arī lai nodrošinātu nepieciešamo drošības līmeni. Ņemot vērā to, ka TGK ir nepieciešams īpašs atbalsts, kā arī to, ka to darbības un tehniskā specifika ievērojami atšķiras no ierasto pilotu vadāmajiem gaisa kuģiem, ir nepieciešams izveidot īpašu sistēmu, kā šāda veida gaisa transports tiktu apkalpots attiecīgajā gaisa telpā.

2. DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Darba galvenais mērķis ir izstrādāt gaisa satiksmes vadības sistēmu TGK lidojumiem, ņemot vērā operatīvās darbības procedūras Rīgas LIR kontrolējamajā gaisa telpā, prasības gaisa kuģu tehniskajām aprīkojumam un gaisa transporta plūsmas intensitāti.

Uzsākot darbu, tika izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) veikt tālvadības gaisa kuģu lidojumu nodrošināšanas esošo procedūru analīzi starptautiskā, Eiropas un Latvijas mērogā;
- 2) noformulēt prasības TGK tehniskajam aprīkojumam atbilstoši starptautiska līmeņa prasībām;
- 3) izstrādāt ziņojuma apkalpei (NOTAM) un lidojuma plāna formātus TGK apkalpošanai;
- 4) izstrādāt GSV procedūras TGK apkalpošanai Rīgas LIR kontrolējamā gaisa telpā;
- 5) veikt gaisa transporta plūsmas analīzi Rīgas LIR un iegūtos datus attēlot aeronavigācijas kartē;
- 6) veikt gaisa satiksmes intensitātes matemātisko modelēšanu;
- 7) veikt gaisa satiksmes intensitātes prognozēšanu Rīgas LIR;
- 8) izstrādāt apmācību programmas TGK operatoriem un GSV dispečeriem par TGKS izmantošanu Rīgas LIR.

3. PĒTNIECISKĀS METODES

Veiktajā pētījumā izmantotās pētnieciskās metodes:

- matemātiskā modelēšana,
- varbūtības teorija un matemātiskā statistika,
- statistisko datu apstrāde, izmantojot specializēto programmatūru *R Studio*.

4. DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE

Promocijas darba rezultātā izstrādātie inovatīvie risinājumi:

- 1) tika veikta gaisa satiksmes intensitātes matemātiskā modelēšana, ņemot vērā lidojumu virzienu, augstumu, ielidošanas un izlidošanas punktus Rīgas LIR, kā arī lidojuma laikā šķērsotos minimālā drošā augstuma (MSeA) sektorus;
- 2) tika veikta gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR;
- 3) tika izstrādāti jaunas GSV procedūras TGK apkalpošanai Rīgas LIR kontrolējamā gaisa telpā.

Autore šajā darbā aizstāv:

- 1) izstrādātās GSV procedūras TGK apkalpošanai Rīgas LIR kontrolējamā gaisa telpā;
- 2) gaisa satiksmes intensitātes matemātiskās modelēšanas rezultātus Rīgas LIR;
- 3) gaisa satiksmes intensitātes prognozēšanas Rīgas LIR rezultātus;
- 4) izstrādātās apmācību programmas TGK operatoriem un GSV dispečeriem par TGKS izmantošanu Rīgas LIR.

5. DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME

Izstrādātās gaisa satiksmes vadības procedūras TGK lidojumiem Rīgas lidojumu informācijas rajona kontrolējamā gaisa telpā dod iespēju:

- 1) sakārtot TGK lidojumu organizēšanu Rīgas LIR, raksturojot kārtību, kādā šādi lidojumi tiek veikti. Konkrētas, specifiskas gaisa kuģa izmantošanas procedūras atvieglo GSV dispečeru darbu, sniedzot GSV servisu, sistematizē TGKS izmantošanu, kā arī ierobežo draudus civilās un militārās aviācijas drošībai, ko var radīt neapdomāta vai citādi bīstama TGKS izmantošana;
- 2) darbā izstrādātā lidojumu apkalpes ziņojuma NOTAM un lidojuma plāna izstrādātais pielāgojuma formāts dod iespēju sistematizēt informācijas apmaiņu starp dažādiem gaisa telpas lietotājiem, paātrina komunikāciju veidu, kā arī dod pilnīgu informāciju, lai iesaistītās personas varētu izprast gaidāmo vai esošo situāciju.

Rīgas LIR sektorizācija atkarībā no gaisa transporta plūsmas augstumos no zemes līdz FL100, kā arī gaisa transporta intensitātes prognozēšana, un šīs informācijas attēlošana aeronavigācijas kartē dod iespēju:

- 1) analizēt gaisa transporta intensitātes tendences Rīgas LIR un praktiski to lietot lidojuma maršruta vai cita saistīta jautājuma risināšanā;

- 2) plānot TGK maršrutu, izvēloties mazāk noslogotas Rīgas LIR teritorijas, šādā veidā paaugstinot sava lidojuma drošību.

6. DARBA APROBĀCIJA

- 1. Starptautiskā konference “Transport Means 2014” (2014. gada 23.–24. oktobris, Kauņa, Lietuva).**

Prezentācijas tēma: Nenoteiktas BPLA darbības procedūras kā galvenais limitējošais faktors to izmantošanai civilajā aviācijā (*Lack of Established Procedures for UAS Operation as the Main Limiting Factor for Their Exploitation in Civil Aviation*).

- 2. Starptautiskā konference “Transport Means 2015” (2015. gada 22., 23. oktobris, Kauņa, Lietuva).**

Prezentācijas tēma: NOTAM ziņojuma pielāgošana RPAS lidojumiem Rīgas Lidojumu informācijas rajonā (*NOTAM Message Regarding UAS Operation in Riga Flight Information Region*).

- 3. Starptautiskā konference “Research and Education in Aircraft Design 2014” (2014. gada 15.–17. oktobris, Viļņa, Lietuva).**

Prezentāciju tēma: Rīgas LIR sadalīšana pa sektoriem atkarībā no gaisa transporta plūsmas intensitātes drošākai BPLA izmantošanai (*Riga FIR Division into Sectors According to the Air Traffic Flow for Safer UAS Exploitation*).

- 4. Starptautiskā konference par sadarbību civilās aviācijas industrijā starp Eiropas Savienību un Krieviju “AVIA-INVEST 2014” (2014. gada aprīlis, Rīga).**

Prezentācijas tēma: Hibrīda vadāmo lidaparātu izmantošanas īpatnības Eiropā (*Special Aspects of Operating Hybrid Aerial Vehicles in Europe (ESTOLAS)*).

- 5. RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference (2014. gada 15.–16. oktobris, Rīga, Latvija).**

7. PUBLIKĀCIJAS

- 1. Lācāne, M., Urbahs, A. NOTAM Message Regarding UAS Operation in Riga Flight Information Region. – In Book: Transport Means, ISSN 1822-296x, 2015, pp. 734.–738.**

2. Lācāne, M., Urbahs, A. Lack of Established Procedures for UAS Operation as the Main Limiting Factor for Their Exploitation in Civil Aviation. – In Book: Transport Means, ISSN 1822-296x, 2015, pp. 249.–252.
3. Lācāne, M., Urbahs, A., “Riga FIR Division into Sectors According to the Air Traffic Flow for Safer UAS Exploitation”, Aviation Journal, 2015
4. Lācāne, M., Urbahs, A. “Establishment of Possible Unmanned Aerial Vehicle Operational Procedures in Riga Flight Information Region” Aviation Journal, 2016.
5. Lācāne, M., Urbahs, A. “Requirements for Technical Equipment of Remotely Piloted Aircraft Systems for Operation in Riga Flight Information Region” . – In Book: Transport Means, ISSN 1822-296x, 2016.
6. Lācāne, M., Urbahs, A. “Forecasting of Air Traffic Flow in Riga Flight Information Region Using *Autoregressive Integrated Moving Average* Mathematical Model, Aviation Journal, 2016.
7. Lācāne, M., Urbahs, A. “Main Factors to be Taken into Consideration When Planning a Route for Remotely Piloted Aircraft System Flights in Riga Flight Information Region. – “Safety in Aviation and Space Technology”, 2016, Kyiv, Ukraine

Promocijas darba rezultāti tika izmantoti zinātniskajā projektā

1. Eiropas Reģionālā attīstības fonda finansētais projekts „Lielas lidojuma distances daudzfunkcionāla bezpilota Lidaparāta vides monitoringam eksperimentāla parauga izstrāde (LARIDAE)” 2014/0029/2DP/2.1.1.1/14/APIA/VIAA/088.

8. PROMOCIJAS DARBA APJOMS UN STRUKTŪRA

Darbā ir piecas nodaļas, no kurām pirmajā ir veikta ar TGK saistītās starptautiskā, Eiropas un vietējā mēroga likumdošanas analīze, kā arī formulētas prasības tehniskajam aprīkojumam lidojumu veikšanai. Otrajā nodaļā ir raksturoti lidojuma maršruta plānošanas galvenie ietekmējošie faktori, ir formulētas prasības tehniskajam aprīkojumam lidojumu veikšanai Rīgas LIR, kā arī ir izstrādātas GSV procedūras TGK apkalpošanai Rīgas LIR kontrolējamā gaisa telpā. Šajā nodaļā ir arī dots risinājums, kā pielāgot lidojuma plāna un NOTAM ziņojuma formātus gaisa telpas lietotāju informēšanai par TGK lidojumiem Rīgas LIR. Trešajā nodaļā ir veikta gaisa transporta plūsmas analīze Rīgas LIR augstumos no zemes līdz

FL100 un rezultātā ir izstrādātas aeronavigācijas kartes, kurās attēlota lidojumu intensitāte. Darba ceturtajā nodaļā ir veikta gaisa satiksmes intensitātes modelēšana Rīgas LIR, izmantojot ARIMA matemātisko modeli un statistikas programmu *R Studio*. Izmantojot šos pašus rīkus, ir veikta gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana, kā rezultāti arī ir attēloti aeronavigācijas kartēs. Darba piektajā nodaļā ir izstrādātas apmācību programmas TGKS pilotiem un GSV dispečeriem.

8.1. Tālvadības gaisa kuģu lidojumu nodrošināšanas esošo procedūru analīze atbilstoši starptautiska, Eiropas un vietēja mēroga likumdošanai

Starptautiskās civilās aviācijas organizācijas likumdošanas vadlīniju attīstība

Starptautiskā civilās aviācijas organizācija ICAO atzīst dažādu tipu gaisa kuģus, to starpā gaisa baloni, planieri, lidmašīnas un rotorplāni. Gaisa kuģi var būt gan sauszemes, gan jūras, gan arī amfībijas. Tas, vai gaisa kuģis ir pilotu manevrējams vai bezpilota, neietekmē tā statusu. Katrai gaisa kuģu kategorijai nākotnē ir potenciāls iegūt bezpilota lidaparāta versiju. Lai precizētu un nodalītu tos pilotus, kas veic pilotēšanas pienākumus nevis no pilotu kabīnes, bet gan no kādas citas vietas, būtu jālieto termins “tālvadības pilots”. Tiek arī apskatīts, vai precīzāk būtu lietot terminu “bezpilota” vai arī “vadāms bez pilota”. [18; Ch4]

Drošība ir stāvoklis, kad iespējamība apdraudēt cilvēkus vai bojāt īpašumu ir samazināta līdz pieņemamam līmenim un uzturēta šādā līmenī vai augstākā, nemitīgi uzraugot briesmu identificēšanas un drošības risku vadības procesu. Gaisa kuģi, kas darbojas bez pilota uz borta, dažādos veidos apdraud civilās aviācijas sistēmas drošību. Šiem iespējamajiem apdraudējuma veidiem ir jābūt identificētiem un ar drošību saistītajiem riskiem ir jāsamazinās, izmantojot gaisa telpu pārplānošanas, jauna aprīkojuma un procedūru ieviešanas instrumentus.

Termins “drošības vadība” iekļauj divas koncepcijas. Pirmā no tām ir Valsts Drošības programma *SSP (State Safety Program)*, kas ir integrētu noteikumu un aktivitāšu kopa, kuras mērķis ir paaugstināt drošību. Otrā koncepcija ir Drošības vadības sistēma *SMS (Safety Management System)*, kas ir sistemātiska pieeja drošības vadībā, ieskaitot nepieciešamās organizatoriskās struktūras, atbildību, politiku un procedūras. Valstīm ir jāizveido sava SSP, lai iekļautu tajā noteikumus, politiku, attīstību un vīzijas, kas saistītas ar drošību. Šādu noteikumu izveidei ir jābalstās uz plašu informācijas analīzi Valsts aviācijas sistēmā, ieskaitot risku identificēšanu, vadību, kamēr kopējā uzraudzība balstās uz funkciju astoņiem kritēriju

elementiem, ieskaitot īpašu drošības apsvērumu zonas un augstāku drošības risku līmeni. Sākot izmantot TGKS, Valsts SSP būtu jāatbalsta potenciālo ar drošību saistīto efektu analīzi navigācijas aprīkojumam, TGKS kopumā, kā arī citu ietekmējošo faktoru analīzi.

Operatori un servisa sniedzēji ir atbildīgi par SMS izveidi un īstenošanu. Valstis pašas ir atbildīgas šādas sistēmas uzraudzīšanu, nodrošinot drošu TGKS integrēšanu kopējā aviācijas sistēmā. Kopējai sistēmai jābūt izveidotai, ņemot vērā Čikāgas Konvencijas 6. pielikuma “Gaisa kuģa ekspluatācija” (*Operation of Aircraft*), 11. pielikuma “Gaisa satiksmes serviss” (*Air Traffic Services*) standartus, 14. pielikuma “Lidlauki” (*Aerodromes*) pirmā sējuma “Lidlauku konstrukcija un darbība” (*Aerodrome Design and Operation*) standartus. Ir paredzams, ka būs nepieciešams papildināt 6. pielikumu, lai iekļautu tajā arī informāciju par TGKS. Atbilstoši SMS prasības attiektos arī uz šāda veida lidaparātiem.

Pašlaik TGKS aktuālā likumdošana ICAO skatījumā ir apkopota dokumentā *Doc 10019 AN/507 “Tālvadības gaisa kuģu manuāls” (Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems)*, kura pirmais sējums tika izdots 2015. gada maijā. Šeit ir apskatīti gan tehniski, gan arī operatīvi ieteikumi TGKS izmantošanai un integrācijai kopējā gaisa transporta plūsmā. Ir jāņem vērā, ka drošības līmeņus un bezpilota lidaparātu izmantošanas kārtību nosaka katra ICAO valsts individuāli, balstoties uz vairākiem kritērijiem. Pienācīga standartu un ieteicamās prakses *SARPs* un gaisa navigācijas servisa procedūru *PANS* lietošana palīdz dalībvalstīm saglabāt noteikto drošības līmeni. Visdrīzāk, TGKS būs noteikts garantēt tādu pašu drošības līmeni kā pilotu vadāmajiem gaisa kuģiem, lai gan, iespējams, būs daži aspekti, kuri varētu būt mainīti. Šajos gadījumos atbildīgajām iestādēm būs jānosaka alternatīvas iespējas, kā noturēt nepieciešamo drošības līmeni pienācīgā līmenī. [23; 3.1–3.6]

Guidelines of Remotely Piloted Aircraft Systems Legislation on European Scale

Eiropas mēroga tālvadības gaisa kuģu likumdošanas vadlīnijas

Pašlaik lielāko daļu TGKS Eiropas gaisa telpā ir atļauts izmantot tikai īpaši norobežotās zonās, lai aizsargātu citus gaisa telpu lietotājus, vai arī tie darbojas ļoti lielos augstumos, kas sniedzas virs civilajā aviācijā izmantojamajiem lidojumu līmeņiem, kā arī virs jūras, izmantojot speciālus līgumus. Vietās, kur TGKS darbība ir atļauta ārpus norobežotām zonām, būtu jāievieš un jānodrošina vairāki ierobežojumi drošības apsvērumu dēļ. Šī iemesla dēļ *Eurocontrol* ir izveidojusi un publicējusi dokumentus, kas palīdz GSV procedūru harmonizēšanā, izmantojot

RPA ārpus noteiktām zonām.

Specifikācijas tika iezīmētas *Eurocontrol* 2007. gadā, un tās joprojām ir attīstības stadijā. Dokumentos iekļautās vadlīnijas dod brīvprātīgu pieeju to izpildē, kas nozīmē, ka dalībvalstis pašas brīvi spēj izvēlēties un pieņemt lēmumu, vai iekļaut atbilstošo likumdošanu savas valsts noteikumos, vai arī noraidīt to. Specifikācijās galvenais uzsvars ir likts uz TGK lidaparātiem, kas darbojas kā *OAS (Operational Air Traffic)*, iekļaujot lidojumus gan kontrolējamā gaisa telpā, gan arī ārpus tās. [12.]

2015. gada 6. martā Rīgā, Latvijā, tika pieņemta “Rīgas Deklarācija”, kas bija Eiropas Savienības dalībvalstu, Eiropas Komisijas un citu augstu dalībnieku sanāksmes rezultāts. Eiropas aviācijas kopiena arī šeit vienojās, ka ir nepieciešams izveidot Eiropas mēroga likumdošanu bezpilota lidaparātu izmantošanai, kas veicinātu jaunās nozares attīstību, kā arī nodrošinātu drošu un dzīvotspējīgu inovatīvo tehnoloģiju integrēšanu. “Rīgas Deklarācijā” aviācijas kopiena izvirzīja šādus principus, kas būtu jāņem vērā, veidojot kopējo Eiropas TGKS politiku un likumdošanu:

- 1) TGKS ir jāuztver kā jauns gaisa kuģa tips, kura darbībai ir nepieciešams pielāgot noteikumus un likumus, balstoties uz to potenciālo risku, ko tas var nodarīt apkārtējai videi, cilvēkiem vai citiem gaisa kuģiem. Tika uzsvērts, ka noteikumiem ir jābūt vienkārši saprotamiem, lai dotu iespēju jauniem uzņēmumiem vai indivīdiem, kas izmanto salīdzinoši maza riska TGKS, ieiet un darboties attiecīgajā nozarē. Augstāka riska lidojumiem ir jānosaka stingrāki noteikumi vai operatīvie ierobežojumi;
- 2) jau pašlaik ir nepieciešams izveidot likumdošanu par TGKS izmantošanu Eiropas Savienības gaisa telpā. Ar lidojumu drošību saistītos noteikumus, tai skaitā noteikumus, kas saistīti ar TGKS operatoru kvalifikāciju, ir jāizstrādā Eiropas līmenī, un tas ir jāveic Eiropas Aviācijas drošības aģentūrai EASA, balstoties uz ES dalībvalstu gūto pieredzi. Savukārt nozīmīgākajām prasībām ir jābūt harmonizētām, saskaņotām starptautiskā līmenī, kooperējot ar tādā organizācijām kā *JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems)* un ICAO;
- 3) tehnoloģijas un standartu attīstībai ir jānodrošina pilnīga TGKS integrācija kopējā Eiropas gaisa telpā. Tikšanās laikā gan industrija, gan publiskās institūcijas uzsvēra, ka šajā jautājumā, lai iegūtu veiksmīgu rezultātu, ir nepieciešamas adekvātas investīcijas tehnoloģijās, kas saistītas ar TGKS integrācijas procesu – SESAR programma;

- 4) atbalsts un akceptēšana no sabiedrības, publiskā sektora. Šeit ir jāņem vērā katra indivīda pamattiesības, iekļaujot privātiskumu un personas datu aizsardzību. Atbildīgajām institūcijām būtu jāizstrādā nepieciešamās vadlīnijas un uzraudzīšanas mehānismus, kas nodrošinātu jau esošo pamattiesību ievērošanu;
- 5) TGK operators ir atbildīgs par tā izmantošanu. Ja TGKS tiek izmantota aizliegtā gaisa telpā, nedrošā veidā vai nelegālu darbību veikšanai, atbildīgajām institūcijām būtu jābūt iespējai saukt TGK operatoru pie atbildības. Šādām niansēm ir jābūt precizētām nacionālajā likumdošanā. Lai būtu iespēja noteikt atbildīgo personu, TGK būtu jābūt piestiprinātai īpašnieka identifikācijas informācijai.

“Rīgas Deklarācijā” ir minēts arī ieteikums par TGKS apdrošināšanu un to darbības uzraudzīšanu, piemēram, izmantojot dažādas tīmekļa aplikācijas vai citas iespējas. Lai pakāpeniski uzlabotu TGKS lidojumu drošību un mazinātu iesaistīto personu iespējamus zaudējumus, ir nepieciešams izstrādāt drošības pārvaldīšanas un incidentu apziņošanas mehānismu. Šāda statistika būtu nozīmīgs faktors apdrošināšanas kompānijām riska analīzes veikšanai. [49.]

Par Eiropas gaisa telpas izmantošanu un drošību tajā atbild arī Eiropas Aviācijas drošības aģentūra EASA (*European Aviation Safety Agency*). 2015. gada 18. decembrī šī organizācija publicēja formālu dokumentu “Tehniskais uzskats” (*Technical Opinion*), kurā tika apskatīta TGK izmantošana un kas tiek uzskatīts par tālāko TGKS izmantošanas jautājumu pamatu. Šeit iekļaujas likumdošanas un vadlīniju dokumentu izstrāde, kā arī drošības veicināšana, lai garantētu, ka attiecīgās klases gaisa kuģi tiek izmantoti drošā manierē, kā arī to ietekme uz citām aviācijas sistēmām ir minimāla. EASA dokumentā “Tehniskais uzskats” ir iekļauti 27 priekšlikumi maza riska TGKS darbībai. Šie priekšlikumi iekļauj pārsvarā jautājumus, kas saistās nevis ar gaisa kuģu tehnisko aprīkojumu un tehniskajām īpašībām, bet gan vairāk par to izmantošanu un lidojumu veikšanu.

Latvijas mēroga tālvadības gaisa kuģu likumdošanas vadlīnijas

Latvijas Republikas Ministru Kabineta noteikumi Nr. 656 “Kārtība, kādā veicami bezpilota gaisa kuģu un tādu cita veida lidaparātu lidojumi, kas nav kvalificējami kā gaisa kuģi”, kas veidoti saskaņā ar likuma par aviāciju 47. pantu, nosaka galvenos noteikumus, kas ir jāņem vērā tālvadības gaisa kuģu sistēmu vai citu bezpilota gaisa kuģu, kas nav klasificēti kā

tradicionālie pilotu vadāmie gaisa kuģi, izmantošanā. Šie noteikumi nosaka, kā TGK būtu jādarbojas Latvijas Republikas un tai deleģētajā gaisa telpā – Rīgas Lidojumu informācijas rajonā.

TGKS ir atļauts darboties Latvijas Republikas kontrolējamā gaisa telpā (tā ir noteiktu izmēru gaisa telpa, kurā lidojumi tiek veikti saskaņā ar vizuālajiem vai instrumentālajiem lidojumu noteikumiem) vai gaisa telpas daļā, kas atrodas mazāk nekā 10 kilometru attālumā no jebkura lidlauka, ņemot vērā šādus nosacījumus:

- a) ja nav speciāli norobežotas zonas TGK darbībai, ir atļauts veikt šādus lidojumus, nepārsniedzot vertikālo augstumu 120 metri;
- b) ja TGKS operators ir sasniedzis vismaz 18 gadu vecumu.

TGKS lidojumu darbības laikā nedrīkst jebkādā veidā kaitēt citu cilvēku dzīvībai, veselībai vai īpašumam, lidojumu drošībai un apkārtējai videi. Pašam lidaparātam ir jābūt konstruētam un aprīkotam tā, ka tas spētu nosēsties, kad tas nepieciešams, vai arī pašiznīcināties, ja operators ir zaudējis kontroli pār to.

Kad TGK darbojas nekontrolējamā gaisa telpā, tā operatoram ir jāuztur nepārtraukti divpusēji sakari ar citiem gaisa telpas lietotājiem vienā frekvencē, lai informētu citus par lidaparāta atrašanās vietu un plānoto maršrutu. TGKS lidojuma laikā ir atļauts izmantot tikai tās frekvences vai frekvenču diapazona, kas ir oficiāli apstiprinātas attiecīgai lietošanai. Lidojumiem ir jānotiek gaisa telpas daļā, kuru ir izvēlējis operators un kura ir vismaz 500 metrus plata un 200 metrus gara. Radio vadāma lidmodeļa operatoram ir jāpārlicinās, ka šī izvēlēta gaisa telpas daļā un tai apkārt esošajā 50 metru bufera jeb drošības zonā neatrodas cilvēki, dzīvnieki, citi transporta līdzekļi, kā arī ātri uzliesmojoši vai sprāgstoši objekti.

Pirms lidojuma operatoram ir jāpārlicinās, ka:

- a) frekvenci, kurā darbojas operatora vadības pulsts, neizmanto kāds cits;
- b) vadības pulsts ir darba kārtībā pirms un pēc gaisa kuģa motora iedarbināšanas.

Ja tuvāk nekā 200 metru attālumā no radio vadāmā lidmodeļa palaišanas jeb starta vietas atrodas cilvēki, tad pacelšanās laikā pirmā manevra laikā operatoram ir jāvada modelis uz attiecīgās gaisa telpas vidu. Ja lidojuma laikā notiek sakaru pārrāvums starp operatoru un lidaparātu, tad lidojums ir jāpārtrauc, cik ātri vien iespējams, kā arī lidmodelim ir jāveic nosēšanās. Ja pirms lidojuma netiek veikta lidmodeļa pārbaude, tad pirmais lidojums ir jāveic vismaz 20 metru attālumā no cilvēkiem.

Ir aizliegts vadīt radio vadāmos lidmodeļus, ja:

- a) tas veic lidojumu tuvāk par 200 metriem no ēkām, tiltiem, dzelzceļa, lielceļiem, ceļu pārvadiem, transporta ceļu sazarojumiem, zemsprieguma, augstsprieguma un sakaru līnijām, kapsētām, nacionālajiem parkiem un militārajiem objektiem, kas tiek izmantoti Nacionālo bruņoto spēku vajadzībām;
- b) pastāv iespēja, ka lidmodelis nokļūs ārpus operatora redzesloka;
- c) tas veic lidojumu vai tā daļu pāri transporta līdzekļu stāvlaukumiem vai citām vietām, kur pulcējas cilvēki. [40.]

Mūsdienās TGKS ir atradušas lietojumu dažādās sfērās, piemēram, lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, zinātnē, drošībā un daudzās citās. Lielākoties šādi lidaparāti tiek izmantoti dažādu teritoriju monitoringos. Šīs teritorijas parasti ir ar ierobežotu piekļuvi, vai arī vietas, kur TGK izmantošana ir ekonomiski un tehniski izdevīgāka. Lai gan sākotnēji tie tika izveidoti militārām vajadzībām, tomēr mūsdienās tos aizvien biežāk izmanto civilām vajadzībām. Attīstot šo nozari, sakārtojot attiecīgo likumdošanu, kas kalpotu kā līdzeklis drošu TGK lidojumu veikšanai, būtu iespējams izmantot TGK aizvien plašāk un efektīvāk.

Atšķirībā no pilotu vadāmiem GK, TGKS nav konkrēti noteiktu standartu tehniskajam aprīkojumam. ICAO dokumentā *Doc10019* "Tālvadības gaisa kuģu sistēmas" ir doti ieteikumi, bet ICAO detalizētus noteikumus atstāj pašu dalībvalstu un kompetento iestāžu ziņā.

Nosakot minimāli nepieciešamo tehnisko aprīkojumu TGKS, ir jāņem vērā vairāki ietekmējošie faktori, tādi kā:

- a) TGKS ražotājvalsts specifika un noteikumi;
- b) TGKS ražotāja paša noteikumi un specifika;
- c) TGKS reģistrētāja specifika un noteikumi;
- d) TGKS pilota vai operatora noteikumi un prakse;
- e) vispārīgi noteiktie starptautiskie vai cita atbilstošā mēroga kritēriji.

Izstrādājot jaunu TGKS, būtu nepieciešams iegūt tā tipa sertifikātu (*Type Certificate-TC*), kas parādītu, ka konkrētais tālvadības gaisa kuģis un tā asociētās komponentes atbilst noteiktajiem kritērijiem. Parasti *TC* dod tā valsts, kurā attiecīgais lidaparāts tiek ražots. *TC* sevī iekļauj vēl citas komponentes, kas nosaka precīzāk specifiskos kritērijus tehniskajam aprīkojumam – lidojumderīguma saglabāšanas instrukcijas (*Instructions for Continuing Airworthiness – ICA*) un lidojuma rokasgrāmata (*Flight Manual – FM*). ICAO ir reglamentētas

prasības *FM* pilotu vadāmiem GK, kā arī ir ieteikumi, kas būtu jāņem vērā TGK *FM* sakarā:

- a) TGK nodošanas procedūras no vienas TGK stacijas uz citu, ja tiek izmantotas vairākas stacijas;
- b) komandas un kontroles saite jeb kanāla C2 specifika un procedūras, kā reaģēt uz C2 kanāla zudumu;
- c) lidojuma pārtraukšanas procedūras, ja iespējamas un nepieciešamas;
- d) ar drošību saistītas procedūras, kas ir attiecināmas tikai uz TGKS (TGK stacijas drošība, C2 kanāla drošība).

Ja GK atbilst noteiktajām lidojumderīguma normām, tad tam tiek izsniegts lidojumderīguma sertifikāts (*Certificate of Airworthiness – CoA*). TGKS sakarā ICAO dokumentā *Doc10019* iesaka aprīkot TGK ar sistēmām, kas būtu spējīgas noteikt minēto:

- a) TGK tehniskajam aprīkojuma nav noteiktu standartu, bet aprīkojumam ir jābūt sistēmai, kas identificē un ziņo par sistēmas kļūdām, atteicēm vai citiem defektiem, kas var ietekmēt TGK lidojumderīguma statusu, kā arī TGKS spēju turpināt lidojumu;
- b) kritisko tehniskā aprīkojuma un konfigurācijas komponentu identifikāciju TGK un TGKS;
- c) TGKS negadījumu un nopietnu incidentu reģistrēšanas un uzskaites sistēmas izveide.

Gan pilotu vadāmo GK, gan TGK aprīkojuma prasības ir atkarīgas galvenokārt no gaisa telpas klases, kurā tiek veikts lidojums, un kādi lidojuma noteikumi tiek izmantoti – instrumentālie vai vizuālie. TGK navigācijas aprīkojumam attiecīgi ir jāspēj dot informāciju TGK pilotam par TGK kursu un lidojuma augstumu jebkurā momentā, kā arī tā atrašanās vietai ir jābūt zināmai. Komunikāciju aprīkojumam ir jābūt pietiekamam, lai varētu uzturēt divpusējus datu pārraides sakarus TGK–TGK pilots, izmantojot C2 kanālu, kā arī attiecīgi balss komunikācijas starp TGK un attiecīgo GSV vienību. Ja gaisa telpas klase paredz retranslatora lietojumu (kontrolējama gaisa telpa), tad TGK ir jāaprīko ar sekundārās radiolokācijas retranslatotu *A/C/S* režīmos. Lai TGK varētu nodrošināt drošu intervālu starp citiem gaisa telpas lietotājiem, šķēršļiem, lai izvairītos no sadursmēm, tam ir jābūt aprīkotam ar “Uztver un izvairīties” (*Sense and Avoid*) sistēmu vai “Noteikt un izvairīties” (*Detect and Avoid*) sistēmu, ja tā ir noteikusi kompetenta atbildīgā iestāde.

8.2. Tālvadības gaisa kuģu procedūru izstrāde lidojumu veikšanai Rīgas lidojumu informācijas rajona kontrolējamā gaisa telpā

Tālvadības gaisa kuģu darbības procedūras Rīgas lidojumu informācijas rajona kontrolējamā gaisa telpā

Latvijas aeronavigācijas informācijas publikācijās (AIP) ir noteiktas prasības, kas ir jāievēro, veicot lidojumus Rīgas LIR. Saskaņā ar šo dokumentu visiem GK, kas veic lidojumus Latvijas teritorijā, ir jāievēro ICAO *Annex 6* noteikumus un ICAO reģionālos papildu noteikumus, kas ir apkopoti dokumentā *Doc 7030/4-EUR*.

Saskaņā ar vizuālo lidojumu noteikumiem, kas raksturoti Čikāgas Konvencijas 2. pielikumā, VFR lidojumiem ārpus speciāli norobežotām zonām un neapdzīvotās vietās ir jāievēro vismaz 500 pēdu intervāls no zemes līmeņa, izņemot gaisa telpas daļā virs ūdens. Lidojot virs apdzīvotām vietām, pilsētām, vietām, kur pulcējas cilvēki, ir jāievēro 1000 pēdu intervāls no augstākā šķēršļa 2000 pēdu rādiusā. Ņemot vērā šo 500 pēdu noteikumu, lai neradītu risku pilotu vadāmiem VFR lidojumiem, TGK nevajadzētu lidot virs 500 pēdu augstumam, ja tam nav derīga lidojuma plāna un ja lidaparāts nav aprīkots ar SSR retranslatoru. Ir iespējami gadījumi, kad VFR pilotu vadāms GK lido tieši 500 pēdu augstumā virs zemes, tad TGK darbība šādā pašā augstumā nebūtu pieļaujama. Drošības apsvērumu dēļ būtu jānodrošina bufera zona, lai iepriekš minētajā gadījumā novērstu iespējamās sadursmes starp pilotu vadāmiem un neidentificētiem TGK lidojumiem. Rezultātā augšējā gaisa telpas robeža TGK bez lidojuma plāna, SSR retranslatora un bez sakariem ar attiecīgo GSV vienību, nedrīkstētu pārsniegt 400 pēdas virs zemes līmeņa, kur būtu piemērota 100 pēdu bufera zona. Saskaņā ar ICAO *Doc9574* “Manual on Implementation of a 300 m (1000 ft) Vertical Separation Minimum Between Flight Levels” altimetrijas sistēmas kļūda (*Altimetry System Error – ASE*) nedrīkst pārsniegt ± 80 pēdas. Šī tolerances vērtībā ir noapaļota līdz tuvākajiem simtiem, iegūstot 100 pēdu bufera zonu. Mazākais augstums šādiem lidojumiem ir atkarīgs no operatora izvēles, bet visā lidojuma laikā lidaparātam jābūt brīvam no šķēršļiem, tas nedrīkst radīt risku apkārt esošajām ēkām, būvēm, cilvēkiem, kā arī jābūt drošā attālumā no speciāli norobežotām zonām. Nekontrolējamā gaisa telpā (Rīgas LIR tā ir G klases gaisa telpa) līdz 400 pēdu augstumam būtu nepieciešams ieviest arī ātruma ierobežojumus TGK darbībai, lai citi gaisa telpas lietotāji varētu adekvāti noreāģēt, ieraugot šādu lidaparātu gaisā, kā arī lai uzlabotu TGK manevrēšanu. Šis ātruma ierobežojums

varētu būt 50 mezgli gaisa telpas daļā no zemes līmeņa līdz 400 pēdu augstumam.

Minimālo sektora augstumu (MSeA) var noteikt kā augšējo robežu TGK lidojumiem ar lidojumam derīgu un apstiprinātu lidojuma plānu un sakaru nodibināšanu ar GSV vienību. Ņemot vērā to, ka Rīgas LIR IFR lidojumi ir aizliegti zemāk par 4500 pēdām, tad attiecīgi zemākos augstumos ir iespējams lidot tikai saskaņā ar VFR noteikumiem. Avārijas situācijā pilotu vadāmie GK var nolaisties līdz MSeA augstumam. Šī iemesla dēļ būtu jānosaka arī bufera zona, kas nodrošinātu intervālu starp avārijas situācijā esošajiem GK, kam ir prioritāte gaisa telpas izmantošanā. ICAO dokumenta *PANS-ATM* dokumentā *Doc4444* ir teikts, ka īslaicīgi, ja situācijā nepieciešams, ir iespējams ierasto 1000 pēdu vertikālā intervāla vietā izmantot 500 pēdu intervālu. Atbilstoši –

augstākais darbības augstums šādiem TGK = MSeA – 500 ft

Lidojumiem augstumos no 400 pēdām līdz MSeA – 500 pēdām ir nepieciešams informēt GSV par plānotajām darbībām. Informācija būtu jānodod, izmantojot NOTAM ziņojumu (*Notice to Airman*), lai visu GK ekipāžas, kas veic lidojumus Rīgas LIR nekontrolējamajā gaisa telpā bez lidojuma plāna, būtu informētas par TGKS darbību. Ziņojumā būtu jāiekļauj informācija par TGK plānoto maršrutu, darbības zonu, augstumu un ātrumu. Ir neliela atšķirība noteikumos, kas saistīta ar TGK maksimālo pacelšanās svaru. Ja lidaparāta *MTOW* ir līdz 2,5 kilogramiem, tad tā *IAS* nedrīkstētu pārsniegt 50 mezglus, darbojoties jebkurā augstumā. Ja tomēr ir plānots pārsniegt šo ātrumu, tad lidaparātam būtu jāievēro visi noteikumi, kas attiecināmi uz lidaparātiem ar *MTOW* virs 2,5 kilogramiem.

Ja TGK *MTOW* pārsniedz 2,5 kilogramus, tad papildus NOTAM ziņojumam ir nepieciešams arī sekundārās radiolokācijas (*SSR*) retranslators. *SSR Mode A* dod GK identifikācijas informāciju (četrus ciparu identifikācijas kodu, kas vēlāk tiek asociēts ar attiecīgā lidojuma plānu), *Mode C* režīms sniedz informāciju par GK augstumu atbilstoši *Eurocontrol* prasībām, bet *Mode S* retranslatora režīmā GK tiek dots unikāls identifikācijas kods, kurš tiek izmantots visos lidojumos, kā arī ir vēl citas priekšrocības, salīdzinot ar *A* un *C* režīmu.

Ja TGK ir aprīkots ar *SSR* retranslatoru, tad tas tiks attēlots arī uz GSV dispečeru radaru ekrāniem, tādējādi GSV dispečeri spēs sniegt lidojumam nepieciešamo servisu. *SSR Mode A* identifikācijas kods dod iespēju asociēt *SSR* atzīmi, kas attēlota uz radara, ar attiecīgā lidojuma plānu. Neskaitot *SSR* retranslatoru un lidojuma plānu, kā jau iepriekš tas tika minēts, šajā

kategorijā lidaparātiem ar *MTOW* virs 2,5 kilogramiem ir nepieciešams arī informēt citus gaisa telpas lietotājus par konkrēto lidojumu. Tas tiek veikts ar NOTAM ziņojuma palīdzību.

NOTAM ir īss ziņojums, kurā ir iekļauta svarīga informācija par specifiskām aktivitātēm, radiobāku, komunikāciju līdzekļu stāvokli vai darba procedūrām. Visiem TGK, kas darbojas G klases gaisa telpā augstumā virs 400 pēdām, būtu nepieciešams iesniegt NOTAM ziņojumu. Ir nepieciešams informēt citus gaisa telpas lietotājus par lidaparāta aktivitāšu vietu, lai arī atvieglotu glābšanas un meklēšanas darbus īpašās nestandarta situācijās, kas iepriekš nav paredzamas. Procedūras TGK lidojumiem ir apkopotas 1. tabulā.

1. tabula

Iespējamie noteikumi BLAS izmantošanai Rīgas LIR dažādās gaisa telpas daļās

Augstums	TGK maksimālais <i>MTOW</i>	
	2,5 kg un mazāk	Virs 2,5 kg
No zemes līdz 400 pēdām	- mazākais lidojuma augstums ir atkarīgs no TGKS operatora izvēles, bet lidaparātam ir jābūt brīvam no šķēršļiem visā lidojuma laikā, kā arī nedrīkst apdraudēt cilvēku dzīvību, īpašumu, transportlīdzekļus vai dabu; - maksimālais <i>IAS</i> (inducētais GK ātrums) ir 50 mezgli	
No 400 pēdām līdz (MSeA – 500) pēdām	- maksimālais <i>IAS</i> ir 50 mezgli; - nepieciešams NOTAM ziņojums, iekļaujot darbības zonu, augstumu, lidaparāta <i>MTOW</i> un maksimālo <i>IAS</i>	- nepieciešams NOTAM ziņojums, iekļaujot darbības zonu, augstumu, lidaparāta <i>MTOW</i> un maksimālo <i>IAS</i>; - nepieciešams sekundārās radiolokācijas radara (<i>SSR</i>) retranslators (<i>A/C/S</i> režīms); - nepieciešams lidojuma plāns
virs (MSeA – 500) pēdām	- nepieciešams NOTAM ziņojums, iekļaujot darbības zonu, augstumu, gaisa kuģa <i>MTOW</i> un maksimālo <i>IAS</i>; - nepieciešams sekundārās radiolokācijas radara (<i>SSR</i>) retranslators (<i>A/C/S</i> režīms); - nepieciešams lidojuma plāns	

Lidojumiem, kas plānoti augstumos virs (MSeA – 500) pēdām, ir jānotiek saskaņā ar noteikumiem, kas piemērojami TGK ar *MTOW* virs 2,5 kilogramiem augstumos virs 400 pēdām.

NOTAM ziņojuma formāta izstrāde TGKS lietotājiem Rīgas lidojumu informācijas rajonā

Lai GSV dispečeri varētu sniegt atbilstošu gaisa satiksmes vadības servisu, ir nepieciešams GK pilotam vai citai atbildīgajai personai iesniegt lidojuma plānu noteiktos termiņos un noteiktā formātā, ko regulē ICAO. Atsevišķos gadījumos, kad ir nepieciešams informēt citus gaisa telpas lietotājus par gaidāmajām vai esošajām aktivitātēm gaisa telpas daļā, ir iesniedzams ziņojums apkalpei NOTAM, kā formāts arī ir ICAO reglamentēts. Speciālā kodu valodā tiek veidots ziņojums. Darbā ir izstrādāts priekšlikums, kā pielāgot NOTAM ziņojuma formātu, tā saturu, lai pēc iespējas efektīvāk un skaidrāk nodotu vēlamo informāciju par TGK darbībām citiem gaisa telpas lietotājiem.

Tālāk tiks dots izstrādātā ziņojuma formāta skaidrojums. NOTAM parasti sākas ar gaisa telpas apzīmējumu, kurā notiks vai ir novērojamas aktivitātes, un aktivitāšu rakstura noteikšanu.

QAFLW

AF – lidojumu informācijas rajons (precizē otrais un trešais burts);

LW – aktivitāte notiks (nosaka trešais un ceturtais burts).

Trešajā sekcijā ir jānorāda lidojuma noteikumi, saskaņā ar kuriem lidojums tiks veikts. Ja tie ir instrumentālie lidojuma noteikumi IFR, tad ir jānorāda *I*, ja vizuālo lidojumu noteikumi VFR, tad *V*, ja NOTAM ir kā pārbaude, tad *K*. Gadījumā, ja lidojuma noteikumi tiks kombinēti, tad jānorāda *IV*. Bet, tā kā TGKS nespēj darboties, stingri ievērojot kādus no šiem noteikumiem, tad ir ieteikums, norādīt burtu *U*, kas pateiktu, ka lidojumu veiks bezpilota lidaparāts.

U – TGKS darbībā (unmanned aerial system in operation)

Lai NOTAM ziņojumā norādītu, ka tas veltīts TGKS darbībai, norādot lidojuma mērķi, būtu jāizmanto NOTAM kods, kurš norāda uz lidaparāta darbību.

O – NOTAM ziņojums, kas saistīts ar lidojuma veikšanu (NOTAM concerning flight operations)

lidojuma sfēra

A – lidlauki (aerodromes)

E – lidojumi maršrutā (en-route)

sestajā un septītajā sekcijā būtu jānorāda TGKS paredzētais zemākais un augstākais darbības

augstums. Katrs augstums ir jānorāda, izmantojot trīs ciparu kodu.

000/999 – no zemes līdz neierobežotam augstumam (from ground to unlimited)

000/003 – no zemes līdz 300 pēdām VZL (from ground to 300 feet AGL)

koordinātes vai zonas rādiuss, kurā norisināsies TGKS darbība. Iekavās norāda vietas vai ēkas nosaukums, kas atrodas izmantojamajā zonā, lai vieglāk varētu uztvert šo informāciju.

565928N0240430E (EVRS, Spilve Airport) – EVRA, Spilves lidosta

NOTAM ziņojuma piemērs TGKS darbībai Rīgas LIR

A) Šeit ir norādīts LIR kods, kurā tiks veikts attiecīgais lidojums

EVRR – Rīga FIR

B) laiks un datums, kad aktivitātes sāksies, lietojot šādu secību: gads, mēnesis, datums, laiks UTC (ggmmddllll)

1404031230

C) laiks un datums, kas aktivitātes beigsies, lietojot šādu secību: gads, mēnesis, datums, laiks UTC (ggmmddllll)

1404041400

D) Ja aktivitātes notiks vairākas dienas, tad šajā sekcijā būtu tas jānorāda vārds “DAILY”, kā arī laiks no cikiem līdz cikiem.

DAILY 1230-1400

Vēl papildus, izmantojot brīvu, nekodētu angļu valodu, būtu detalizētāk jānorāda TGKS darbības nolūki. Šai sadaļai NOTAM ziņojumā jāietver sekojošas daļas:

E) ziņojums, kas rakstīts vienkāršā angļu valodā

TGKS tips, norādot tā maksimālo darbības inducēto ātrumu mezglos, turklāt simbolu “IAS” nedrīkst izlaist

UAS TYPE: XXXXX MAX IAS: 190KTS

GAISA TELPAS ROBEŽAS HORIZONTĀLĀ PLAKNĒ, kurā TGKS darbosies, sekciju uzsākot ar vārdiem “LATERAL LIMITS”. Šeit būtu jānorāda ģeogrāfiskās koordinātas vai arī platība jāizsaka kā rādiuss no konkrēta ģeogrāfiskā punkta. Informācija ir jānorāda jūras jūdzēs, bet koordinātas jānorāda, ievērojot WGS-84 formātu (XXXXN0XXXXE).

LATERAL LIMITS: 0.25NM RADIUS OF 565928N0240430E

VERTIKĀLĀ ROBEŽA būtu jānorāda, precizējot minimālo un maksimālo augstumu, kādā lidojums tiks veikts. Informācija ir jānorāda pēdās.

VERTICAL LIMITS: FROM GROUND TO 300FT AGL

AKTIVITĀŠU LAIKS būtu jānorāda stundās un minūtēs, kas attiecīgā aktivitāte notiks. Laiks būtu jānorāda UTC. Ja norādīts ir cits laiks, tad tas ir jāatzīmē. (UTC – *Universal Time Coordinated*, LCL – lokālais laiks). Ziņojumā vārdus “FROM” (no) un “UNTIL (līdz) nedrīkst izlaist.

TIME OF ACTIVITY: FROM 12:30 UTC UNTIL 14:00 UTC.

OPERATORA ATRAŠANĀS VIETA arī būtu jānorāda, jo TGKS darbojas kā sistēma – bezpilota lidaparāts un tā operators. Avārijas situācijas gadījumā vai kādā citā īpašā gadījumā šāda informācija varētu būt derīga. Atrašanās vieta būtu jānorāda, izmantojot *WGS-84* formātu ģeogrāfisko koordināšu norādīšanai.

OPERATORA ATRAŠANĀS VIETA:

OPERATOR LOCATION: 565928N0240430E (EVRS, Spilve Airport)

Iesaistīto personu KONTAKTINFORMĀCIJA. TGKS NOTAM ziņojumā būtu jānorāda tā operatora telefona numurs.

TEL. + 371 2745 45 45

F) vēlreiz būtu jānorāda zemākā lidaparāta darbības robeža, kādā lidojums tiks veikts. Šajā gadījumā:

GND – ground

E) vēlreiz būtu jānorāda augšējā lidaparāta darbības robeža, kādā lidojums tiks veikts. Šajā gadījumā:

300ft – 300 feet

Rezultātā pilnais NOTAM ziņojums izskatās šādi:

EVRR- RIGA FIR

B0001/14 NOTAM

Q) EVRR/QAFLW/U/OE/000/003/565928N0240430E

A) EVRR B) 1404031230 C) 1404041400

D) DAILY

E) UNMANNED AERIAL SYSTEM OPERATION TYPE: XXXX/ MAX IAS 190KTS.

LATERAL LIMITS: 0.25NM RADIUS OF 565928N0240430E. VERTICAL LIMITS: FROM GROUND TO 300FT AGL. TIME OF ACTIVITY: FROM 12:30 UTC UNTIL 14:00 UTC

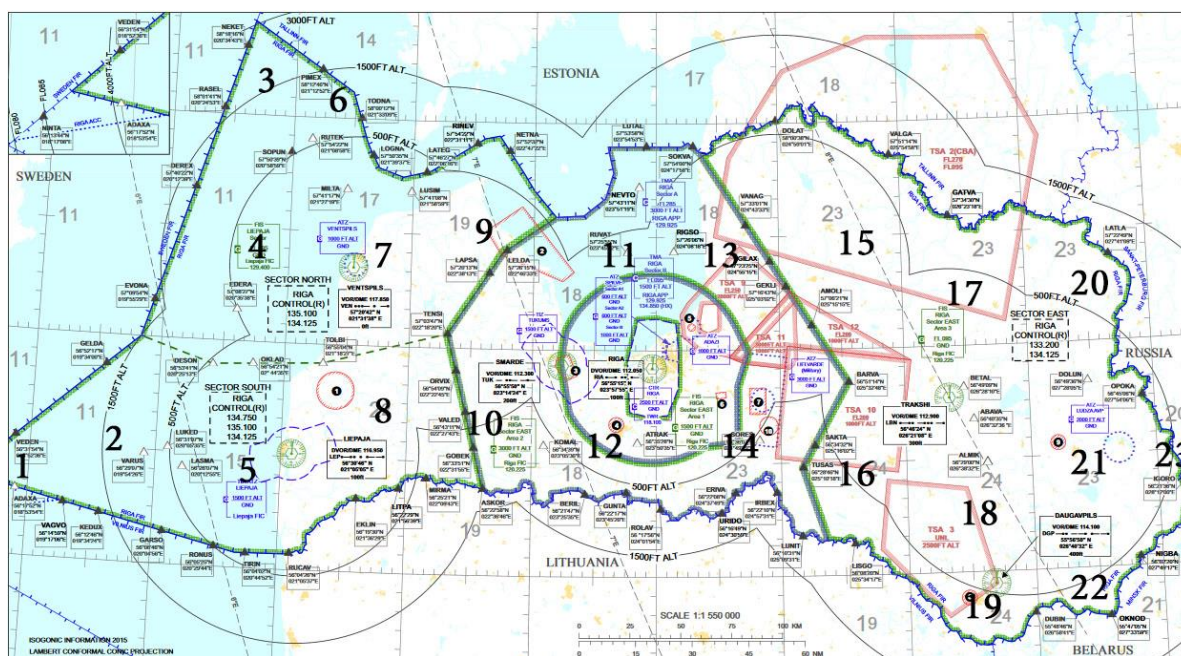
OPERATOR LOCATION: 565928N0240430E (EVRS, Spilve Airport) TEL. + 371 2745 45 45.

F) GND G) 300FT

8.3. Rīgas lidojumu informācijas rajona sektorizācija atkarībā no gaisa transporta intensitātes no zemes līdz FL100

Rīgas lidojumu informācijas rajons (LIR) ir Ziemeļeiropas gaisa telpas daļa, un tā ietver gaisa telpu, kas sniedzas augšup no Latvijai piederošās teritorijas, kā saskaņā ar Čikāgas Konvenciju tā iekļauj arī daļu no gaisa telpas, kas atrodas virs Baltijas jūras (1. attēls). Arī šeit TGK lidojumu skaits palielinās. Lai noskaidrotu, cik droši ir veikt šādus lidojumus minētajā gaisa telpā, ir veikta gaisa transporta plūsmas analīze.

Lidojumu intensitātes analīze Rīgas LIR tika veikta laika periodam no 2010. gada 1. janvāra līdz 2014. gada 31. decembrim. Iegūtie lidojuma dati tika sadalīti pa *MSA* sektoriem atkarībā no katra GK lidojuma maršruta. Pavisam tika izdalīti 23 *MSeA* sektori, kā tas ir parādīts 1. attēlā. Katrs lidojuma maršruts tika analizēts, ņemot vērā tā izlidošanas lidlauku, lidostu vai radio navigācijas punktu un lidojuma galamērķi. Atbilstoši tika uzskaitītas lidojuma vienības katrā laika periodā, kas ir šķērsojušas attiecīgo *MSeA* sektoru.



1. att. MSeA diagramma Rīgas LIR. [38.]

Analizējamie gaisa satiksmes plūsmas dati tika iegūti 2012. gadā, un vēlāk tika sadalīti trīs periodos – no janvāra līdz aprīlim, no maija līdz augustam un no septembra līdz decembrim. Attiecīgi analīze tika veikta atkarībā no laika posma. Pamatā tika ņemts vērā GK izlidošanas un lidojuma galamērķa faktiskais punkts. Ja lidojums bija veikts, šķērsojot valsts robežu, tad tika

ņemti izejas un ieejas punkti, šķērsojot Rīgas LIR robežu. Ja lidojums veikts, paceļoties un nosēžoties vienā un tajā pašā vietā, tad tika atzīmēti attiecīgo lidlauku punkti. Visi ieejas un izejas punkti ir apzīmēti ar oficiālajiem ICAO piecu burtu identifikatoriem, piemēram, radionavigācijas punkts *NINTA*, kurš atrodas uz Rīgas LIR un Zviedrijas LIR robežas. Lidlauki un lidostas ir apzīmēti, izmantojot to oficiālos ICAO četru burtu identifikatorus, piemēram, *EVRA*, apzīmējot lidostu *Rīga*. Daļa no gaisa transporta plūsmas analīzē iegūtās informācijas ir attēlota 2. tabulā kā piemērs.

Lai aizsargātu Latvijas gaisa navigācijas servisa sniedzēja politiku un tiesības, gaisa transporta intensitāte 2. tabulā ir parādīta procentos no kopējās gaisa transporta plūsmas, nevis absolūtās vērtībās.

2. tabula

Lidojumu plūsmas Rīgas LIR no zemes līdz FL100 sadalījums pa maršrutiem

MARŠRUTS	Gaisa transporta intensitāte, % no kopējā	MARŠRUTS	Gaisa transporta intensitāte, % no kopējā
<i>ERIVA–EVRA</i>	3,11	<i>LUTAL–BERIL</i>	0,62
<i>EVAD–SOKVA</i>	0,62	<i>LUTAL–EVRA</i>	3,11
<i>EVRA–EVRA</i>	1,86	<i>NINTA–IGORO</i>	0,62
<i>EVRA–LATEG</i>	1,24	<i>PARKS–VISTA</i>	0,62
<i>EVRA–NEKET</i>	52,17	<i>RASEL–EVRA</i>	0,62
<i>EVRA–SOKVA</i>	2,48	<i>SOKVA–GUNTA</i>	0,62
<i>EVRS–EVRA</i>	1,24	<i>SOKVA–NINTA</i>	0,62

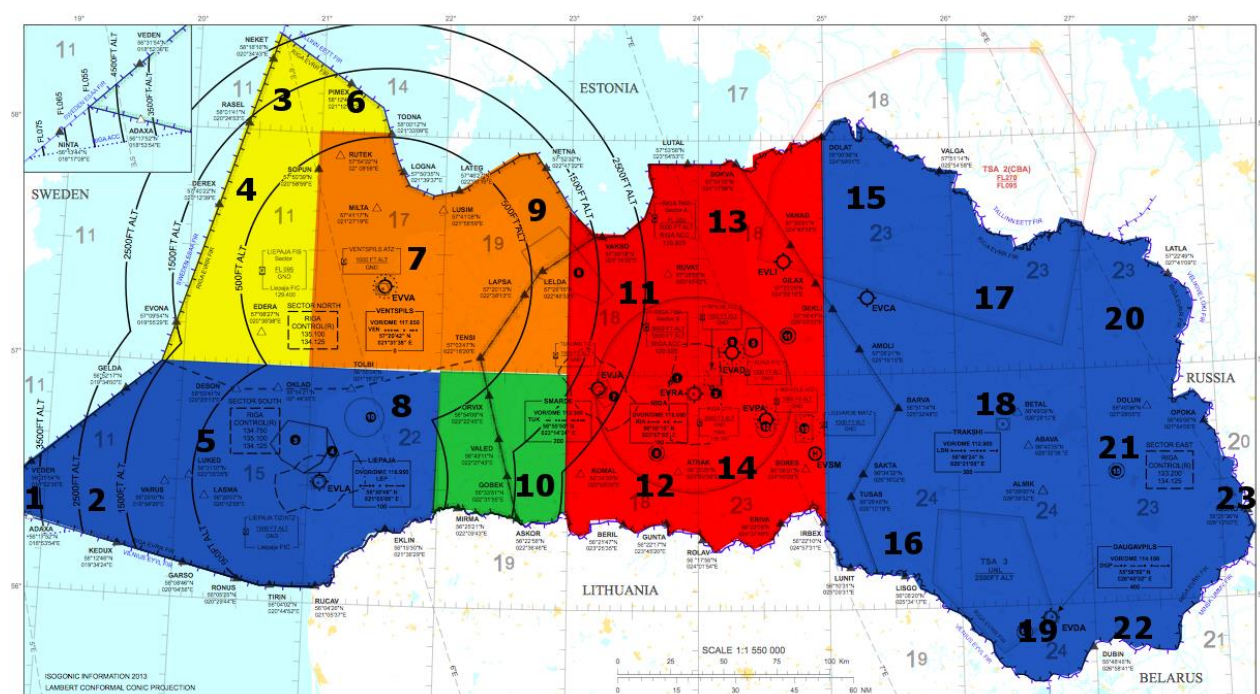
Katrs *MSA* sektors tika apskatīts atsevišķi, un katrs lidojums tika apskatīts, ņemot vērā tā maršrutu. Piemēram, ja lidojums tika veikts no Starptautiskās lidostas *Rīga* uz Zviedriju, robežu šķērsojot punktā *NEKET*, tad lidojuma laikā tika šķērsots 3., 6., 7., 9., 11. un 12. *MSA* sektors.

Atbilstoši gaisa transporta blīvums katrā *MSA* sektorā nosaka TGKS darbības drošuma pakāpi – jo vairāk noslogota ir zona, jo lielāks risks ir sastapt kādu citu GK. Tika izveidotas piecas transporta intensitātes klases, kas tika izmantotas analīzē, nosakot riska pakāpi. Šīs riska klases ir: ļoti zems, zems, zems līdz vidējs, vidējs un augsts noslogojums. Šī klasifikācija ir parādīta 3. tabulā.

Gaisa satiksmes intensitātes sadalījums pa intensitātes grupām

	Gaisa transporta intensitāte	Grupa	Atšifrējums	Atbilstošā krāsa
1	1–50	VL	Ļoti zema	
2	51–100	L	Zema	
3	101–150	L/M	Zema līdz vidēja	
4	151–200	M	Vidēja	
5	201 un vairāk	H	Augsta	

Beigās visi 23 MSA sektori tika klasificēti saskaņā ar 3. tabulu. Tā kā apskatāmais laika periods tika sadalīts trīs daļās, tad katram no tiem tika izveidots grafisks attēls, kurš raksturo katru periodu atsevišķi. Šādā veidā tika iegūta informācija, kas precīzāk raksturo gaisa transporta plūsmu, kas ir arī atkarīga no sezonas.



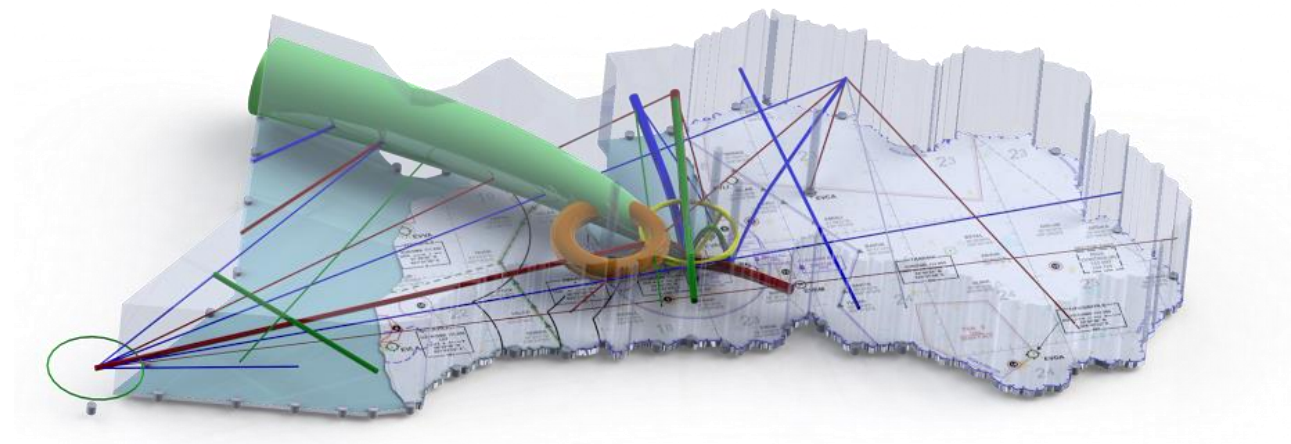
2. att. MSeA sektoru krāsu kodēšana atkarībā no gaisa satiksmes plūsmas intensitātes no 2012. gada maija līdz augustam.

Lai uzskatāmi prezentētu iegūto informāciju, tika izveidotas trīs diagrammas, izmantojot iepriekš raksturoto krāsu kodēšanu atkarībā no gaisa transporta intensitātes. Kā piemērs 2. attēlā ir attēlota lidojumu intensitāte Rīgas LIR MSeA sektoros no 2012. gada maija līdz augustam.

No diagrammām var redzēt, ka Rīgas LIR daļa, kas iekļauj MSA sektorus no 15 līdz 23, Latvijas austrumu daļa, ir vismazāk noslogotā gaisa telpas daļa. Tas nozīmē, ka gaisa transporta,

ieskaitot TGK, darbība šeit ir visdrošākā gadījumos, ja konkrētais GK veic lidojumu, nesaņemot ne gaisa satiksmes vadības, ne lidojumu informācijas servisu. Tāds pats intensitātes līmenis – ļoti zems –, bija novērots 1., 2. un 5. *MSeA* sektorā. 4., 6. un 7. sektorā intensitāte mainās, it īpaši vasaras periodā (no maija līdz augustam), jo 2012. gadā tika reģistrēti 150 GK kustības. Rīgas LIR noslogotākā gaisa telpas daļa ir tās vidū, jo, pirmkārt, šeit atrodas intensīvākās satiksmes lidosta Latvijā – Starptautiskā lidosta *Rīga*, kā arī netālu atrodas Spilves un Jūrmalas lidostas. Šīs lidostas bieži izmanto treniņu lidojumiem, apmācot jaunos pilotus.

Gaisa satiksmes plūsma, kas tika novērota no 2012. gada janvāra līdz aprīlim, ir attēlota 3D projekcijā 3. attēlā. Šeit var redzēt, ka intensīvākā gaisa satiksme, kas veica lidojumus augstumos līdz FL100, bija maršrutā no radiobākas *RIA* uz navigācijas punktu *NEKET*, kā arī Rīgas LIR centrālajā daļā. Vismazāk noslogotā gaisa telpa ir Latvijas austrumu daļa, kas būtu arī visdrošākā gaisa telpas daļa TGKS darbībai bez lidojuma plāna un komunikācijām ar GSV dispečeriem.



3. att. Gaisa satiksmes plūsmas intensitāte pa maršrutiem no 2012. gada janvāra līdz aprīlim 3D projekcijā.

8.4. Matemātiskā modelēšana gaisa satiksmes intensitātes analīzei Rīgas lidojumu informācijas rajonā

Dažādu procesu analīzei un novērtēšanai bieži izmanto matemātiskos modeļus, kas apskata laika sprīžu izmaiņas dažādos periodos. Viens no šādiem modeļiem ir autoregresīvais integrētais slīdošā vidējā process ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), kas tiek izmantots, lai prognozētu laikrindas nākotnes tendences, izmantojot laikrindas diskrēto vērtību diferencēšanu, lai gala rezultātā iegūtu “statisku” vērtību kopu. Brīvi izvēlēts mainīgais, kas pieder noteiktajai laikrindai, tiek uzskatīts par statistisku, ja tā statistiskās īpašības laika gaitā ir konstantas. Stacionārām rindām nav tendences, tā variācijai ap vidējo vērtību ir konstanta amplitūda, kā arī to izmaiņām ir noteikts periodiskuma raksturs.

ARIMA ietver sevī divus dažādus matemātiskos modeļus:

- a) autoregresīvo modeli, kas tiek apzīmēts ar (AR) (*Autoregressive Model*);
- b) slīdošā vidējā modeli, kas tiek apzīmēts ar (MA) (*Moving Average Model*).

Autoregresīvais modelis ir matemātiskais statistikas modelis, kurā periodiski mainīgā vērtība vienā periodā tiek salīdzināta ar mainīgā vērtībām iepriekšējos periodos. $AR(p)$ ir autoregresīvais modelis, kurā ir iekļauti p skaita periodi:

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \gamma_i y_{t-i} + \epsilon_t, \text{ kur} \quad (1)$$

y_t – atkarīgais mainīgais, meklējamā vērtība laika intervālā t ;

μ – konstante;

p – periodu skaits laikrindā;

γ_i – autoregresijas koeficients;

y_{t-i} – iepriekšējā perioda vērtība;

ϵ_t – “baltais troksnis”.

Vienkāršotu AR modeli var parādīt, izmantojot $AR(1)$. Šajā gadījumā laikrindas vērtība meklējamajā periodā var būt izteikta šādi:

$$y_t = \mu + \gamma y_{t-1} + \epsilon_t = \mu + \gamma(Ly_t) + \epsilon_t \text{ vai} \quad (2)$$

$$(1 - \gamma L)y_t = \mu + \epsilon_t \quad (3)$$

Ja y_t apzīmē mainīgā vērtību laika sprīdī t , tad y_{t-1} norāda laikrindas vērtību iepriekšējā periodā $t - 1$. Šo pašu elementu var apzīmēt arī kā Ly_t , kas ir arī parādīts vienādojumā.

AR(1) modelī AR(1) koeficients norāda, cik ātri laikrinda atgriezīsies līdz tās vidējai vērtībai:

- a) ja šis koeficients ir tuvs 0, tad laikrinda atgriežas līdz tās vidējai vērtībai ātri,
- b) ja šis koeficients ir tuvs 1, tad vidējo vērtību rindas vērtības sasniegs lēni.

Slīdošā vidējā (MA) modelis nosaka saistību starp mainīgo un laikrindas vērtībām no iepriekšējiem periodiem. $MA(q)$ ir slīdošā mainīgā modelis ar q skaita periodiem:

$$y_t = \mu + \epsilon_t + \theta_i \epsilon_{t-1}, \text{ kur} \quad (4)$$

θ_q – kļūdas koeficients laika sprīdī $t - q$ (*coefficient for the lagged error term in time*).

ARIMA modeļi parasti pieraksta kā ARIMA (p, d, q), kur

- p – autoregresīvā polinoma kārtā;
- d – integrācijas kārtā (diferenču operatora kārtā);
- q – slīdošā vidējā polinoma kārtā.

Ja ARIMA modelī ir iekļauta arī sezonālā pazīme, tad šo modeli standartā pieraksta, izmantojot vēl papildus parametrus: ARIMA (p, d, q)(P, D, Q)_s, kur

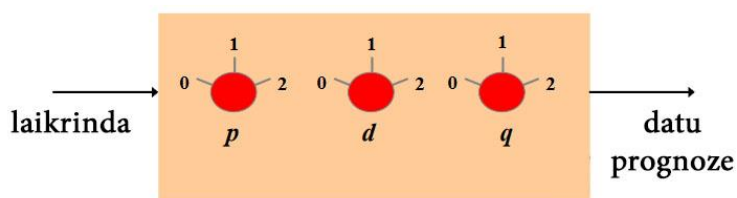
- p – autoregresīvā polinoma kārtā;
- d – integrācijas kārtā (diferenču operatora kārtā);
- q – slīdošā vidējā polinoma kārtā;
- P – sezonālā autoregresīvā polinoma kārtā;
- D – sezonālā diferencu operatora kārtā;
- Q – sezonālā vidējā polinoma kārtā;
- s – sezonālātes komponente.

Gaisa transporta plūsmas analīzei Rīga lidojumu informācijas rajonā augstumos no zemes līdz FL100 tiek izmantots iepriekš raksturotais matemātiskās statistikas modelis ARIMA. Datu analīze un prognozēšana tiek veikta, izmantojot statistikas programmu *R Studio 3.2.4.*, ar mērķi

prognozēt iespējamo gaisa transporta plūsmas intensitāti katrā no MSeA sektoriem, kas atrodas Rīgas LIR. Pavisam ir noteikti 23 MSeA sektori, kas ir attēloti 1. attēlā.

Tālāk tiks raksturots modelis jeb kārtība, kā tika veikta datu analīze un prognozēšana.

Kā jau iepriekš tika minēts, ARIMA modelis sastāv no divām daļām – (p, q, d) –, kas apskata nesezonālo izmaiņu daļu, un (P, Q, D) , kas apskata laikrindas sezonālās izmaiņas. 4. attēlā ir parādīts vienkāršots ARIMA filtrs, kas parāda modeļa pamatprincipu. Tiek izmantotas attiecīgi trīs vai sešas pogas, kas atbilst iepriekš minētajām ARIMA funkcijām – p, d, q, P, D un Q . Modeļa mērķis ir novietot pogas tā, lai atlikušās laikrindas datu vērtību sastādītu tikai “baltais troksnis”, lai pārējās laikrindas komponentes būtu izfiltrētas.

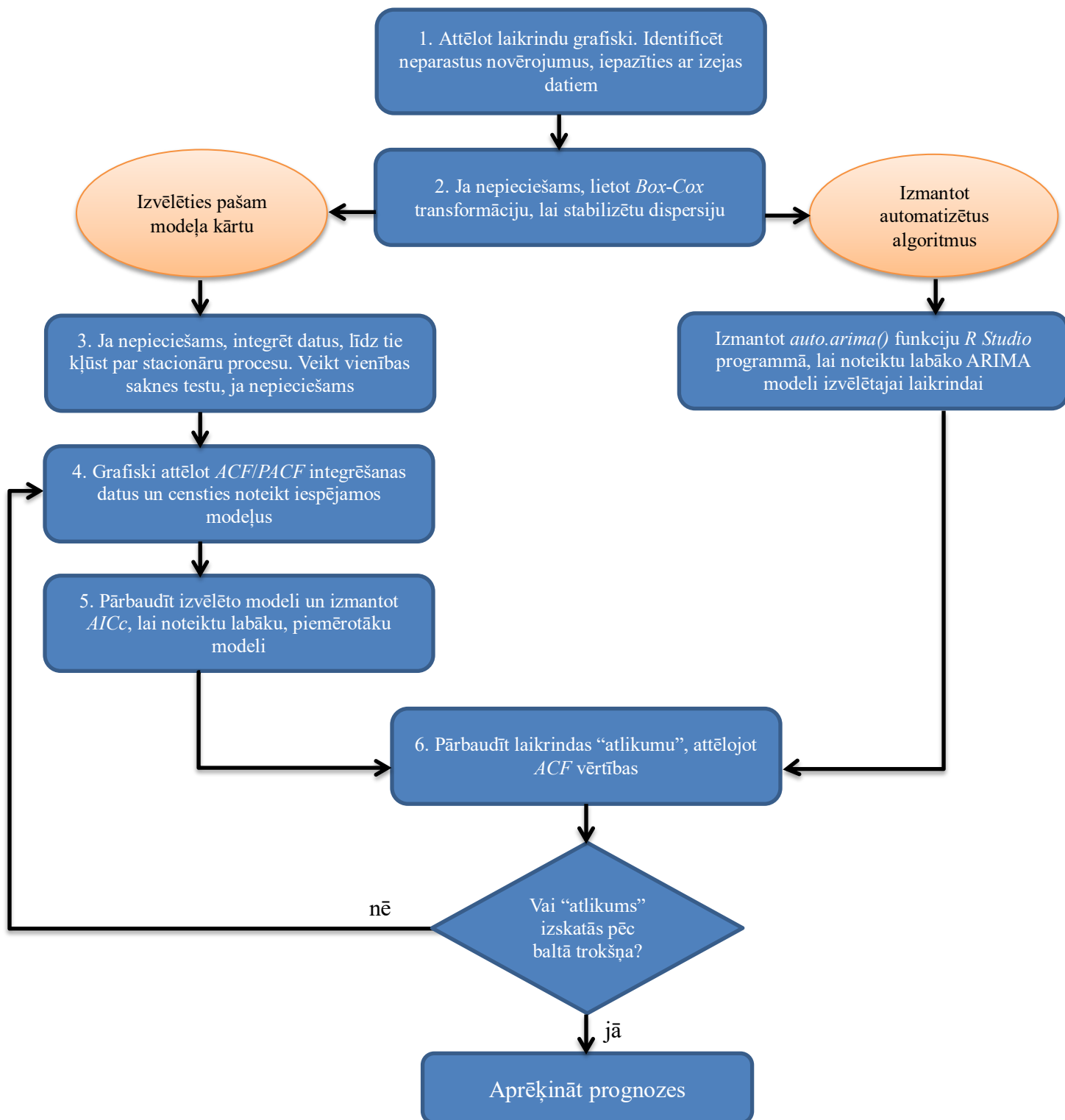


4. att. ARIMA matemātiskā modeļa darbības princips. [2.]

Sākumā ir jāpārbauda, vai process katrā no MSeA sektoriem ir stacionārs vai nav stacionārs. To veic, izmantojot *Unit Root Test*, nosakot *p-value* vērtību. Jāpiemin, ka ARIMA prognozēšanu un analīzi var piemērot tikai stacionārām laikrindām.

Statistikā stacionārs process ir gadījuma process, kurā gadījuma lielumu varbūtību sadalījums laika gaitā nemainās. Laikā nemainās attiecīgi arī tādi parametri kā vidējā vērtība un dispersija. Lai pārbaudītu, vai dotā laikrinda ir stacionārs process, ir jāveic vienības saknes procesa pārbaudi. To var veikt, izmantojot Dikeja-Fullera testu, kura rezultātā iegūst koeficienta p vērtību, pārbaudot nulles hipotēzi. Ja $p < 0,05$, tad apskatāmā laikrinda nav stacionārs process. Nākamais solis matemātiskajā modelī ir korelācijas pārbaude, apskatot *ACF* un *PACF* koeficientus. Izmantojot autokorelācijas funkciju (*ACF* – *Autocorrelation Function*), ir iespējams noteikt autoregresijas (*AR* – *Autoregression*) un/vai slīdošā vidējā (*MA* – *Moving Average*) kārtas. *ACF* ir korelācijas koeficientu stabiņu diagramma, kas parāda korelāciju starp laikrindu un kārtām. *PACF* izolē dažus no rādītājiem, tādēļ *ACF* funkcija galīgo rezultātu parāda lēnāk. Ja *PACF* diferencētajām laikrindām parāda straujas izmaiņas un/vai *lag*–1 autokorelācija ir pozitīva, t.i., ja laikrinda izskatās kā ne līdz galam diferencēta, tad ir jāpalielina AR vērtība modelī. Kārta, kurā *PACF* vērtība noslēdzas, ir norādāmais AR kārtu numurs. Turpretim, ja integrējamās

laikrindas parāda strauju kritumu un/vai $lag-1$ autokorelācija ir negatīva, t.i., ja laikrinda izskatās par daudz integrēta, tad būtu nepieciešams palielināt MA kārtu modelī. Integrēšanas kārtā, kurā ACF strauji samazinās, parāda meklējamo MA vērtību. [29.]

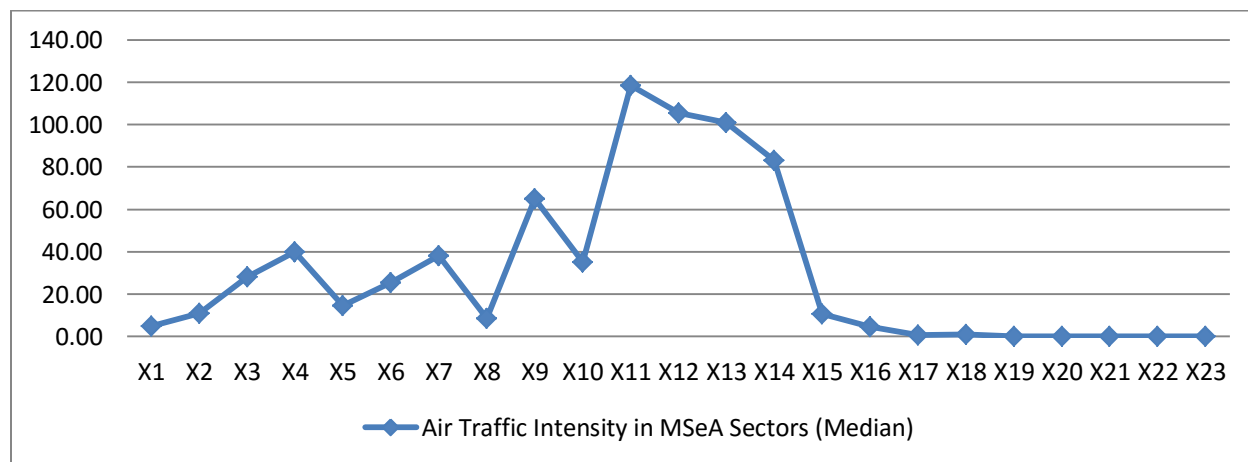


5. att. ARIMA matemātiskā modeļa algoritms.

Lai veiktu Rīgas LIR gaisa transporta analīzi augstumos no zemes līdz FL100, tika izmantots ARIMA matemātiskais modelis. Vēlāk šī paša modeļa ietvaros tika veikta matemātiskā prognozēšana, lai prognozētu iespējamās gaisa transporta intensitātes vērtības divos turpmākajos gados.

Matemātiskajai modelēšanai un prognozēšanai tikai izmantota programma *R Studio* 3.2.4.. Šī programma dod divas iespējas, kā veikt prognozēšanu – manuāli vai automātiski. Lielākā uzmanība šeit tiek pievērsta katra sektora mediānai jeb datu kopas vidum – puse kopas elementu ir vienādi vai mazāki par mediānu un puse kopas elementu ir vienādi vai lielāki par mediānu. Mediāna daudz precīzāk par vidējo aritmētisko raksturo kopu gadījumos, kad tajā ir atsevišķi ļoti lieli vai ļoti mazi elementi, tādēļ satiksmes intensitātes novērtēšanas nolūkos tiek izmantota šī vērtība. Atbilstoši iegūtās mediānu vērtības ir attēlotas grafiski 5. attēlā. [5.]

Lielākā gaisa satiksmes intensitāte ir novērota sektoros no 12 līdz 14, kas atrodas Rīgas LIR centrālajā daļā. Lielākā transporta plūsma ir saistīta nenoliedzami ar to, ka Latvijas visnoslogotākā Starptautiskā lidosta *Rīga* atrodas tieši šajā rajonā. Turpretim Latvijas austrumu daļā, kur atrodas MSeA sektori no 16 līdz 23, satiksme ir neliela. Satiksmes intensitāti var tieši saistīt ar lidojumu drošību katrā no sektoriem. Attiecīgi jo lielāka ir gaisa transporta plūsma, jo lielāka ir varbūtība sastapt citu gaisa kuģi, līdz ar to drošības līmenis ir zemāks. Iegūtie statistikas dati ir tālāk attēloti aeronavigācijas kartē, kā tas ir parādīts 6. attēlā.



6. att. MSeA sektoru mediānu vērtības lidojumu intensitātei Rīgas LIR no 2010. līdz 2015. gadam augstumos no zemes līdz FL100, gaisa kuģi.

Mediānas vērtības analīze katram MSeA sektoram

Izmantojot šos datus no *R Studio* kopsavilkuma, var iegūt Rīgas LIR aeronavigācijas

karti, kas parādīs piecu līmeņu gaisa transporta intensitāti augstumos no zemes līdz FL100. Piecu līmeņu apzīmējums balstās un mediānas vērtību. Tā kā šeit to vērtības ir diapazonā no 0 līdz 120, tad ir izdalīts šāds dalījums, kur katram atbilst noteikta krāsa kartē:

- a) satiksmes intensitāte no 0 līdz 25 neieskaitot, kam atbilst zila krāsa;
- b) satiksmes intensitāte no 25 līdz 50 neieskaitot, kam atbilst zaļa krāsa;
- c) satiksmes intensitāte no 50 līdz 75 neieskaitot, kam atbilst dzeltena krāsa;
- d) satiksmes intensitāte no 75 līdz 100 neieskaitot, kam atbilst oranža krāsa;
- e) satiksmes intensitāte no 100 un vairāk, kam atbilst sarkana krāsa.

Rīgas LIR karte gaisa transporta plūsmas intensitāte GND-FL100 no 2010. līdz 2015. gadam – mediānu vērtības un to dalījums atkarībā no vērtības ir parādīts 4. tabulā un 7. attēlā.

4. tabula

MSeA sektoru mediānas vērtība lidojumu intensitātei Rīgas LIR no 2010. līdz 2015. gadam
augstumos no zemes līdz FL100

Satiksmes intensitātes intervāls (SII)	Atbilstošie MSeA sektori	Atbilstošā krāsa Rīgas LIR kartē	
$0 < SII < 25$	1, 2, 5, 8, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	Zila	
$25 \leq SII_1 < 50$	3, 4, 6, 7, 10	Zaļa	
$50 \leq SII_2 < 75$	9	Dzeltena	
$75 \leq SII_3 < 100$	14	Oranža	
$100 \leq SII_4$	11, 12, 13	Sarkana	

Tālāk ir parādīts, kā var iegūt precīzāko (p, q, d) (P, Q, D) kārtu, lai pēc iespējas precīzāk raksturotu katru atsevišķo MSeA sektoru. Ir iespējams iegūt ARIMA koeficientu autoregresijas AR, sezonālās SAR un integrēšanas *Intercept* vērtības, kā arī to standartnovirzes, kas ir apzīmētas ar *s.e.* (*Standard Error*).

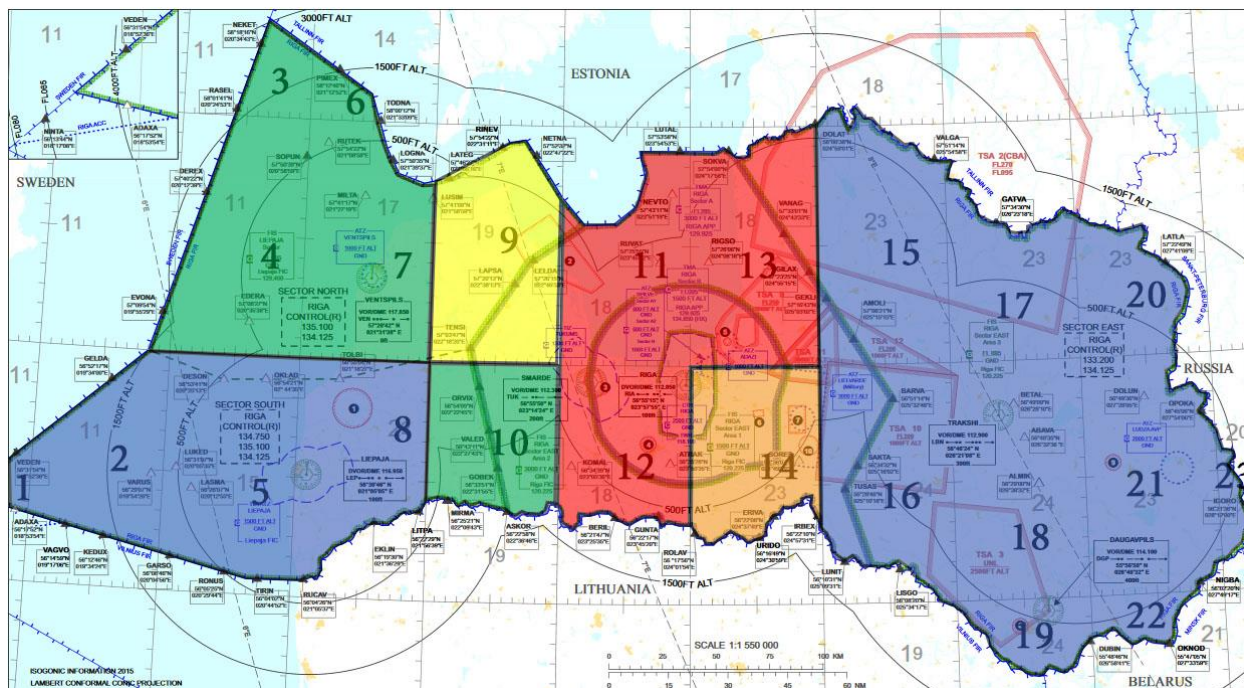
Sākotnēji ir izvēlēts modelis (1, 0, 0) (1, 0, 0), bet pēc tam manuāli ir izvēlēti citi modeļi, lai pārbaudītu to atbilstību vispiemērotākā modeļa meklēšanā. *R Studio* pieraksts izskatās šādi:

```
> arimax14_1 <- Arima(Book1X14,order=c(1,0,0), seasonal=c(1,0,0))
> print(arimax14_1)
Series: Book1X14
ARIMA(1,0,0)(1,0,0)[3] with non-zero mean
```

```
Coefficients:
      ar1      sar1  intercept
```

0.3616 0.6649 103.2208
s.e. 0.2089 0.1715 37.8521

sigma^2 estimated as 2436: log likelihood=-95.06
AIC=198.12 AICC=201.2 BIC=201.68



7. att. MSeA sektoru mediānas vērtība lidojumu intensitātei Rīgas LIR no 2010. līdz 2015. gadam augstumos no zemes līdz FL100, gaisa kuģi.

ARIMA modelis ir jāizvēlas tā, lai AR, SAR un I vērtības būtu pēc iespējas mazākas. Lai pārbaudītu, vai iegūtā vērtība ir mazākā iespējamā, šādas darbības ir jāveic arī ar citiem modeļiem. Piemērs manuālai ARIMA modeļa izveidei ir attēlots 5. tabulā, kur ir apskatīts 14. MSeA sektors.

R Studio attēlotie koeficienti *AIC*, *AICC* un *BIC* arī tiek izmantoti, lai pārbaudītu iegūtā ARIMA modeļa precizitāti. Arī šiem koeficientiem ir jābūt pēc iespējas mazākiem. 5. tabulā ar zaļu ir izdalītas zemākās vērtības. No šejienes izriet, ka gan manuāli, gan automātiski iegūtais modelis (1, 0, 0) (1, 1, 0) ir vispiemērotākais MSeA 14. sektoram.

Piemērs manuālai ARIMA modeļa izveidei

	p, q, d	P, Q, D	AR	AR_s.e.	AR	AR_s.e.	MA	MA_s.e.	SAR	SAR_s.e.	Intercept	Intercept_s.e.	AIC	AICc	BIC
1	1, 0, 0	1, 0, 0	0,3616	0,2089					0,6649	0,1715	103,221	37,8521	198,12	201,2	201,68
2	0, 0, 0	1, 1, 0							-0,2842	0,2396			165,3	166,3	166,72
3	1, 0, 0	1, 1, 0	0,7967	0,1465					-0,7743	0,1481			156,7	158,88	158,82
4	2, 0, 0	1, 1, 0	1,0552	0,3287	-0,2608	0,3037			-0,8352	0,1297			158,01	162,01	160,84
5	1, 0, 1	1, 1, 0	0,7676	0,1723			0,1607	0,2743	-0,8094	0,1436			158,36	162,36	161,2
6	0, 0, 0	1, 1, 0							-0,2842	0,2396			165,3	166,3	166,72
auto	1, 0, 0	1, 1, 0	0,7967	0,1465					-0,7743	0,1481			156,7	158,88	158,82

No šejienes var redzēt, ka mazākās SAR vērtības ir -0,7743 un SAR_s.e. ir 0,1481. *P-value* tiek pārbaudīt, atrodot šo vērtību dalījumu. Tas tiek saukts par iepriekš minēto Dikeja-Fullera testu. Attiecīgi:

$$p\text{-value}_{\text{MSeA14}} = \frac{-0,7743}{0,1481} = 5,2282 > 1,96 \quad (5)$$

Tā kā šis dalījums pārsniedz vērtību 1,96, kas atbilst 95 % precizitātes klasei, tad attiecīgā laukrinda ir stacionārs process.

6. tabula

ARIMA modelēšanas automātiskie autoregresijas, diferencēšanas un sezonālātes koeficienti un
ARIMA piemērotākais modelis katram Rīgas LIR MSeA sektoram

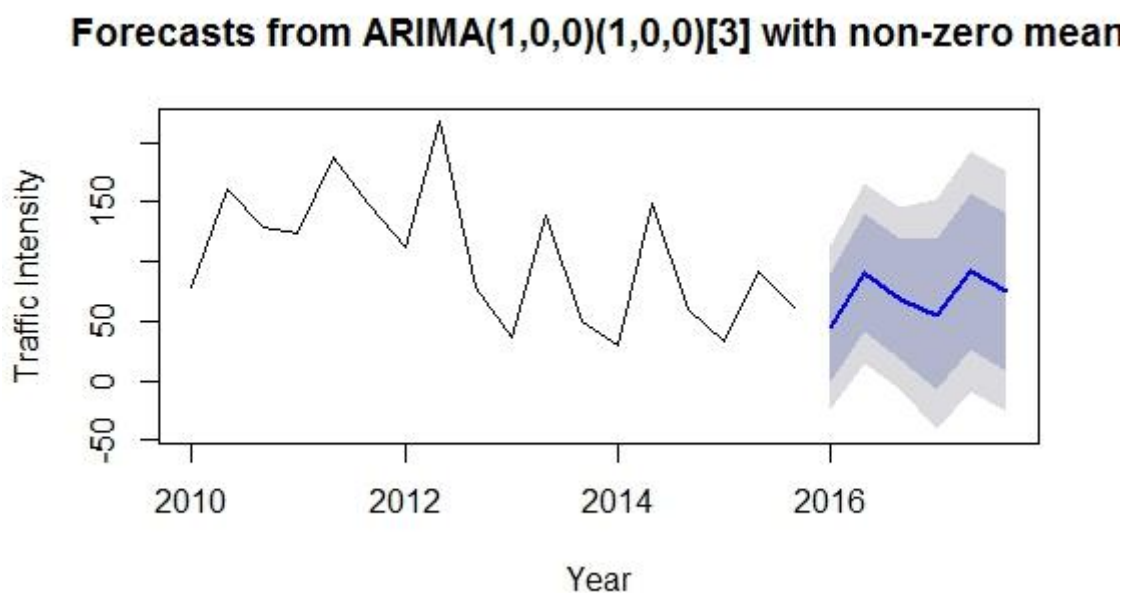
Sector	ARIMA order	Seasonal order	Note	AR1_1	AR1_s.e.	MA_1	MA_s.e.	Intercept	Intercept_2	SAR1_1	SAR1_s.e.	SMA_1	SMA_s.e.
1	0, 0, 1	1, 1, 0								-0,6788	-0,6788		
2	0, 0, 0	1, 1, 0								-0,5684	0,2015		
3	0, 1, 0									758,9	-80,49		
4	0, 1, 0	1, 0, 0								0,4768	0,1997		
5	0, 0, 0	1, 1, 0								-0,6531	0,1797		
6	0, 1, 0									589,8	-78,35		
7	0, 1, 0	1, 0, 0								0,5281	0,1854		
8	0, 0, 0	2, 0, 0	with non-zero mean						12,0614	0,2262	0,5982		

[illegible]

Gaisa transporta intensitātes prognozēšana Rīgas LIR, izmantojot ARIMA modeli

ARIMA matemātisko modelēšanu un statistikas programmu *R Studio* var izmantot ne tikai statistikas datu analīzei, kas ir jau pieejami, bet arī matemātiskajai prognozēšanai, lai noteiktu satiksmes intensitātes attīstību, balstoties uz iepriekš izstrādātiem modeļiem.

Iepriekš automātiski iegūtie ARIMA modeļi (p, q, d) (P, Q, D) tiks izmantoti, lai prognozētu satiksmes intensitāti katrā no 23 Rīgas LIR esošajiem MSeA sektoriem 2016. un 2017. gadam. Iegūtie prognozēšanas rezultāti ir attēloti 8. attēlā un 7. tabulā.



1. att. ARIMA gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR MSeA sektoros, gaisa kuģi.

Iegūtie ARIMA prognozes rezultāti parāda prognozējamo vērtību attiecīgajā laikā, kā arī to vērtību ar 80 % un 95 % varbūtību. Iegūtās vērtības MSeA 14 ir parādītas 7. tabulā.

7. tabula

ARIMA gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR 14. MSeA sektorā

	Laika intervāls	Prognoze	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Sektors 14						
	2016_1	60,43	14,79	106,08	-9,37	130,24
	2016_2	157,50	99,14	215,86	68,25	246,75

	2016_3	82,08	16,92	147,23	-17,57	181,72
	2017_1	48,98	-24,23	122,18	-62,98	160,93
	2017_2	109,14	31,26	187,03	-9,97	228,26
	2017_3	85,26	4,55	165,98	-38,18	208,71

No 7. tabulas var redzēt, ka augstākā intensitāte gaisa transporta plūsmai ir gaidāma 2016. gada otrajā ceturksnī, bet zemākā vērtība – 2017. gada pirmajā ceturksnī. Pārējo MSeA sektoru prognozēšanas rezultāti ir apkopoti 3. pielikumā.

8. tabulā ir apkopotas ARIMA prognozēšanas vērtības 2016.gada otrajam ceturksnim.

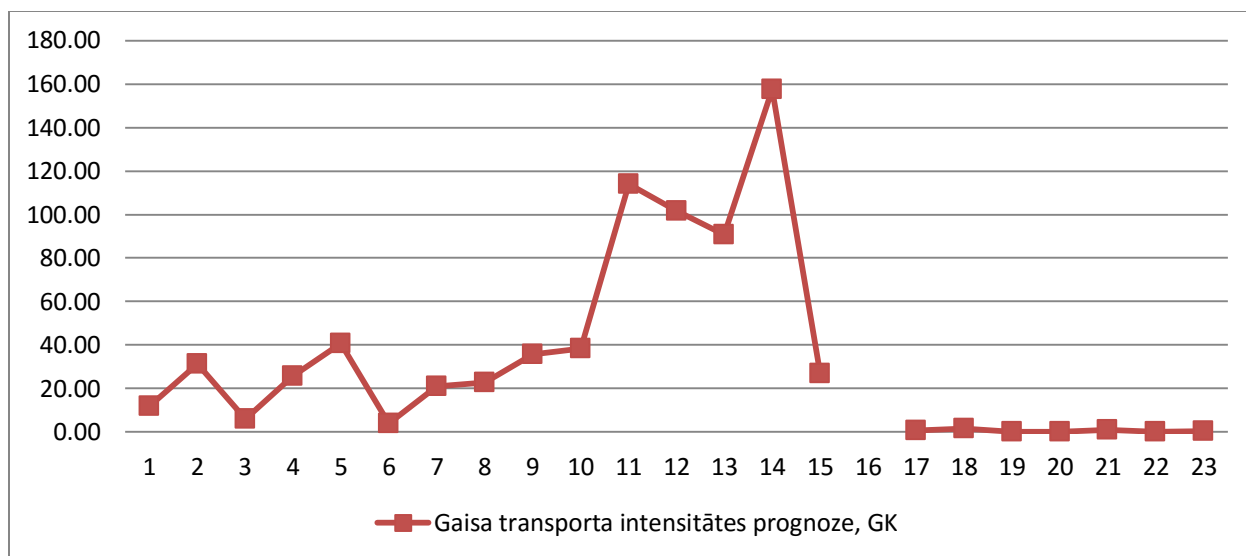
8. tabula

ARIMA gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR MSeA sektoros 2016. gada otrajā ceturksnī, gaisa kuģi

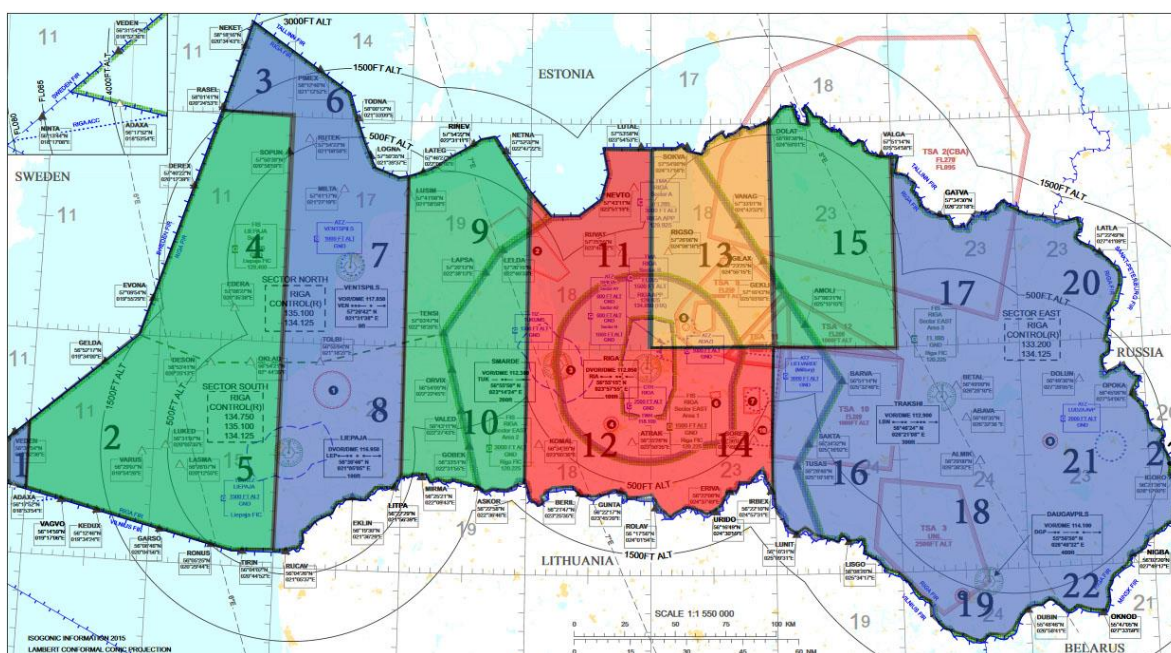
MSeA sektors	1	2	3	4	5	6	7	8
Satiksmes intensitātes prognoze, GK	11,82	31,29	6,00	25,83	40,65	4,00	20,92	22,71
MSeA sektors	9	10	11	12	13	14	15	16
Satiksmes intensitātes prognoze, GK	35,61	38,23	113,99	101,56	90,63	157,50	27,00	-
MSeA sektors	17	18	19	20	21	22	23	
Satiksmes intensitātes prognoze, GK	0,78	1,44	0,00	0,00	1,02	0,00	0,33	

No iegūtajiem prognozēšanas rezultātiem, kas apkopoti 8. tabulā, var redzēt, ka lielākā satiksmes intensitāte ir gaidāma 13. MSeA sektorā, sasniedzot 113,99 gaisa kuģu skaitu. Zemākā intensitāte arī šim laika posmam ir gaidāma Rīgas LIR austrumu daļā no sektora 17 līdz 23, kur gaidāmi 0 līdz 1,2 gaisa kuģi.

Grafiski satiksmes intensitātes prognozes rezultātu piemēri ir attēloti 9. un 10. attēlā.



2. att. ARIMA gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR MSeA sektoros 2016. gada otrajā ceturksnī, gaisa kuģi.



3. att. ARIMA gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR MSeA sektoros 2016. gada otrajā ceturksnī.

8.5. Apmācību programmas

Darba piektā nodaļa ir veltīta apmācību programmu izstrādei tālvadības gaisa kuģu operatoriem un gaisa satiksmes vadības dispečeriem. Mācību programmas tiek veidotas saskaņā ar Valsts pārvaldes iekārtas likuma 72. panta pirmās daļas 2. punktu Izglītības un zinātnes

ministrijas (IZM) iekšējiem noteikumiem, kas nosaka kārtību, kādā tiek izstrādātas un noformētas izglītības programmas. Attiecīgi šīs apmācību programmas tiek pieskaitītas pie profesionālās pilnveides izglītības programmām.

Katra apmācību programma sastāv no trim daļām: teorijas, prakses un zināšanu un iemaņu pārbaudēm. Saskaņā ar noteikumiem ir izvirzītas prasības, uzsākot kursu, – izglītības līmenim, veselības stāvoklim un angļu valodas prasmēm. Kandidāti, kas veiksmīgi nokārtojuši pārbaudījumus, apmācību beigās saņem sertifikātu, kas dod iespēju veikt tālvadības gaisa kuģu lidojumus Rīgas LIR.

9. SECINĀJUMI

1. Tālvadības gaisa kuģu lidojumu nodrošināšanas esošo procedūru analīzes rezultātā starptautiskā, Eiropas un Latvijas mērogā, tika konstatēts, ka nepastāv konkrēti likumi vai noteikumi, kas regulē TGK izmantošanu dažādās gaisa telpas daļās. Esošā situācija rosina koncentrēties uz lokālas Latvijas likumdošanas izveidi TGK izmantošanai Rīgas LIR, lai novērstu iespējamus drošības, privātuma un interešu konfliktu draudus.
2. Tālvadības gaisa kuģu aprīkojumam ir jābūt pietiekamam, lai tas varētu veikt tādas pašas funkcijas kā pilotu vadāmie gaisa kuģi atkarībā no gaisa telpas klases. Komunikāciju aprīkojumam ir jānodrošina sakari starp TGK un tā kontroles staciju jeb TGK pilotu, izmantojot kontroles un komandu datu kanālu C2. Ja gaisa telpas klase to pieprasa, ir jābūt iespējai nodrošināt divpusējus sakarus starp TGK un GSV vienību, kā arī citiem gaisa telpas lietotājiem. Navigācijas aprīkojumam ir jābūt iespējai noteikt TGK atrašanās vietu, tā kursu un augstumu jebkurā lidojuma brīdī, bet radiolokācijas aprīkojumā ir jābūt sekundārās radiolokācijas retranslatoram attiecīgi A/C/S režīmā. Papildus ir izmantojamas ir *Detect and Avoid* vai *Sense and Avoid* sistēmas, lai izvairītos no iespējamām sadursmēm lidojuma laikā.
3. Tika izstrādāti jauni formāti ziņojumiem apkalpei NOTAM un lidojuma plānam, kas ir jāstandartizē, lai informācijas nodošana būtu efektīvāka. Ziņojumā ir ieteicams iekļaut tālvadības gaisa kuģa tipu, ieskaitot tā maksimālo lidojuma ātrumu (inducēto ātrumu), darbības zonas raksturojumu horizontālajā un vertikālajā plaknē, plānoto aktivitāšu ilgumu, kā arī operatora atrašanās vietu un tālruņa numuru.
4. Tika izstrādātas GSV procedūras TGK apkalpošanai Rīgas LIR kontrolējamā gaisa telpā. Saskaņā ar Čikāgas Konvencijas 2. pielikumu “Rules of the Air” gaisa kuģiem, kas darbojas

saskaņā ar vizuālajiem noteikumiem VFR, ir jāievēro 500 pēdu attālums no zemes vai šķēršļiem. Izstrādājot TGK operatīvās procedūras, tika atklāts, ka, piemērojot 100 pēdu bufera zonu, iegūst maksimālo darbības augstumu 400 pēdas, kurā TGK parasti nepastāv iespēja sadurties ar kādu citu pilotu vadāmu gaisa kuģi. Tā kā gaisa kuģis avārijas situācijā var nolaisties līdz minimālajam sektora augstumam MSeA, tad, piemērojot minimālo 500 pēdu bufera zonu, iegūst augstumu (MSeA – 500) pēdas, kurā TGK izvairīsies no sadursmēm ar instrumentālajiem IFR vai komerciālajiem lidojumiem. Tālvadības gaisa kuģu operatīvās procedūras ārpus speciāli norobežotām zonām ir jāregulē atkarībā no to maksimālā pacelšanās svara, darbības augstuma un tehniskā aprīkojuma.

5. Veicot gaisa transporta plūsmas analīzi Rīgas lidojumu informācijas rajonā laika no 2010. līdz 2015. gadam, tika iegūts, ka intensīvākā satiksme ir maršrutā no Starptautiskās lidostas *Rīga*, ko ICAO apzīmē kā *EVRA*, līdz navigācijas punktam *NEKET*, kas atrodas uz robežas starp Rīgas LIR un Zviedrijas gaisa telpu. Dati rāda, ka 52,17 % no kopējās satiksmes ir virzīti pa šo maršrutu. Sadalot Rīgas LIR MSeA sektoros pēc lidojumu intensitātes, analīzes laikā no 2010. līdz 2015. gadam iegūst, ka 2015. gada pirmajā ceturksnī, no janvāra līdz aprīlim, lielākā lidojumu intensitāte novērota Rīgas LIR centrālajā daļā, attiecīgi robežās no 140 līdz 143 lidojumiem. Savukārt zemākā intensitāte ir bijusi arī Rīgas LIR austrumu daļā, attiecīgi no 0 līdz 4 lidojumiem. Vasaras mēnešos, ceturksnī no maija līdz augustam, lielākā lidojumu intensitāte bijusi arī Rīgas LIR centrālajā daļā, attiecīgi no 257 līdz 264 lidojumiem. Mazākā intensitāte bijusi arī Latvijas austrumu daļā, attiecīgi no 0 līdz 8 lidojumiem. 2015. gada trešajā ceturksnī, no septembra līdz decembrim, intensīvākā satiksme bijusi Rīgas LIR centrālajā daļā, attiecīgi 119 un 118 gaisa kuģu kustības. Mazākā intensitāte šajā periodā bijusi austrumu daļā, kur lidojumu intensitāte bija no 0 līdz 2 gaisa kuģiem periodā. Jāpiemin, ka jo mazāka ir satiksmes intensitāte noteiktajā gaisa telpas daļā, jo drošāk ir lidot TGK bez speciāla aprīkojuma. Iegūtie rezultāti pa ceturkšņiem tika attēloti aeronavigācijas kartē.
6. Tika veikta gaisa transporta plūsmas analīze Rīgas LIR, izmantojot autoregresīvo integrēto slīdošā vidējā procesu ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Iegūtie statistiskas dati parādīja, ka lielākā lidojumu intensitāte bijusi centrālajā daļā, kur attiecīgo MSeA sektoru mediānas vērtība iegūta 118,5 un 105,5 lidojumi. Izmantojot ARIMA modelēšanu, tika iegūts, ka lidojumu intensitāte Rīgas LIR austrumu daļā ir ļoti zema, jo

mediānas vērtības ir tuvas 0. Tas norāda uz augstu drošības pakāpi, veicot TGK lidojumus. Iegūtie dati pa ceturkšņiem tika attēloti aeronavigācijas kartēs.

7. Tika veikta gaisa satiksmes intensitātes prognozēšana Rīgas LIR, kuras rezultātā tika iegūts, ka augstākā lidojumu intensitāte 2016. gada vasaras mēnešos, no maija līdz septembrim, gaidāma tāpat Rīgas LIR centrālajā daļā, attiecīgi robežās no 63,68 līdz 82,08 lidojumiem. Savukārt zemākā intensitāte tāpat Rīgas LIR austrumu daļā, kur gaidāmi 0 līdz 2 lidojumi attiecīgajā laika periodā. Prognoze 2017. gada pirmajiem četriem mēnešiem rāda, ka intensīvākā satiksme joprojām būs Rīgas LIR centrālajā daļā, robežās no 48,98 līdz 61,52. Ir ievērojams kritums, salīdzinot ar vasaras mēnešiem, kas parāda sezonālātes ietekmi un lidojumu intensitāti Rīgas LIR arī prognozēs. Iegūtie dati pa ceturkšņiem tika attēloti aeronavigācijas kartēs.
8. Tika izstrādāta apmācību programma TGK operatoriem un GSV dispečeriem par TGKS izmantošanu Rīgas LIR. Apmācību programmās ir paredzēts izdalīt teorētisko kursu, praktisko, kuru vēl var sadalīt lidojumos normālos apstākļos un ārkārtas situācijās. Apmācību programmās ir iekļautas šādas galvenās tēmas: ievads TGKS, ieskats vēsturē un izmantošana, saistītā aviācijas likumdošana, TGKS tehniskā specifikācija un to lidojumu plānošana, lidojuma plāna un NOTAM ziņojuma sastādīšana, ar TGK saistītās GSV procedūras Rīgas LIR un standarta frazeoloģija komunikācijās ar GSV vienību un citiem gaisa telpas lietotājiem.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Academy of Econometrics: ARIMA Time series analysis/ Internet. – <https://sites.google.com/site/econometricsacademy/econometrics-models/time-series-arma-models>
2. ARIMA Modeling: non-seasonal models/ Internet. – http://people.duke.edu/~rnau/Notes_on_nonseasonal_ARIMA_models--Robert_Nau.pdf
3. ARIMA Modeling in R: t-series analysis/ Internet. – <http://127.0.0.1:14790/library/tseries/html/adf.test.html>
4. Avionics Today: Europe's Answer: UAVs in Controlled Airspace/ Internet. – http://www.aviationtoday.com/av/issue/feature/Europes-Answer-UAVs-in-Controlled-Airspace_1022.html#.Uklzp7Hj9oJ
5. AIXM Class. NOTAM Data Model (Presentation). AIXM 5.0 RC2. Washington D.C. – October 10–11. 2007.
6. Blom J. D. Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective. – Kansas, USA: Combat Studies Institute Press, US Army Combined Arms Center Fort Leavenworth, 141 pages
7. Carr E. B. Unmanned aerial Vehicles. Examining the Safety, Security, Privacy and Regulatory Issues of Integration into U.S. Airspace. – USA, 2012.
8. Chesebro J. Unmanned Aircraft Systems (UAS) US Description. – USA, 2012. – 12 p.
9. EASA “Technical Opinion” Introduction to a Regulatory Framework for the Operation of Unmanned Aircraft”, Related A-NPA: 2015-10- RMT.0230 – December 18, 2015 – 50 pages
10. Eurocontrol. Eurocontrol Specifications for the Use of Military Remotely Piloted Aircraft as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace. Eurocontrol – SPEC-0102 – February 2012.
11. EUROCONTROL (1997) doc. "Radar Sensor Performance Analysis" SUR.ET1.ST03.1000-STD-01-0
12. Eurocontrol: Unmanned Aerial Systems/ Internet. – <http://www.eurocontrol.int/articles/unmanned-aerial-systems>
13. Gaszczak, A., Breckon, T.P., Han, J. Real-time People and Vehicle Detection from UAV Imagery// Proc. SPIE Conference Intelligent Robots and Computer Vision XXVIII: Algorithms and Techniques 7878 (78780B). doi: 10.1117/12.876663 – November 5, 2013
14. Gelman, A., Hill, J. (2006) Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. Cambridge University Press.
15. Guntis Arnicāns. LU FizMat. Lekciju materiāli, 2006., Rīga
16. Hayashi, Fumio. (2000) Econometrics, Princeton University Press.
17. Grady M. FAA Issues UAV Policy// Avweb – February 14, 2007
18. ICAO. Doc 4444 ATM/501. Procedures for Air Navigation Services. Air Traffic Management. Edition. – ICAO
19. ICAO. Annex 2 to the Chicago Convention of International Civil Aviation. Rules of the Air. Tenth Edition. – ICAO. – July 2005.
20. ICAO. Annex 11 to the Chicago Convention of International Civil Aviation. Air Traffic Services. – ICAO.
21. ICAO. Chicago Convention on International Civil Aviation, Doc 7300/9, Ninth Edition. – ICAO.
22. ICAO. Annex 15 to the Chicago Convention of International Civil Aviation. Aeronautical Information Services. Fourteenth Edition. – ICAO. – July 2013

23. ICAO. Cir 328 AN/190, Unmanned aircraft Systems (UAS). – Quebec, Canada, 2011.
24. ICAO Doc9869 AN/462 First Edition Manual on Required Communication Performance (RCP) 3–1 2006
25. ICAO Aeronautical Information services-aeronautical information management study group (AIS-AIMSG). Fifth meeting. Montreal, 7 November, 2011. Agenda Item 3: AIM information and data assembly, exchange and promulgation. NOTAM Guidance.
26. ICAO Guidance Material on Comparison of Surveillance Technologies. First Edition. September 2007. Page 9
27. ICAO Flight Planning Amendment 1-2012. Training Module. ICAO Flight Plan Form Changes. (Presentation). – 2012.
28. ICAO Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems. ICAO. May 2015.
29. Investopedia: Introduction of stationary and non-stationary processes/ Internet.- <http://www.investopedia.com/articles/trading/07/stationary.asp>
30. John H. Cochrane, “Time Series for Macroeconomics and Finance”, Graduate School of Business, University of Chicago, spring 1997.
31. J.W. Galbraith, V. Zinde-Walsh, “Autoregression based estimators for ARFIMA models”, CIRANO Working Papers, No: 2011s-11, Feb 2001
32. J. Scott Armstrong, “Findings from evidence-based forecasting: Methods for reducing forecast error”, International Journal of Forecasting 22 (2006), pages: 583–598.
33. J. Scott Armstrong, “Combining Forecasts”, Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners; J. Scott Armstrong (ed.): Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2001.
34. J.D. Hamilton. Time Series Analysis. Princeton, 1984
35. Kenneth P. Werrell. The Evolution of the Cruise Missile. Maxwell Air Force Base, Alabama: Air University Press, 1985.
36. Kenneth P. Werrell. For a thorough discussion of both the German and American programs.
37. Laurence R. Newcome, Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles. – Barnsley, South Yorkshire: Sword and Pen, 2007.
38. Latvian Civil Aviation Agency. Aeronautical Information Publications of Republic of Latvia – Riga, – 2013.
39. Latvijas Universitātes e-studiju materiāli: Dispersijas analīze/ Internet.- http://estudijas.lu.lv/pluginfile.php/91586/mod_resource/content/0/Jaunais_sators/2/Dispersiju_analize.pdf
40. Ministru kabineta noteikumi Nr. 656. “Kārtība, kādā veicami bezpilota gaisa kuģu un tādu cita veida lidaparātu lidojumi, kuri nav kvalificējami kā gaisa kuģi” saskaņā ar likumu “Par aviāciju”. – Rīga – 2006. gada 15. augusts – 37 lpp.
41. Montgomery, D.C. (2013) Introduction to Linear Regression Analysis, Fifth Edition Set. Wiley
42. M. Nathan, Cooper J., Zakrzewski E. Integrating Unmanned Aircraft Into NextGen Automation Systems, The MITRE Corporation. 31st Digital Avionics Systems Conference. – October 16–20, 2012.
43. P. van Merlin. Ikhana. Unmanned Aircraft System Western States Fire Mission. – NASA. Washington D.C. 2009. – 123 pages.
44. R. Austin. Unmanned Aircraft Systems. UAVS Design, Development and Deployment. A John Wiley and Sons, Ltd, Publications. – USA – 365 pages

45. R. Yanushevsky. Guidance of Unmanned Aerial Vehicles. – CRC Press. Taylor & Francis Group. Florida, USA, 2011. – 371 pages
46. R. Adhikari, R. K. Agrawl "An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting". –USA. 2006. – 63 pages
47. R. J. Hyndman. Forecasting: Principles and Practise. University of Western Australia. 2014. –138 pages
48. R. Nau. Lecture Notes on Forecasting. Duke University. Fuqua School of Business. 2014
49. Riga Declaration on Remotely Piloted Aircraft (drones) "Framing the Future of Aviation". Riga – 6 March 2015.
50. Santamaria E., Royo P., Barrado C. Mission Aware Flight Planning for Unmanned Aerial Systems. American Institute of Aeronautics and Astronautics. AIA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit, Honolulu, Hawaii, August 18–21, 2008.
51. Schwarz, C. J. (2014) Sampling, Regression, Experimental Design and Analysis for Environmental Scientists, Biologists, and Resource Managers, In course notes for beginning and Intermediate Statistics, Department of Statistics and Actuarial Science, Simon Fraser University
52. Sokalski, J., Breckon, T.P., Cowling, I. Automatic Salient Object Detection in UAV Imagery// Proc. 25th International Conference on Unmanned Air Vehicle Systems. – November 5, 2013.
53. Texts online. Opean-access Textbooks. Seasonal ARIMA models. <https://www.otexts.org/fpp/8/9>
54. Tirans I. Bezpilota lidaparāti Latvijā. Militārais Apskats. 2009. Nr. 2
55. The American Heritage® Dictionary of the English Language, Fourth Edition copyright ©2000 by Houghton Mifflin Company. Updated in 2009. Published by Houghton Mifflin Company
56. The Swedish Transport Agency's regulations on unmanned aircraft systems (UAS) Ch1, Section
57. UK Ministry of Defense. Joint Doctrine Note 2/11, The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems. – United Kingdom: March 30, 2011
58. UK Ministry of Defense. Joint Doctrine Note 3/10 Unmanned Aircraft Systems: Terminology, Definitions and Classification. – United Kingdom, Shrivenham. – 2010. – 21 p.
59. UNAV, LLC UNAV 3500 Autopilot. User's Manual rev. 1.31. – Marysville, WA, USA. – September 2009
60. U.S. Airforce. Fact Sheets / Internet. - <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets.aspx>
61. UVS International. Civil Remotely Piloted Aircraft System Operations, RPAS CivOpsCat-120812. – France, Paris: Blyenburgh & Co, 2012
62. А. Самарский, А. Михайлов. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. Физико- математическая литература. Москва, 2001. 319 стр.
63. Егоренков и др. Основы математического моделирования. Анализ и построение моделей с примерами на языке MATLAB. djv. 190 стр.
64. Кузнецов. Численное моделирование стохастических дифференциальных уравнений и стохастических интегралов. Книга посвящена проблеме численного решения стохастических дифференциальных уравнений Ито. 460 стр.
65. Колемаев. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем. 2005 год. 295 стр.

66. Самарский, Михайлов. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры. 2001 год. 320 стр.
67. Шикин, Чхартишвили. Математические методы и модели в управлении. МГУ. 2004 год. 440 стр.
68. Н. Я. Василин. Беспилотные летательные аппараты. Боевые. Разведывательные. – Попурри, 2003 г. – 272. стр.
69. Т. МакЛэйн, Р. Биард. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. – 312. стр.
70. М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. Издательство «Права человека» Москва 2005. – 612. стр.
71. М.И.Павлушенко, Г.М.Евстафьев, И.К.Макаренко. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития.
72. В. Фетисов, Л. Неугодникова, В. Адамовский, Р. Красноперов. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 стр.