

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Electronică și Telecomunicații

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere

Șef departament:

Sava Lilia, conf. univ., dr.

„_____” _____ 2023

**Elaborarea sistemului de determinare a veridicității
datelor traficului aerian**

Teză de master

Student:

**Lupașcu Andrei,
SISRC-211M**

Coordonator:

**Dorogan Andrei,
L.univ., dr.**

Chișinău, 2023

ADNOTARE

Lupașcu Andrei. Elaborarea sistemului de determinare a veridicității datelor traficului aerian.

Chișinău, 2023.

Structura tezei: Lucrarea conține introducere, trei capitole, concluzii, bibliografie din 20 titluri, două anexe iar volumul total al tezei constituie 74 de pagini.

Cuvintele-cheie: Date Radar, Date ADS-B, Date MLAT, Date Flightradar24, ASTERIX,.

Scopul lucrării: Elaborarea sistemului de determinare a veridicității datelor traficului aerian, care procesează datele primite de la mai multe surse radar , senzori și prin modalități de comparare stabilește datele veridice.

Obiectivele:

1. Asigurarea siguranței în zbor: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la evitarea coliziunilor în aer și la îndeplinirea regulilor de siguranță în zbor.
2. Îmbunătățirea eficienței operațiunilor aeriene: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la îmbunătățirea eficienței operațiunilor aeriene prin optimizarea rutei și a consumului de carburant.
3. Îmbunătățirea experienței pasagerilor: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la îmbunătățirea experienței pasagerilor prin oferirea de informații precise și actualizate cu privire la zboruri și întârzieri.

Metodele aplicate:

- Verificarea datelor prin comparare cu surse multiple
- Utilizarea de algoritmi de verificare a datelor
- Implementarea de proceduri de verificare a datelor

Rezultatele obținute: În urma cercetărilor efectuate au fost identificate mai multe surse de date trafic aerian, inclusiv date radar, date ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), MLAT (Multilateration) și date de la Flightradar24. Pe baza acestor date a fost creat un sistem, cu interfață, care determină pentru timpul selectat date veridice cu ajutorul metodei Kernel Density și medii aritmetice.

SUMMARY

Lupașcu Andrei. Development of the system for determining the veracity of air traffic data.

Chișinău, 2023.

Thesis structure: The paper contains introduction, three chapters, conclusions, bibliography of 20 titles, 5 appendices and the total volume of the thesis is 74 pages.

Keywords: Date Radar, Date ADS-B, Date MLAT, Date Flightradar24, ASTERIX,.

Purpose of the work: Development of a system for determining the veracity of air traffic data, which processes data received from several radar sources, sensors and by means of comparison establishes the veracity of the data.

Objectives::

1. Ensuring flight safety: verified air traffic data can help avoid mid-air collisions and ensure that flight safety rules are met.
2. Improve the efficiency of air operations: Verified air traffic data can help improve the efficiency of air operations by optimising routing and fuel consumption.
3. Improving the passenger experience: Verified air traffic data can help improve the passenger experience by providing accurate and up-to-date flight and delay information.

Methods applied:

- Checking data against multiple sources
- Use of data verification algorithms
- Implementation of data verification procedures

Results obtained: Research has identified several sources of air traffic data, including radar data, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B), Multilateration (MLAT) and Flightradar24 data. Based on these data, a system was developed with an interface that determines true data for the selected time using the Kernel Density method and arithmetic averages.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	9
1. MANAGEMNTUL TRAFICULUI AERIAN ȘI SERVICIILE DE NAVIGAȚIE AERIANĂ.....	11
1.1 Zona de informare a zborurilor (FIR) Chișinău.....	11
1.2 Comparație între Radarul primar de supraveghere (PSR) și Radarul secundar de supraveghere (SSR).....	13
1.2.1 Probleme ale SSR: Interferențele	14
1.3 Multilaterația (MLAT)	17
1.4 Date de Supraveghere.....	18
1.4.1 Rapoartele țintelor monoradar. Categoria 048.....	18
1.4.2 Rapoartarea țintelor de multilaterație. Categoria 020	20
2. MULTI SENSOR TRACKING (MST)	22
2.1 Prezentare generală a MST.....	22
2.2 Multi-Radar (senzor) Modul de urmărire , MRTM.....	22
2.2.1 Sondaj.....	22
2.2.2 Plot pre-processing tracker, PTTR.....	23
2.2.3 Calculatorul de părtinire (bias).....	28
2.2.4 Trackerul multi-radar (senzor), MRTR.....	31
2.2.5 Date Mod S.....	39
3. ELABORAREA SISTEMULUI DE DETERMINARE A VERIDICITĂȚII DATELOR TRAFICULUI AERIAN.....	40
3.1 Prezentarea general.....	40
3.2 Identificarea surselor de date privind traficul aerian.....	40
3.2.1 Date Radar.....	40
3.2.2 Date ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast).....	41
3.2.3 Date MLAT (Multilateration).....	41
3.2.4 Date Flightradar24.....	42
3.3 Procesarea datelor	44
3.3.1 Captuarea pachetelor.....	44
3.3.2 Decodificarea datelor PCAP în format ASTERIX	45
3.3.3 Date ASTERIX.....	46
3.3.4 Transformarea și filtrarea datelor obținute în JSON.....	50

3.3.5 Crearea bazei de date în MySQL.....	51
3.4 Validarea datelor.....	52
3.4.1 Metoda „Kernel Density”.....	52
3.4.2 Metoda „Media Aritmetică”.....	53
3.4.3 Interfața.....	54
CONCLUZII.....	58
BIBLIOGRAFIE.....	59
ANEXE.....	61
1. Codul pentru transformarea și filtrarea datelor ADS-B ASTERIX în format JSON.....	61
2. Codul pentru transformarea și filtrarea datelor MLAT ASTERIX în format JSON...63	
3. Codul pentru transformarea și filtrarea datelor Radar ASTERIX în format JSON...65	
4. Codu pentru tranformarea și filtraea datelor CSV obținute de pe Flightradar24 în format JSON.....	67
5. Codul pentru interfața grafică și corelația cu baza de date MySQL.....	68

INTRODUCERE

Managementul Traficului Aerian (ATM) reprezintă o parte integrantă a complexului de servicii de navigație aeriană (ANS) furnizate de Î.S. "MOLDATSA" pentru utilizatorii spațiului aerian.

ATM include Serviciile de Trafic Aerian (Air Traffic Services - ATS), Managementul Spațiului Aerian (Airspace Management - ASM) și Managementul Fluxurilor de Trafic aerian (Air Traffic Flow Capacity Management - ATFCM) necesare pentru a asigura deplasarea sigură și eficientă a aeronavelor în toate fazele lor de operare.

Obiectivul principal al ATM este coordonarea acțiunilor și proceselor de furnizare a serviciilor de trafic aerian tuturor aeronavelor care îndeplinesc funcții generale de trafic aerian (GAT), într-o zonă specială de control (Control Area CTA), inclusă în zona de informare a zborurilor (FIR) Chișinău, asigurând totodată nivelul necesar de siguranță a zborurilor, în conformitate cu regulile, cerințele și recomandările internaționale și naționale pertinente.

Atingerea obiectivului principal al ATM presupune realizarea următoarelor acțiuni:

- a) Prevenirea coliziunilor dintre aeronave în timpul zborului;
- b) Prevenirea coliziunilor dintre aeronavele pe suprafața de manevră și obstacolele de pe această suprafață;
- c) Micșorarea întârzierilor și menținerea unui flux ordonat al traficului aerian;
- d) Acordarea consultațiilor, furnizarea avizelor și informațiilor utile pentru asigurarea executării sigure și eficiente a zborurilor;
- e) Notificarea organelor abilitate privind aeronavele care necesită asistență de căutare și salvare (aflate în dificultate sau solicită ajutor) și acordarea suportului solicitat.

Scopul lucrării constă în rlaborarea sistemului de determinare a veridicității datelor traficului aerian, care procesează datele primite de la mai multe surse radar , senzori și prin modalități de comparare stabilește datele veridice.

Obiectivele:

1. Asigurarea siguranței în zbor: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la evitarea coliziunilor în aer și la îndeplinirea regulilor de siguranță în zbor.
2. Îmbunătățirea eficienței operațiunilor aeriene: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la îmbunătățirea eficienței operațiunilor aeriene prin optimizarea rutei și a consumului de carburant.

3. Îmbunătățirea experienței pasagerilor: Datele verificate cu privire la traficul aerian pot ajuta la îmbunătățirea experienței pasagerilor prin oferirea de informații precise și actualizate cu privire la zboruri și întârzieri.

Actualitatea temei. Veridicitatea datelor de trafic aerian, sau acuratețea și fiabilitatea datelor de trafic aerian, este de o importanță critică în industria aviatică. Aceasta este esențială pentru funcționarea sigură și eficientă a sistemului de transport aerian mondial, care transportă zilnic milioane de pasageri și mărfuri în valoare de miliarde de dolari.

Unul dintre principalele motive pentru care este importantă veridicitatea datelor de trafic aerian este faptul că aceasta afectează direct siguranța. Pentru ca piloții și controlorii de trafic aerian să poată lua decizii în cunoștință de cauză și să poată naviga și gestiona în siguranță deplasarea aeronavelor, este necesar să se dispună de date exacte și fiabile privind traficul aerian. De exemplu, dacă poziția unei aeronave nu este reflectată cu exactitate în datele de trafic aerian, aceasta ar putea duce la o coliziune cu o altă aeronavă sau la o situație periculoasă la sol. Datele inexacte sau nesigure ar putea duce, de asemenea, la întârzieri sau întreruperi în sistemul de trafic aerian, ceea ce poate avea consecințe grave pentru pasageri și mărfuri.

Pe lângă siguranță, veridicitatea datelor privind traficul aerian este importantă și pentru eficiență. Sistemul de trafic aerian este un mediu complex și dinamic, iar datele exacte și fiabile sunt necesare pentru operațiuni eficiente. De exemplu, dacă viteza sau altitudinea unei aeronave nu este reflectată cu exactitate în date, acest lucru ar putea duce la un consum inutil de combustibil și la emisii, precum și la întârzieri și întreruperi.

CONCLUZII

În urma cercetărilor efectuate au fost identificate mai multe surse de date trafic aerian, inclusiv date radar, date ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), MLAT (Multilateration) și date de la Flightradar24.

Pe baza acestor date a fost creat un sistem, cu interfață, în determinarea veridicității datelor de trafic aerian, oferind o reprezentare vizuală a datelor care permite utilizatorilor să verifice acuratețea datelor, prin compararea acestora cu alte surse sau prin efectuarea de verificări de coerență.

Rezultatele sunt afișate atât prin Metoda „Kernel Density”, cât și Metoda „Media Aritmetică”. Acest lucru ne permite să comparăm vizual datele între ele și să selectăm cea mai bună metodă în dependență de sarcinile care sunt atribuite.

În urma selecției resurselor alternative de oferire a datelor de rutare, de urmărire, și istorice ale zborurilor a fost întâmpinate greutatea. Datele care au fost oferite de aceste companii nu au fost întotdeauna complete și erau actualizate la 2-6 minute (cu toate că asigurau actualizări rapide), ceea ce nu permitea folosirea lor în elaborarea sistemului de determinare a veridicității datelor traficului aerian.

În general, se poate concluziona că veridicitatea datelor de trafic aerian este de o importanță vitală în industria aviatică. Datele exacte și fiabile sunt necesare pentru funcționarea sigură și eficientă a sistemului de transport aerian și sunt esențiale pentru ca piloții și controlorii de trafic aerian să ia decizii în cunoștință de cauză. Există mulți factori care pot afecta veridicitatea datelor de trafic aerian și este important să existe sisteme solide pentru colectarea, prelucrarea și difuzarea datelor, precum și pentru validarea și verificarea periodică a acestora.

BIBLIOGRAFIE

1. Managementul Traficului Aerian (ATM), © MOLDATSA [citat 20.10.2022].
Disponibil: https://moldatsa.md/services?service=atm_32045
2. Principiul radarului, Autor: [Christian Wolff](#), traducere în limba română: [Bogdan Marinescu](#) [citat 21.10.2022]. Disponibil:
<https://www.radartutorial.eu/01.basics/Principiul%20radarului.ro.html>
3. Radarul Secundar, Autor: [Christian Wolff](#), traducere în limba română: [Bogdan Marinescu](#) [citat 21.10.2022]. Disponibil:
<https://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr01.ro.html>
4. Suprimarea lobilor secundari, Autor: [Christian Wolff](#), traducere în limba română: [Bogdan Marinescu](#) [citat 22.10.2022]. Disponibil:
<https://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr09.ro.html>
5. Fruit, Autor: [Christian Wolff](#), traducere în limba română: [Bogdan Marinescu](#) [citat 23.10.22]. Disponibil: <https://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr14.ro.html>
6. Garbling, Autor: [Christian Wolff](#), traducere în limba română: [Bogdan Marinescu](#) [citat 23.10.22]. Disponibil : <https://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr15.ro.html>
7. [Multilateration](#). Autor: [Christian Wolff](#). [citat 24.10.22]. Disponibil:
<https://www.radartutorial.eu/02.basics/rp52.en.html#this>
8. EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 4 Category 048 Monoradar Target Reports. EUROCONTROL-SPEC-0149-4. [citat 24.10.22]. Disponibil: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-12/eurocontrol-cat048-pt4-ed131.pdf>
9. Multi Sensor Tracking (MST) Manual for MAATS , ©Si ATM AB [citat 20.12.2022]
10. Interface Control Document (ICD) System Tracks output for MAATSMOD, ©Si ATM AB [citat 20.12.2022]
11. EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX. Part 14 Category 020 Multilateration Target Reports. EUROCONTROL-SPEC-0149-14 [citat 10.11.2022] Disponibil: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-03/cat020-asterix-mlt-messages-part-14-ed110.pdf>
12. EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX. Part 12 Category 021 ADS-B Target Reports. EUROCONTROL-SPEC-0149-12 [citat

- 10.11.2022] Disponibil: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-12/asterix-adsbtr-cat021-part12-v2-6.pdf>
13. EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX. Part 9 Category 62 SDPS Track Messages. EUROCONTROL-SPEC-0149-9.[citat 12.11.2022] Disponibil: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-03/eurocontrol-asterix-cat062-p9-ed1-19.pdf>
14. Kernel density estimation. [citat 31.12.2022]. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_density_estimation
15. How flight tracking works, © 2023 Flightradar24 AB[citat 1.01.2023].Disponibil: <https://www.flightradar24.com/how-it-works>
16. Wireshark 4.0.2[software].7.12.2022 [citat 9.12.2022]. Disponibil: <https://www.wireshark.org/>
17. MySQL 8.0.31[software] 11.11.2022[citat 10.12.2022].Disponibil: <https://www.mysql.com/>
18. XAMPP 8.1.12 [software] 10.12.2022. Disponibil: <https://www.apachefriends.org/>
19. Visual Studio Code 1.74 [software] 11.12.2022. Disponibil: <https://code.visualstudio.com/>
20. Microsoft. Microsoft Excel 360 2017 [software] . Disponibil: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>