

UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ de Inginerie Aerospațială



TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚILOR LOGISTICE AERONAUTICE.
STUDIU ASUPRA PROCESELOR DE HANDLING

Autor: Ing. Cornel DINU

Conducător de doctorat: Gen. fl. aer. (r) Prof. dr. ing. Ion FUIOREA

BUCUREȘTI
2022

CUPRINS

INTRODUCERE	5
CAPITOLUL I	
STADIUL ACTUAL AL ACTIVITĂȚII LOGISTICE AEROPORTUARE	
1.1 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR	8
1.2 CONCLUZII PARȚIALE	8
CAPITOLUL II	
MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚII LOGISTICE AEROPORTUARE	
2.1 O SCURTĂ ISTORIE A NOȚIUNILOR DE LOGISTICĂ	11
2.2 MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚILOR AERONAUTICE	12
2.3 ELEMENTE ALE LOGISTICII AEROPORTUARE	13
2.4 ACTIVITĂȚILE CARACTERISTICE PROCESULUI DE ESCALĂ	13
2.5 CONCLUZII PARȚIALE.....	14
CAPITOLUL III	
IMPACTUL A.C.D.M. (Airport Collaborative Decision Making) ASUPRA ACTIVITĂȚILOR DE HANDLING	
3.1 DEFINIREA PROCESELOR SUPT DESFĂȘURATE LA SOL PE UN AERODROM	15
3.2 ROLUL PROCESULUI DE HANDLING ÎN IMPLEMENTAREA ACDM	16
3.3 ROLUL A.C.D.M. ÎN CONTEXTUL ACTUAL AL DEZVOLTĂRII AVIAȚIEI	16
3.4 BENEFICIILE IMPLEMENTĂRII A.C.D.M. ASUPRA ACTIVITĂȚILOR DE HANDLING	17
3.5 CONCLUZII PARȚIALE.....	17
CAPITOLUL IV	
STUDIUL ASUPRA PROCESELOR DE DEGIVRARE PE UN AEROPORT	
4.1 CADRUL DE REGLEMENTARE	18
4.2 STABILIREA MODALITĂȚILOR DE LUCRU	18
4.3 PREZENTARE TEORETICĂ A MODELULUI DE REGRESIE LINIARĂ MULTIPLĂ	19
4.4 STUDIU DE CAZ: DEGIVRAREA AERONAVELOR A320	21
4.4.1 Utilizarea unui amestec de ADF / apă într-o proporție de 50 / 50	21
4.4.2 Utilizarea unui amestec de ADF / apă într-o proporție de 75 / 25	23
4.4.3 Utilizarea unui AAF într-o proporție de 100 / 0	24
4.4.4 Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de ADF la un amestec de 50 / 50	25
4.4.5 Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de ADF la un amestec de 75 / 25	26
4.4.6 Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de AAF la un	27

amestec de 100 / 0	
4.5 CONCLUZII PARȚIALE.....	28
CAPITOLUL V	
OPTIMIZAREA PROCESULUI DE DEGIVRARE	
5.1 GESTIONAREA PROCESELOR	29
5.2 SIMULAREA OBȚINUTĂ PE BAZA MODELULUI NELINIAR.....	31
5.3 CONCLUZII PARȚIALE.....	35
CONCLUZII	
C.1. CONTRIBUȚII PERSONALE	35
C.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE	37
C.3. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ	39
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	39

Cuvinte cheie: handling, degivrare, contaminare, fluid de degivrare, concentrație, variabilă estimativă, variabilă exogenă, optimizare

Introducere

Într-un domeniu cu o dinamică în creștere a activității, având o rată anuală a evoluției de 4.6% pe an a traficului la nivel mondial este destul de greu să ignori provocările acestui sector de activitate.

Preocupările din ultimii 20 de ani s-au orientat către noi modele și mijloace de simulare a activităților aeronautice, din zona aeroportuară, acolo unde se concentrează o serie de activități caracteristice ce implică numeroși agenți aeronautici.

Prin complexitatea activităților specifice, dar și prin nevoia de coeziune dintre diferiți agenți aeronautici, o serie de instituții sau specialiști în logistică s-au aplecat asupra identificării de noi modele și mijloace de îmbunătățire a performanței activității suport, la sol.

Este surprinzător că într-un domeniu în care activitățile sunt strict procedurate, există totuși numeroase probleme ce conduc la o serie de sincope, în procesele de cooperare și conlucrare între parteneri. Din acest motiv, această lucrare își propune să prezinte o serie de aspecte concludente, în raport cu activitatea suport la sol, ca o preocupare continuă și concentrată pe diferite direcții ale activităților specifice aeroporturilor.

În acest sens, se impune stabilirea unui obiectiv principal al lucrării care să conducă, pas cu pas la obținerea unor rezultate remarcabile în domeniu:

„Creșterea capacității de gestionare a activității de handling și cu precădere a celei de degivrare la sol a aeronavelor.”

Pentru a putea soluționa acest principal obiectiv este necesar să se stabilească câteva obiective secundare care să conducă pas cu pas la realizarea acestuia. Din acest motiv, dezvoltarea lucrării s-a bazat pe următoarele obiective secundare:

- **Obiectivul 1:** *„Identificarea principalelor teme de cercetare în activitatea suport a aeroporturilor în ultimii 20 de ani”;*

- **Obiectivul 2:** *„Definirea principalelor elemente caracteristice proceselor logistice aeroportuare”;*

- **Obiectivul 3:** *„Definirea principalelor procese suport desfășurate la sol pe un aeroport”;*

- **Obiectivul 4:** *„Stabilirea principalilor parametri de intrare și ieșire pentru fiecare proces în parte, precum și modul în care aceștia pot fi corelați, astfel încât să se dinamizeze activitatea pe un aeroport”;*

- **Obiectivul 5:** *„Identificarea timpilor caracteristici de operare la sol și în zbor pentru a crește acuratețea programării activităților suport la sol”;*

- **Obiectivul 6:** *„Stabilirea unui model matematic prin care să se identifice cantitatea de ADF / AAF folosită, în funcție de factorii de influență identificați”;*

- **Obiectivul 7:** *„Optimizarea procesului de degivrare printr-o funcție cu restricții multiple”.*

Studierea atentă a activităților specifice de handling se impune ca urmare a creșterii tot mai mare a numărului de mișcări la nivelul aeroporturilor și a nevoii de a oferi servicii competitive și adaptate necesității specifice operațiunilor aeriene la sol. În acest sens, activitatea de handling a căpătat o importanță tot mai mare în ultimul timp, ca urmare a cerințelor formulate

de companiilor de low-cost și nu numai, de a reduce durata de escală și de a concentra o serie de servicii într-un interval scurt de timp. Acest lucru nu este posibil decât printr-o bună organizare și cooperare între toate părțile implicate.

Un rol important în dezvoltarea handlingului la nivel mondial l-a avut IATA (International Air Transport Association) prin stabilirea unor standarde și mijloace de cooperare între părțile implicate în procesele suport la sol, fiind de-a lungul timpului un adevărat motor catalizator al dezvoltării industriei transportului aerian.

Lucrarea are rolul de a puncta acele elemente care pun în valoare activitatea de handling, conturând bine elementele caracteristice acestei activități și modul în care diferite elemente ale acestei activități se întrepătrund și cu alte activități suport la sol, pe un aeroport. O motivație și mai mare în dezvoltarea acestui subiect vine și din faptul că, în bună parte, în timpul escalei aeronavelor, handlingul ocupă o mare parte din timpul alocat escalei, după întreținere. Așa dar, este o zonă de lucru cu mult interes, atât din partea companiilor aeriene, cât și din partea aeroporturilor sau a companiilor de handling.

Această lucrare se concentrează pe câteva direcții esențiale în definirea activităților suport la sol, cum ar fi:

- stadiul actual al cercetărilor în domeniul aeroportuar;
- logistica serviciilor aeroportuare;
- rolul ACDM în dezvoltarea activității serviciilor la sol;
- studiu asupra proceselor de degivrare;
- optimizarea procesului de degivrare.

Toate acestea sunt direcții ce vor fi dezvoltate în această lucrare cu scopul de a arăta importanța activităților de handling și al modul în care acestea contribuie la obținerea unor rezultate deosebite în favoarea companiilor aeriene, cât și a celorlalți agenți aeronautici implicați.

Înțelegerea preocupărilor actuale ale cercetătorilor din acest domeniu, reprezintă o primă etapă necesară formării și definirii oricărui specialist, și totodată acestea ajută la identificarea oportunităților de dezvoltare a unor cercetări viitoare ce ar putea contribui la dezvoltarea acestui domeniu.

Din studiile făcute și prezentate succint în capitolul 1, se identifică că în zona de degivrare a aeronavelor la sol sunt puține preocupări și ar fi o oportunitate de dezvoltare a unor studii care să contribuie la o mai bună gestionare a acestor activități. Degivrarea este o componentă esențială a activității de operare în anotimpul rece, acolo unde există condiții de formare a depunerilor de gheață pe suprafețele aeronavei. Fără ca această activitate să aibă loc, siguranța operațiunilor aeriene ar fi mult diminuată și ar conduce la apariția unor riscuri ridicate.

Prin prezentarea activităților logistice specifice aeroporturilor se urmărește identificarea tuturor proceselor și activităților specifice, a elementelor particulare sau definiții întâlnite în această activitate și care ar putea duce la o mai bună integrare a acestora într-un sistem informatic. Dezvoltarea acestui capitol urmărește să pună în valoare succesiunea activităților și a constrângerilor pe care le avem față de anumite activități și cum le putem modela astfel încât să obținem cele mai bune rezultate cu un minim de resurse implicate. Pentru a pune în valoare specificitatea unor activități s-a luat în considerare diferite tipuri de aeronave, la escală completă sau restrânsă.

Prin studierea activităților specifice de la escală am identificat că, degivrarea este una dintre activitățile la care definirea ei în timp ca durată a unui proces este cel mai puțin studiată. Există numeroase studii despre cum anume trebuie făcut acest proces sau despre substanțele folosite în raport cu condițiile de mediu și materialele din care sunt confecționate suprafețele aeronavei, dar nu au fost identificate în literatura de specialitate date despre aproximarea cantităților folosite în raport cu condițiile de mediu sau cu durata de degivrare.

Acest lucru a condus la nevoia de a căuta răspunsuri în această direcție și de a găsi un suport matematic care să permită identificarea unei cantități de fluid de degivrare / antigivrare care să fie estimată în baza unor condiții date de lucru. Importanța acestei cercetări este definitivă pentru cei care își desfășoară activitatea în companiile de handling, oferind

posibilitatea gestionării într-un mod adecvat a resurselor de fluid de care dispun, pe parcursul unor perioade scurte de timp, în funcție de condițiile meteo și de aeronavele ce trebuie degivate, cât și pe perioade mai lungi de timp, printr-o gestionare adecvată a stocurilor. Acest capitol pune în valoare numeroase aspecte ale procesului de degivrare, plecând de la condițiile de reglementare ce stau la baza acestui proces și până la resursele pe care le implică efectuarea sa.

Studierea degivrării în diferite condiții meteo, a condus la obținerea unor date statistice semnificative și la identificarea unei forme matematice ce permite o bună aproximare a cantității folosite la degivrare, în diferite concentrații.

Metodologia cercetării în acest caz, a constat în:

- culegerea de date statistice obținute în urma degivrării la sol a aeronavelor cu fluid de tip II;

- calibrarea informațiilor meteo cu datele statistice furnizate de instituțiile de specialitate;
- modelarea acestor date cu ajutorul unor ecuații liniare și neliniare, astfel încât prin rezultatele obținute să se crească acuratețea valorilor determinate prin estimarea cantității de ADF folosite.

Utilitatea acestor ecuații este benefică, atât în activitatea curentă pentru o mai bună alocare a utilajelor necesare deservirii fiecărei aeronave în parte, cât și pentru asigurarea continuității proceselor de degivrare la nivelul companiei / aeroportului.

Pentru a da o perspectivă și mai bună a acestei activități de degivrare, lucrarea dezvoltă în detaliu fiecare etapă de lucru, cu timpii caracteristici necesari și stabilește o formă matematică prin care se pot îmbunătăți rezultatele obținute ca urmare a alocării unor resurse.

Pe baza acestui model și a unor proceduri specifice de lucru a fost dezvoltat un soft capabil să gestioneze activitatea de degivrare pe o platformă dedicată. Folosirea acestuia poate conduce la obținerea unor rezultate deosebite atât pentru operatorii aerieni, prin scurtarea timpului de degivrare, cât și pentru compania de handling prin faptul că nu se mai irosesc în mod inutil resursele disponibile. Dezvoltarea acestui soft a permis o mai bună eșalonare a aeronavelor la degivrare, a condus la reducerea întârzierilor determinate de alocarea defectuoasă a utilajelor și la minimizarea timpilor de deplasare a acestora de la poziția de staționare, la poziția de degivrare.

Cele mai importante rezultate obținute prin utilizarea acestui soft sunt:

- o imagine în timp real cu starea fiecărei aeronave aflate pe platformă și timpul rămas până la ora stabilită de decolare;

- o bună cunoaștere a cantității de fluid de degivrare și apă existente în fiecare rezervor de fluid de la fiecare utilaj folosit;

- cunoașterea exactă a disponibilului de utilaje pe platformă;

- estimarea cantității necesare de fluid de degivrare, în funcție de condițiile meteo date, la o concentrație stabilită;

- generarea rapoartelor de lucru pentru fiecare utilaj folosit sau pentru fiecare companie aeriană în parte.

Acestea sunt doar câteva aspecte urmărite în dezvoltarea softului folosit pentru o gestionare adecvată a degivrării aeronavelor la sol.

Pentru o mai bună integrare a activităților de handling în cadrul operațiunilor derulate la sol, s-a impus o analiză detaliată a tuturor fazelor specifice de operare, printr-o abordare sistemică a acestora. Această analiză a luat în considerare activitatea celor mai importanți agenți aeronautici, identificând activitățile lor specifice și modul prin care acestea se pot corela, astfel încât să se minimizeze erorile în luarea deciziilor. Din această perspectivă lucrarea abordează un subiect de interes, prin care se urmărește creșterea capacității de luare a deciziilor la nivelul aeroporturilor (*Airport Collaborative Decision Making Implementation – ACDMI*) [1], într-o manieră care ar putea permite obținerea unei imagini complete asupra tuturor activităților desfășurate pe aeroport în timp real, prin informațiile folosite [2].

Toate aceste direcții de cercetare reprezintă componente ale activității logistice aeroportuare. Pentru o mai bună înțelegere a logisticii am dezvoltat în capitolul 2 o serie de aspecte, în care handlingul ocupă un rol important.

Logistica aeroportuară constă în asigurarea tuturor resurselor necesare desfășurării proceselor caracteristice, într-o manieră ce ar permite întregului sistem să gestioneze activitățile caracteristice, cu scopul realizării funcției de transport.

În viziunea logisticii aeroportuare se dezvoltată o imagine complexă, formată din totalitatea activităților caracteristice având capacitatea de a gestiona în timp real nevoile impuse de realizarea scopului propus, acela de a transporta pe calea aerului pasagerii, a mărfurilor și a poștei, în condiții de siguranță.

Studiind caracteristica sistemului de transport aerian (*Air Transportation System - ATS*) ca o reprezentare sistemică a fluxului de date ce îl compun, avem patru mari actori de bază:

- companiile aeriene care asigură transportul pasagerilor și / sau a mărfurilor, a poștei, dintr-un punct în altul;

- aeroporturile care asigură suportul necesar mijloacilor tuturor schimburilor comerciale și nu numai;

- agențiile de control al traficului aerian (*Air Traffic Control - ATC*) care sunt responsabile de managementul traficului aerian (*Air Traffic Management - ATM*).

- ceilalți agenți aeronautici care facilitează realizarea procesului de transport prin punerea la dispoziția operatorului aerian a tuturor serviciilor de care acesta are nevoie în mod direct pentru realizarea scopului propus (companii de handling, catering, combustibil, întreținere), dar și indirect prin organizațiile desemnate de pe teritoriul statelor să supravegheze la conformarea cerințelor de reglementare.

Sistemul de transport aerian este constituit dintr-o multitudine de factori ce generează plus valoare prin:

- fluxurile primare: aeronavele și echipajele acestora;

- fluxurile secundare (suport) formate din procesele de: alimentare cu combustibil, catering, întreținere, handling etc. [3].

Cele mai multe dintre aceste fluxuri, prin componența lor sau prin interacțiunea dintre acestea, se întâlnesc pe aeroport. În acest sens, aeroportul poate fi privit ca un sistem de fluxuri primare și secundare ce interacționează prin intermediul unor mecanisme comerciale, dar și procedurale (reglementate strict în acest domeniu). Fluxurile, oricât de complexe ar fi acestea se concentrează în jurul a două componente esențiale formate din: companiile aeriene și clienții acestora (pasagerii, casele de expediții și serviciile poștale).

CAPITOLUL I

STADIUL ACTUAL AL ACTIVITĂȚII LOGISTICE

AEROPORTUARE

1.1 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR

Preocupările din ultima vreme privind activitatea de transport aerian, au condus către identificarea unor instrumente de modelare și analiză a performanței operațiunilor aeroportuare concentrându-se către următoarele direcții:

- capacitatea aeroportuară și optimizarea eficientă a operațiunilor aeroportuare;

- validarea și evaluarea conceptelor de management al traficului aerian și al modului în care acestea răspund cerințelor actuale, dar mai ales viitoare;

- dezvoltarea unor standarde de siguranță și securitate care să răspundă mai bine nevoilor actuale de trafic, a procedurilor și regulilor stabilite într-un mod adecvat;

- dezvoltarea unor tehnologii în conformitate cu preocupările actuale care să răspundă nevoilor de dezvoltare pentru aria de mișcare, zona din jurul aeroportului și din terminal.

Plecând de la aceste aspecte se impune stabilirea unui obiectiv în activitatea de cercetare și anume:

Obiectivul 1: Identificarea principalelor teme de cercetare în activitatea suport a aeroporturilor în ultimii 20 de ani.

Dintre cele mai semnificative proiecte ce s-au concentrat pe direcțiile menționate anterior, se menționează:

1) „*Total Airport Performance and Evaluation*” (TAPE) [6], proiect ce a avut ca obiectiv evaluarea și validarea sistemelor de decizie suport pentru performanța aeroportuară și a planificărilor strategice de dezvoltare. Acest proiect a urmărit identificarea următoarelor aspecte:

- integrarea la nivel strategic și tactic a activităților specifice ariei de manevră și din terminalul de pasageri, prin utilizarea unor modele matematice care să ofere soluții în timp real la problemele identificate pe aceste aeroporturi;

- dezvoltarea unui model nou și rapid, pentru a analiza capacitatea ariei de mișcare și combinarea acestuia cu unul analitic care să ofere soluții la fluidizarea traficului din acest spațiu;

Plecând de la aceste direcții de cercetare a fost creat un model numit „TAPECAP” ce a fost dezvoltat ca o componentă esențială a procesului de optimizare din aria de manevră, combinând alte două modele: *LMI Runway Capacity Model* și *Federal Aviation Administration Airfield Capacity Model* [7].

2) „*Optimisation of Airport Systems A+B*” OPTAS A+B [8] este un proiect ce a avut drept scop evaluarea capacității ariei de mișcare și din jurul aeroportului folosind modele matematice care să răspundă capacității potențiale, determinate de evoluția traficului aerian european viitor, dar și a modului în care se poate dezvolta aeroportul capabil să răspundă nevoilor actuale și viitoare.

Principalele probleme ce au fost rezolvate în cadrul acestui proiect au cuprins aspecte privind:

- handlingul de pasageri (inclusiv handlingul pasagerilor cu mobilitate redusă – PMR), securitatea pasagerilor și proiectarea viitoarelor terminale care să răspundă mai bine normelor de securitate și sănătate în muncă pentru pasagerii și firmele ce activează în această zonă;

- impactul asupra mediului în contextul dezvoltării viitoare a aviației;

- s-a creat un sistem avansat de control și ghidare pe suprafața de mișcare (*Advanced Surface Movement Guidance and Control System - A-SMGCS*), care să ofere soluții în gestionarea activităților aeroportuare pe suprafața de mișcare și să reducă emisiile poluante.

Acest sistem a fost dezvoltat și a condus la utilizarea unor instrumente pe baza cărora să se poată planifica aterizarea și decolarea, printr-un management al suprafeței de mișcare ce are în componența sa trei sisteme:

- Sistemul de Management al Aterizărilor (*Arrival Manager System, AMAN*),

- Sistemul de Management al Decolărilor (*Departure Manager System, DMAN*),

- Sistemul de Management al Ariei de Trafic (*Surface Manager System, SMAN*) [9].

3) „*Optimisation Platform for Airport, including Landside*” (OPAL) [10], [11], [12], acest proiect a fost dezvoltat ca o structură integrată a ariei de mișcare (vezi Anexa 14 ICAO, pag. 18, vol. 1, ed. a 3-a din iulie 1999), cu aceea din jurul aeroportului, prin simularea operațiunilor caracteristice în mod independent sau acționând împreună, una asupra celeilalte. Prin dezvoltarea unui sistem care să gestioneze activitățile din jurul aeroportului s-a urmărit corelarea acestor activități, indiferent dacă sunt desfășurate în sprijinul pasagerilor sau al agenților aeronautici care își desfășoară activitatea în acest spațiu.

4) „*Mantea Airfield Capacity And Delay Model*” (MACAD) [13], [14], reprezintă un proiect care a urmărit realizarea unui model matematic capabil să dezvolte într-un mod optim capacitatea aeroportului, axându-se pe aria de mișcare.

Modelul se bazează pe analiza capacității pistei și pe estimarea întârzierilor apărute în trafic. Acesta ia în considerare o serie de aspecte cum ar fi:

- eșalonarea aeronavelor la aterizare ținând cont de slot și de procedurile de prioritizare la aterizare în cazuri speciale;
- rulajul aeronavelor pe sistemul căilor de degajare într-o manieră care să permită rularea continuă a acestora;
- zona de staționare, numărul de standuri sau porți de îmbarcare / debarcare, ținând cont de capacitatea acestora de a deservi un anumit tip de aeronavă;
- rulajul aeronavelor pe sistemul căilor de rulare și aliniere la decolare;
- eșalonarea aeronavelor la decolare, respectând distanța minimă de siguranță exprimată în mile sau minute;
- geometria aeroportului și operațiunile caracteristice desfășurate pe acesta. Prin acest lucru se stabilește numărul de poziții de staționare, distanța dintre acestea, destinația lor;
- numărul de piste și operațiunile simultane desfășurate pe acestea.

5) „*Linking Existing ON ground, Arrival and Departure Operations*” (LEONARDO) [18], obiectivele acestui proiect au fost acelea de a demonstra fezabilitatea integrării tuturor instrumentelor și tehnologiilor legate de gestionarea activităților la sosire, plecare și a operațiunilor de escală, orientate în sprijinul optimizării proceselor din jurul aeronavelor. Acest proiect a pornit ca parte integrantă a proiectului DAVINCI, care a fost dezvoltat ca un „*Concept Operațional*” menit să integreze toate procesele caracteristice agenților aeronautici ce își desfășoară activitatea pe aeroportul studiat.

6) „*Aviation Policy information Resources based on Observatory Networks*” (APRON) [20], acest proiect a fost finanțat de Comisia Europeană și a urmărit:

- să identifice și să valideze principalele disfuncționalități de comunicare ce apar la nivelul unui aeroport;
- să integreze și să armonizeze informațiile colectate prin intermediul diferitelor surse de informare;
- să stabilească o legătură fizică în procesul de comunicare dintre aeroport și diferiți agenți aeronautici participanți la procesul de transport aerian.

Dincolo de aceste proiecte au fost și alte dezvoltări pe diferite direcții, cu scopul de a servi modelării problemelor legate de activitățile multiple de pe un aeroport, cum ar fi:

- din aria de mișcare, dintre cele mai utilizate simulări se enumără: SIMMOD [21], TAAM [22], LMI Runway Capacity Model [23], FAA Airfield Capacity Model [24], INM, TRIPAC.
- din zona învecinată aeroportului, prin crearea de platforme de calcul cum ar fi: POWERSIM, WITNESS-MODA, PAX / BAX și THENA [25].
- din zona de terminal, s-au creat anumite platforme de calcul cum ar fi: SLAM.

Toate aceste cercetări au urmărit optimizarea activităților aeroportuare, la nivelul unor mari aeroporturi, prin crearea unor platforme de calcul capabile să ofere soluții.

Majoritatea, așa cum se observă, s-au orientat către aria de mișcare prin oferirea de mijloace de control a datelor într-un mod mult mai riguros, precis și transparent tuturor părților implicate.

Prin specificul activității fiecărui aeroport în parte nu se poate spune că problematica este încheiată, că au fost rezolvate toate problemele și că există un model unic aplicabil pentru orice aeroport. Domeniul acesta este în continuă dezvoltare oferind noi provocări, noi probleme ce așteaptă să fie soluționate.

1.2 CONCLUZII PARȚIALE

Acest studiu a urmărit identificarea câtorva aspecte ale cercetării în domeniul aeroportuar. Datorită preocupărilor tot mai numeroase în optimizarea proceselor aeroportuare, s-au identificat o serie de cercetări ce s-au derulat la nivel european și care au urmărit îmbunătățirea activității aeroportuare. Aceste proiecte s-au axat atât pe problemele ridicate de aria de mișcare, cât și cele din zona de terminal sau din jurul aeroportului. Toate proiectele au urmărit o mai bună integrare a părților interesate în dezvoltarea unui trafic cât mai fluent, cu întârzieri cât mai mici și cu posibilitatea de a lua decizii bazate pe date în timp real. Sincronizarea activităților în ansamblul lor, reprezintă cheia succesului în dezvoltarea viitoare a aeroporturilor.

Din analiza făcută asupra acestor cercetări și modele aplicate [1], [6] – [25], pentru soluționarea problemelor identificate pe aeroport, sunt foarte puține elemente care să conducă la o optimizare a activităților de handling și cu atât mai puțin a celor de degivrare a aeronavelor la sol, în condițiile în care acest proces implică o serie de resurse umane și materiale.

Gestionarea acestui proces ar reprezenta un punct important în deservirea aeronavelor la sol și a modului de cooperare dintre diferiți agenți aeronautici, conform ACDMI (*Airport Collaborative Decision Making Implementation*). [1]

Obiectivul 1 a fost atins prin identificarea principalelor preocupări la nivelul marilor aeroporturi din Europa, prezentând în felul acesta tendința de dezvoltare a preocupărilor din domeniu.

CAPITOLUL II MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚII LOGISTICE AEROPORTUARE

2.1. O SCURTĂ ISTORIE A NOȚIUNILOR DE LOGISTICĂ

Originile cuvântului „*logistică*” sunt greu de stabilit cu exactitate, dar dacă am face o analiză mai atentă am observa că în timp, de-a lungul secolelor, a avut conotații diferite. Spre exemplu, conform dicționarului explicativ al limbii române acest cuvânt provine din limba greacă, din „*logistikos*” – care definea o persoană ce știa să calculeze, era calificată în calcule. În limba latină, în vremea marilor împărați ai imperiului roman „*logista*”, desemna un funcționar de administrație din armata romană și bizantină.

În timp, acest cuvânt „*logista*” capătă conotații diferite datorită dezvoltării activităților militare specifice. După 1945, *logistica* apare ca termen alternativ al administrației militare, iar după 1948 cele trei servicii militare ale S.U.A.: terestru, aerian și naval, cad de acord asupra unei definiții oficiale care cuprindea „*aprovizionarea și administrarea cu materiale, personalul și dotările necesare războiului*”.

După 1960 conceptul începe să treacă din domeniul militar în cel civil și începe să fie tot mai folosit și în activitățile civile, deși deseori este privit ca un element militar al economiei unei națiuni, dar și ca elementul economic al operațiunilor sale militare.

Dacă ar fi să rezumăm definirea acestui cuvânt, după opinia mea, *logistica* reprezintă: „*totalitatea elementelor care concură la aprovizionarea cu materii prime și materiale, asigurarea echipamentelor necesare desfășurării unei activități (de instruire, asistență socială, furnizarea unor servicii suport), cu scopul realizării unor produse și servicii*”.

O altă abordare a acestei definiții ar putea fi: „*suma tuturor activităților întreprinse cu scopul de a permite ca bunul material să se găsească în locul potrivit, la momentul potrivit și la costul cel mai mic*”.

Dincolo de perspectiva istorică a acestui termen se impune definirea sa în contextul activităților aeronautice. De aceea obiectivul acestui capitol este:

Obiectivul 2: Definirea principalelor elemente caracteristice proceselor logistice aeroportuare.

2.2. MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚILOR AERONAUTICE

Sistemul de transport aerian STA (*Air Transportation System - ATS*) este poate cel mai complex și mai mare dintre toate sistemele de transport cunoscute. Acesta, alături de cel maritim, integrează o serie de agenți care se interpun într-o serie de activități specifice și a căror activitate influențează în mod decisiv activitatea celorlalți. Colaborarea în procesul de luare a deciziei (*Airport Collaborative Decision Making – ACDM*) este un concept care încearcă să pună laolaltă toți agenții aeronautici, ce concură la buna desfășurare a activităților pe un aeroport. Printre cei mai importanți agenți aeronautici se enumără: operatorii aerieni, operatorul aeroportuar, companiile de handling, serviciile de control al traficului aerian și alții, agenți ce participă la procesul de luare a deciziilor pe baza unui schimb de informații într-un timp real [28].

O optimizare a planificării și a utilizării tuturor resurselor implicate, la un nivel de operare ridicat, ar conduce la o reducere a propagării perturbațiilor în sistem, datorate unor întârzieri ce apar în diferite procese și ar permite o îmbunătățire a mijloacelor de operare.

Pe baza preocupărilor tot mai numeroase în ultima vreme, legate de optimizarea activităților aeroportuare [3], [4], [6], [8], [9], [10], ar fi de dorit să se creeze un model care să simuleze procesele de escală.

Obiectivul principal este acela de a integra toate procesele importante de pe un aeroport ținând cont de mai mulți factori generatori de întârzieri și de a obține în final, rezultate care să exprime creșterea gradului de eficiență a activității aeroportuare. Evaluarea gradului de creștere a eficienței poate fi efectuat pe baza unor indicatori, cum ar fi rata întârzierilor sau timpul de așteptare spre a fi deservit.

Problema organizării și gestionării activităților specifice din transportul aerian nu este una nouă, este o problemă îndelung studiată ce cunoaște numeroase cercetări. Unele cercetări cum ar fi ACDM [28] identifică trei mari actori ce participă la sistemul de transport aerian:

- operatorul aeroportuar;
- operatorii aerieni, companiile de handling, serviciile suport (poliție, controlul vamal, emigrare etc.);
- furnizorii de servicii de trafic aerian (*Air Traffic Control - ATC*) și unitatea centrală de gestionare a fluxului de trafic aerian (*Central Flow Management Unit – CFMU*, operată de EUROCONTROL în baza documentului ICAO Doc. 7754, volumul I, Part V.III, paragraful 3);

Alți cercetători au identificat cinci mari categorii de actori în sistemul de transport aerian (*Air Transportation System - ATS*), figura 2.1 [3].

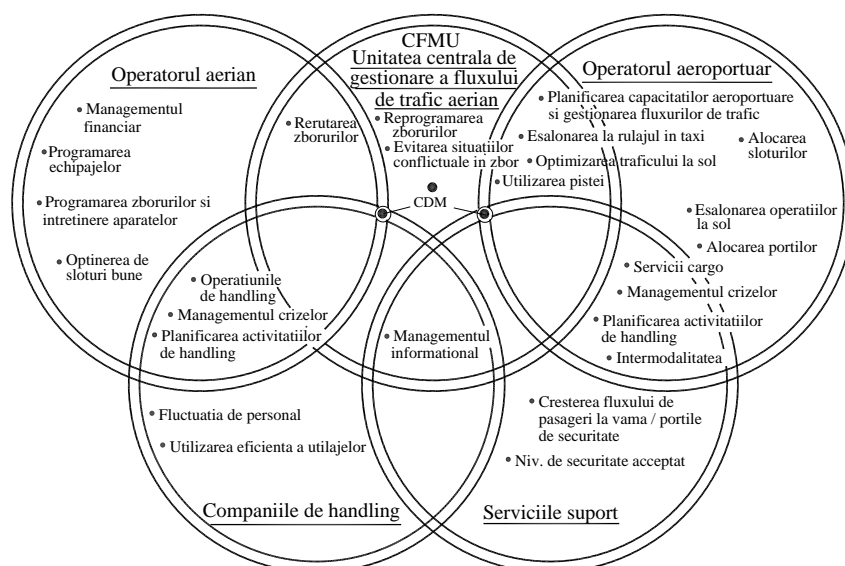


Fig. 2.1 Actorii sistemului de transport aerian, [3].

2.3. ELEMENTE ALE LOGISTICII AEROPORTUARE

Studiind principalele elemente ale fluxului de transport aerian se constată că, cei care aduc plus valoare serviciului de transport aerian sunt pasagerii și / sau mărfurile transportate, precum și aeronavele cu echipajele acestora. În acest sens, există două fluxuri ce concură la formarea valorii:

- fluxul primar: aeronavele cu echipajele acestora;
- fluxul secundar (suport) format din procesele: de alimentare cu combustibil, de întreținerea aeronavelor, de handling, de catering etc.

Aceste două fluxuri, împreună concură la obținerea de plus valoare prin serviciul oferit către pasageri sau către terțe părți, beneficiare ale serviciului de transport aerian (marfă și / sau poștă).

2.4. ACTIVITĂȚILE CARACTERISTICE PROCESULUI DE ESCALĂ

Pentru a modela procesul de escală este necesar să se studieze elementele ce-l compun și factorii ce conduc la obținerea unei eficiențe ridicate.

De la o companie aeriană la alta, în funcție de specificul contractului de handling sau de specificul serviciilor de operare (*low-cost carrier* – LCC sau *full service national carrier* - FSNC), aceste servicii pot fi diferite. Pentru a ilustra caracteristicile acestor activități, s-au prezentat în teză pe baza manualului „*Aircraft characteristics airport and maintenance planning*”, principalele servicii întâlnite la escală cu timpii caracteristici acestora, la diferite tipuri de aeronave. Cu titlu exemplificativ a se vedea figura 2.2.

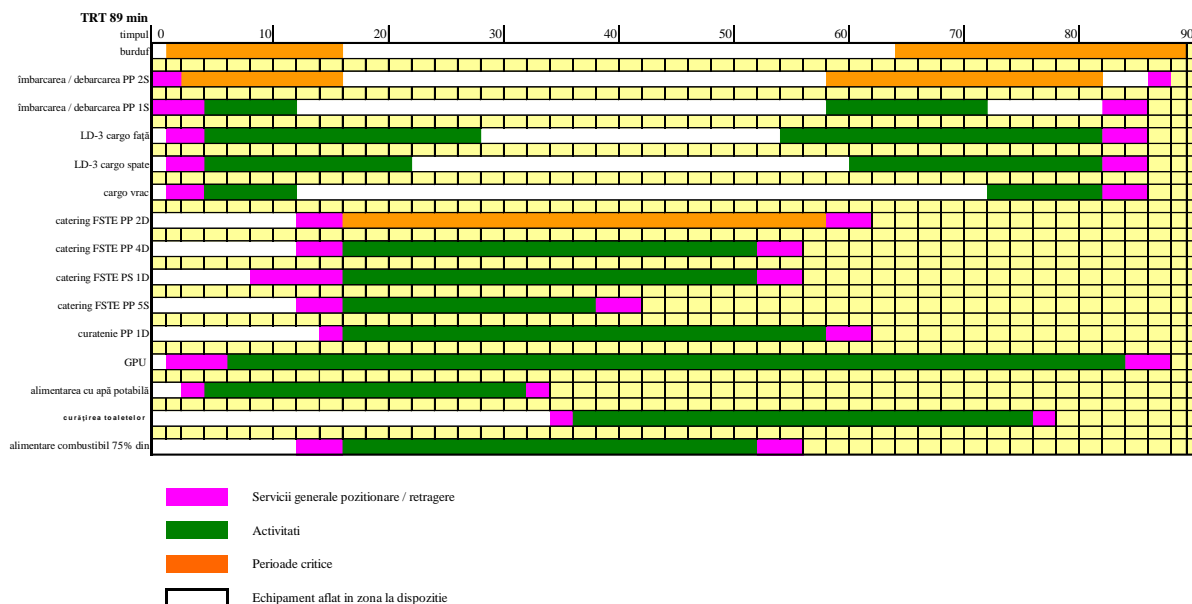


Fig. 2.2. Graficul de eşalonare a activităților de debarcare / îmbarcare cu două punți mobile la avionul A380 – 800, cu două punți mobile și folosind puntea principală și superioară ediția din 30 martie 2005 și revizuit în 01 noiembrie 2012, pag. 2, figura-5-2-1-991-002-A01

În lucrare s-a prezentat în detaliu fiecare proces de escală în parte, cu caracteristicile sale, oferind o imagine completă a tot ceea ce înseamnă cantitate folosită, timp de efectuare a procesului, utilaje implicate și orice informație definitivă în acest sens. Această analiză a cuprins următoarele activități:

- 2.4.1. Încărcarea și descărcarea a bagajelor,
- 2.4.2. Catering-ul,
- 2.4.3. Serviciul de curățenie în interiorul aeronavei,
- 2.4.4. Alimentarea cu combustibil,
- 2.4.5. Alimentarea cu apă și vidanajarea,
- 2.4.6. Îmbarcarea și debarcarea pasagerilor
- 2.4.7. Security check
- 2.4.8. Degivrarea / antigivrarea la sol

2.5 CONCLUZII PARȚIALE

În cadrul acestui capitol, au fost puse în evidență aspecte ale procesului de escală prin prezentarea unor informații așa cum sunt ele detaliate în diferite lucrări științifice sau manuale elaborate de producătorii de aeronave. Preocuparea principală a fost aceea de a arăta care este succesiunea operațiilor, durata și resursele implicate și în ce măsură acestea se pot îmbunătăți. Este important pentru orice operator aerian, deținător de AOC (*Air Operator Certificate*), să cunoască toate aceste aspecte atunci când realizează GOM-ul (*Ground Operational Manual*), deoarece contribuie în mod esențial la stabilirea duratei de escală și a calității serviciilor oferite la sol.

Prin analiza efectuată, am identificat o serie de constrângeri determinate de:

- existența unor activități critice, așa cum a fost arătat în fig. 2.3 – 2.10 din teză, ce impun anumite restricții în succesiunea operațiilor la sol în jurul aeronavei;

- durata minimă necesară efectuării unor activități, în funcție de configurația cabinei, de gradul de încărcare al aeronavei și de capacitatea companiei de handling de a se organiza;
- poziționarea utilajelor pe platformă pentru deservirea aeronavelor.

Toate aceste aspecte cred că se pot îmbunătăți dacă există o preocupare continuă din partea tuturor părților implicate în efectuarea acestor activități, printr-un schimb permanent de informații cu privire la durata fiecărui proces în parte, a poziției și disponibilității utilajelor, a abaterii de la timpul stabilit pentru efecutarea proceselor de deservire a aeronavelor și al altor aspecte necesare unei gestionări corespunzătoare într-un timp minim și cu costuri reduse. Acest lucru se poate soluționa printr-o mai bună integrare a informațiilor la nivelul unui aeroport, lucru propus de Eurocontrol prin ACDM [1].

Un alt aspect identificat prin studiile efectuate în acest capitol, a fost lipsa unor date concrete asupra duratei și a cantităților necesare efecutării unui proces de degivrare la aeronavele studiate. Prin specificul acestei activități, ce implică resurse considerabile de timp, utilaje, substanțe de degivrare, se impune studierea în detaliu a acestui proces. Nu trebuie să neglijăm nici aspectele financiare ce decurg din toate aceste activități descrise și care pentru un operator aerian sunt importante.

Prin prezentarea acestor aspecte se consideră că fost atins **obiectivul 2** al acestei lucrări, arătând care sunt principalele elemente ce definesc activitatea logistică la nivelul unui aeroport și totodată, constituie un pas în dezvoltarea unor noi contribuții la îmbunătățirea escalei.

CAPITOLUL III

IMPACTUL A.C.D.M. ASUPRA ACTIVITĂȚILOR DE HANDLING

Pentru a dezvolta activitatea logistică de pe un aeroport, în concordanță cu cerințele actuale de trafic, este necesar să realizăm o mai bună integrare a activităților specifice printr-un schimb permanent de date între toți agenții aeronautici.

În acest sens, se impune stabilirea unor obiective în acest capitol, astfel încât prin succesiunea ideilor dezvoltate să conturăm o imagine completă asupra modului în care, se pot gestiona mai bine activitățile specifice la sol pe un aeroport.

Obiectivele acestui capitol sunt:

Obiectivul 3: Definirea principalelor procese suport desfășurate la sol pe un aerodrom;

Obiectivul 4: Stabilirea principalilor parametri de intrare și ieșire pentru fiecare proces în parte, precum și modul în care aceștia pot fi corelați, astfel încât să se dinamizeze activitatea pe un aerodrom;

Obiectivul 5: Identificarea timpilor caracteristici de operare la sol și în zbor pentru a crește acuratețea programării activităților suport la sol.

3.1. DEFINIREA PROCESELOR SUPORT DESFĂȘURATE LA SOL PE UN AERODROM

În acest capitol a fost folosită o abordare sistemică pentru a defini procesele suport de pe un aerodrom, cu scopul de a identifica toți factorii ce modelează activitatea fiecărei organizații.

În acest sens, pentru fiecare proces, din fiecare activitate specifică au fost prezentați pe larg parametrii de intrare, parametrii de ieșire și perturbațiile ce ar putea modifica rezultatele activității desfășurate. Dintre activitățile analizate se enumără:

- 1) Handlingul, în care au fost analizate check-in-ul, îmbarcarea/debarcarea pasagerilor, încărcarea/descărcarea bagajelor sau a mărfurilor, precum și alte servicii desfășurate la platformă.
- 2) Serviciul de securitate și vamă;
- 3) Operatorul aeroportuar;
- 4) Operatorului aerian, în care au fost analizate disponibilitatea aeronavelor și a echipajelor, întreținerea aeronavelor și pregătirea echipajelor.

3.2. ROLUL PROCESULUI DE HANDLING ÎN IMPLEMENTAREA ACDM

În 1997, la a 14-a întrunire a Conferinței Europene a Aviației Civile (*European Civil Aviation Conference - ECAC*), ținută la Copenhaga, s-a stabilit o nouă strategie de dezvoltare a traficului aerian cu obiectivul de a „crește capacitatea controlului traficului aerian la sol și în zbor, cu menținerea acestuia la un nivel ridicat de siguranță”.

Airport Collaborative Decision Making (ACDM [28]) – este un concept care țintește soluționarea optimă a problemelor fluxului de trafic aerian, precum și creșterea capacității de coordonare a acestuia (*Air Traffic Flow and Capacity Management - ATFCM*) în cadrul aeroporturilor, prin reducerea întârzierilor, prin îmbunătățirea capacității de predicție a evenimentelor și prin optimizarea utilizării resurselor.

Implementarea unui astfel de concept implică o serie de aspecte pozitive la nivelul unui aeroport, printr-o mai bună gestionare a numeroaselor procese ce se desfășoară pe acesta, dar aduce cu sine și o serie de costuri pe măsură. În acest sens, a fost analizate diferite activități cum ar fi:

- aterizare și decolare pe un aeroport, cu sau fără ACDM,
- escafa, luând în considerare doar partea de handling,
- alinierea la capul pistei în vederea decolării,

Pentru toate acestea au fost puse în evidență beneficiile și consecințele ce decurg din existența sau nu a implementării ACDM pe aeroport.

3.3. ROLUL ACDM ÎN CONTEXTUL ACTUAL AL DEZVOLTĂRII AVIAȚIEI

Așa cum a fost prezentată această problemă, încă de la prima ediție a Manualului de implementare Airport CDM, elaborat de Eurocontrol [49], a constituit un punct de referință pentru managementul activității aeroportuare. Acest concept a deschis noi căi de colaborare în luarea deciziilor, decizi ce nu mai privesc doar o singură entitate interesată să obțină rezultate în activitatea prestată, ci toți agenții aeronautici ce-și desfășoară activitatea pe un aeroport.

Schimbul de informații dintre diferiți agenți aeronautici surprinde necesitatea dezvoltării unui sistem capabil să ofere soluții la problemele curente. În acest subcapitol a fost prezentat schimbul de date între:

- operatorul aerian și compania de handling;
- aeroport și operatorul aerian sau compania de handling;
- Unitatea Centrală de Management a Zborului (CFMU) și centrele regionale de control a traficului aerian (TWR) prin rețeaua de operare (AFTN) [51], [52];
- unitatea de control a traficului aerian (TWR) și aeroport [51], [52];

- alți furnizorii de servicii (întreținere, catering și combustibil).

3.4. BENEFICIILE IMPLEMENTĂRII ACDM ASUPRA ACTIVITĂȚILOR DE HANDLING

Dintre toate aspectele de mai sus prezentate, asupra activității de handling revine o bună parte a beneficiilor implementării unui astfel de sistem, dacă și la nivelul acestor organizații intervin anumite schimbări.

Implementarea ACDM ar conduce la:

- o mai bună organizare a activității la sol, printr-o mai bună cunoaștere a duratei block estimată până la sosire (*Estimated In-Block Time – EIBT*) pentru fiecare aeronavă deservită;
- o utilizare durabilă a resurselor materiale și tehnologice;
- o încărcare a sarcinilor de lucru în mod echilibrat, față de fiecare echipă de lucru;
- o reducere a costurilor directe și indirecte;
- o reducere a costurilor datorate penalităților impuse pe fiecare minut de întârziere în procesul de handling.

3.5 CONCLUZII PARȚIALE

Acest capitol a căutat să surprindă numeroase aspecte referitoare la importanța implementării conceptului de ACDM și al impactului pe care l-ar avea implementarea acestui concept asupra aeroportului, dar și asupra celorlalți agenți aeronautici (operatori aerieni, companii de handling, de alimentare cu combustibil și alții).

În momentul de față acest concept este implementat în totalitate pe 32 de aeroporturi din Europa și ar trebui ca și alte aeroporturi mari să înțeleagă importanța beneficiilor aduse de acest concept.

Prin informațiile prezentate în subcapitolele 2, 3 și 4 despre implicațiile conceptului ACDM au fost atinse **obiectivelor 3, 4 și 5** din acest capitol.

CAPITOLUL IV STUDIUL ASUPRA PROCESULUI DE DEGIVRARE PE UN AERODROM

Așa cum am prezentat în capitolul anterior, procesul de degivrare reprezintă o componentă importantă a activității de handling, din punct de vedere al siguranței operațiilor aeriene, cât și din punct de vedere al optimizării activităților suport desfășurate pe aerodrom.

Această componentă a activității de handling a fost studiată ținând cont de:

- cadrul legal de desfășurare al activității de degivrare;
- factorii cu rol esențial în desfășurarea procesului;
- stabilirea unei relații matematice prin care să se estimeze cantitatea de fluid de degivrare a aeronavelor (ADF) folosită în diferite ipoteze de lucru.

Toate aceste aspecte prezintă un interes deosebit atât pentru companiile de handling, în calitate de furnizori de servicii, cât și pentru companiile aeriene, în calitate de beneficiari ai acestor servicii. Ambele părți sunt interesate de aceste aspecte, deoarece procesul presupune angajarea unor resurse considerabile, cum ar fi:

- resurse tehnologice (utilaje și fluide de degivrare),

- resurse umane pentru companiile de handling și
- resurse financiare pentru companiile aeriene.

Stabilirea unei politici coerente a cheltuielilor angajate pentru desfășurarea acestui proces, pentru oricare dintre părți, presupune o bună cunoaștere a degivrării și un management riguros al cheltuielilor pentru resursele angajate.

Obiectivul acestui capitol:

Obiectivul 6: Stabilirea unui model matematic prin care să se identifice cantitatea de ADF / AAF folosită, în funcție de factorii de influență identificați.

4.1 CADRUL DE REGLEMENTARE

Procesul de degivrare / antigivrare deși se desfășoară doar câteva luni pe an, fiind o activitate sezonieră în funcție de evoluția condițiilor meteo, totuși are un impact major asupra siguranței operațiunilor aeriene și asupra mediului. Prin durata timpului de deservire și prin costurile pe care le presupune această activitate, impune o analiză atent fundamentată asupra acestei activități.

Din punct de vedere al reglementărilor cele mai importante instituții sunt:

- *Society of Automotive Engineers* – SAE,
- *International Organization for Standardization* – ISO,
- *Association of European Airlines* – AEA.

Studierea reglementărilor specifice acestei activități constituie o necesitate, menită să îmbunătățească activitatea în raport cu cerințele de conformare ale autorității.

4.2. STABILIREA MODALITĂȚILOR DE LUCRU

Un rol important în stabilirea modului în care ar trebui să se desfășoare fiecare proces de degivrare / antigivrare la sol, îl au:

- evaluarea potențialului intern de care dispune organizația, adică numărul de utilaje (cu performanțele tehnice ale acestora) și resursa umană (prin capacitatea ei de lucru);
- evaluarea condițiilor meteo în care se desfășoară activitatea, atât pe termen lung cât și scurt;
- tipul (tipurile) de aeronavă(e) deservit(e) și cerințele comandantului privind timpul minim de protecție așteptat, „*holdover time*”.

Toate aceste aspecte se evaluează de către echipa de management a companiei de handling și se stabilește un plan de lucru pentru fiecare aeronavă deservită. Procesul se poate desfășura într-un pas sau în doi pași, după caz.

Influența condițiilor meteo asupra degivrării / antigivrării

Prognoza meteo este una dintre cele mai importante informații în desfășurarea activităților aeronautice la sol și în zbor, cu un rol semnificativ în siguranța operațiunilor aeriene. Degivrarea / antigivrarea este unul dintre procesele desfășurate la sol, ce depind foarte mult de evoluția condițiilor meteo. Cu cât informațiile meteo sunt stabilite cu o acuratețe mai bună, cu atât deciziile luate în efectuarea proceselor de degivrare / antigivrare conduc la rezultate mai bune.

Pentru a înțelege mai bine influența factorilor meteo asupra operațiunilor de degivrare s-a efectuat un studiu pe Aeroportul Internațional „Henri Coandă” București, privind modul în care anumiți factori contribuie în mod semnificativ la obținerea unor rezultate remarcabile, precum:

- temperatura mediului ambiant;
- temperatura suprafeței aeronavei;
- grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei;
- vântul, prin direcție și intensitate;
- concentrația de ADF.

Toate aceste informații influențează cantitatea și tipul de ADF folosit.

Pentru a identifica dependența acestor factori de cantitatea de fluid folosit s-a propus utilizarea unui model liniar cu scopul de a evalua corelația factorilor de influență cu modelul propus.

4.3 PREZENTAREA TEORETICĂ A MODELULUI DE REGRESIE LINIARĂ MULTIPLĂ, [54]

Prin stabilirea ipotezei că modelul liniar multifactorial explică dependența dintre cantitatea utilizată de fluid degivrant sau antigivrant la o aeronavă și variabilele independente explicative precum:

- temperatura mediului ambiant, $[^{\circ}C]$, x_{1t} ;
- temperatura suprafeței aeronavei, $[^{\circ}C]$, x_{2t} ;
- grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei, $[mm]$, x_{3t} ;
- vântul prin intensitatea sa, $[m/s]$, x_{4t} ,

se caută stabilirea unei forme matematice cu un grad ridicat de corelare a parametrilor identificați.

Ipotezele aplicării acestui model liniar multifactorial sunt:

- se acceptă ca între cantitatea de ADF, ca variabilă endogenă Y_t și factorii de mediu, ca variabile exogene $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$, să existe o relație de linearitate perturbată de eroarea e , determinată de înregistrarea măsurătorilor efectuate în eșantionul de date analizat;

- valorile înregistrate pentru fiecare dintre variabilele exogene $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$ nu sunt egale între ele, adică se admite că dispersia fiecărei variabile este nenulă;

- variabilele $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$ nu sunt aleatoare, adică dacă presupunem că aceste valori înregistrate nu sunt alterate de erorile de observare sau înregistrare, iar condițiile meteo permit efectuarea unor măsurători în condiții similare, atunci datele culese au un caracter repetitiv;

- între oricare două variabile exogene $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$ nu există o relație de dependență;

- numărul de observații efectuate este cu mult mai mare decât numărul variabilelor exogene alese;

- erorile e_t au media nulă, sunt independente între ele și sunt normal distribuite.

Dacă acceptăm că relația dintre Y_t și variabilele explicative x_{it} sunt liniare în timp, atunci se poate scrie:

$$\begin{cases} Y_1 = a_0 + a_1 x_{11} + a_2 x_{12} + \dots + a_k x_{1k} + e_1 \\ Y_2 = a_0 + a_1 x_{21} + a_2 x_{22} + \dots + a_k x_{2k} + e_2 \\ Y_3 = a_0 + a_1 x_{31} + a_2 x_{32} + \dots + a_k x_{3k} + e_3 \\ \dots \\ Y_t = a_0 + a_1 x_{t1} + a_2 x_{t2} + \dots + a_k x_{tk} + e_t \\ \dots \\ Y_n = a_0 + a_1 x_{n1} + a_2 x_{n2} + \dots + a_k x_{nk} + e_n \end{cases} \quad (4.1)$$

Dacă introducem notațiile:

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix}, \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ 1 & x_{31} & x_{32} & \dots & x_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}, \mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_k \end{pmatrix}, \mathbf{e} = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ \dots \\ e_n \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Atunci ecuația (4.2) poate fi scrisă astfel:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{XA} + \mathbf{e} \quad (4.3)$$

Se va folosi eșantionul de date disponibil, pentru a calcula estimatorii parametrilor modelului. Adică, se vor determina estimatorii $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_k$. Atunci, valorile calculate pe baza

modelului estimator \hat{Y} , ale variabilelor endogene au o formă identică cu cea a ecuației de regresie liniară multiplă:

$$\hat{Y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_1 + \hat{a}_2 x_2 + \hat{a}_3 x_3 + \dots + \hat{a}_k x_k \quad (4.4)$$

Ecuația de regresie liniară este o variabilă dependentă de timp și în acest sens ecuația (4.4) se poate rescrie astfel:

$$\hat{Y}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_{1t} + \hat{a}_2 x_{2t} + \hat{a}_3 x_{3t} + \dots + \hat{a}_k x_{kt} \quad (4.7)$$

Proprietățile modelului considerat sunt:

a) estimatorii sunt liniari, adică variabilele explicative x_{it} nu sunt aleatoare și au valorile fixate;

b) estimatorii sunt consistenți, adică dacă variabilele explicative au dispersia finită și nenulă, iar valoarea estimatorului \hat{a}_i tinde asimptotic spre valoarea parametrului a_i , pe măsură ce dimensiunea eșantionului crește;

c) estimatorii sunt de maximă verosimilitate;

d) numărul de observații este superior numărului de parametri;

e) erorile procesului de calcul au dispersia constantă, la orice t ales (erorile nu sunt heteroscedastice), sunt independente și normal distribuite.

Au fost stabilite ipoteze simplificatoare de calcul:

a) s-a făcut o distincție clară între metodele de lucru folosite (într-un pas sau în doi pași);

b) s-a consideră că temperatura și presiunea ADF-ului sau a apei calde sunt mereu aceleași și nu influențează rezultatele obținute;

c) condițiile meteo sunt neschimbate pe întreaga perioadă de desfășurare a procesului de degivrare / antigivrare;

d) în tancurile de ADF și apă există suficient lichid pentru o degivrare completă;

Un rol important în evaluarea factorilor aleși să exprime fenomenul îl are coeficientul de determinare:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n u_t^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (4.8)$$

Însă de fiecare dată când introducem o nouă variabilă explicativă valoarea lui R^2 crește, chiar dacă variabila respectivă are o relevanță scăzută în modelul respectiv. Din acest motiv, trebuie să introducem criterii suplimentare care să ne conducă la stabilirea veridicității variabilei alese. În acest sens, s-au folosit două criterii de validare:

- criteriul lui Akaike (*Akaike Information Criterion* – AIC) și Schwartz (*Schwartz Information Criterion* – BIC) [55].

$$AIC = \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n u_t^2 \right) \cdot e^{\frac{2(k+1)}{n}} \quad (4.9)$$

- criteriu lui Schwartz:

$$SCHWARTZ = \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n u_t^2 \right) \cdot n^{\frac{k+1}{n}} \quad (4.10)$$

4.4 STUDIU DE CAZ: DEGIVRAREA AERONAVELOR A320.

Calculule efectuate au fost realizate în baza unor date statistice rezultate în urma procesului de degivrare din cadrul unei companii de handling.

În urma procesării datelor culese și a corelării acestor informații cu cele ale site-ului Weather Underground [57], s-a obținut o bază de date consistentă ce a permis efectuarea unui studiu pe diferite situații ale procesului de degivrare.

4.4.1 Utilizarea unui amestec de ADF / apă într-o proporție de 50 / 50

Realizarea unui eșantion reprezentativ de date a permis prelucrarea și interpretarea rezultatelor obținute pe baza modelului liniar multifactorial.

A fost studiat rând pe rând fiecare factor de influență pentru a identifica gradul de determinare a funcției estimate. Apoi s-au făcută cuplaje de două sau trei variabile, urmărind valoarea gradului de determinare R^2 și dacă factorii aleși sunt relevanți pentru modelul folosit pe baza celor două criterii, Akaike și Schwartz.

Dintre rezultatele obținute prin cuplarea a doi, trei sau patru factori de influență se remarcă:

1) estimarea modelului cu ajutorul a două variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 83.60%.

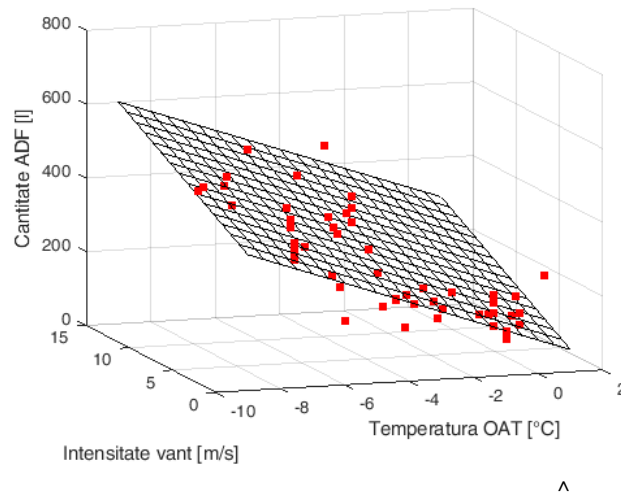


Fig. 4.1 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului linear, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

2) estimarea modelului cu ajutorul a trei variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 84.73%.

3) estimarea modelului cu ajutorul a patru variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} , grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei - x_{3t} și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 85.02%.

Modelul linear multifactorial va avea următoarea expresie matematică a estimării cantității de ADF:

$$\hat{Y}_t = 1.74843 - 22.36838x_{1t} - 11.48540x_{2t} - 9.43115x_{3t} + 11.48856x_{4t} \quad (4.11)$$

Prin testarea semnificației acestor parametri, rezultă că aceștia acceptă ipoteza nulă prin aplicarea distribuției *t-Student*:

- $\alpha = 0.08$ pentru parametrul a_1 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 99.92%;
- $\alpha = 4.39$ pentru parametrul a_2 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 95.61%;
- $\alpha = 29.52$ pentru parametrul a_3 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 70.48%;
- $\alpha = 0.001$ pentru parametrul a_4 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 99.999%.

Acest lucru arată că valorile măsurate statistic au argumente suficient de puternice care să justifice ipoteza unei legături între factorii de influență identificați și variabila endogenă Y_t .

Măsurând coeficientul de determinare R^2 pentru fiecare variabilă utilizată sau pentru orice cuplaj de termeni s-au obținut următoarele rezultate:

- pentru 3 factori de influență R^2 are următoarele valori $0.79052(x_{1t}, x_{2t}, x_{3t})$, $0.84732(x_{1t}, x_{2t}, x_{4t})$;
- pentru 4 factori de influență R^2 are valoarea **0.85020** (x_{1t}, x_{2t}, x_{3t} și x_{4t});

Prin aplicarea criteriilor informaționale Akaike și Schwartz au rezultat următoarele valori:

- pentru 3 factori de influență valorile rezultate sunt
 - pentru variabilele (x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}) , $AIC = 4,700.49$ și $SCHWARTZ = 5,385.66$,
 - pentru variabilele (x_{1t}, x_{2t}, x_{4t}) , $AIC = 3,425.93$ și $SCHWARTZ = 3,925.31$,
- pentru 4 factori de influență, $(x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, x_{4t})$ aplicând cele două criterii se obține $AIC = 3,469.71$ și $SCHWARTZ = 4,113.03$. Acestea au valori puțin mai mari decât în cazul a trei factori ceea ce pune sub semnul întrebării veridicitatea factorului „grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei - x_{3t} ”. Însă nefiind valori foarte mari se poate considera relevant acest rezultat.

În concluzie, acest model liniar multifactorial este acceptat cu un grad de determinare de **85.02%** ceea ce reprezintă un grad de încredere satisfăcător.

4.4.2. Utilizarea unui amestec de ADF / apă într-o proporție de 75 / 25

Ca și în cazul degivrării cu un amestec de 50 / 50, datele sunt analizate selectând rând pe rând, mai multe variabile exogene.

Dintre rezultatele obținute prin cuplarea a doi, trei sau patru factori de influență se remarcă:

1) estimarea modelului cu ajutorul a două variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 78.94%.

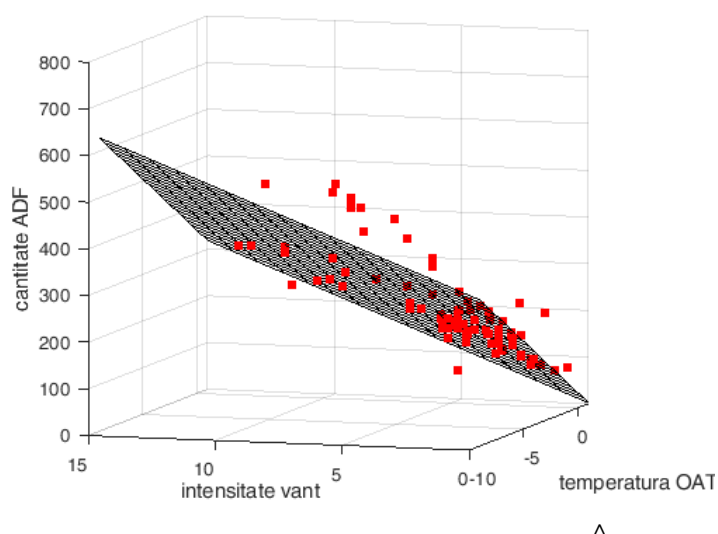


Fig. 4.2 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

2) estimarea modelului cu ajutorul a trei variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 82.62%.

3) estimarea modelului cu ajutorul a patru variabile: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} , grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei - x_{3t} și intensitatea vântului - x_{4t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 82.81%. Se poate observa că introducerea variabile x_{3t} nu explică suficient de bine fenomenul studiat.

Prin testarea semnificației acestor parametri rezultă că acceptă ipoteza nulă prin aplicarea distribuției *t-Student*:

- $\alpha = 0.00$ pentru parametrul a_0 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 100%;
- $\alpha = 0.00$ pentru parametrul a_1 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 100%;
- $\alpha = 0.003$ pentru parametrul a_2 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 99.997%;
- $\alpha = 30.909$ pentru parametrul a_3 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 69.091%;
- $\alpha = 0.00$ pentru parametrul a_4 , ceea ce înseamnă un grad de încredere de 100%.

În consecință, valoarea termenilor liberi au un grad de certitudine ridicat. Acest lucru arată că valorile măsurate statistic au argumente suficient de puternice care să justifice ipoteza unei legături între factorii de influență identificați și variabila endogenă Y_t .

Măsurând coeficientul de determinare R^2 pentru fiecare variabilă sau cuplaj de variabile exogene s-au obținut următoarele rezultate:

- pentru 3 factori de influență R^2 are următoarele valori **0.82623** (x_{1t}, x_{2t}, x_{4t}), 0.49785 (x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}) și 0.59984 (x_{2t}, x_{3t}, x_{4t});
- pentru 4 factori de influență R^2 este 0.82811 ($x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}$);

Aceste valori arată că pe măsură ce se adaugă un nou factor de influență fenomenul este mai bine explicat. Desigur că este important să evaluăm dacă acel factor nou introdus are și relevanță. În acest sens, au fost aplicate criteriile informaționale Akaike și Schwartz. Rezultatele pentru trei și patru factori de influență au fost:

- pentru 3 factori de influență valorile rezultate aplicând aceste criterii sunt
 - pentru variabilele (x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}), $AIC = 6,679.13$ și $SCHWARTZ = 7,407.98$,
 - pentru variabilele (x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}), $AIC = 5,322.46$ și $SCHWARTZ = 5,903.26$,
 - pentru variabilele (x_{1t}, x_{2t}, x_{4t}), $AIC = 2,311.26$ și $SCHWARTZ = 2,563.47$,
- pentru 4 factori de influență, ($x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}$) aplicând cele două criterii se obține $AIC = 2,332.09$ și $SCHWARTZ = 2,654.42$.

Analizând aceste rezultate, pe baza celor două criterii Akaike și Schwartz, dar și a coeficientului de determinare, se observă că cel mai bun cuplaj al variabilelor exogene îl avem la (x_{1t}, x_{2t}, x_{4t}).

În concluzie, modelul liniar multifactorial va avea următoarea expresie matematică a estimării cantității de ADF:

$$\hat{Y}_t = 94.11382 - 43.18059x_{1t} + 11.46316x_{2t} + 23.55635x_{4t} \quad (4.12)$$

Acest model are un grad de certitudine acceptat de **82.62%**.

4.4.3. Utilizarea unui AAF într-o proporție de 100 / 0

Ca și în cazul degivrării utilizarea unui fluid antigivrant (AAF), un fluid în care apa nu se folosește, se impune determinarea unei expresii matematice care să estimeze cantitatea necesară de AAF pentru o bună protecție a aeronavei, ținând cont de aceiași factori de influență ca în cazurile precedente.

Dintre rezultatele obținute prin cuplarea a doi sau trei factori de influență se remarcă:

1) estimarea modelului cu ajutorul a două variabile: - temperatura mediului ambiant - x_{1t} și temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} . În acest caz gradul de determinare al fenomenului a fost de 3.25%.

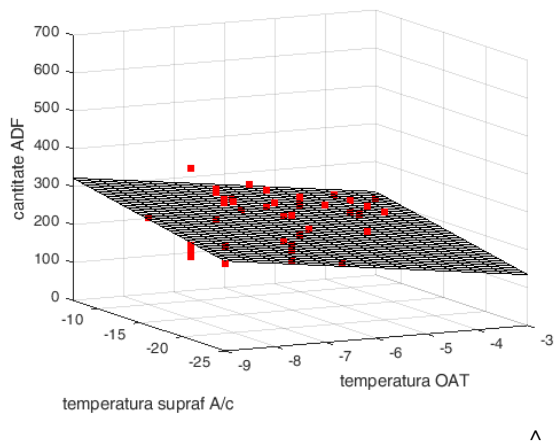


Fig. 4.3 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{2t}

2) estimarea modelului cu ajutorul a trei variabile: - temperatura mediului ambiant - x_{1t} și temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} și intensitatea vântului - x_{4t} nu aduce o îmbunătățire a rezultatelor obținute asupra gradului de determinare. Acesta fiind tot de 3.25%.

În concluzie, acest model liniar multifactorial, bazat pe trei factori de influență nu poate fi folosit deoarece are un grad de determinare de 3.25%, total nesatisfăcător și ar trebui identificați alți factori de influență sau aplicat un model neliniar.

4.4.4. Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de ADF la un amestec de 50 / 50

Luând în considerare diferiți factori și cuplând doi câte doi s-a observat că cele mai bune rezultate au fost obținute cu variabilele: temperatura mediului ambiant - x_{1t} și intensitatea vântului - x_{4t} . Variabila estimativă a fost determinată pentru un polinom de ordinul 2, 3 și 4, pentru fiecare combinație de factori, din care s-a remarcat polinomul de ordinul 4 pentru care s-a obținut o valoare a rădăcinii pătratice și a normalizatei acesteia de:

$$RMSE = 36.5718, NRMSE 1 = 0.0731, NRMSE 2 = 0.1246$$

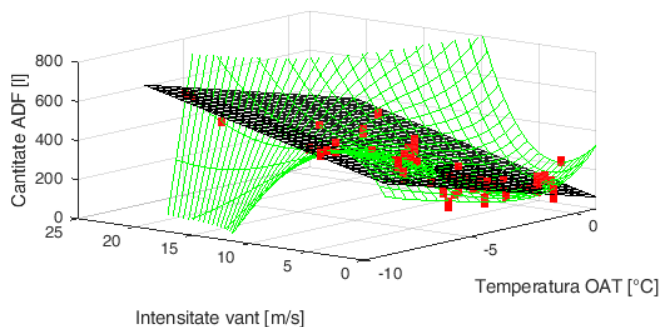


Fig. 4.4 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar și neliniar de ordinul 4, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

Dintre toate variabilele analizate, cuplajul dintre x_{1t} și x_{4t} a oferit cel mai bun grad de determinare al coeficienților utilizați, de **93.23%**. Funcția de estimare se poate exprima sub forma:

$$\hat{Y}_t = 209.7535 + 82.7483x_{1t} - 38.1216x_{4t} + 27.4451x_{1t}^2 + 4.1736x_{4t}^2 - 21.4214x_{1t}x_{4t} + \quad (4.13)$$

$$+ 3.0651x_{1t}^3 + 0.5421x_{4t}^3 + 2.1558x_{1t}x_{4t}^2 - 0.6467x_{1t}^2x_{4t} + 0.1292x_{1t}^4 - 0.0077x_{4t}^4$$

4.4.5. Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de ADF la un amestec de 75 / 25

La fel ca la punctul anterior, au fost cuplați doi câte doi factori și s-a observat că cele mai bune rezultate obținute au fost cu variabilele: temperatura mediului ambiant - x_{1t} și intensitatea vântului - x_{4t} . Atât pentru un polinom de ordinul 3, cât și pentru unul de ordinul 4 s-au obținut rezultate interesante.

Valoarea erorii medii a rădăcinii pătratice și a normalizatei acesteia, pentru un polinom de ordinul 3 este:

$$RMSE = 43.8026, NRMSE 1 = 0.0768, NRMSE 2 = 0.1712$$

- cu un grad de determinare a ecuației de ordinul 3 de 84.39%

- și cu o formă a ecuației de ordinul 3 de tipul:

$$\hat{Y}_t = 6.5174 - 83.1819x_{1t} + 23.0469x_{4t} - 14.9129x_{1t}^2 - 0.0865x_{4t}^2 + 2.4386x_{1t}x_{4t} -$$

$$- 0.9943x_{1t}^3 + 0.0570x_{4t}^3 + 0.2745x_{1t}x_{4t}^2 + 0.6820x_{1t}^2x_{4t}$$

În timp ce, valoarea erorii medii a rădăcinii pătratice și a normalizatei acesteia, pentru un polinom de ordinul 4 este:

$$RMSE = 42.8925, NRMSE 1 = 0.0753, NRMSE 2 = 0.1677$$

- cu un grad de determinare a ecuației de ordinul 4 de 85.03%

- și cu o formă ecuației de ordinul 4 de tipul:

$$\hat{Y}_t = 85.9049 + 10.9511x_{1t} + 5.2424x_{4t} + 21.062x_{1t}^2 + 7.5522x_{4t}^2 + 2.4763x_{1t}x_{4t} +$$

$$+ 4.2625x_{1t}^3 - 0.82415x_{4t}^3 + 0.15122x_{1t}x_{4t}^2 + 0.52102x_{1t}^2x_{4t} + 0.26261x_{1t}^4 + 0.02567x_{4t}^4$$

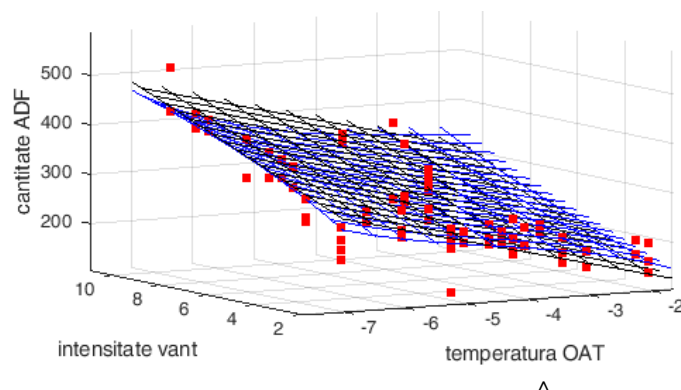


Fig. 4.5 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar și neliniar de ordinul 3, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

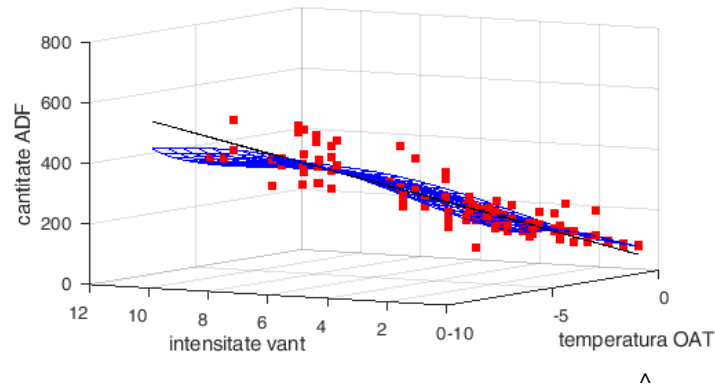


Fig. 4.6 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar și neliniar de ordinul 4, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

Ținând cont de distribuția punctelor statistice și de forma variabilei estimative se poate spune că forma matematică a polinomului de ordinul 4 este una satisfăcătoare, având un grad de determinare al coeficienților utilizați de **85.03%**. Funcția de estimare se poate exprima sub forma:

$$\hat{Y}_t = 85.9049 + 10.9511x_{1t} + 5.2424x_{4t} + 21.062x_{1t}^2 + 7.5522x_{4t}^2 + 2.4763x_{1t}x_{4t} + 4.2625x_{1t}^3 - 0.82415x_{4t}^3 + 0.15122x_{1t}x_{4t}^2 + 0.52102x_{1t}^2x_{4t} + 0.26261x_{1t}^4 + 0.02567x_{4t}^4 \quad (4.14)$$

4.4.6. Utilizarea unui model neliniar pentru a estima cantitatea de AAF la un amestec de 100 / 0

La fel ca în cazurile anterioare s-a continuat analiza comportamentului a diferiților factori, unde pentru variabilele: temperatura mediului ambiant - x_{1t} și intensitatea vântului - x_{4t} , s-a obținut o eroare medie a rădăcinii pătratice și a normalizatei acesteia pentru un polinom de ordinul 3 de:

$$RMSE = 22.8383, NRMSE 1 = 0.1038, NRMSE 2 = 0.0947$$

- cu un grad de determinare a ecuației de ordinul 3 de 75.23%

- și cu o formă a ecuației de ordinul 3 de tipul:

$$\hat{Y}_t = 950.3125 + 421.8442x_{1t} - 16.331x_{4t} + 65.5423x_{1t}^2 - 5.8282x_{4t}^2 - 24.4923x_{1t}x_{4t} + 2.819x_{1t}^3 + 0.03342x_{4t}^3 - 0.70774x_{1t}x_{4t}^2 - 2.9833x_{1t}^2x_{4t}$$

În timp ce, valoarea erorii medii a rădăcinii pătratice și a normalizatei acesteia, pentru un polinom de ordinul 4 a fost de:

$$RMSE = 22.6183, NRMSE 1 = 0.1028, NRMSE 2 = 0.0938$$

- cu un grad de determinare a ecuației de ordinul 4 de 75.70%

- și cu o formă a ecuației de ordinul 4 de tipul:

$$\hat{Y}_t = 1814.5373 + 1065.6323x_{1t} + 8.2734x_{4t} + 233.2361x_{1t}^2 - 7.9666x_{4t}^2 - 19.8646x_{1t}x_{4t} + 21.3204x_{1t}^3 + 0.1866x_{4t}^3 - 0.7262x_{1t}x_{4t}^2 - 2.6364x_{1t}^2x_{4t} + 0.7334x_{1t}^4 - 0.0037x_{4t}^4$$

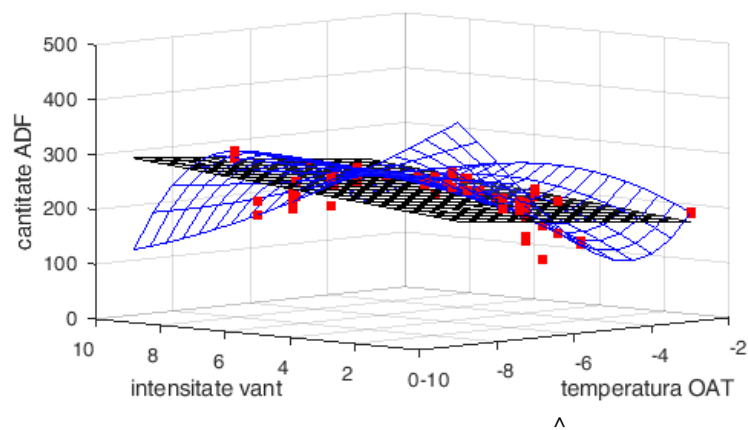


Fig. 4.7 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar și neliniar de ordinul 3, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

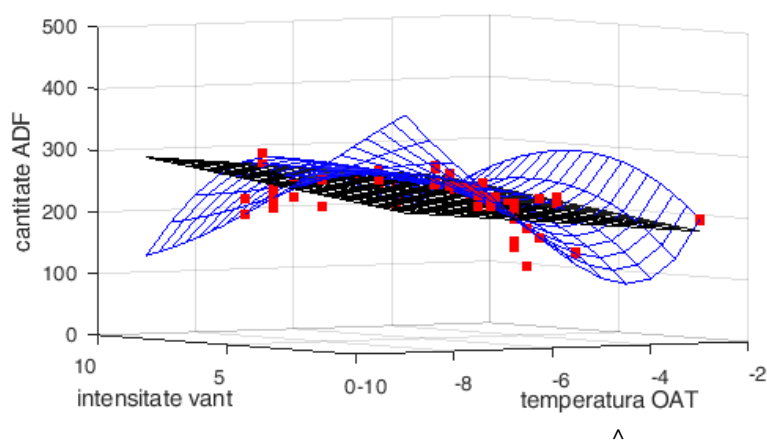


Fig. 4.8 Distribuția variabilei endogene Y_t și a variabilei estimate \hat{Y}_t pe baza modelului liniar și neliniar de ordinul 4, luând în considerare două variabile, x_{1t} și x_{4t}

Diferențele nu sunt semnificative între cele două polinoame, însă putem spune că forma matematică a polinomului de ordinul 4 este una mai bună decât cea de ordinul 3. Gradul de determinare al coeficienților utilizați este de **75.70%**. Funcția de estimare se poate exprima sub forma:

$$\hat{Y}_t = 1814.5373 + 1065.6323x_{1t} + 8.2734x_{4t} + 233.2361x_{1t}^2 - 7.9666x_{4t}^2 - 19.8646x_{1t}x_{4t} + 21.3204x_{1t}^3 + 0.1866x_{4t}^3 - 0.7262x_{1t}x_{4t}^2 - 2.6364x_{1t}^2x_{4t} + 0.7334x_{1t}^4 - 0.0037x_{4t}^4 \quad (4.15)$$

4.5 CONCLUZII PARȚIALE

În baza cercetărilor efectuate pe eșantioane de date reprezentative pentru fiecare tip de concentrație studiat, au fost observate următoarele:

- acuratețea datelor culese din procesele de degivrare / antigivrare la sol, este deosebit de importantă în validarea rezultatelor obținute cu aceste modele. Gradul de determinare este puternic influențat de numărul de date statistice și de acuratețea valorilor înregistrate;

- sunt factori cu o pondere semnificativă în modelarea fenomenului fizic, cum ar fi: temperatura mediului ambiant - x_{1t} , temperatura suprafeței aeronavei - x_{2t} și intensitatea

vântului - x_{4t} , dar sunt și factori care deși au o pondere ceva mai scăzută, totuși trebuie să ținem seama de aceștia în modelarea fenomenului;

- s-a observat că în cazul unei concentrații de ADF / apă, de 50 / 50 a fost atins un grad de corelare de 93.28%, în timp ce la o concentrație de 75 / 25 se atinge un grad de corelare de 85.03%. Acest lucru arată că fenomenul de dependență studiat pe baza celor patru factori, nu are o variație liniară, ci mai degrabă una neliniară.

- în cazul antigivrării și al folosirii unui model neliniar, gradul de corelare este de 75.7%. În obținerea acestui rezultat un rol important l-au avut cei doi factori de influență, temperatura mediului ambiant și intensitatea vântului. Lucru firesc dacă luăm în considerare recomandările FAA privind degivrare / antigivrarea aeronavelor.

- un factor care nu a fost luat în considerare în acest model, este experiența echipei de degivrare. Acest lucru poate să influențeze rezultatele obținute într-o măsură semnificativă, dacă echipa folosită nu are o experiență relevantă în acest domeniu.

Prin importanța acestui proces s-ar putea face economii semnificative dacă activitatea de degivrare ar fi mai bine organizată în următorul sens:

- o mai bună instruire a echipelor de lucru pentru a limita pierderile de ADF într-un mod inutil;

- stabilirea unei cantități necesare de fluid de degivrare / antigivrare pentru cel puțin 24 de ore în avans, în funcție de programul de operare al companiilor deservite, de tipurile de aeronave degivate și de condițiile meteo estimate pentru următoarea perioadă de lucru;

- stabilirea unui scenariu de lucru care să asigure necesarul de utilaje și oameni pentru activitatea stabilită în ziua respectivă. Această organizare ar elimina situațiile limită determinate de performanțele utilajelor, numărul de utilaje disponibile și al personalului de deservire.

CAPITOLUL V

OPTIMIZAREA PROCESULUI DE DEGIVRARE

Introducere

În acest capitol s-a urmărit reducerea întârzierilor aeronavelor ca rezultat al procesului de degivrare, prin reducerea timpilor de deservire. Este o problemă de optimizare cu restricții multiple, având în vedere anumite constrângeri ce urmăresc definirea procesului, ca unul eficient și în beneficiul tuturor părților implicate.

Obiectivul acestui capitol a fost:

Obiectivul 7: Optimizarea procesului de degivrare printr-o funcție cu restricții multiple.

5.1. GESTIONAREA PROCESELOR

Activitatea de degivrare trebuie urmărită din cel puțin două perspective: cea a companiilor aeriene și cea a companiilor de handling.

Procesul de optimizare trebuie să țină cont de următoarele aspecte:

- tipul aeronavei (constrângeri dimensionale);
- gradul de contaminare a suprafețelor aeronavei;

- condițiile meteo și tipul de agent degivrant folosit;
- timpul rămas până la ora stabilită de decolare, (Standard Time Departure - STD);
- numărul de treceri succesive efectuate de utilajul de degivrare;
- numărul de echipamente folosite în cadrul procesului;
- cantitatea de apă și de agent de degivrare disponibilă în rezervoare;
- timpul de încălzire al apei și al agentului de degivrare, până la temperatura optimă de utilizare.

Formularea matematică a problemei urmărite constă în elaborarea unei funcții obiectiv a procesului de degivrare, pentru minimizarea întârzierilor aeronavelor, precum și minimizarea intervalului de deplasare al utilajelor, de la poziția de staționare, la poziția de lucru. [58]

Pentru a stabili o funcție obiectiv trebuie ca mai întâi să stabilim anumite condiții:

- poziționarea utilajelor de deservire să fie cât mai aproape de zona de degivrare;
- deplasarea utilajului pe suprafața de mișcare a aeroportului, de la poziția de staționare la poziția de lucru să se facă pe același drum. [59]

Sunt aeroporturi ce nu beneficiază de platforme dedicate procesului de degivrare, iar față de acest lucru trebuie să stabilim reguli de deplasare minimizând timpul de re poziționare.

$$\sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \Delta t_{s,h}(K_k, t_i) - \sum_{h=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \Delta t_{h,p}(K_k, t_{i+1}) = 0 \quad (5.1)$$

Pentru o eșalonare a utilajelor la deservire, este necesar să stabilim o condiție de alocare a acestora numai după încheierea activității anterioare. Această condiție se exprimă prin relația:

$$ARDT_{i-1}(K_k) < ARDT_i(K_k) \quad (5.2)$$

Pentru ca acest proces să fie gestionat în mod corespunzător este necesară o bună cunoaștere a rezervelor de apă, ADF și combustibil de la fiecare utilaj după încheierea degivrării.

Un alt aspect pe care trebuie să-l soluționăm, îl reprezintă timpul estimat pentru încheierea procesului de degivrare și de la care aeronava este gata să părăsească poziția de degivrare, iar echipajul poate să ceară permisiunea de rulaj de la poziție în larg (*Target Off-block Time* - TOBT). Acest timp trebuie colaborat cu programul standard de operare al operatorului (*Actual Take Off Time* - ATOT) și timpul estimat de rulaj în taxi (*Standard Taxi Time* - STT).

Pentru a soluționa toate aceste aspecte trebuie să luăm în considerare următoarele:

- timpul propus pentru începerea procesului de degivrare nu este întotdeauna același cu cel stabilit conform programului de gestionare al activităților curente la platformă;
- timpul de rulaj în taxi nu este o constantă;
- timpul de degivrare este în funcție de condițiile meteo;
- performanțele tehnologice ale echipamentelor folosite și performanța umană pentru personalul de deservire [60].

În funcție de resursele disponibile (utilajele și fluidele de degivrare) se stabilește numărul de utilaje participante la degivrare:

$$ARDT_i + \frac{\sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \min(\Delta t_{s,h}(K_k, t_i), \Delta t_{s,k,h}(t_i))}{n} + \max(f_i(p, FU, A/c, x_{it}, n)(1 + \zeta)) \leq TED_i \quad (5.3)$$

Putem spune că un proces de degivrare este optimizat dacă $TED_i < STD_i$, în caz contrar va trebui să alocăm o funcție cost care să penalizeze timpul depășit. Pentru a respecta sloturile alocate și pentru a nu introduce perturbații în programul de operare al aeronavelor, se impune o restricție suplimentară de timp în alocarea utilajelor la deservire:

$$TED_i \leq STD_i - AWTT_i \quad (5.4)$$

Pentru a gestiona în mod corespunzător acest proces se pot stabili cel puțin două reguli:

- „*primul venit, primul servit*”, este o regulă general valabilă;
- „*according to custom airline*”, utilizată ca o a doua regulă menită să soluționeze situațiile atunci când prima regulă nu este suficientă.

O altă condiție care trebuie stabilită în alocarea utilajelor la degivrare, într-un nou proces, este aceea de a nu permite participarea utilajelor la un nou proces, până când nu a fost finalizat procesul anterior la care acestea au luat parte.

$$\max(TED_i) + f_0(t_i) - Mnx_{s,h}(K_k, q_{\max}) \leq \min(ARDT_{i+1}) \quad (5.5)$$

Din păcate, ecuațiile (5.4) și (5.5) nu sunt suficiente pentru a garanta eficiența proceselor și atunci se impune o nouă condiție, bazată pe un criteriu de minim al resurselor disponibile (apă și ADF) în utilajele participante la proces:

$$\min((1 + \varepsilon)q_{ADF\ estim}) < q_{ADF\ real}(K_k), \quad \min((1 + \varepsilon)q_{apa\ estim}) < q_{apa\ real}(K_k) \quad (5.6)$$

În concluzie, din ecuațiile (5.3), (5.4) și (5.6) rezultă că este important să știm cât va dura fiecare proces în parte, în ce condiții îl putem efectua, dar și mai important este să știm când se va finaliza! Din acest motiv, timpul la care se poate considera un proces de degivrare finalizat este:

$$TED_i = \min(ARDT_i) + \frac{\sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \min(\Delta t_{s,h}(K_k, t_i), \Delta t_{s_k,h}(t_i))}{n} + \max(f_i(p, FU, A/c, x_{it}, n)(1 + \zeta)) \quad (5.7)$$

$$daca \min(ARDT_i) + \frac{\sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \min(\Delta t_{s,h}(K_k, t_i), \Delta t_{s_k,h}(t_i))}{n} + \max(f_i(p, FU, A/c, x_{it}, n)(1 + \zeta)) \geq STD_i$$

și

$$TED_i = STD_i, \quad daca \min(ARDT_i) + \frac{\sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^R \min(\Delta t_{s,h}(K_k, t_i), \Delta t_{s_k,h}(t_i))}{n} + \max(f_i(p, FU, A/c, x_{it}, n)(1 + \zeta)) < STD_i \quad (5.8)$$

$$+ \max(f_i(p, FU, A/c, x_{it}, n)(1 + \zeta)) < STD_i$$

Funcția obiectiv are forma următoare:

$$\min \sum_{i=0}^R \left(a \cdot TED_i + \frac{1}{b} \Delta t_{s,h}(K_k, t_i) \right) \quad (5.9)$$

5.2. SIMULAREA OBȚINUTĂ PE BAZA MODELULUI NELINIAR

Pentru a simula activitatea de degivrare de pe un aeroport este necesar să avem în vedere câteva aspecte importante cum ar fi:

- dorința companiilor aeriene de a efectua procesul de degivrare într-un timp cât mai scurt;
- dorința agenților de handling de a reduce costurile cu resursele imobilizate;
- aeroportul urmărește o coordonare riguroasă a mișcărilor de utilaje și aeronave pe platformă;
- evoluția condițiilor meteo este lentă în timp.

Pentru a îmbunătăți procesul de degivrare pe LROP, se recomandă crearea unei platforme unice de degivrare, care să permită și o bună colectare a reziduurilor rezultate din acest proces. În acest sens a fost făcut un studiu privind activitatea de operare, de degivrare la nivel de aeroport și a restricțiilor legislative la nivel național și internațional și a fost publicat un articol într-o revizită. [59]

Pentru a veni în sprijinul tuturor operatorilor implicați și în acord cu strategia de dezvoltare a aeroportului propusă pentru următoarea perioadă, ar trebui să redefinim pozițiile de degivrare de pe acest aeroport. Această platformă de degivrare a aeronavelor trebuie proiectată astfel încât să corespundă atât cu necesitățile operaționale ale aeroportului, cât și cu normele de protecție a mediului. [64], [65], [66],

În acest sens, se propune ca poziția de degivrare să fie aleasă la intrare pe calea de rulare „N” și „G” având următoarele avantaje:

- reducerea semnificativă a $\Delta t_{s,h}(t_i)$ prin poziționarea utilajelor în apropierea acestei poziții dedicate pentru degivrare;

- se poate colecta, printr-o rețea rezidurile rezultate în urma procesului de degivrare. În felul acesta se reduce poluarea solului și a subsolului (a pânzei freatice) cu reziduri de glicol. Se poate printr-un proces de colectare și separare, reutiliza acest amestec pe bază de glicol;

- se pot folosi 2 sau 3 utilaje la o degivrare cu o reducere semnificativă a lui $\Delta t_{s,k,h}(t_i) = 0$.

- se reduce timpul de rulare în taxi ca urmare a eliberării căilor de rulare a aeronavelor. Se reduce cantitatea de noxe emansate în atmosferă, ca urmare a fenomenelor de ardere ce se produc prin rularea aeronavei în regim de taxi-out. O preocupare tot mai mare la nivel european de a reduce cantitățile emise de HC, NO_x, SO₂, CO, CO₂. [68]

Dezvoltarea unui soft care să minimizeze timpul de deservire a operatorilor aerieni, a fost principala preocupare a acestui subcapitol. Interfață softului permite vizualizarea zborurilor programate din ziua respectivă, dar și introducerea unor noi zboruri pentru acea zi. De asemenea, ia în considerare toate aspectele prezentate în acest capitol, folosind programarea pe obiecte, din Matlab. Informațiile stocate pot fi exportate în Excel spre a fi prelucrate ulterior sub forma unor rapoarte periodice de activitate.

Utilizarea acestei interfețe este o soluție pentru gestionarea procesului de degivrare, prin utilizarea rațională a resurselor implicate, dar și printr-o mai bună coordonare a activităților specifice într-o manieră care să permită reducerea riscurilor și a incertitudinilor. Pe un aeroport cu o platformă dedicată acestui proces și cu un trafic ridicat, în condiții meteo severe, este foarte important ca eșalonarea la degivrare să fie un proces coordonat și controlat până în cel mai mic detaliu. Incertitudinea sau lipsa unor informații adecvate cum ar fi:

- poziția utilajelor de degivrare pe platformă,
- cantitatea disponibilă de ADF sau apă în fiecare utilaj,

- timpul rămas până la decolare sau multe alte informații, devin vulnerabilități ale unui sistem care negreșit poate să ducă la apariția a unor evenimente operaționale. [69]

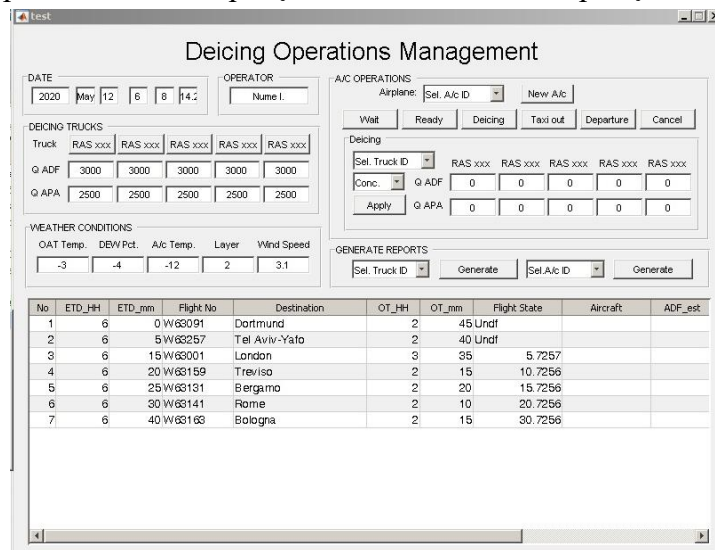


Fig. 5.1.a Interfața softului de gestionare a procesului de degivrare

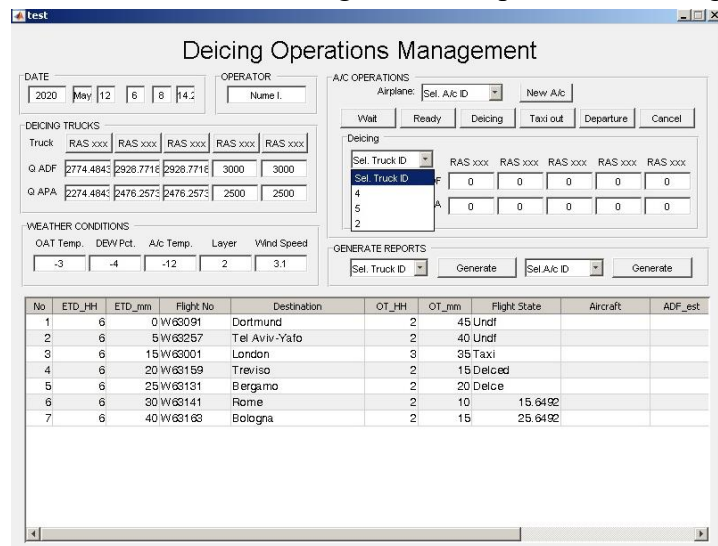


Fig. 5.1.b Interfața softului de gestionare a procesului de degivrare

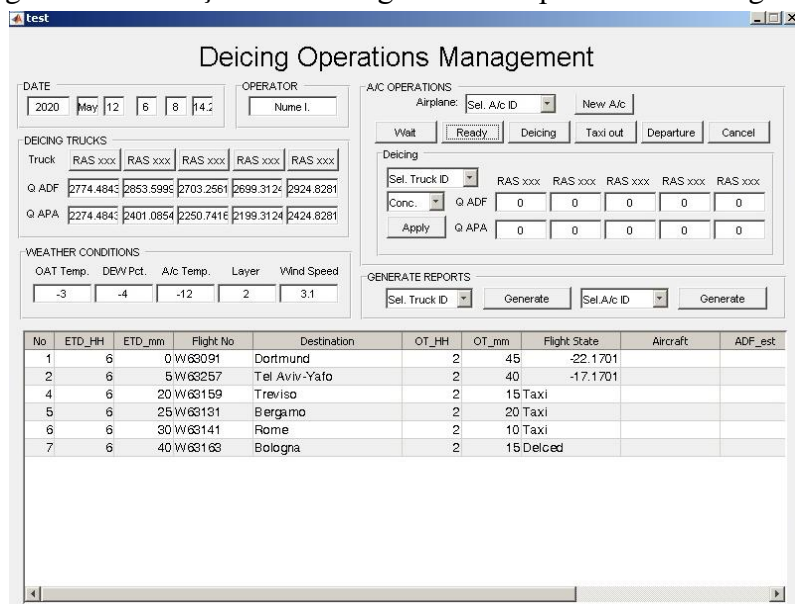


Fig. 5.1.c Interfața softului de gestionare a procesului de degivrare

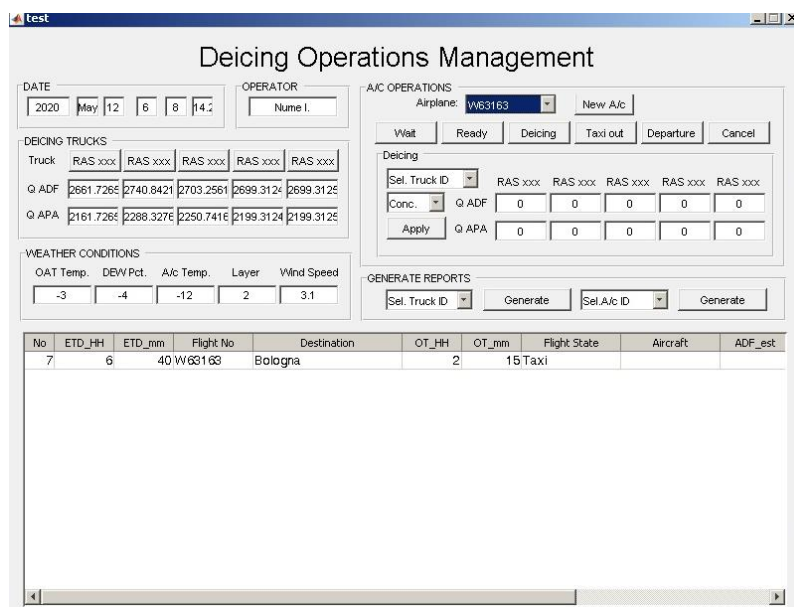


Fig. 5.1.d Interfața softului de gestionare a procesului de degivrare

Prin această interfață se dorește vizualizarea unor stări multiple ale aeronavei, pornind de la programul specific de operare al aeroportului. O primă facilitate a acestuia o reprezintă flexibilitatea cu care se aleg aeronavele din programul listat „nrFlight”=[F] sau posibilitatea introducerii unei noi aeronave (cursă charter) „New”=[N]. Lista poate fi actualizată prin opțiunea „Refresh”=[R].

Dacă se dorește preluarea unei aeronave din lista programului de operare a aeroportului, atunci nu trebuie decât să specificăm numărul curent al zborului din lista afișată și să tastăm [F]. În acest sens, se introduce nr. poziției aeronavei din lista curentă afișată și se alege starea aeronavei, ce poate fi exprimată prin:

- în așteptare (Wait) – se desfășoară alte activități în jurul aeronavei;
- aeronava a încheiat toate procesele din escală și este în poziția de așteptare gata să înceapă degivrarea (Ready).
- după încheierea degivrării se verifică continuitatea stratului depus și grosimea acestuia, când procesul se consideră încheiat se alocă starea „DeIced”=[I]. Teoretic aeronava ar trebui să înceapă rulajul în taxi dacă primește aprobarea de la TWR în acest sens.
- începerea rulajului în taxi se identifică prin „Taxi out”=[T], timp ce este înregistrat în sistem pentru fiecare aeronavă până când se aliniază la poziție, la capul pistei și primește aprobarea pentru decolare;
- starea de „Dep”=[D] o primește după ce aeronava a atins v_2 (ATOT), prin sistemul ACARS-OFF.

Interfața este construită astfel încât să permită emiterea unor rapoarte de activitate pentru fiecare utilaj participant la proces, prezentând cantitatea de ADF și apă consumată în timp.

Prin această dezvoltare a softului, s-a încercat să se surprindă cât mai multe elemente ale procesului de degivrare și să se ușureze pe cât posibil luarea deciziilor în procesul de degivrare, astfel încât rezultatele obținute să aducă o îmbunătățire semnificativă a acestei activități.

5.3 CONCLUZII PARȚIALE

În acest capitol s-a urmărit identificarea unor soluții care să reducă timpul de întârziere a aeronavelor la degivrare și totodată să se reducă timpul de deplasare al utilajelor de la poziția de staționare la poziția de deservire.

Prin programul realizat au fost stabilite anumite constrângeri ce au permis soluționarea problemei cu restricții parțiale, pentru a oferi o soluție optimă în funcție de variațiile impuse.

În cadrul etapei de testare a programului au fost observate anumite aspecte ce au condus la cercetări detaliate asupra unor probleme cum ar fi:

1) Alocarea timpilor de încheiere a procesului de escală conform unui scenariu stabilit. Așa cum a fost definit scenariu nu a existat nicio situație în care două sau mai multe aeronave au terminat în mod simultan procesul de escală și să necesite toate degivrarea.

Acest lucru a permis o gestionare simplificată a problemei, ceea ce nu exclude posibilitatea ca în realitate acest lucru să se întâmple. Într-o astfel de situație se impun reguli de priorizare suplimentare față de cele stabilite.

2) Cazurile în care avem un singur utilaj disponibil nu au fost îndeajuns de bine studiat, mai ales colaborate cu alte restricții.

3) Problematika studiată a fost exemplificată pe un singur tip de aeronavă. Dacă am introduce în necunoscutele problemei tipuri variate de aeronave, problema s-ar diversifica, ceea ce realitatea nu o exclude.

4) În acest studiu nu au fost impuse condiții de predegivrare. Acest lucru se practică pentru aeronavele ce rămân peste noapte pe aeroport și se anunță condiții meteo severe. Pentru a nu permite o depunere a gheții în mod semnificativ pe suprafața aeronavei peste noapte, unii operatori de handling preferă să facă o degivrare a aeronavei imediat după ce pasagerii și bagajele au fost debarcate. În felul acesta nu se acumulează depuneri semnificative de gheață pe suprafața aeronavei și totodată se scurtează procesul de degivrare a aeronavei la ora programată de decolare.

Obiectivul 7 „Optimizarea procesului de degivrare printr-o funcție cu restricții multiple” a fost îndeplinit realizând un program în Matlab capabil să ofere soluții în rezolvarea problemei date și totodată să înregistreze rezultatele obținute.

Contribuții personale

Capitolul IV a urmărit atingerea **obiectivului 6** „Stabilirea unui model matematic prin care să se identifice cantitatea de ADF / AAF folosită, în funcție de factorii de influență identificați”.

Pentru a înțelege procesul de degivrare, s-au identificat și prezentat sintetic reglementările specifice ce stau la baza desfășurării acestei activități, dezvoltate de diferite organizații internaționale. Este important ca tot ceea ce facem în aviație să fie în acord cu reglementările specifice, iar degivrarea ocupă o poziție aparte în acest sens.

După descrierea activității de degivrare propriu-zise, pentru autor a fost foarte important să se identifice câțiva factori de influență ai acestei activități, care prin analiza lor să conducă la obținerea unei legi de compoziție ce poate oferi o determinare cât mai precisă a cantității de ADF folosită, în raport cu factorii enumerați.

Utilizând datele statistice rezultate din degivrarea aeronavelor, de la compania Romanian Airport Services s-a trecut la sortarea datelor, validarea informațiilor legate de temperatura

mediului ambiant cu informații de pe site-uri specifice și apoi testarea factorilor relevanți în raport cu cerințele impuse de utilizarea unui model liniar multifactorial [52], iar în final rezultatele au fost rafinate utilizând un model neliniar, cu patru factori de influență:

- temperatura mediului ambiant, x_{1t} ,
- temperatura suprafeței aeronavei, x_{2t} ,
- grosimea stratului depus pe suprafața aeronavei, x_{3t} și
- intensitatea vântului, x_{4t} .

Dezvoltarea acestor modele reprezintă o contribuție personală și originală ce au condus la obținerea unor rezultate cu un grad de corelare al informațiilor de:

a) în cazul degivrării cu o concentrație de 50/50 și a utilizării unui model liniar multifactorial, gradul de determinare a cantității estimate pe baza funcției de estimare, este de **85.02%** în timp ce în cazul utilizării unui model neliniar acesta ajunge la **93.2%**;

b) în cazul degivrării cu o concentrație de 75/25 și a utilizării unui model liniar multifactorial, gradul de determinare a cantității estimate este de **82.62%**, în timp ce în cazul utilizării unui model neliniar acesta ajunge la **85.03%**;

c) în cazul degivrării cu o concentrație de 100/0 și a utilizării unui model liniar multifactorial, gradul de determinare a cantității estimate este de **3.25%**, în timp ce în cazul utilizării unui model neliniar acesta ajunge la **75.70%**.

Prin aceste expresii matematice s-a oferit o soluție la o problemă ce prezintă interes, atât pentru companiile de handling, cât și pentru aeroporturile pe care se efectuează acest proces.

Pentru un aeroport, ca parte integrantă a acestui proces prin asigurarea unei platforme specifice de degivrare, este util să se cunoască cantitatea și durata estimată, pentru a dimensiona în mod corespunzător această platformă. Dimensionarea acesteia se face ținând cont de următoarele aspecte:

- configurația căilor de rulare și a pistelor;
- de evoluția condițiilor meteo și în special a parametrilor de mai sus arătați, prin valoarea lor medie și minimă, înregistrată pentru fiecare zi din an. Desigur, că acest lucru impune o bază de date consistentă, dar și utilă atât pentru procesul de degivrare cât și pentru extinderea suprafeței de mișcare (conform prevederilor din ICAO Doc. 9157 – Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways)
- de programul de operare al aeronavelor pe aeroportul studiat și de evoluția viitoare a acestuia;
- de tipurile de aeronave ce operează pe acest aeroport și de limitele de siguranță impuse între două aeronave aflate în vecinătate, atât în plan lateral cât și longitudinal (vezi ICAO Doc. 9157 - Aerodrome Design Manual, Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays, Fourth Edition – 2005, cap. 3.6)
- de capacitatea sistemului de drenare și preluare a apei pluviale, precum și a lichidului de degivrare rezultat din degivrarea aeronavelor. Față de acest lucru există o serie de prevederi legislative privind protecția mediului, problemă studiată și publicată într-un articol [59].

Pentru companiile aeriene această determinare a cantității necesare de fluid de degivrare de tip II, oferă o perspectivă bună asupra capacității acesteia de a identifica costurile probabile ale acestei activități, precum și durata procesului în sine. Acesta este o problemă mult mai importantă pentru operatorii aerieni decât costul fluidului de degivrare, deoarece companiile sunt

mult mai preocupate de respectarea programului de operare al fiecărei aeronave, decât de prețul fluidului de degivrare. Este o problemă de gestionare a resurselor operaționale și de respectare a orarului de zbor, cu implicații multiple pentru echipaje și pasageri.

Pentru companiile de handling implicate în acest proces, este o problemă de gestionare a resurselor, așa cum a fost prezentat în capitolul 5.

În procesul de prelucrare a datelor statistice ce au stat la baza determinării necesarului de ADF / AAF, s-a observat că pentru anumite seturi de date numerice, valorile rezultate comportă anumite particularități atunci când temperatura mediului exterior coboară sub -20°C și avem un fenomen de ploaie suprarăcită. Panta curbei Y_t este mare ceea ce induce o particularitate în

aproximarea valorilor lui \hat{Y}_t . Deoarece fenomenele de ploaie suprarăcită (freezing rain) sunt destul de rare în țara noastră și în general sunt episoade scurte în timp, s-au izolat aceste date. Mai mult decât atât este necesar să avem un volum mare de date atunci când procesăm valori numerice, pentru a reduce eroarea de estimare.

Din cercetările efectuate în acest capitol, a rezultat publicarea a unui articol [59] „*Considerații asupra degivrării aeronavelor la sol și dezvoltarea durabilă aeroportuară*”, în Revista de Chimie, vol. 2 / 2019, București. În acest fel, s-a căutat punerea în valoare a informațiilor rezultate din cercetarea științifică, conturând preocupările personale, dar și ale specialiștilor din domeniu, interesați de o utilizare rațională a fluidelor de degivrare / antigivrare, precum și a problemelor de protecție a mediului.

Prin soluțiile oferite în lucrarea publicată, dar și în teză se oferă o alternativă la exploatarea durabilă a mediului aeroportuar în acord cu reglementările specifice din domeniu. [64], [65], [66].

Prin rezultatele obținute și prezentate în acest capitol se consideră că au fost atinse aceste obiective și că se oferă posibilitatea unor dezvoltări viitoare utilizând diferite fluide de degivrare.

Capitolul V a venit ca o continuare firească a cercetării începute în prezenta lucrare și nu numai, oferind un model matematic și o aplicație software care să permită o îmbunătățire reală a activității de degivrare, printr-un control riguros al proceselor.

Obiectivul care a stat la baza acestui capitol a fost:

Obiectivul 7 „*Optimizarea procesului de degivrare printr-o funcție cu restricții multiple*”.

Pornind de la o idee publicată de Anna Norin și alții [3], s-a dezvoltat un proces de calcul luând în considerare toate elementele ce stau la baza procesului de degivrare, pe un aeroport. Pentru autor, în această lucrare, a fost foarte important să se surprindă întregul proces de degivrare în cel mai mic detaliu, arătând care sunt elementele ce trebuie să fie identificate într-un proces de calcul astfel încât cei ce utilizează softul să aleagă soluția cea mai bună pentru operatorul aerian, dar și pentru compania de handling sau aeroport.

Contribuții originale

Dezvoltarea unui soft adecvat procesării datelor referitoare la degivrare, a constituit o altă preocupare a acestei lucrări, aducând totodată și un element de originalitate al lucrării.

Prin intermediul acestei aplicații activitatea de degivrare se poate gestiona mult mai ușor, indiferent că aceasta se efectuează pe o platformă dedicată, așa cum ar fi de dorit sau la poziție.

Dezvoltarea acestei aplicații s-a bazat pe următoarele principii:

- simplitate în utilizare;
- flexibilitate în introducerea și obținerea de date;
- primul venit, primul servit;

Acest program are doi protagoniști principali: operatorul aerian și compania de handling. Din această perspectivă s-au construit restricții și s-a dezvoltat toată partea de calcul, prezentată în capitolul 5, luând în considerare toate aspectele considerate utile în gestionarea acestei probleme.

Cum în general resursele implicate în această problemă sunt finite, s-a considerat că este util să concentram atenția asupra următoarelor resurse:

- resursa umană – persoanele implicate în degivrarea propriu-zisă;
- resursa tehnologică – reprezentată de utilajele disponibile folosite la degivrare.
 - cantitatea de lichid de degivrare și apă din fiecare utilaj de degivrare.

- resursa de timp disponibilă până la ora programată pentru decolare.

Toate aceste aspecte sunt luate în considerare atunci când se face degivrarea unei aeronave, pentru a obține cele mai bune rezultate, în primul rând pentru operatorul aerian, ca principal beneficiar al acestui program, și apoi dacă este posibil, pentru compania de handling.

Luând în considerare cel de-al doilea principiu care stă la baza dezvoltării acestui program, am stabilit ca fiecare aeronavă introdusă în lista de procesare să aibă un anumit status:

- Wait, Ready, Deicing, Taxi out, Departure și Cancel.

Practic s-au definit toate stările prin care trece o aeronavă din poziția acesteia la stand și până când decolează. Acest lucru permite un control strict asupra aeronavelor aflate pe platformă în operare și care urmează să fie degivate.

În gestionarea corespunzătoare a activității s-a considerat că în funcție de situația dată, agentul coordonator al activității de degivrare de pe platformă sau de la aeronavă (în cazul în care degivrarea se face la poziție) să stabilească de câte utilaje are nevoie pentru a degivra. Desigur că este o doză de subiectivism, dar ne bazăm pe o decizie rațională bazată pe cunoaștere și experiență.

Softul oferă o estimă a necesarului de fluid de degivrare și apă, însă în cele din urmă, la finalul procesului sunt introduse cantitățile reale consumate pe fiecare utilaj participant. Acest lucru permite obținerea unor rapoarte de lucru pe fiecare aeronavă / companie și pe fiecare utilaj de degivrare participant la proces.

Practic avem o imagine în timp real a consumului de apă și de fluid de degivrare, pe fiecare aeronavă și utilaj folosit, ceea ce conduce la o mai bună coordonare și antrenare a resurselor folosite, dar și un control al resurselor folosite pe fiecare zi sau săptămână. Acestea sunt trei dintre principiile de bază ale managementului. Iar dacă privim problema prin prisma unei activități ce se poate planifica așa cum a fost arătat la capitolul IV, prin faptul că putem evalua nevoile viitoare având la dispoziție câteva date importante ale acestui proces, putem discuta și de o organizare mai eficientă a acestei activități.

Softul este văzut ca o aplicație ce se poate extinde și adapta oricărui aeroport, în funcție de specificul activității de operare și degivrare.

Perspective de dezvoltare ulterioare

Prin structura lucrării și prin multitudinea de probleme analizat se desprind câteva propuneri pe care le consider la fel de interesante ca cele prezentate:

1) În capitolul IV am analizat modul în care se poate stabili o relație de dependență între cei patru factori considerați și cantitatea de ADF utilizată la degivrarea aeronavei. Această analiză s-a efectuat pentru un singur tip de ADF, cel de tip II. Este interesat de continuat acest studiu și la alte fluide de degivrare, cum ar fi de tip I sau de tip IV.

2) Dacă în timpul procesului de degivrare s-ar folosi un tip pentru degivrare (ADF) și un alt tip pentru antigivrare (AAF) ar fi interesant de stabilit care tip este cel mai potrivit pentru fiecare etapă în parte, atât din punct de vedere al timpului de bună protecție (holdover time) cât și din punct de vedere al cantităților minim utilizate.

3) În capitolul V, prin interfața soft folosită nu s-au putut surprinde toate aspectele particulare ce pot fi întâlnite în procesul de degivrare. De aceea ar fi util să se continue extinderea acesteia în următoarele direcții de dezvoltare:

- procesul de degivrare de pe aeroport este efectuat pe o platformă dedicată unde își desfășoară activitatea mai multe companii de handling. Fiecare dintre acestea deservește anumiți operatori aerieni. Problema care se pune este aceea a organizării acestui proces astfel încât fiecare companie de handling să își poată onora contractele de prestare servicii (degivrare), fără ca aeronavele să întârzie de la programul de operare stabilit;

- efectuarea degivrării să se facă în condiții restrânse de temperatură, timp de punere în operare și să ofere soluții reale și la costuri reduse.

Bibliografie selectivă

[3] **Anna Norin, Tobias Andersson Granberg, Peter Värbrand, Di Yuan**, *Integrating optimization and simulation to gain more efficient airport logistics*, Department of Science and Technology, Linköping University Norrköping, Sweden, Eighth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2009), pag. 3;

[4] **Anna Norin**, *Airport Logistics – Modeling and Optimizing the Turn-Around Process*, Department of Science and Technology Linköping University, SE-601 74 Norrköping, Sweden, Norrköping, LIU-TEK-LIC-2008:46, pag. 29;

[6] **Transport Research Fourth Framework Programme Air Transport**, VII — 60, *Total airport performance and evaluation – TAPE*, ISBN 92-828-3391-7, European Communities, Printed in Belgium, 1998;

[7] **Federal Aviation Administration (F.A.A.)**, U.S. Department of Transportation, AC: 150 / 5060-5, *Airport Capacity and Delay*, Date: 9-23-83, pp. 96

[8] **European Organisation for the Safety of Air Navigation**, *OPTAS B Executive Summary*, Contract No. AI-97-CA.2279;

*** ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/transport/docs/summaries/air_optas-b_report.pdf.

[9] **European Organisation for the Safety of Air Navigation**, *SMAN Status Review 2010*, Edition Number: 0.1, Edition Date: 17th Dec. 2010, Status: Proposed Issue, Intended for: General Public;

[10] **Konstantinos G. Zografos, Michael A. Madas**, *Development and demonstration of an integrated decision support system for airport performance analysis*, Transportation Systems and Logistics Laboratory, Department of Management Science and Technology, Athens University of Economics and Business, Evelpidon 47A and Lefkados 33, Athens 113 62, Greece Received 10 October 2005; received in revised form 30 March 2006; accepted 7 April 2006;

[11] Giovanni Andreatta, Lorenzo Brunetta, Amedeo R. Odoni, Luca Righi, Miltos A. Stamatopoulos, Konstantinos G. Zografos, *A set of Approximate and Compatible Models for Airport Strategic Planning on Airside and on Landside*, Air Traffic Control Quarterly, 7, pp. 291-317, 1999;

[12] Konstantinos Zografos G., Michael A. Madas, M.J.A. van Eenige, Arnaldo R. Valdes, *Integrated Airport Performance Analysis through the use of the OPAL Platform*, Report no. NLR-TP-2007-039;

[13] Giovanni Andreatta, Lorenzo Brunetta, Amedeo R. Odoni, Luca Righi, Miltos A. Stamatopoulos, Konstantinos G. Zografos, *Compatible strategic models for airport airside and landside planning*, 2nd USA/EUROPE AIR TRAFFIC MANAGEMENT R&D SEMINAR, Orlando, 1st - 4th December 1998;

[14] Miltos A. Stamatopoulos, Konstantinos G. Zografos, Amedeo R. Odoni, *A decision support system for airport strategic planning*, Transportation Research Part C, pp. 91-117, 2004;

[26] Laguionie G., *Precise de l'art de la guerre ou nouveau tableau analytique de principales combinaisons de la stratégie, de la grandeque militqire*, publicată la Paris, ANSELIN LIBRAIRE pour l'Art Militaire, Les sciences et les arts, , Imprimeur, Rue et Passage Dauphine, no. 36, 1838;

[27] Franklin Hudson, *Pure logistics: the science of war preparation*, Published: Kansas City, Mo., 1917;

[28] EUROCONTROL, *Airport Collaborative Decision Making Implementation*, Manual Fourth Edition, March 2012;

*** <http://www.eurocontrol.int/documents/airport-cdm-implementation-manual-version-4>

[39] Airbus S.A.S., *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning*, AC – A 380 – 800; A 350 – 900; A 340 - 200, 300, 500, 600; A 330 - 200, 300; A 321- 100; A 320 – 200; A 319 – 100; A 318 – 100, cap. 5, Terminal Servicing, Customer Services, Technical Data Support and Services, 31707 Blagnac Cedex, France, 2012;

Boeing Commercial Airplanes, *Airplane Characteristics for Airport Planing*, AC – B 737, B747-4, B747-8, cap. 5, Terminal Servicing, Customer Services, Technical Data Support and Services, Rev B, 2012

[42] Federal Aviation Administration (F.A.A.), U.S. Department of Transportation, *Official FAA Holdover Time Guidelines*, Winter 2019-2020, original issue: August 6, 2019;

[48] EUROCONTROL **Airport Collaborative Decision Making**, *Functional Requirements Document* Version 2.0, October 2005;

[49] EUROCONTROL **Airport Collaborative Decision Making**, First Edition, April 2006;

[54] Nicoleta Jula, *Modelare economică*, Editura Mustang, București, pag. 99 – 110, 129 – 142, 150 - 155, ISBN 978-973-8315-83-9, 2007;

[55] Ramu Ramanathan, *Introductory Econometrics with Applications*, Second Edition, The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers, Orlando, USA, pag. 227 – 229;

[56] Romanian Airport Services S.A., Conform datelor culese în perioada decembrie 2013 – februarie 2014, decembrie 2014 – februarie 2015, decembrie 2015 – februarie 2016, decembrie 2016 – februarie 2017, decembrie 2017 – februarie 2018;

[57] *** <https://www.wunderground.com/history/daily/LROP>

[58] Sorin Eugen Zaharia, Cornel Dinu, *Optimizarea procesului de degivrare a aeronavelor la sol*, U.P.B. Scientific Bulletin, Series D, vol. 79. Issues 4, 2017, pag. 39 – 48;

[59] Cornel Dinu, Sorin Eugen Zaharia, Casandra Venera Pietreanu, „*Considerations on Aircraft On-Ground De-Icing and Sustainable Airport Development*”, Revista de Chimie, Nr. 2, Febr 2019, București, Romania, pag. 560 - 564, WOS: 000461982200040, ISSN: 0034-7752, WOS 1,755;

[60] Balk A.D., Bossenbroek J.W., *Aircraft ground handling and human factors. A comparative study of the perceptions by ramp staff and managemnt*, Report no. NLR-CR-2010-125, NLR Air Transport Safety Institut;

- [61] **University of Westminster**, *European airline delay cost reference values*, Final Report (Version 4.1), Prepared by Department of Transport Studies, 2015;
- [62] **EASA**, Regulamentul de Implementare al Comisiei Europene, nr. 965 / 2012, cu completările ulterioare, Regulamentul de Implementare al Comisiei Europene, Revizia 12, Art. 9b, pag. 10, martie 2019;
- [64] **European Commission Regulations** no. 1907/2006. Law 107/1996, Water Law, published in the Official Gazette no. 244 of 8 October 1996 and supplemented with: - EGG. no. 3/2010, published in the Official Gazette no. 114/2010 of 19.02.2010 and - EGG. no. 64/2011, published in the Official Gazette no. 461/2011, dated 29.06.2011;
- [65] **International Civil Aviation Organization (ICAO)**, *Doc. 9889*, Airport Air Quality Manual, First edition 2011
- [66] **Reglementările Comisiei Europene** nr. 1907 / 2006;
Legea 107 / 1996, **Legea Apelor**, publicată în Monitorul Oficial nr. 244 din 8.10.1996 și completată cu:
- O.U. nr. 3 / 2010, publicată în Monitorul Oficial nr. 114 / 2010, din 19.02.2010 și
- O.U. nr. 64 / 2011, publicată în Monitorul Oficial nr. 461 / 2011, din 29.06.2011;
- [68] **Casandra Venera Pietreanu, Sorin Eugen Zaharia, Cornel Dinu**, „*Quantification of the Impact on the Environment of Romanian National Airlines*”, Revista de Chimie, Nr. 4, Apr 2019, Bucharest, Romania, pag. 1485-1489, WOS: 000469387200079, ISSN: 0034-7752, index **WOS 1,755**;
- [69] **Casandra Venera Pietreanu, Sorin Eugen Zaharia, Cornel Dinu**, „*Risk and Uncertainty in Aviation: A Thorough Analysis of System Vulnerabilities*”, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering, vol. 12, nr. 2, 2018, pag. 99 – 106, DOI 10.5281/zenodo.1315717, ISNI: 0000000091950263