

საჰაერო ხომალდის ჩატვირთვის კონტროლისა და წონა/ბალანსის სტაბილურობის გათვალისწინება ფრენისათვის მგზავრთა რეგისტრაციის ეტაპზე

ბადრი ნადარაია
საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი
ქეთევან დედოფლის გამზირი №16, 0103 თბილისი საქართველო

რეზიუმე: ნაშრომში წარმოდგენილია თანამედროვე კომერციული ავიაციის მგზავრთა ნაკადის გამტარუნარიანობის პოტენციალის სრული ათვისების და სამომავლო ტენდენციების დაკმაყოფილების გზები დღევანდელი მოწინავე ინჟინერიის ხელოვნურ ინტელექტში ინტეგრირებულ კომბინატორიკულ და ალბათურ მოდელებზე დაყრდნობით.

ასევე ასახულია საჰაერო ხომალდზე მგზავრთა მიღება-დაშვების და თვითმფრინავის წონა/ბალანსთან დაკავშირებული საკითხების ერთმანეთთან ინტეგრირება, რაც ხელსაყრელია დროის დაზოგვის, ფინანსური სარგებლიანობის და დამატებითი, რიგგარეშე ადამიანური ფაქტორის ეფექტურობის გათვალისწინების თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: კომერციული ავიაკაცია, მგზავრთა რეგისტრაცია, აეროპორტი, ავიაბაჟანი.

შესავალი

მგზავრთა საჰაერო ხომალდზე მიღების, თვითმფრინავის წონითი ბალანსის შეზღუდვების და ქვემოთ ნაჩვენები საკითხების გაუმჯობესების და დახვეწის მიზნით თბილისის საერთაშორისო აეროპორტის მაგალითზე აღწერილია გასამგზავრებლად მოსული პირის და საჰაერო ხომალდის მომსახურების პროცესი; პუნქტებად ნაჩვენებია ყოველი საკვანძო, მნიშვნელოვანი ეტაპი, რის შემდგომაც შემოთავაზებული სიახლის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა წამოჭრილ საკითხთან მიმართებაში.

ქვემოთ პუნქტებად ნაჩვენები სამოქმედო პროცესების გაუმჯობესების მიზნით მიზანშეწონილია AI (Artificial Intelligence) - ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება პროგრამული უზრუნველყოფის სახით არსებულ სისტემებში. აღნიშნული კონცეპტუალური მიდგომა მოგვცემს შესაძლებლობას დაცული იქნას საჰაერო ხომალდის წონითი შეზღუდვები და ბალანსი მგზავრების მიღების საწყის ეტაპზე. აქვე აღსანიშნავია, რომ თვითმფრინავის წონითი ბალანსის რაციონალიზაცია გვაძლევს შეტყვის კუთხის

ოპტიმიზაციას, რაც პოზიტიურად აისახება საწვავის მოხმარებაზე. ეს კი პირდაპირ პროპორციულად უზრუნველყოფს მგზავრის მხრიდან ფრენისათვის გაღებული ფინანსური ღირებულების შემცირებას.

1. მგზავრთა მიღება (რეგისტრაცია)

1.1. აეროპორტის გაფრენის ტერმინალში შემოსული მგზავრი მიემართება ავიაკომპანიის მიერ არჩეულ სარეგისტრაციო დახლთან, რომელთანაც (გაფრენამდე 2-3 საათით ადრე) დაწყებულია რეგისტრაცია.

1.2. წარადგენს რა მგზავრი სამგზავრო დოკუმენტაციას, მომსახურე პერსონალი (მგზავრთა მომსახურების აგენტი) ხელთ არსებული საბუთების საფუძველზე იწყებს მგზავრის სამგზავროდ რეგისტრაციას.

1.2.1. საფუძვლიანად ხდება პიროვნების იდენტიფიცირება და სამგზავრო დოკუმენტების შემოწმება ტრანზიტული თუ დანიშნულების სახელმწიფოს მოთხოვნებისა და კანონმდებლობის შესაბამისად. დაკმაყოფილების შემთხვევაში მგზავრი დაიშვება ფრენისათვის.

1.2.2. აგენტი ვიზუალურად აფასებს (ფიზიკური შესაძლებლობებისა და დამატებითი მოთხოვნების არსებობიდან გამომდინარე) მგზავრს. მიაჩნება რა, შესაბამის ადგილს საჰაერო ხომალდზე, იწყებს მგზავრის ჩასაბარებელი ბარგისა და ხელბარგის რეგისტრაციას ავიაკომპანიის მიერ განსაზღვრული წესების შესაბამისად.

1.2.3. მგზავრისათვის განკუთვნილი ჩასაბარებელი ბარგის/ხელბარგის რაოდენობა, მოცულობა (გაბარიტები) და წონა განსაზღვრულია ნაყიდ სამგზავრო ბილეთში წინასწარ, თუმცა აუცილებლად გადასამოწმებელია და დასაზუსტებელია მისი შესაბამისობა რეალურთან მიმართებით.

1.3. მგზავრისადმი საჰაერო ხომალდზე კონკრეტული ადგილის მინიჭება, აგენტის კომპეტენციის ფარგლებში, მართვადი პროცესია. აგენტი ეყრდნობა მგზავრის ფიზიკურ შესაძლებლობებს, ავიაკომპანიისა და უშუალოდ მგზავრის ბილეთში გაწერილ მონაცემებს.

მაშასადამე, მგზავრის რეგისტრაცია გულისხმობს, მისი სრულუნარიანობის გაანალიზებას საჰაერო ხომალდზე კონკრეტული ადგილის მინიჭების მიზნით, ხელბარგის, ჩასაბარებელი ბარგის გადამოწმებას ბილეთსა და განსაზღვრულ ნორმატივებთან მიმართებაში, აგრეთვე სამგზავრო დოკუმენტაციის დანიშნულების ადგილზე მისასვლელად შესაბამისობაში არსებობის გადამოწმებას.

აღნიშნული ეტაპების დაკმაყოფილების შემდგომ, მგზავრი გადის საიმეგრაციო და საავიაციო უსაფრთხოების კონტროლს, რის შემდგომაც ელოდება ჩასხდომის დაწყებას წინასწარ განსაზღვრულ დარბაზში.

2. საჰაერო ხომალდის მომსახურება (მოფრენა-გაფრენის ეტაპი)

2.1. მოახლოებული თვითმფრინავის დაფრენის ეტაპზე გადასვლისას გამოითხოვს რა ხომალდის მეთაური შესაბამის ეშელონს, ავიაბაქნის კომპურის მეთვალყურე სახმელეთო მომსახურების პერსონალს წინასწარ (15-20 წუთით ადრე დაფრენამდე) გადასცემს ინფორმაციას მისაღები ბორტის კატეგორიის, რეისის ნომერის, გამოფრენის ადგილმდებარეობისა და სადგომის პოზიციის შესახებ.

2.2. საჰაერო ხომალდის ჩამოფრენის გამოცხადებისთანავე სადგომზე მობილიზდება ავიაბაქნის და ფრენების ოპერირების სამსახურის თანამშრომლები, აკონტროლებენ მგზავრების რაოდენობის შესაბამის ტრანსპორტს, ტრაპების საჭირო რაოდენობას, საწვავგამმართველისა და სახანძრო ბრიგადის ადგილზე ყოფნას (საჭიროების შემთხვევაში), ამოწმებენ სადგომს არასანქცირებული ნივთების არსებობაზე. გამყოლი მანქანისა და მარშალერის მიერ ხომალდის სადგომზე შემოყვანის შემდგომ იწყება ე.წ. „Turnaround Time“ (*TAT - მინიმალური დრო, რომელიც ესაჭიროება საჰაერო ხომალდს სრული მომსახურებისათვის გაჩერებიდან დაძვრამდე*) - დროის ათვლა. (*ყოველ ავიაკომპანიას თვითმფრინავის კლასიდან გამომდინარე წინასწარ აქვს შეთანხმებული სახმელეთო მომსახურების პერსონალთან, რომელიც ზოგად წარმოსადგენ მასშტაბებში 20 წუთიდან იწყება და მეტწილ 60 წუთამდე გრძელდება*).[4].

2.3. საჰაერო ხომალდიდან მგზავრთა გადმოსმის დაწყებისთანავე, ხომალდის მეთაური ფრენების ოპერირების ჩატვირთვის კონტროლისა და კომუნიკაციის აგენტს წერილობით (ან ელექტრონულად, დისტანციურად) გადასცემს გასამგზავრებლად საჭირო მონაცემებს ე.წ. „Trip Info“ დოკუმენტის სახით, რომელშიც ძირითადად ასახულია მარშრუტისათვის საჭირო საწვავის ოდენობა და წონითი შეზღუდვები.

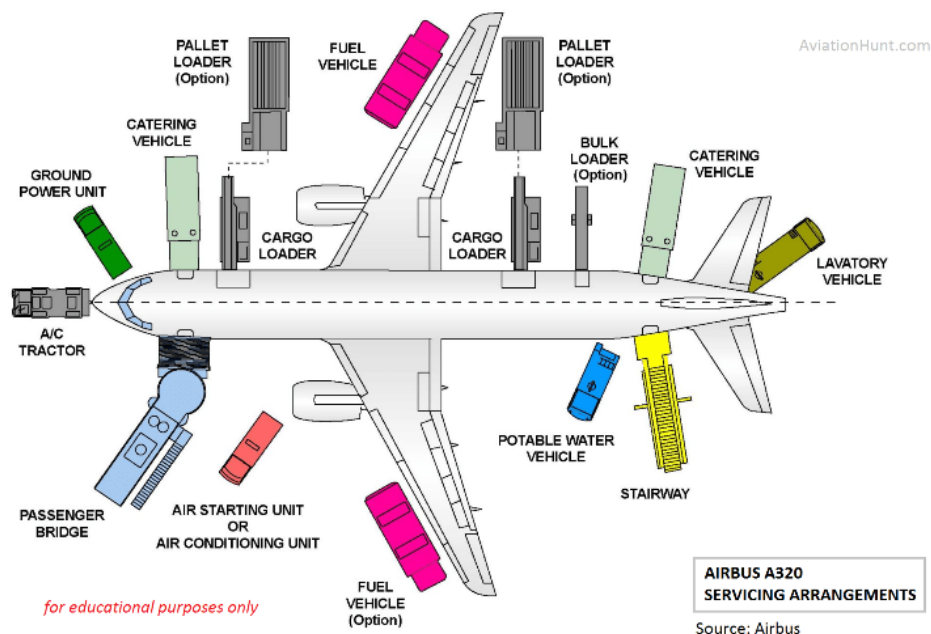
2.3.1. მგზავრების გადმოსმასთან ერთად იწყება თვითმფრინავის საბარგულებიდან ბარგის გადმოტვირთვა. აღნიშნული პროცესი მეტად საყურადღებოა ხომალდის ხმელეთზე სტაბილურობის შესანარჩუნებლად. ამიტომ ბარგის გადმოცლა (წონასთან მიმართებაში) ყოველთვის იწყება უკანა საბარგულიდან და მოყვება წინა საბარგულისკენ. პროცედურის დარღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს ხომალდის სადგომზე დგომის დისბალანსი, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 1-ზე [1].



სურ. 1. საჰაერო ხომალდიდან მგზავრების გადმოსმის და ბარგის არასწორი გადმოტვირთვის შედეგად მიღებული წონითი დისბალანსი

მნიშვნელოვანია კოორდინატორი აგენტი დროულად ღებულობდეს ავიაკომპანიისაგან CPM (Container Pallet Message) ან/და LDM (Load Distribution Message) შეტყობინებებს.

2.3.2. სახმელეთო მომსახურების კოორდინატორი კურიერებს და ორგანიზებას უწევს საჰაერო ხომალდის სერვისებს შესაბამისი ტექნიკის და პასუხისმგებელ პირებთან შეთანხმებით. მომსახურების ტექნიკური საშუალებები და მათი პოზიცირება ხომალდთან მიმართებაში ნაჩვენებია სურ. 2-ზე.



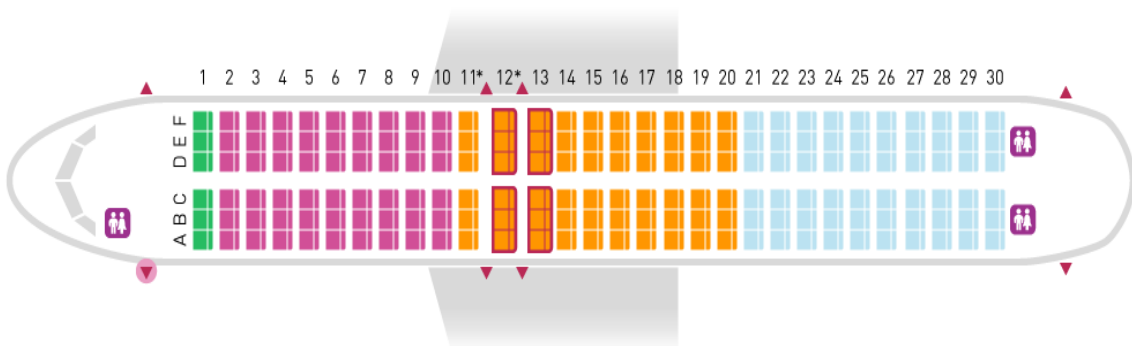
სურ. 2 საჰაერო ხომალდის სახმელეთო მომსახურების ტექნიკის განლაგება თვითმფრინავთან მიმართებაში

2.4. მგზავრთა რეგისტრაციის დასრულებისთანავე (მეტად მნიშვნელოვანია რეგლამენტით გაწერილი დროითი შეზღუდვების გათვალისწინება) ფრენების ოპერირების სამსახურის აგენტი (იგივე LCC - Load Control and Communication ან TRC - Turnaround Coordinator) იწყებს მისთვის ხელთარსებული მონაცემების ერთიანად თავმოყრას საჰაერო ხომალდის სახეობიდან გამომდინარე [3].

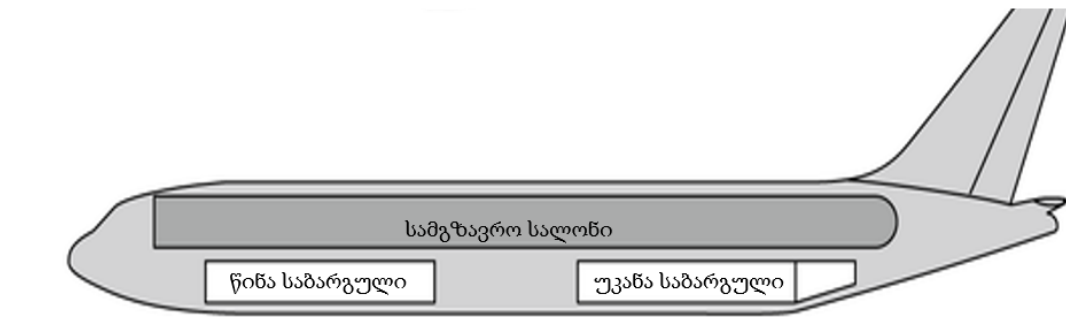
2.4.1. აღსანიშნავია და ყურადსაღებია მგზავრთა კლასიფიკაცია მამრობითი და მდედრობითი სქესის მიხედვით, აგრეთვე ბავშვებისა და 2 წლამდე ბავშვების ბორტზე ყოფნით. საქმე იმაში მდგომარეობს, რომ კონკრეტულ მგზავრზე მისადაგებულია საშუალო წონა. ასე მაგალითად კაცი - 80/85/88 კგ, ქალი - 70/75 კგ, ბავშვები - 30/35 კგ, 2 წლამდე ბავშვები - 0/10/15 კგ კონკრეტული ავიაკომპანიის წესდების შესაბამისად [1,2].

2.4.2. ჩასატვირთი ბარგისა და უშუალოდ ტვირთის კატეგორიები განსაზღვრულია პრიორიტეტების მიხედვით და შეიძლება იყოს ტრანსფერული, პირდაპირი, სწრაფი/ხანგრძლივი ტრანსფერული, ბიზნეს ან და პრიორიტეტული (სადგურზე ჩაფრენისთანავე ბორტზე მისაწოდებელი). თითოეული კლასიფიკაციისა და მარკირების ბარგი თუ ტვირთი უნდა აღმოჩნდეს საჰაერო ხომალდის შესაბამის საბარგულში ისე, რომ არ დაირღვეს თვითმფრინავის საფრენი წონითი შეზღუდვები და წონითი ბალანსი ხომალდის განივ ღერძსა და სიმძიმის ცენტრთან მიმართებაში.

2.4.3. საჰაერო ხომალდზე მგზავრთა განთავსების ზოგადი რუკა იხილეთ სურ. 3-ზე, ხოლო საბარგულების განთავსება ნაჩვენებია სურ. 4-ზე.



სურ. 3 საჰაერო ხომალდზე მგზავრთა განთავსების პოზიციები



სურ. 4 საჰაერო ხომალდზე სამგზავრო სალონის, წინა და უკანა საბარგულების განთავსების პოზიციები

2.5. საჰაერო ხომალდის ჩატვირთვის კონტროლს აწარმოებს ე.წ. LCC (Load Control and Communication) პირი ზემოხსენებული 2.4.2. და 2.4.3. პუნქტების შეჯამება-გათვალისწინებით სპეციალურ ელექტრონულ-კომპიუტერულ სისტემაში, რომლის ალგორითმი ითვალისწინებს თვითმფრინავის მახასიათებლებს, სამარშრუტო წონით თუ საწვავის მონაცემებს, ასაფრენ წონასა და ხომალდის სახმელეთო თუ საფრენოსნო მდგრადობა/სტაბილიზაციას.

2.6. ჩატვირთვის კონტროლის ელექტრონული სისტემის ზოგადი ინტერფეისი წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილი ილუსტრაციების სახით.

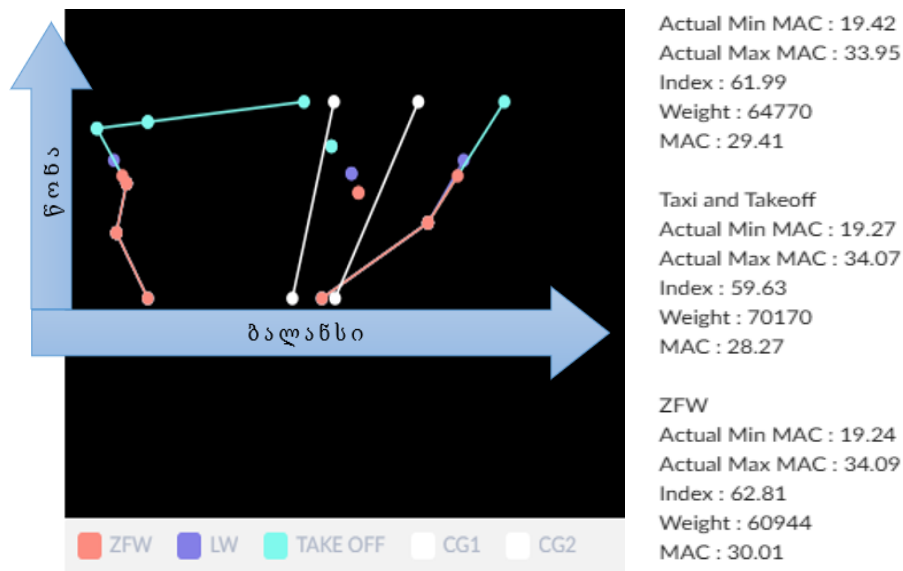
Version 00	Weight Unit KG	Passenger Mass Type M/F	Crew 2/4	Pantry INT
---------------	-------------------	----------------------------	-------------	---------------

Weight Info	Fuel Info	User Info
Dow 44411	Block Fuel 9500	Checked By
Doi 50.95	Taxi Fuel 274	Approved By
Maltow 79000	Trip Fuel 5400	
Mallw 67400		
Avg.Bag.Wt. 13		
Bag/Pass. 1.2		

სურ. 5 Trip Info – წონითი შეზღუდვებისა და საწვავის მნიშვნელობები

NUMBER OF PASSENGERS						WEIGHT DISTRIBUTION											
M	F	Ch	Inf	DHC	CBBG	TR	Count	T.	H1	3402	H3	2426	H4	2110	H5	500	
97	83	4						110	1120	60	610	50	510				
T.M	T.F	T.Ch	T.Inf	T.Dhc	T.Wei	BT	50	857					50	857			
97	83	4	0	0	0												
						C	10	70							10	70	
T.M	T.F	T.Ch	T.Inf	T.Dhc	T.Wei	All Total	All Total			All Total			All Total		All Total		
97	83	4	0	0	0	2047	610			510			857		70		
Total Passenger Count						Total Passenger Weight											
184						14486											

სურ. 6 მგზავრებისა და ტვირთის შემადგამებელი ველი 2.4.2. და 2.4.3 პუნქტების მნიშვნელობების გათვალისწინებით



სურ. 7 წონა/ბალანსის შეზღუდვებისა და ეფექტურობის დიაგრამა

ZFW (Zero Fuel Weight) - სრულიად დატვირთული საჰაერო ხომალდი ყველანაირი წონის გათვალისწინებით გარდა საწვავის წონისა.

LW (Landing Weight) - სრულიად დატვირთული საჰაერო ხომალდის დასაფრენი წონა.

TOW (Take Off Weight) - სრულიად დატვირთული საჰაერო ხომალდის ასაფრენი წონა.

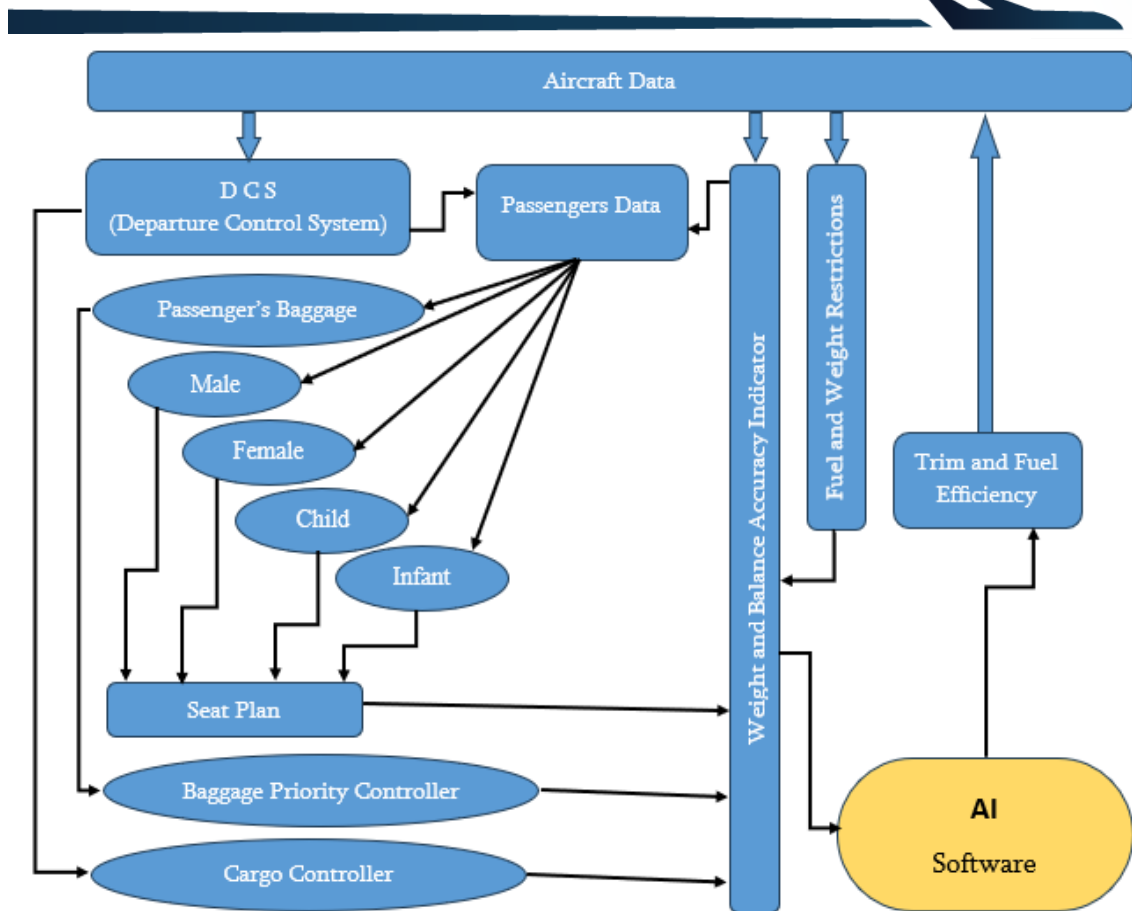
დიაგრამაზე თეთრ მონაკვეთებს შორის მოქცეული წონა/ბალანსის მაჩვენებლები (ZFW, LW და TOW) ცხადყოფს საჰაერო ხომალდის იდეალურ ბალანსსა და მდგრადობას საწვავის გარეშე, დაფრენისა თუ აფრენის ეტაპებზე [2].

ZFW, LW და Take Off მაჩვენებლების კონტროლი შესაძლებელია სავარაუდო, წინასწარი გეგმარებითი ჯავშნებისა და მოსალოდნელი ბარგისა და ტვირთების გათვალისწინებით.

ჭეშმარიტი მონაცემების საფუძველზე, რომელიც დროის რეალურ რეჟიმში ცვალებადია მგზავრებისა და მათი ბარგის საჰაერო ხომალდზე ჩატვირთვისთანავე, შესაძლებელი ხდება საჰაერო ხომალდის მდგრადობა/სტაბილიზაციისა და წონების კონტროლი უშუალოდ სარეგისტრაციო დახლთან. მგზავრების საჰაერო ხომალდზე დაშვების პასუხისმგებელ პირს დროის რეალურ რეჟიმში ეცოდინება მგზავრთა რაციონალური განთავსების ადგილები თვითმფრინავში, აგრეთვე მხედველობაში მიიღება ბარგის, ტვირთის რაოდენობა და წონა. ერთმანეთის მონაცვლეობით (პრიორიტეტების გათვალისწინებით. პუნქტი 2.4.2.) პასუხისმგებელ პირს ექნება ზუსტი ინფორმაცია საჰაერო ხომალდის რომელ საბარგულში განთავსოს კონკრეტული ტვირთი.

თანამედროვე ხელოვნური ინტელექტის დაპროგრამება შესაბამისი ალგორითმებით არ წარმოადგენს სირთულეს. შესაბამისად, საქმე მარტივდება ადამიანური ფაქტორის გამორიცხვის, საწვავის რაციონალური ხარჯვის და წონა/ბალანსის იდეალური ნიშნულის შენარჩუნების ხარჯზე.

მოქმედების პრინციპის ზოგადი ილუსტრაციისათვის ნაჩვენებია სქემა სურათზე 8.



სურ. 8 საჰაერო ხომალდის წონისა და ბალანსის შენარჩუნების ზოგადი სქემა შემადგენელი კომპონენტებისა და AI-ის გამოყენებით

დასკვნა

საჰაერო ხომალდის წონისა და წონითი ბალანსის დაცვა კომერციული, საინჟინრო და აგრეთვე უსაფრთხოების მაღალეფექტურობის, ადამიანური ფაქტორისა და რაციონალური დროის მართვის საკითხიდან გამომდინარე უმჯობესია დაცული იყოს თავდაპირველ ეტაპებზე - მგზავრის და ბარგის ფრენაზე მიღებისთანავე.

მგზავრის ფრენაზე რეგისტრაციისთანავე ნათელია ხომალდის რეალური წონა/ბალანსი და შესაბამისად, პირველივე პასუხისმგებელი ინსტანციისათვის ხელმისაწვდომი ხდება ადრეულ ეტაპებზე ამ საკითხის მართვა და კორექცია. აქვე მკვეთრად მატულობს თვითმფრინავის ხმელეთზე მდგრადობის შესახებ ინფორმაცია გადმოტვირთვის და მგზავრების გადმოსმის შემთხვევაში.

ჩასხდომა/ჩატვირთვის ეტაპი კი გაცილებით ეფექტური ხდება დროითი დანაკარგების თავიდან აცილების თვალსაზრისით, იმდენად, რამდენადაც დროის რეალურ რეჟიმში (ან რეგისტრაციის დასრულებისთანავე) საჰაერო ხომალდის ჩამტვირთავს ზუსტად ეცოდინება სად და რომელი ბარგი განათავსოს. ხელოვნური ინტელექტის და საჭირო პროგრამული უზრუნველყოფის გათვალისწინებით მცირდება TAT მაჩვენებელი, რაც პერსპექტივაში რაციონალურს ხდის ავიაკომპანიების ფინასურ ხარჯებს დროის ფაქტორთან მიმართებაში და ზრდის აეროპორტის საჰაერო ხომალდების გამტარუნარიანობას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. "Aircraft Weight and Balance Handbook" - *FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2016)*.
2. "WEIGHT, BALANCE AND PERFORMANCE" - *UK Civil Aviation Authority (2024)*.
3. "Airport Management" - *Daniel Prather (2015)*.
4. "PRINCIPLES OF AIRLINE AND AIRPORT MANAGEMENT" – *Institute of Management Studies (2015)*.

Passenger Boarding on an Aircraft Considering Load Control and Weight/Balance Stability

Badri Nadaraia

Georgian Aviation University

16 Ketevan Dedoplis Avenue, 0103 Tbilisi, Georgia

Abstract: *The article presents ways to fully harness the potential of passenger flow capacity in modern commercial aviation and meet future trends based on combinatorial and probabilistic models integrated with today's or advanced engineering's artificial intelligence. The article also reflects the integration of issues related to passenger boarding and disembarkation on the aircraft and the weight/balance of the airplane, which is beneficial in terms of saving time, financial utility, and considering the effectiveness of additional, extraordinary human factors.*

Keywords: *Commercial aviation, passenger check-in, airport, apron.*