

Michał KOZŁOWSKI, Ewa DUDEK  
Warsaw University of Technology (Politechnika Warszawska)

## IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF INFORMATION SURPLUS IN AERONAUTICAL SYSTEMS

### Identyfikacja i analiza nadmiaru informacyjnego w systemach lotniczych

**Abstract:** *This article is a continuation of the Authors' study on issues concerning safety of aeronautical data and information. This time, however, the main focus was placed on identification and analysis of information surplus in aeronautical systems. After a short introduction the redundant reliability structure was characterised and types of excesses used in aeronautical systems were distinguished. Special attention was paid to the title information surplus. Then, aeronautical data and information were described – the purpose and forms of their publication and the fundamental categories of aeronautical data and information were identified. In the following part of the publication, information surpluses for indicated categories of aeronautical data and information, published in various forms, were identified and the risk profile of information surplus appearance was analysed. The whole article was summed up with conclusions. Analysed issues will be the subject of Authors' further study.*

**Keywords:** information surplus, aeronautical data and information, safety, reliability

**Streszczenie:** *Artykuł stanowi kontynuację prac autorów nad zagadnieniem szeroko rozumianego bezpieczeństwa danych i informacji lotniczych. Tym razem jednak główny nacisk położono na identyfikację i analizę nadmiaru informacyjnego w systemach lotniczych. Po krótkim wprowadzeniu scharakteryzowano nadmiarową strukturę niezawodnościową oraz wyróżniono rodzaje nadmiarów, stosowanych w systemach lotniczych, zwracając szczególną uwagę na tytułowy nadmiar informacyjny. Następnie opisano dane i informacje lotnicze – cel i formy ich publikacji oraz dokonano identyfikacji podstawowych kategorii danych i informacji lotniczych. W dalszej części pracy zidentyfikowano nadmiary informacyjne dla wyróżnionych kategorii danych i informacji lotniczych, publikowanych w różnych formach oraz przeprowadzono analizę profilu ryzyka występowania nadmiaru informacyjnego. Całość podsumowano wnioskami. Zagadnienia te będą także przedmiotem dalszych prac autorów.*

**Słowa kluczowe:** nadmiar informacyjny, dane i informacje lotnicze, bezpieczeństwo, niezawodność

## **1. Introduction**

The dynamic development of air transport's system is in particular based on scientific and technical progress and economic growth. It may be noticed in the continuous implementation of new technical and organizational solutions, with the overriding objective to ensure continuous improvement of the system and to increase the level of safety and quality of air traffic and transport. The current direction of development and improvement in the air transport system concerns the implementation of new systems, techniques and procedures allowing exchange of data and information. What is characteristic in this context, is a constant increase in the amount of collected and processed data as well as the increasing redundancy of aeronautical telematic systems, starting with data and information sources, and ending with the user's - the final recipient of aeronautical information - interfaces. It stays in a direct relationship (in the technical, procedural and operational sense) with the increase of the aeronautical teleinformatic systems' integration degree and level of autonomy [9, 10]. And at the same time, it seems to be an obvious following stage in the development of aeronautical telematic systems, aiming at continuous improvement of the air transport system, especially in the context of safety and quality problems.

However, it should be taken into account that in such a situation, "Information excess forces the recipient to intensify the effort put into their reception and selection, that is why the ability to manage information is of key importance. In the past, we had a shortage of information, nowadays we have their excess. Currently, there are so many information that it is difficult to comprehend them, and even more difficult to verify, which are proper, valid, up to date." [1]. As a consequence a new question should be posed – is it safe? This article is devoted to finding an answer to his question. The Authors, however, analyse the problem in other, than usually considered today, context of cyberspace security, which means in the context of end user's safety and operational risk, e.g. aircraft's crew or air traffic controller.

What also seems significant in the analysed problem is the contemporaneous change of the safety context, from its „hard” formula (technical means, resources, personnel) to a „soft” one (immaterial assets including information) and the growing scope and importance of the so-called "soft power" [12], which finds a full and specific reference to airspace management (ASM), air traffic flow management (ATFM) and the provision of air traffic services (ATS), carried out in the entire ATM.

## 2. Redundant reliability structure

Contemporary aviation systems are characterized by a high degree of complexity, advanced technical structures, diversity and a high degree of applied systems' integration, a multitude of entities and services participating in air traffic management (ATM) as well as aerodromes' management and providing air transport services and its attendance. The priority objective of each of them is to ensure safety in the context of unintentional threats and protection against intentional threats as well as to ensure the regularity and continuity of the air transport system's operation.

The issue of aeronautical traffic and transport safety, in a wide range of problem areas, is the subject of numerous studies and analysis. Broadly understood safety of aeronautical systems can be considered taking into account the reliability theory [7] understood as the system's ability to meet specific requirements in a given time and in specific operating conditions. These requirements can be defined in various ways, however, the occurrence of a set of features that do not meet the requirements, i.e. the occurrence of the so-called "damages" should have a minimal impact on the execution of a particular aeronautical task. Thus, it is possible to define the aeronautical system's reliability function  $R(t)$ , determining the probability that the duration  $T$  of the particular task will be longer than unrestricted time  $t$ .

$$R(t) = P(T > t) \tag{1}$$

In order to specify the subject of consideration in detail, with reference to the air transport system, the following can be distinguished [8]:

the exploitational reliability, expressed as a measure of likelihood of failure's or non-compliance's non-occurrence –  $R_E$ ;

the operational reliability, expressed as a measure of likelihood of aeronautical transport task's execution –  $R_O$ ;

which values for the given number of aeronautical operations –  $N$  to be executed in time –  $T$  can be expressed as follows:

$$R_E(t) = \frac{N_{11} + N_{10}}{N} \tag{2}$$

$$R_O(t) = \frac{N_{11} + N_{01}}{N} \tag{3}$$

where:

- $N_{11}$  – the number of executed flight operations without damage or non-compliance occurrence,
- $N_{10}$  – the number of unenforced flight operations without damage or non-compliance occurrence,
- $N_{01}$  – the number of executed flight operations with damage or non-compliance occurrence,
- $N_{00}$  – the number of unenforced flight operations with damage or non-compliance occurrence,

$$N = N_{11} + N_{10} + N_{01} + N_{00} \quad (4)$$

Between the courses of  $R_E$  and  $R_O$  reliability functions occur dependencies, which can be described as "flashback probability" [8], but, as the test results show, operational fallibility only to a small extent depends on technical exploitative fallibility [8] and that (what is important in the considered problem) the time of the navigation system's correct operation (compliance of information quality attributes with requirements) is nearly 3 times longer than the time of system being in the state of safety unreliability [6].

In order to minimize the impact of random failures, incompatibilities and other disturbing factors in the reliability structure of the vast majority of aeronautical systems' technical objects and elements excesses [7, 8, 24] are used. A system that has an element or elements which failure or disability does not cause the whole system to pass into the state of safety unreliability is called a system with a redundant reliability structure [7]. In case of damage to an excess element (reserve), the system may continue to perform specific tasks or perform them under specific conditions. It depends on the type of surplus used and its incorporation into the basic structure, complexity and type of the reliability structure. These parameters have a direct impact on the consequences of occurred failures, considered in the conceptual categories of the above-mentioned function of operational and exploitative reliability, respectively improving their parameters and characteristics and increasing the values achieved in practice.

The following types of surpluses, commonly used in aeronautical systems, can be distinguished [7, 8, 24]:

- structural surplus (the object consists of a basic element and its reserve), for example: duplication of aircraft's control systems, incorporation of inertial and radio navigation systems, installation of 2 radio stations;
- functional surplus (each element performs its function, when one element fails, the other element takes its function over in a certain range), for

example: the use of the Automatic Direction Finder (ADF) as a fixed flight service radio station;

- parametric surplus (the value of a specific parameter, e.g. the energy fund, is greater than the nominal demand), for example: fuel reserve "+ 10%";
- time surplus, e.g.: scheduling a longer time, than actually needed, for Preflight Ground Inspection, time interval "SLOT = (CTOT-5, CTOT+ 10)";
- durability surplus, e.g. the PCN number of the runway's surface is greater than the nominal ACN number of regularly operating aircrafts;

as well as being of Authors' main interest

- information surplus, which main idea lies in multiplying sources of information, channels and means of transmission, receiving devices and ways to provide information to the final recipient, e.g.: use of the read back procedure in radiotelephony correspondence, multiplication of signaling forms (light, sound, LCD display) announcing the released of the landing gear or passed ILS markers, use of defined instrument indication configurations concerning flight conditions, e.g.: "T" configuration of indices (physical or LCD display), transfer of the same information to aircraft crews with the use of radiotelephony correspondence and via ATIS and digital DATA-Links.

Surplus' and reserves' implementation is a common practice in all technical facilities and systems, which have in the process of exploitation the priority objective and attribute to ensure safety [8, 13, 24].

In this article, the authors focused on the information surplus, its identification and analysis in particular, pre-identified categories of aeronautical data and information, as well as their sources and recipients.

### **3. Aeronautical data and information – the objective, the scope and the form of publication**

Aeronautical data and information [14, 23] are published in order to ensure safe and regular air navigation, in accordance with the detailed requirements of ICAO Annex 15 [23], which specifies the type of information to be disclosed and their quality requirements. Aeronautical information, and thus documents used in air traffic, are divided into many different types as they serve different purposes. The ones used in the Aeronautical Information Service (AIS) are the basic source of information about each airport, the accessibility, structure and configuration of

the airspace elements as well as provided air traffic services. Therefore, they are designed in current use mainly for aircraft's crews, air traffic services personnel or airport operators, and for analyzes to administrative units. Other, less critical to safety, may serve passengers, ground service personnel or aviation enthusiasts. Aeronautical documents, understood as aeronautical information and their carriers, can be divided into the following types:

- a) legal acts, standards and international regulations,
- b) Integrated Aeronautical Information Package (IAIP) – therein Aeronautical Information Publication – AIP, temporary operational documentation - NOTAM messages, supplements to AIP, Pre-Flight Information Bulletin and Aeronautical Information Circular,
- c) flight documentation for aircraft crews to be used in the cabin - prepared on the basis of IAIP often by different companies,
- d) manuals, handbooks, training materials, data sets, etc.

As a result of the documents' and requirements' analysis and on the basis of interviews with personnel responsible for air traffic as well as aerodrome traffic, aeronautical data and information basic classes were determined, that will be considered in the following parts of this article:

- a) geospatial, geographic and topographic data,
- b) meteorological data,
- c) aeronautical charts,
- d) data concerning birds and other animals that jeopardize the safety of air operations,
- e) data about radiation sources or objects that may interfere with air communication,
- f) traffic data for aircrafts on movement area and during the flight, including information for search and rescue services,
- g) organizational information, available at the aerodrome's passengers terminal.

The first five mentioned categories refer directly to aeronautical data and information, according to their definitions, presented in [14, 23]. For each of them, a legal act determining the need for their creation and publication, may be indicated. For point a - geospatial, geographic and topographic data, for example, the documents are Annexes 11 and 14 to the Convention on International Civil Aviation [21, 22]. Two remaining categories (f and g) contain rather operational data, not published in the AIRAC cycles and exchanged up to date (e.g.: through radiotelephone communication, ATIS, digital data connections), but also affecting the safety of flight operations and being an example of information surplus implementation.

Most of the aeronautical data and information is critical to safety, hence the special efforts to ensure their quality and safety in the whole process of their creation, collection, processing and publication, described in Authors' previous works [e.g.: 2, 3, 16], for selected systems [e.g. 4] or cases [e.g. 10]. This time, however, special attention was paid to the final use of these data and information, with the aim to identify information surpluses in aeronautical systems.

#### 4. Information surplus identification

Based on the seven aeronautical data and information categories, described in the previous chapter, the first information surplus may be identified. It concerns points a and c, which inevitability of creation and publication arises from ICAO Annexes 4, 11 and 14 [20÷22]. At the same time, they constitute important components of the Aeronautical Information Publication - AIP Poland in both forms. In many areas, geographic, geospatial and topographic data, presented in a descriptive form, coincide with information contained in aeronautical charts, including, for example, aerodrome charts, enroute charts, aerodrome ground movement charts, etc. Therefore, it can be said that this is a duplication of information, which are important for air traffic safety, by presenting them in various forms.

Table 1 presents the identification of information surpluses in aeronautical data and information in terms of their publication form. For each of the seven data and information categories, distinguished in the previous chapter, the form or place of publication was defined, and in case, when selected information is not published, the ways of their exchange were determined.

**Table 1**

**Identification of places of publication and information exchange methods for distinguished categories of aeronautical data**

No	Data/information category	Form/place of publication	Way of information exchange (operational data)
	<b>Geospatial, geographic and topographic data [17]</b>		
a)	<b>latitude and longitude</b> (therein: areas boundary points, NAVAIDS, intersection points, obstacles, runway points, ...)	1. AIP Poland	Exchange of actual data between the Air Traffic Control Service and the aircraft's crew by radio or

No	Data/information category	Form/place of publication	Way of information exchange (operational data)
	<b>elevation, altitude, height</b> (therein: aerodrome elevation, geoid undulation, runway threshold, obstacles, ...)	2. Aerodrome registration manual	through a transponder, plus AFIS, ATIS ACAS, ADS-B/C
	<b>declination, magnetic variation</b> (therein: antennas magnetic variation, ...)	3. Aerodrome operations manual (AOM)	
	<b>bearing</b> (therein: fix bearing, runway bearing, ...)	4. eventually NOTAM	
	<b>length, distance, dimension</b> (therein: aerodrome's available distances: TORA, ASDA, TODA, LDA, runway, taxiway shoulder width and length, accelerate-stop distance available, ...)		
	aerodrome's location related to a large neighboring city	1. AOM	-
b)	<b>Meteorological data</b>		
	aerodrome's reference temperature	1. AIP Poland 2. DTR 3. AOM	Exchange of actual data between the Air Traffic Control Service and the aircraft's crew by radio or through a transponder, plus AFIS, ATIS, VOLMET
	wind indicator, barometer, altimeters location		
	actual data: air temperature, dew point temperature, humidity, pressure, wind speed and direction, wind gusts, visibility, rainfall, ...	1. AIRMET, SIGMET information 2. METAR, SPECI 3. TAF forecast	
	volcanic activity, pollution		
information on hazardous conditions within the movement area caused by snow or ice	1. SNOWTAM		
c)	<b>Aeronautical charts</b>		
	aerodrome terrain and obstacle chart	1. AIP Poland	-
	enroute chart		
	area chart		
standard departure chart – instrument (SID) and standard arrival chart – instrument (STAR)	2. Aerodrome operations manual (AOM)		



No	Data/information category	Form/place of publication	Way of information exchange (operational data)
	instrument/visual approach chart		
	aerodrome chart		
	aerodrome ground movement chart		
	aircraft docking chart		
	world aeronautical chart		
d)	<b>Data concerning birds and other animals that jeopardize the safety of air operations</b>	1. NOTAM	Exchange of actual data between the Air Traffic Control Service and the aircraft's crew by radio or through a transponder, plus AFIS, ATIS
e)	<b>Data about radiation sources or objects that may interfere with air communication</b>	1. AIP Poland 2. NOTAM 3. AOM	Exchange of actual data between the Air Traffic Control Service and the aircraft's crew by radio or through a transponder, plus AFIS, ATIS
f)	<b>Traffic data for aircrafts on movement area and during the flight, including information for search and rescue services</b>	-	Exchange of actual data between the Air Traffic Control Service and the aircraft's crew by radio or through a transponder, plus ATFIS, ATIS
g)	<b>Organizational information, available at the aerodrome's passengers terminal</b>	-	Display of current information on FIDS system monitors, at check-in desks, gates as well as voice messages given by the voice alarm system

In table 1, cells in which the information surplus was identified, are highlighted in blue. As it can be noticed for most data and information categories, they are published not only in the basic aeronautical documents package, which is the Integrated Aeronautical Information Package (IAIP), but also in other forms and documents. This excess can facilitate access to the necessary data and information, but it requires awareness so that the same data, published in various sources, were identical (including: integral, accurate, complete and up to date).

Likewise data, unpublished in the AIP package, which do not have direct impact on flight operations safety but they rationalize the passengers' service at the aerodrome's terminal, such as those from point g), are characterized by information surplus. They are available on FIDS system monitors, at check-in desks, on boarding cards or in particular situations they can be broadcasted using the aerodrome's voice alarm system.

Moreover, in case of four out of the seven data categories (points: a, b, d and e), the required information are published both in paper and electronic form, as well as exchanged on-line between competent authorities of the Air Traffic Services, and aircraft crews.

## 5. Analysis of the information surplus risk profile

As stated in the introduction, the constantly increasing amount of information overload on all recipient and end users groups causes a growing risk to integrity of received and further processed data and information. The discrepancy in the inertial and radio-indications of the on-board navigational systems, known in flight operations safety theory and practice can be regarded as a standard example. Another illustration reflecting the essence of the analysed problem is the incompatibility of the data published in AIP Poland and operational documentation, and the angle of the glide path at the EPPO airport. The issue of aeronautical data and information quality and the associated problem of information overload risk, is analysed by the Authors concerning the approach of Shannon's information theory [15], based on the concept of entropy, which is a measure of chaos or a measure of uncertainty erasing from the information reception and processing. Such approach in terms of aeronautical system is willingly adopted in the works of other Authors as well [7, 11, 18]. According to that the measure the information amount is expressed by entropy [7]:

$$I(S) = -\sum_{i=1}^n P(S_i) \log_2 P(S_i) \quad (5)$$

where:

$S_i$  –  $i$  value of an aeronautical data,

$P(S_i)$  – the probability of occurrence of  $i$  value of an aeronautical data,

$n$  – number of aeronautical data.

In aeronautical systems and structures with information surplus, for example in the form of two independent and different systems measuring distance from the runway threshold, i.e. ILS markers and DME beacon and user (pilot) interfaces i.e.

OM, MM and IM marker beacons and on-board DME indicator, an incident of transferring two different values to the pilot may happen. Theoretically, such a case should be considered in terms of measurement accuracy and two aspects of reliability [18]:

- reliability of the measuring device –  $R_M^{ILS}(t)$ ,  $R_M^{DME}(t)$ ;
- (jointly considered) reliability of transmission, processing and displaying the measurement result –  $R_T^{ILS}(t)$ ,  $R_T^{DME}(t)$ .

When considering this case in a practical sense, it should be taken into account that during the approach phase the pilot does not have any time reserve to analyze the operation of ILS and DME navigational instruments, and thus must in conditions of significant uncertainty take a decision and choose one of two different values of the same variable.

In this exemplary case, the issue of decision information mistake, widely described in the literature [e.g. 7, 19] appears. Adequately:

- mistake of the first kind, i.e. the classification of correct information as incorrect and its rejection, with probability  $p_\alpha$ ;
- mistake of the second kind, i.e. the classification of incorrect information as correct and its acceptance for use, with probability  $p_\beta$ .

For the example, presented above, the excess of information (concerning the distance from the runway threshold) may be expressed by the formula:

$$\gamma = \frac{p_\alpha + p_\beta - 2p_\alpha p_\beta}{p_\alpha^n + p_\beta^n - 2p_\alpha^n p_\beta^n} \quad (6)$$

where:

$n$  – multiplicity of measuring systems redundancy.

What results is that in case of information integrity attribute's violation concerning the same data at the same time, the loss of information and the risk of making a decision error of each type, decreases with the increase of information multiplication (the degree of redundancy).

## 6. Conclusions

The results of the study, presented in the introduction, as well as of the surplus identification and of the selected example's analysis indicate the essence and scale of importance regarding safety issues arising from the information overload in aeronautical systems. These are preliminary results of the continued Authors'

research on issues regarding the quality and safety of aeronautical data and information in the aspect of their operational use, indicating the need for their continuation. What also seems an important observation to the Authors is that in the analysed aeronautical systems, the introduction of redundant technical elements with the same objective function may also constitute a complex excess, e.g. as in the analyzed case, on-board ILS and DME systems to a certain extent constitute information surplus, as well as structural surplus, which must be properly taken into account in the course of further research.

Research regarding information overload and surplus in aeronautical systems will be continued, and for this purpose, in the course of further work, criteria for identifying information surpluses and aeronautical data and information end-user's classification will be formulated. The issues of surplus structure (symmetrical and asymmetrical) and surplus types (without or with the reversible state of safety hazard) [24]. This is an important risk factor for safety and emergency response that must be taken into account.

## 7. References

1. Babik W.: O natłoku informacji i związanym z nim przeciążeniu informacyjnym. In: Morbitzer, J. (ed.). Człowiek-Media-Edukacja, UP, Kraków 2010.
2. Dudek E., Kozłowski M.: The concept of a method ensuring aeronautical data quality. *Journal of KONBiN*, No 37, 2016, DOI 10.1515/jok-2016-0015.
3. Dudek E., Kozłowski M.: The concept of risk tolerability matrix determination for aeronautical data and information chain. *Journal of KONBiN*, nr 43, 2017, DOI 10.1515/jok-2017-0040.
4. Dudek Ewa, Kozłowski Michał: The concept of the Instrument Landing System – ILS continuity risk analysis method, w: *Management Perspective for Transport Telematics / Mikulski Jerzy (ed.), Communications in Computer and Information Science, Springer, 2018.*
5. ICAO Doc 9750 Global Air Navigation Plan 2016-2030; Fifth Edition 2016.
6. Jakubowski B., Załęska-Fornal A.: Szacowanie niezawodności systemu nawigacyjnego w kontekście przetwarzania informacji nawigacyjnej. *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej Rok XIV Nr 1 (156) 2004.*
7. Jaźwiński J., Borgoń J.: *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów.* Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
8. Jaźwiński J., Smalko Z., Żurek J.: *Niezawodność operacyjna systemów transportowych, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie Nr 1(73)/2014.*
9. Kozłowski Michał, Dudek Ewa: *Koncepcja zapewnienia bezpieczeństwa łańcucha dostaw danych lotniczych.* In: *Logistyka lotnictwa. Teoria i praktyka / Ungiert Dariusz (ed.), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych, 2018.*

10. Kozłowski M., Dudek E.: Risk analysis in air transport telematics systems based on aircraft's Airbus A320 accident In: Smart Solutions in Today's Transport / Mikulski Jerzy (ed.), Communications in Computer and Information Science, vol. 715, 2017, Springer International Publishing.
11. Kubiak M., Białoskórski R. (eds.): Informacyjne uwarunkowania współczesnego bezpieczeństwa. Wydawnictwo UPH w Siedlcach, 2016.
12. Kwiecień J., Chojnowski Sz.: Nowe sfery bezpieczeństwa międzynarodowego, SGH\_034\_2012\_02\_51StudiaKES8.indd.
13. Rosiński A.: Analiza niezawodnościowa złożonego systemu bezpieczeństwa dla obiektu o specjalnym przeznaczeniu. Zabezpieczenia 4/2007.
14. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 73/2010 z dnia 26 stycznia 2010 r. ustanawiające wymagania dotyczące jakości danych i informacji lotniczych dla jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej.
15. Shannon C.E., A mathematical theory of cryptography, Bell System Technical Journal, 1945.
16. Siergiejczyk M., Kozłowski M., Dudek E.: Diagnostics of potential incompatibilities in aeronautical data and information chain. Diagnostyka, vol. 18, nr 2, 2017.
17. EUROCONTROL Specification for Data Quality Requirements, Reference nr: EUROCONTROL-SPEC-152.
18. Stawowy M.: Niezawodność informacji w telematyce transportu, TRANSCOMP – XIV. Logistyka, vol. 6, 2010.
19. [www.hint.org.pl/itd=n271](http://www.hint.org.pl/itd=n271) [data dostępu 16.10.2018]
20. ICAO Annex 4 to the Convention on International Civil Aviation, Aeronautical Charts, July 2009.
21. ICAO Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation, Air Traffic Services, International Civil Aviation Organization, July 2001.
22. ICAO Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Aerodromes, International Civil Aviation Organization, July 2009.
23. ICAO Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation, Aeronautical Information Services, International Civil Aviation Organization, July 2013.
24. Żurek J.: Model oceny nadmiarów w lotniczych systemach bezpieczeństwa. Logistyka Tom 4, Rocznik 2010/CD.

## **IDENTYFIKACJA I ANALIZA NADMIARU INFORMACYJNEGO W SYSTEMACH LOTNICZYCH**

### **1. Wprowadzenie**

Dynamiczny rozwój systemu transportu lotniczego oparty jest w szczególności na postępie naukowo-technicznym i wzroście gospodarczym. Przejawia się to ciągłym wdrażaniem nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, z nadrzędnym celem, jakim jest zapewnienie ciągłego doskonalenia systemu oraz zwiększanie poziomu bezpieczeństwa i jakości ruchu oraz przewozu lotniczego. Aktualny kierunek rozwoju i doskonalenia systemu transportu lotniczego dotyczy wdrażania nowych systemów, technik i procedur wymiany danych i informacji. W tym kontekście charakterystyczny jest stały wzrost ilości gromadzonych i przetwarzanych danych oraz zwiększająca się redundantność lotniczych systemów telematycznych, poczynając od źródeł danych i informacji, a kończąc na interfejsach użytkownika – końcowego odbiorcy informacji lotniczej. Pozostaje to w bezpośrednim związku (w sensie technicznym, proceduralnym i operacyjnym) ze zwiększaniem stopnia integracji i poziomu autonomiczności lotniczych systemów teleinformatycznych [9, 10]. A zarazem wydaje się to oczywistym kolejnym etapem rozwoju lotniczych systemów telematycznych, mającym na celu ciągle doskonalenie systemu transportu lotniczego, przede wszystkim w kontekście zagadnień bezpieczeństwa i jakości.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że w takim stanie rzeczy „Nadmiar informacji zmusza odbiorcę do wzmoczonego wysiłku wkładanego w ich odbiór i selekcje, dlatego kluczowego znaczenia nabiera umiejętność zarządzania informacją. Dawniej mieliśmy niedostatek informacji, aktualnie mamy ich nadmiar. Obecnie informacji jest tak wiele, że trudno je ogarnąć, a jeszcze trudniej zweryfikować, które są prawdziwe, ważne, aktualne” [1]. W naturalny sposób rodzi to nowe, w swej istocie, pytanie – czy jest to bezpieczne? Poszukiwaniu odpowiedzi na to pytanie poświęcona jest niniejsza praca. Autorzy zadają je jednak w innym, niż powszechnie dziś rozważany, kontekście bezpieczeństwa cyberprzestrzeni, tj. w kontekście ryzyka bezpieczeństwa i operacyjnego po stronie użytkownika końcowego, np. załogi statku powietrznego lub kontrolera ruchu lotniczego.

W przedmiocie rozważań znamieną jest również współcześnie zaistniała zmiana kontekstu bezpieczeństwa, z formuły „twardej” (środki techniczne, zasoby, personel) na „miękką” (aktywa niematerialne, w tym informacje) oraz rosnący zakres i znaczenie tzw. inteligentnej władzy (ang. *soft power*) [12], co znajduje pełne i szczególne odniesienie do zarządzania przestrzenią powietrzną (ASM), zarządzania przepływem ruchu lotniczego (ATFM) i zapewnienia służb ruchu lotniczego (ATS), realizowanych w pełnym zakresie zarządzania ruchem lotniczym (ATM).

## **2. Nadmiarowa struktura niezawodnościowa**

Współczesne systemy lotnicze charakteryzują się dużym stopniem złożoności, skomplikowaniem konstrukcji technicznych, różnorodnością i wysokim stopniem integracji wykorzystywanych systemów, mnogością podmiotów i służb, uczestniczących w zarządzaniu ruchem lotniczym (ang. *air traffic management – ATM*), jak i portami lotniczymi oraz świadczących usługi przewozu lotniczego i jego obsługę. Priorytetowym celem działania każdego z nich jest zapewnienie bezpieczeństwa, w kontekście zagrożeń nieintencjonalnych i ochrony przed zagrożeniami intencjonalnymi oraz zapewnienie regularności i ciągłości funkcjonowania lotniczego systemu transportowego. Zagadnienie bezpieczeństwa ruchu i przewozu lotniczego, w szerokim spektrum zagadnień problemowych, jest przedmiotem licznych badań i analiz. Szeroko rozumiane bezpieczeństwo systemów lotniczych można rozpatrywać w świetle teorii niezawodności [7] jako zdolność systemu do spełnienia określonych wymagań w zadanym czasie i określonych warunkach eksploatacji. Wymagania te można definiować różnorodnie, jednakże wystąpienie zbioru cech, niespełniających wymagań, czyli wystąpienie tzw. uszkodzeń powinno mieć minimalny wpływ na realizację określonego zadania lotniczego. Można więc wyróżnić funkcję niezawodności systemu lotniczego  $R(t)$ , określającą prawdopodobieństwo, iż czas realizacji wyznaczonego zadania  $T$  będzie dłuższy od dowolnego czasu  $t$ .

$$R(t) = P(T > t) \quad (1)$$

Konkretyzując przedmiot rozważań, w odniesieniu do lotniczego systemu transportowego, można wyróżnić [8]:

- niezawodność eksploatacyjną, wyrażaną miarą prawdopodobieństwa niewystąpienia uszkodzenia lub niezgodności –  $R_E$ ;

– niezawodność operacyjną, wyrażaną miarą prawdopodobieństwa wykonania lotniczego zadania transportowego –  $R_O$ ;  
których wartości dla zadanej do wykonania w czasie –  $T$  liczby operacji lotniczych –  $N$ , wyrażono następująco:

$$R_E(t) = \frac{N_{11} + N_{10}}{N} \quad (2)$$

$$R_O(t) = \frac{N_{11} + N_{01}}{N} \quad (3)$$

gdzie:

$N_{11}$  – liczba wykonanych operacji lotniczych bez wystąpienia uszkodzeń lub niezgodności,

$N_{10}$  – liczba niewykonanych operacji lotniczych bez wystąpienia uszkodzeń lub niezgodności,

$N_{01}$  – liczba wykonanych operacji lotniczych z wystąpieniem uszkodzenia lub niezgodności,

$N_{00}$  – liczba niewykonanych operacji lotniczych z wystąpieniem uszkodzenia lub niezgodności,

$$N = N_{11} + N_{10} + N_{01} + N_{00} \quad (4)$$

Pomiędzy przebiegami realizacji funkcji niezawodności  $R_E$  i  $R_O$  zachodzą zależności, które można określić mianem „prawdopodobieństwa retrospekcyjnego” [8], ale jak wskazują wyniki badań, zawodność operacyjna tylko w niewielkim stopniu zależy od technicznej zawodności eksploatacyjnej [8] oraz (co istotne dla przedmiotu rozważań) czas poprawnej pracy systemu nawigacyjnego (zgodność atrybutów jakości informacji z wymaganiami) jest blisko 3-krotnie dłuższy od czasu pozostawania systemu w stanie niezdatności [6].

Aby minimalizować wpływ występujących losowo uszkodzeń, niezgodności oraz innych czynników zakłócających w strukturze niezawodnościowej znaczącej większości technicznych obiektów i elementów systemów lotniczych stosowane są nadmiary [7, 8, 24]. Systemem z nadmiarową strukturą niezawodnościową nazywa się taki system, który posiada element lub elementy, których uszkodzenie lub niezdatność nie powodują przejścia całego systemu do stanu niezdatności [7]. W przypadku uszkodzenia elementu nadmiarowego (rezerwy) system może nadal realizować określone zadania lub też zrealizować je w określonych warunkach. Zależy to od typu zastosowanego nadmiaru i jego włączenia w strukturę podstawową, złożoności oraz rodzaju struktury niezawodnościowej. Parametry te mają bowiem bezpośredni wpływ na następstwa zaistniałych uszkodzeń,



rozpatrywane w pojęciowych kategoriach ww. funkcji niezawodności eksploatacyjnej i operacyjnej, odpowiednio poprawiając ich parametry i charakterystyki oraz zwiększając osiągnięte w rzeczywistości wartości.

Wyróżnia się następujące rodzaje nadmiarów, powszechnie stosowanych w systemach lotniczych [7, 8, 24]:

- nadmiar strukturalny (obiekt składa się z elementu podstawowego i rezerwowego), np.: zdublowanie układów sterowania samolotu, zabudowa inercyjnych i radiowych systemów nawigacyjnych, instalowanie dwóch radiostacji;
- nadmiar funkcjonalny (każdy element realizuje swoją funkcję; w chwili uszkodzenia się jednego elementu, drugi element przejmuje w określonym zakresie jego funkcję), np. wykorzystanie radiokompasu (ang. *automatic direction finder* – ADF) jako radioodbiornika stacji stałej służby lotniczej;
- nadmiar parametryczny (wartość określonego parametru, np. zasób energii jest większy niż nominalne zapotrzebowanie), np. rezerwa paliwa +10%;
- nadmiar czasowy, np.: planowanie w harmonogramie dłuższego niż faktycznie potrzebny czasu na wykonanie inspekcji przed lotem (ang. *preflight ground inspection*), przedział czasu „SLOT = (CTOT-5, CTOT+10)”;;
- nadmiar wytrzymałości, np. liczba PCN nawierzchni drogi startowej jest większa od nominalnej liczby ACN cyklicznie operujących samolotów;

oraz będący przedmiotem zainteresowania autorów

- nadmiar informacyjny, polegający odpowiednio na zwielokrotnianiu źródeł informacji, kanałów i środków przesyłania, urządzeń odbiorczych i sposobów dostarczania informacji odbiorcy końcowemu, np.: stosowanie procedury nadawania zwrotnego (*read back*) w korespondencji radiotelefonicznej, zwielokrotnienie formy sygnalizacji (światlna, dźwiękowa, wyświetlacz LCD) wypuszczonego podwozia czy też mijanych markerów ILS, stosowanie określonych konfiguracji wskazań przyrządów o stanie I warunkach lotu, np. konfiguracja „T” wskaźników wychyłowych (fizycznych lub na wyświetlaczu LCD), przekazywanie załogom statków powietrznych tych samych informacji w korespondencji radiotelefonicznej oraz za pośrednictwem ATIS i łączy cyfrowych DATA-Link.

Implementacja nadmiarów i rezerw stanowi powszechnie stosowaną praktykę we wszystkich obiektach i systemach technicznych, w których procesie eksploatacji priorytetowym celem i atrybutem jest zapewnienie bezpieczeństwa [8, 13, 24].

W niniejszym artykule autorzy skoncentrowali się na nadmiarze informacyjnym, jego identyfikacji i analizie dla poszczególnych, wstępnie

wyróżnionych, kategorii danych i informacji lotniczych oraz ich źródeł i odbiorców.

### **3. Dane i informacje lotnicze – cel, zakres i forma publikacji**

Dane i informacje lotnicze [14, 23] publikowane są w celu zapewniania bezpiecznej i regularnej żeglugi powietrznej, zgodnie ze szczegółowymi wymaganiami Załącznika 15 ICAO [23], który określa rodzaj informacji, jakie mają być udostępniane, oraz ich wymagania jakościowe. Informacje lotnicze, a tym samym dokumenty, wykorzystywane w ruchu lotniczym, dzielą się na wiele różnych rodzajów i służą różnorodnym celom. Te stosowane w Służbie Informacji Lotniczej (AIS) stanowią podstawowe źródło informacji o każdym lotnisku, dostępności, strukturze i konfiguracji elementów przestrzeni powietrznej oraz zapewnianych służbach ruchu lotniczego. Kierowane są więc w bieżącym użyciu głównie do załóg statków powietrznych, personelu służb ruchu lotniczego czy też zarządzających portami lotniczymi, zaś do analiz do jednostek administracyjnych. Inne mniej krytyczne dla bezpieczeństwa mogą służyć pasażerom, obsłudze naziemnej, czy pasjonatom lotnictwa. Dokumenty lotnicze, rozumiane jako informacje lotnicze i ich nośniki, można podzielić na kilka następujących rodzajów:

- a) akty prawne, normy i przepisy międzynarodowe,
- b) Zintegrowany Pakiet Informacji Lotniczych (IAIP) – w tym Zbiór Informacji Lotniczych (ang. Aeronautical Information Publication – AIP), tymczasowa dokumentacja operacyjna – depesze NOTAM, suplementy do AIP oraz Biuletyny (Informacji Przed Lotem, Informacji Lotniczej),
- c) dokumentacja operacyjna lotu dla załóg statków powietrznych do stosowania w kabinie – przygotowywana na podstawie IAIP często przez różne firmy,
- d) poradniki, podręczniki, materiały szkoleniowe, zestawienia danych, itp.

W wyniku przeprowadzonej analizy dokumentów i wymagań, dotyczących danych i informacji lotniczych oraz na podstawie rozmów z personelem, odpowiedzialnym za zarządzanie ruchem lotniczym i lotniskowym, zidentyfikowano kilka podstawowych kategorii danych i informacji lotniczych, które będą rozważane w dalszej części niniejszego artykułu:

- a) dane geoprzestrzenne, geograficzne i topograficzne,
- b) dane meteorologiczne,
- c) mapy lotnicze,
- d) dane dotyczące występowania lub migracji ptaków i innych zwierząt, zagrażających bezpieczeństwu operacji lotniczych,

- e) dane o źródłach promieniowania, w tym laserowego lub innych obiektach mogących zakłócać łączność lotniczą,
- f) dane ruchowe dotyczące statków powietrznych na polu ruchu naziemnego oraz w locie, w tym informacje dla służb alarmowych,
- g) informacje organizacyjne, wykorzystywane w terminalu pasażerskim portu lotniczego.

Pierwsze pięć wyróżnionych kategorii odnosi się bezpośrednio do danych i informacji lotniczych, zgodnie z ich definicjami, zawartymi w [14, 23]. Dla każdej z nich można wskazać akt prawny, określający konieczność ich utworzenia i publikacji. Dla podpunktu a – dane geoprzestrzenne, geograficzne i topograficzne są to na przykład Załączniki 11 i 14 do Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym [21, 22]. Pozostałe dwie kategorie stanowią raczej dane operacyjne, niepublikowane w cyklach AIRAC, a wymieniane na bieżąco (np.: łączność radiotelefoniczna, ATIS, cyfrowe łącza danych), lecz mające również wpływ na bezpieczeństwo wykonywanych operacji lotniczych i mogące być przykładem zastosowania nadmiaru informacyjnego.

Większość danych i informacji lotniczych jest krytyczna dla bezpieczeństwa, stąd też szczególne starania zapewnienia ich jakości i bezpieczeństwa w całym procesie ich tworzenia, gromadzenia, przetwarzania i publikacji, opisane w poprzednich pracach autorów [np. 2, 3, 16], dla konkretnych systemów [np. 4] czy też przypadków [np. 10]. Tym razem jednak skupiono się na końcowym wykorzystaniu tych danych i informacji, mając na celu identyfikację nadmiarów informacyjnych w systemach lotniczych.

## **4. Identyfikacja nadmiarów informacyjnych**

Bazując na opisanych w poprzednim rozdziale siedmiu kategoriach danych i informacji lotniczych, można zidentyfikować pierwszy nadmiar informacyjny. Dotyczy on podpunktów a oraz c, których konieczność utworzenia i publikacji zapisana jest w Załącznikach 4, 11 oraz 14 ICAO [20÷22]. Jednocześnie stanowią one ważne części składowe Zbioru Informacji Lotniczych AIP Polska w obu formach. W wielu bowiem obszarach dane geograficzne, geoprzestrzenne i topograficzne, przedstawione w formie opisowej, pokrywają się z informacjami zawartymi na mapach lotniczych, w tym np.: mapach lotnisk, mapach tras lotniczych, mapach naziemnego ruchu lotniczego itp. Można więc powiedzieć, iż jest to zdublowanie informacji ważnych dla bezpieczeństwa w ruchu lotniczym poprzez przedstawienie ich w różnych formach.

W tabeli 1 przedstawiono identyfikację nadmiarów informacyjnych w danych i informacjach lotniczych pod względem formy ich publikacji. Dla każdej z siedmiu wyróżnionych w poprzednim rozdziale kategorii danych i informacji określono formę lub miejsce publikacji, a w przypadku gdy informacje te nie są publikowane, określono sposób ich wymiany.

**Tabela 1**

**Identyfikacja miejsc publikacji oraz sposobów wymiany informacji dla wyróżnionych kategorii danych lotniczych**

Lp.	Kategoria danych/informacji	Forma/miejsce publikacji	Sposób wymiany informacji (dane operacyjne)
<b>Dane geoprzestrzenne, geograficzne i topograficzne [17]</b>			
a)	<b>szerokość i długość geograficzna</b> (w tym: punkty graniczne stref, pomoce nawigacyjne, punkty skrzyżowań, przeszkody, punkty na drodze startowej itd.)	1. AIP Polska 2. Dokumentacja rejestracyjna lotniska 3. Instrukcja operacyjna lotniska (INOP) 4. ew. depeze NOTAM	Wymiana danych bieżących pomiędzy Służbą Kontroli Ruchu Lotniczego a załogą statku powietrznego drogą radiową lub poprzez transponder, plus: AFIS, ATIS ACAS, ADS-B/C
	<b>wzniesienie, wysokość bezwzględna, wysokość względna</b> (w tym: wzniesienia lotnisk, undulacje geoidy, progi dróg startowych, przeszkody itd.)		
	<b>deklinacja, deklinacja magnetyczna</b> (w tym: deklinacje magnetyczne anten itd.)		
	<b>namiar</b> (w tym: pozycje fix, kierunki dróg startowych itd.)		
	<b>długość, odległość, wymiar</b> (w tym: długości deklarowane dla lotnisk: TORA, ASDA, TODA, LDA, szerokości i długości dróg kołowania, poboczy, przerwane startu itd.)		
	lokalizacja lotniska względem sąsiadującego dużego miasta	1. INOP	-
<b>Dane meteorologiczne</b>			
b)	temperatura odniesienia lotniska	1. AIP Polska 2. DTR 3. INOP	Wymiana danych bieżących pomiędzy Służbą Kontroli Ruchu
	położenie wskaźnika wiatru, barometru, wysokościomierzy		

Lp.	Kategoria danych/informacji	Forma/miejsce publikacji	Sposób wymiany informacji (dane operacyjne)
	dane bieżące: temperatura powietrza, temperatura punktu rosy, wilgotność, ciśnienie, prędkość i kierunek wiatru, porywy wiatru, widzialność, opad zachmurzenie itd.	1. informacje AIRMET, SIGMET 2. komunikaty METAR, SPECI 3. prognoza TAF	Lotniczego a załogą statku powietrznego drogą radiową lub poprzez transponder, plus: AFIS, ATIS, VOLMET
	aktywność wulkaniczna, zapylenie		
	informacje o warunkach niebezpiecznych w obrębie pola naziemnego ruchu lotniczego, powodowanych przez śnieg lub lód	1. depesze SNOWTAM	
c)	<b>Mapy lotnicze</b>		
	mapa terenu i przeszkód lotniskowych	1. AIP Polska  2. Instrukcja operacyjna lotniska (INOP)	-
	mapa tras lotniczych		
	mapa obszarowa		
	mapa standardowych odlotów SID i dolotów STAR wg wskazań przyrządów		
	mapa podejścia wg wskazań przyrządów/z widocznością		
	mapa lotniska		
	mapa naziemnego ruchu lotniskowego		
	mapa dokowania statków powietrznych		
	mapa lotnicza świata		
d)	<b>Dane dotyczące ptaków i innych zwierząt zagrażających bezpieczeństwu operacji lotniczych</b>		

Lp.	Kategoria danych/informacji	Forma/miejsce publikacji	Sposób wymiany informacji (dane operacyjne)
e)	<b>Dane o źródłach promieniowania lub obiektach mogących zakłócać łączność lotniczą</b>	1. AIP Polska 2. depesze NOTAM 3. INOP	Wymiana danych bieżących pomiędzy Służbą Kontroli Ruchu Lotniczego a załogą statku powietrznego drogą radiową lub poprzez transponder, plus: AFIS, ATIS
f)	<b>Dane ruchowe dotyczące statków powietrznych na polu ruchu naziemnego oraz w locie, w tym informacje dla służb alarmowych</b>	-	Wymiana danych bieżących pomiędzy Służbą Kontroli Ruchu Lotniczego a załogą statku powietrznego drogą radiową lub poprzez transponder, plus: ATFIS, ATIS
g)	<b>Informacje organizacyjne, wykorzystywane w terminalu pasażerskim portu lotniczego</b>	-	Bieżące wyświetlanie informacji na tablicach i monitorach systemu FIDS, przy stanowiskach check-in, gate'ach oraz komunikaty głosowe podawane przez rozgłośnię

W tabeli 1 na niebiesko zaznaczono komórki, w których zidentyfikowano nadmiar informacyjny. Jak można zaobserwować dla większości kategorii danych i informacji, są one publikowane nie tylko w podstawowym zbiorze dokumentów lotniczych, jakim jest Zintegrowany Pakiet Informacji Lotniczych (IAIP), ale również w innych formach i dokumentach. Redundancja ta może ułatwiać dostęp do niezbędnych danych i informacji, wymaga jednak uważności, aby te same dane opublikowane w różnych źródłach były identyczne (w tym spójne, dokładne, kompletne i aktualne). Również dane niepublikowane w pakiecie AIP, niemające bezpośredniego przełożenia na bezpieczeństwo operacji lotniczych, a usprawniające obsługę pasażerów w terminalu portu lotniczego, jak np. te z podpunktu g, charakteryzują się nadmiarem informacyjnym. Są one dostępne zarówno na monitorach systemu FIDS, przy stanowiskach check-in, na kartach pokładowych

czy też w sytuacjach szczególnych mogą być rozgłaszane za pomocą lotniskowego dźwiękowego systemu ostrzegawczego – DSO.

Ponadto w przypadku czterech z siedmiu wymienionych kategorii danych (podpunkty a, b, d oraz e) wymagane są zarówno publikowane w formie papierowej/elektronicznej, jak i wymieniane na bieżąco głosowo pomiędzy właściwymi organami Służb Ruchu Lotniczego, a załogami statków powietrznych.

## **5. Analiza profilu ryzyka nadmiaru informacyjnego**

Jak stwierdzono na wstępie, stale rosnąca wielkość nadmiaru informacyjnego po stronie wszystkich grup odbiorców powoduje narastanie ryzyka spójności odbieranych i dalej przetwarzanych danych i informacji. Za klasyczny przykład można uznać znaną w teorii i praktyce bezpieczeństwa operacji lotniczych rozbieżność wskazań inercyjnych i radiowych pokładowych systemów nawigacyjnych. Innym przykładem oddającym istotę przedmiotowego problemu jest rozbieżność danych opublikowanych w AIP Polska i dokumentacji operacyjnej a kątem ścieżki schodzenia na lotnisku EPMO. Zagadnienie jakości danych i informacji lotniczych oraz związanego z tym ryzyka nadmiaru informacyjnego autorzy rozważają w świetle teorii informacji Shannona [15], opartej na pojęciu entropii, będącej miarą chaosu lub miarą niepewności w związku z odbiorem i przetwarzaniem informacji. Podejście takie w zakresie dotyczącym systemu lotniczego jest szeroko przyjmowane w pracach innych autorów [7, 11, 18], zgodnie z czym miarę ilości informacji wyraża się entropią [7]:

$$I(S) = - \sum_{i=1}^n P(S_i) \log_2 P(S_i) \quad (5)$$

gdzie:

$S_i$  –  $i$ -ta wartość danej lotniczej,

$P(S_i)$  – prawdopodobieństwo wystąpienia  $i$ -tej wartości danej lotniczej,

$n$  – liczba danych lotniczych.

W układach i systemach lotniczych z nadmiarem informacyjnym, np. w postaci dwóch niezależnych i różnych systemów pomiaru odległości od progu drogi startowej, tj. markerów ILS i radiodalmierza DME oraz interfejsów użytkownika (pilota), tj. sygnalizatorów OM, MM i IM oraz pokładowego wskaźnika DME, może zaistnieć przypadek przekazania pilotowi dwóch różnych wartości. Teoretycznie, przypadek taki należy rozważyć w kategoriach dokładności pomiaru oraz dwóch aspektach niezawodnościowych [18]:

- niezawodności urządzenia pomiarowego –  $R_M^{ILS}(t)$ ,  $R_M^{DME}(t)$ ;

- (łącznie rozpatrywanej) niezawodności transmisji, przetwarzania i zobrazowania wyniku pomiarowego –  $R_T^{ILS}(t)$ ,  $R_T^{DME}(t)$ .

Rozważając ten przypadek w sensie praktycznym, należy uwzględnić, że w fazie wykonywania podejścia do lądowania pilot nie dysponuje żadną rezerwą czasu na przeprowadzenie analizy działania przyrządów nawigacyjnych ILS i DME, a tym samym musi w warunkach znaczącej niepewności wybrać jedną z dwóch różnych wartości tej samej wielkości. W tym przykładowym przypadku występuje szeroko opisane w literaturze [np. 7, 19] zagadnienie informacyjnego błędu decyzyjnego, odpowiednio:

- błędu pierwszego rodzaju, tj. zakwalifikowanie informacji prawidłowej jako nieprawidłowej i jej odrzucenie, z prawdopodobieństwem  $p_\alpha$ ;
- błędu drugiego rodzaju, tj. zakwalifikowanie informacji nieprawidłowej jako prawidłowej i jej przyjęcie do wykorzystania, z prawdopodobieństwem  $p_\beta$ .

Dla powyżej rozważanego przykładu nadmiar informacji (o odległości od progów drogi startowej) będzie wyrażony zależnością:

$$\gamma = \frac{p_\alpha + p_\beta - 2p_\alpha p_\beta}{p_\alpha^n + p_\beta^n - 2p_\alpha^n p_\beta^n} \quad (6)$$

gdzie:

$n$  – krotność rezerwowania układów pomiarowych.

Wynika z tego, że w przypadku naruszenia atrybutu spójności informacji dotyczących w tym samym czasie tej samej danej, utrata informacji i ryzyko popełnienia błędu decyzyjnego każdego rodzaju maleje wraz ze wzrostem krotności rezerwowania (stopnia redundancji) informacji.

## 6. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonego na wstępie studium zagadnienia oraz wyniki przeprowadzonej identyfikacji nadmiarów i analizy stosunkowo prostego przykładu wskazują na istotę i skalę znaczenia zagadnienia bezpieczeństwa nadmiaru informacyjnego w systemach lotniczych. Są to wstępne wyniki pracy autorów nad kontynuowanymi badaniami w przedmiocie jakości i bezpieczeństwa danych i informacji lotniczych w aspekcie zastosowania operacyjnego, wskazujące na konieczność ich kontynuacji. Istotnym dla autorów spostrzeżeniem jest również



to, że w dziedzinie systemów lotniczych wprowadzenie do struktury niezawodnościowej redundantnych elementów technicznych o tej samej funkcji celu może jednocześnie stanowić nadmiar złożony, np. jak w poddanym analizie przykładzie, pokładowe systemy ILS i DME w pewnym zakresie stanowią nadmiar informacyjny, jak również strukturalny, co musi zostać właściwie uwzględnione w toku dalszych badań.

Badania nad zagadnieniem nadmiaru informacyjnego w systemach lotniczych będą kontynuowane, a w tym celu w toku dalszych prac zostaną szczegółowo sformułowane kryteria identyfikacji nadmiarów informacyjnych i klasyfikacji użytkowników końcowych danych i informacji lotniczych. Uwzględnione zostaną również zagadnienia struktury nadmiaru (symetryczne i niesymetryczne) oraz typy nadmiaru (bez lub z odwracalnym stanem zdadności pośredniej) [24]. Jest to istotny czynnik ryzyka bezpieczeństwa i działania w sytuacji zagrożenia, który musi zostać uwzględniony.

## **7. Literatura**

1. Babik W.: O natłoku informacji i związanym z nim przeciążeniu informacyjnym. W: Morbitzer J. (red.). Człowiek-Media-Edukacja, UP, Kraków 2010.
2. Dudek E., Kozłowski M.: The concept of a method ensuring aeronautical data quality. *Journal of KONBiN*, nr 37, 2016, DOI 10.1515/jok-2016-0015.
3. Dudek E., Kozłowski M.: The concept of risk tolerability matrix determination for aeronautical data and information chain. *Journal of KONBiN*, nr 43, 2017, DOI 10.1515/jok-2017-0040.
4. Dudek Ewa, Kozłowski Michał: The concept of the Instrument Landing System – ILS continuity risk analysis method, w: *Management Perspective for Transport Telematics / Mikulski Jerzy (red.), Communications in Computer and Information Science, Springer, 2018.*
5. ICAO Doc 9750 Global Air Navigation Plan 2016-2030; Fifth Edition 2016.
6. Jakubowski B., Załęska-Fornal A.: Szacowanie niezawodności systemu nawigacyjnego w kontekście przetwarzania informacji nawigacyjnej. *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej Rok XIV Nr 1 (156) 2004.*
7. Jaźwiński J., Borgoń J.: *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów.* Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
8. Jaźwiński J., Smalko Z., Żurek J.: *Niezawodność operacyjna systemów transportowych.* *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie Nr 1(73)/2014.*
9. Kozłowski Michał, Dudek Ewa: *Koncepcja zapewnienia bezpieczeństwa łańcucha dostaw danych lotniczych.* W: *Logistyka lotnictwa. Teoria i praktyka / Ungiert Dariusz (red.), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych, 2018.*

10. Kozłowski M., Dudek E.: Risk analysis in air transport telematics systems based on aircraft's Airbus A320 accident. W: Smart Solutions in Today's Transport / Mikulski Jerzy (red.), Communications in Computer and Information Science, vol. 715, 2017, Springer International Publishing.
11. Kubiak M., Białoskórski R. (red.): Informacyjne uwarunkowania współczesnego bezpieczeństwa. Wydawnictwo UPH w Siedlcach, 2016.
12. Kwiecień J., Chojnowski Sz.: Nowe sfery bezpieczeństwa międzynarodowego, SGH\_034\_2012\_02\_51StudiaKES8.indd.
13. Rosiński A.: Analiza niezawodnościowa złożonego systemu bezpieczeństwa dla obiektu o specjalnym przeznaczeniu. Zabezpieczenia 4/2007.
14. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 73/2010 z dnia 26 stycznia 2010 r. ustanawiające wymagania dotyczące jakości danych i informacji lotniczych dla jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej.
15. Shannon C.E., A mathematical theory of cryptography. Bell System Technical Journal, 1945.
16. Siergiejczyk M., Kozłowski M., Dudek E.: Diagnostics of potential incompatibilities in aeronautical data and information chain, w: Diagnostyka, vol. 18, nr 2, 2017.
17. EUROCONTROL Specification for Data Quality Requirements, Reference nr: EUROCONTROL-SPEC-152.
18. Stawowy M.: Niezawodność informacji w telematyce transportu, TRANSCOMP – XIV, in: Logistyka, vol. 6, 2010.
19. [www.hint.org.pl/itd=n271](http://www.hint.org.pl/itd=n271) [data dostępu 16.10.2018]
20. Załącznik 4 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Mapy lotnicze, Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, lipiec 2009.
21. Załącznik 11 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Służby Ruchu Lotniczego, Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, lipiec 2001.
22. Załącznik 14 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Lotniska, Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, lipiec 2009.
23. Załącznik 15 do Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym: Służby Informacji Lotniczej; Aneks 15 ICAO, lipiec 2013.
24. Żurek J.: Model oceny nadmiarów w lotniczych systemach bezpieczeństwa. Logistyka Tom 4, Rocznik 2010/CD.