

THE CONCEPT OF A METHOD IMPROVING THE PROCESS OF AERONAUTICAL GEOSPATIAL DATA CREATION

KONCEPCJA METODY DOSKONALENIA PROCESU TWORZENIA GEOPRZESTRZENNYCH DANYCH LOTNICZYCH

Ewa Dudek, Michał Kozłowski

Warsaw University of Technology, Faculty of Transport
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

Abstract: *This article is a continuation of the Authors' study on the ways to ensure the quality and safety of aeronautical data and information. This time, however, the legal requirements for aeronautical data and information were briefly described and then the concept of purpose and scope of Shewhart control charts' implementation, presented in [2], was broadened and it was proposed to refer the calculated upper (GLK) and lower (DLK) control limits to the requirements set out in the legal specification including in particular the accuracy values out of the Harmonised List from the Eurocontrol Specification [13]. In order to illustrate the proposed modification, an example of such a card for the measured aeronautical obstacles was presented, considering two cases: that these obstacles are located in Area 3 and in Area 2. Analysed issues will be the subject of Authors' further study.*

Keywords: *aeronautical data and information, Shewhart control charts, improvement planning, quality*

Streszczenie: *Artykuł stanowi kontynuację prac Autorów nad zagadnieniem zapewnienia jakości i bezpieczeństwa danych i informacji lotniczych w całym procesie ich tworzenia, gromadzenia, przetwarzania i publikacji. Tym razem jednak krótko scharakteryzowano wymagania prawne, dotyczące danych i informacji lotniczych, a następnie rozszerzono koncepcję celu i zakresu wykorzystania kart kontrolnych Shewharta, przedstawioną w [2] na ich praktyczną implementację i zaproponowano odniesienie wyznaczonej górnej (GLK) i dolnej (DLK) granicy kontrolnej do wymagań, określonych prawnie, w tym w szczególności konkretnych wartości dokładności, pochodzących ze Zharmonizowanej Listy Specyfikacji Eurocontrol [13]. W celu zobrazowania zaproponowanej modyfikacji przedstawiono przykład takiej karty dla pomierzonych przeszkód lotniczych, rozpatrując dwa przypadki: iż przeszkody te zlokalizowane są w strefie 3 (lotniska) oraz w strefie 2 (w granicach lotniska). Zagadnienia te będą przedmiotem dalszych prac Autorów.*

Słowa kluczowe: *dane i informacje lotnicze, karty kontrolne Shewharta, planowanie doskonalenia, jakość*

THE CONCEPT OF A METHOD IMPROVING THE PROCESS OF AERONAUTICAL GEOSPATIAL DATA CREATION

1. Introduction

The article is a continuation of the Authors' study on the ways to ensure the quality [9] and safety of aeronautical data and information in the entire process of those data and information creation, collection, processing and publication. According to the Commission Regulation (EU) No. 73/2010 [11] the term aeronautical data and information refer to:

- the integrated aeronautical information package made available by Member States, with the exception of aeronautical information circulars,
- electronic obstacle data, or elements thereof, where made available by Member States,
- electronic terrain data, or elements thereof, where made available by Member States,
- aerodrome mapping data, where made available by Member States.

This means that analysing issues related to aeronautical data and information means dealing mainly with geospatial data such as measured, designed data or data calculated / obtained from other data. In previous publications (among others), the aeronautical data chain was analysed [12] and a comprehensive approach to quality assurance at all its stages was proposed [3, 4], the Integrated Aeronautical Information Package [1] was described, underlining that the information contained therein, constituting the basis for planning and safe flight performance, must always be up to date and ready to use. Whereas in [2] geospatial data were briefly characterized and the need for their regular measurement was emphasized. The general characteristics of the (Shewhart) control charts were presented and the card for measured geospatial data used in civil aviation was selected.

In this paper, being a direct continuation of [2], the concept of purpose and scope of Shewhart control charts' implementation, presented in [2], was broadened to their practical application and it was proposed to refer the calculated upper (*GLK*) and lower (*DLK*) control limits to the requirements set out in the legal specifications, in particular the specific accuracy values out of the Harmonised List from the Eurocontrol Specification [13].

2. Legal requirements concerning aeronautical data and information

Air transport is a discipline strongly entrenched by legal regulations. A review of these requirements has already been presented by the Authors in several previous publications [e.g. 3, 5]. The Annexes to the Chicago Convention (1944) and Commission Regulation (EU) No. 73/2010 [11] should be regarded as the most important legal requirements in the analysed issue of ensuring the aeronautical data and information quality.

The analysis of these legal acts as well as Polish and foreign literature showed that the published requirements and algorithms have only the character of a final acceptance control, and in the vast majority of documents a descriptive form only.

Purely in the Eurocontrol Specifications [13], in order to meet the requirements of the ADQ Regulation [11], the minimum requirements for aeronautical data quality were developed in the form of accuracy, resolution and consistency specific values, accepting the character of Harmonised List (example of data in Table 1). This list applies to such data as: latitude and longitude, elevation / altitude / height, length / distance / dimension, etc., which means mainly geospatial data on which this publication focuses.

Tab. 1 Harmonised List – example of data (based on [13])

Ref. ID	Data item	Resolution	Source	Accuracy	Source	Data type	Integrity classification
LL035	Obstacles in Area 2	1/10 sec	Annex 15	5 m	Annex 15	Surveyed	Essential
LL036	Obstacles in Area 3	1/10 sec	Annex 15	0,5 m	Annex 15	-	Essential
EH009	Runway threshold, precision approaches	0,1 m or 0,1 ft.	Annex 15	0,25 m	Annex 14, V1	Surveyed	Critical
EH029	Obstacles in Area 1	1 m	Annex 15	30 m	Annex 15	Surveyed	Routine
LD002	Distance used for the formation of an en-route fix	1/10 km or 1/10 NM	Annex 15	1/10 km	Annex 15	Calculated	Routine

The requirements for accuracy, being (according to its definition) a degree of conformance between the estimated or measured value and the true value, are used in this article.

3. Modified Shewhart control charts

In [2] the general characteristics of the (Shewhart) control charts was presented and the average and range cards (\bar{X} -R) for measured geospatial data used in civil aviation were chosen. Then, a concept of selected pair of Shewhart cards' utilization to diagnose incompatibilities of measured geospatial data was developed, including the operation algorithm and a numerical example. Practical implementation of the solution presented in [2] requires the reference of the control limits determined on the basis of the formulas [8] (lower - *DLK* and upper - *GLK*) to the requirements contained in the applicable legal regulations. Therefore, it was proposed to introduce modifications to the classic control charts by drawing on the average card the second pair of control limits (except form the calculated ones), resulting from the quality requirements for aeronautical data and information.

This idea is presented on Figure 1. This figure shows the correct situation, which means that the control limits set by the specifications (dashed line) are wider than the calculated ones (solid line). Because it cannot be allowed that the control limits calculated and to be used in practice were wider than those allowed by standards and legal specifications.

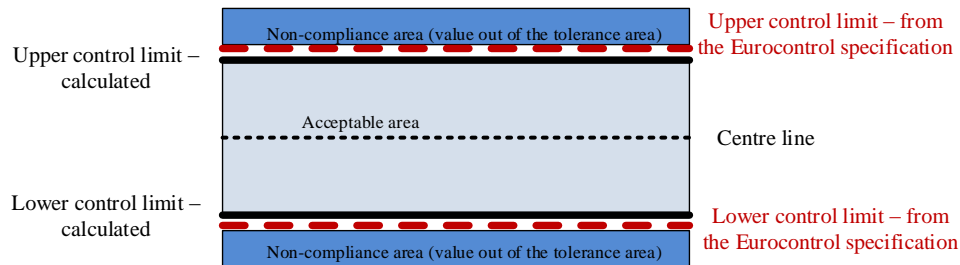


Fig. 1 Draft presenting comparison of upper and lower control limits calculated and set by the specifications on a Shewhart control chart [own work]

Example

Article [2] contains an example, showing the results of 7 aeronautical obstacles measurements in a certain AIRAC cycle – Table 2.

Tab. 2 Measurement results of 7 aeronautical obstacles with calculations - exemplary data (based on [2])

$k/[m]$	x_n	x_{m1k}	x_{m2k}	b_{1k}	b_{2k}	\bar{b}_k	R_k
1	15	15,3	15,1	0,3	0,1	0,2	0,2
2	29	29,8	29,3	0,8	0,3	0,55	0,5
3	6	5,5	5,7	-0,5	-0,3	-0,4	0,2
4	18	17,8	18,1	-0,2	0,1	-0,05	0,3
5	27	27,5	27,2	0,5	0,2	0,35	0,3
6	9,6	9,6	9,8	0	0,2	0,1	0,2
7	17	16,8	16,7	-0,2	-0,3	-0,25	0,1

where: x_n – nominal value,
 k – sample number, the number of the measured obstacle,
 x_{m1k} – first measurement's result,
 x_{m2k} – second measurement's result,
 b_{1k} – first measurement's absolute error,
 b_{2k} – second measurement's absolute error,
 \bar{b}_k – average error from the first and the second measurement,
 R_k – range,

and the accompanying calculation results:

centre line: $LC = \bar{b} \approx 0,071 [m]$,

average range: $\bar{R} \approx 0,257 [m]$,

control limits: $GLK \approx 0,554 [m]$,

$DLK \approx -0,412 [m]$.

The average value control chart, prepared on their basis was modified, and in accordance with the concept described in the previous part of the article, control limits from the Eurocontrol Specification [13] were added. Two cases were considered: 1. that the aeronautical obstacles are placed in Area 3; 2. that the aeronautical obstacles are located in Area 2, which has a significant impact on the required accuracy level. In the 1st analysed case, the accuracy required is $\pm 0.5m$ (Table 1). In the 2nd case the accuracy registered in the Specification is ten times greater and is $\pm 5m$.

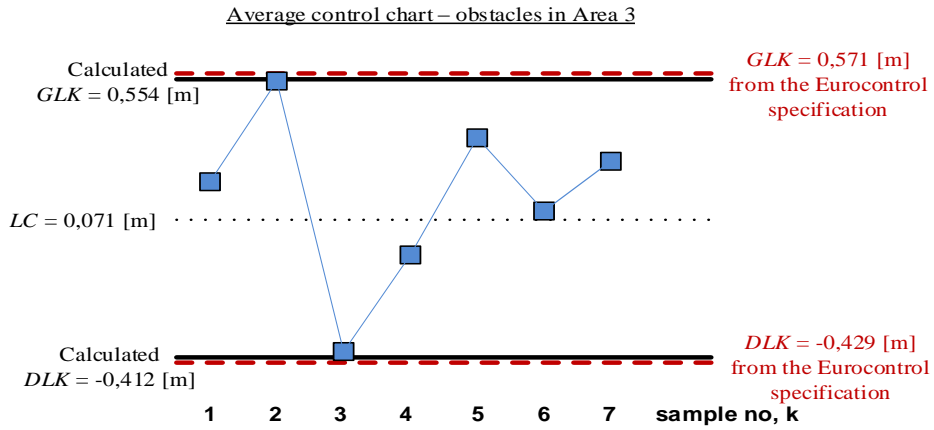


Fig. 2 Modified average control chart – aeronautical obstacles in Area 3
[own work]

Figure 2 shows the obtained (modified) average control chart for aeronautical obstacles placed in area 3 (case 1). The calculations made confirmed that the limits determined on the basis of the Eurocontrol Specification [13] are 0.017 [m] ($0.571 - 0.554 = 0.017$) wider than those calculated on the basis of the adequate formulas [8]. Although the difference is small, but still this situation should be considered as a correct one. Additionally, all designated values (for samples 1 to 7) fall within the acceptable area.

In the 2nd considered case, when the aeronautical obstacles are located in area 2, for the analysed numerical data, the calculated values: $GLK = 0.554$ [m], $DLK = -0.412$ [m] are significantly smaller than those required by the regulations: $GLK = LC + 5$ [m] = 5,071 [m], $DLK = LC - 5$ [m] = -4,929 [m]. Although there is no doubt about the fact that the calculated limits are narrower, the obtained control chart is presented on Figure 3.

Average control chart – obstacles in Area 2

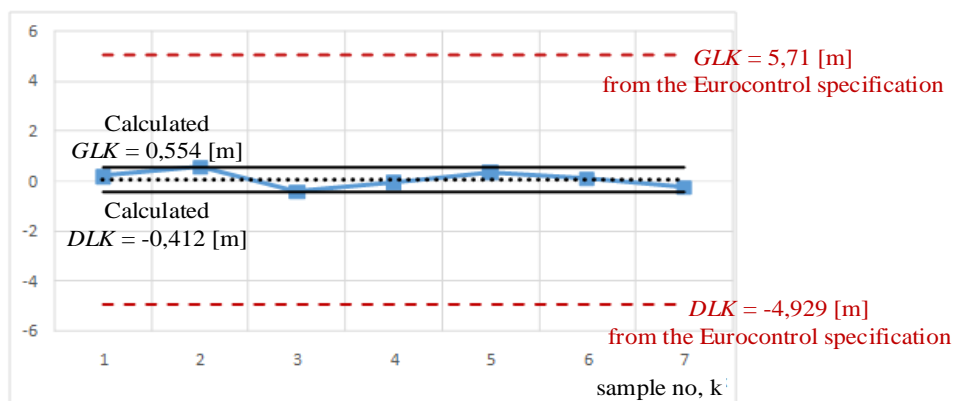


Fig. 3 Modified average control chart – aeronautical obstacles in Area 2
[own work]

The presented examples confirm the possibility of the considered Shewhart control chart's practical implementation, with the important remark that the control charts method, as a method described in the international standard [8], can be accepted for practical application directly or after an adequate modification. Its implementation at each stage of the aeronautical data and information chain [3, 4, 5] will enable adoption of resultful and effective preventive as well as corrective actions. This sets out a specific context in the Authors' work which concentrates on looking for adequate practical methods for aeronautical data and information creation processes' statistical quality management. It should also be borne in mind that in the scope of the Aeronautical Information Services (AIS) operation, Annex 15 [14] introduced the requirement to implement a Quality Management System (QMS) compliant with the ISO 9001 standard, without indicating, like other legal acts referred to in this article, a specific QMS model, whose definition changed in subsequent editions of the ISO 9001 standard.

4. Conclusions

The need to ensure the quality of aeronautical data and information, understood as compliance with requirements concerning, for example, accuracy, resolution, integrity, timeliness (and others), has a direct cause and effect relationship with assurance of Air Traffic Management - ATM processes' as well as flight operations' safety. The complexity of the processes, forming the aeronautical data and information chain, with the simultaneous absence of legally-established standards, concerning methods to be adopted for use to ensure aeronautical data and information quality, makes this practical problem essential and (still) current. The Authors point out that these deficiencies can be considered as significant deficiencies in the aviation law regulation system, because the aspects and methods of quality assurance in the areas of: meteorological service, reduction of harmful emissions to the environment and ensuring safety in the processes of designing air traffic procedures have been adequately regulated in the already published ICAO manuals (including: ICAO Doc 9873, ICAO Doc 9884, ICAO Doc 9889, ICAO Doc 9906). The result of , established by ICAO, Aeronautical Information Services Aeronautical Information Management Study Group's (AIS-AIMSG) activity is in particular the preparation of a Project of the Manual on the Quality Management System for Aeronautical Information Services [10] and the Implementation of a Quality Management System for Aeronautical Information Services [7]. Those documents, however, have not been fully implemented, and, what draws Authors' attention, they refer, as other legal standards, e.g. Annex 15 [14], to the previous edition of the QMS standard, i.e. ISO 9001:2008 (while in the scope of AIS they form the requirement and basis for QMS certification). In the Authors' opinion, it is not justified to introduce legal requirements which in terms of their content and subject refer to a specific edition of the ISO standard. This is confirmed by the fact that the currently valid edition of ISO 9001 standard (ISO9001:2015 [9]) introduced significant changes in comparison to the previous edition, and those changes are in particular related to expanding and supplementing the specification of requirements concerning planning, designing, supervising and improving

processes and applying a risk management approach, as well as the obligation to certify QMS based on the new edition of ISO 9001 from year 2018.

These aspects are particularly important in the context of the analysed problem. The legal state, as presented above, generates a paradoxical situation in the formal, legal and factual dimension. This is another example of the legal requirements' imperfection, identified by the Authors, however, with the remark that along with the progress of work, undertaken by ICAO and Eurocontrol, on the transformation of the Aeronautical Information Service (AIS) formula into Aeronautical Information Management (AIM), the practical significance of this problem will marginalize to the formal dimension only. The purpose and assumptions of the AIS to AIM transformation concept result from the obvious statement that currently, despite the dynamic and significant development of teleinformation and telematics techniques, used in civil aviation, still activities related to aeronautical data and information chain have the nature of multiple manual operations, with limited degree and scope of data transfer, which is in clear contradiction with current ATM needs, including in particular area-based navigation (RNAV), performance (RNP) as well as the use of FMS. The objectives and plan for transforming AIS into AIM have already been developed and published in [6], including the so-called roadmap 7.

Therefore, formal problems will lose their significance, while the importance of tasks aimed at developing and implementing to AIS/AIM processes effective methods of aeronautical data and information quality assurance will keep growing.

As results from the effects achieved and presented in this article, the methods based on Shewhart control charts may be implemented to a certain extent into AIS and later into AIM processes. Implementation of Shewhart control charts should be made to QMS resources in AIS and to processes in AIM, what will be associated with the need for appropriate technological implementation, which all together is the goal and subject of Authors' further work.

5. Literature

- [1] Dudek E., Kozłowski M.: Analysis of aeronautical information potential incompatibility – case study, in: *Journal of KONBiN*, vol. 41(2017), pp. 59-82.
- [2] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja wykorzystania wybranej karty Shewharta do diagnostyki niezgodności mierzonych danych geoprzestrzennych, in: *Pomiary Automatyka Robotyka, PIAP*, vol. 3, 2017, pp. 69-74.
- [3] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja zarządzania jakością danych lotniczych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport*, vol. 113, p. 141-150, Warszawa 2016, ISSN: 1230-9265.
- [4] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja zastosowania metodyki DMAIC do zapewnienia jakości danych lotniczych, [w] Kwasiborska A. (red.): *Transport lotniczy i jego otoczenie*, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, p. 67-78, Warszawa 2016, nr ISBN: 978-83-7814-548-6.
- [5] Dudek E., Kozłowski M.: The concept of a method ensuring aeronautical data quality, w: *Journal of KONBiN*, vol. 37(2016), p. 319-340

*The concept of a method improving the process of aeronautical geospatial data...
Koncepcja metody doskonalenia procesu tworzenia geoprzestrzennych danych...*

- [6] ICAO Doc 9750 Global Air Navigation Plan 2016-2030; Fifth Edition 2016.
- [7] ICAO Implementation of a Quality Management System for Aeronautical Information Services.
- [8] ISO 7870-2:2013 Control charts – Part 2: Shewhart control charts.
- [9] PN-EN ISO 9001:2015-10 Systemy Zarządzania Jakością – Wymagania, PKN 2016.
- [10] Project of ICAO Doc Manual on the Quality Management System for Aeronautical Information Services.
- [11] Commission Regulation (EU) No 73/2010 of 26 January 2010 laying down requirements on the quality of aeronautical data and aeronautical information for the single European sky.
- [12] Siergiejczyk M., Kozłowski M., Dudek E.: Diagnostics of potential incompatibilities in aeronautical data and information chain, w: Diagnostyka, vol. 18, nr 2, 2017, ss. 87-93.
- [13] EUROCONTROL Specification for Data Quality Requirements, Reference nr: EUROCONTROL-SPEC-152.
- [14] ICAO Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation, Aeronautical Information Services, International Civil Aviation Organization, July 2013.



***Dr inż. Ewa Dudek** works in the Telecommunication Department at Warsaw University of Technology, Faculty of Transport. Scientific interests cover transport telematics, system integration, issues related to air traffic control as well as automation of continuous processes (Share 50%).*



***Michał Kozłowski** – Assistant Professor in the Department of Air Transport Engineering at Warsaw University of Technology, Faculty of Transport. Extensive experience in airport managing, gained from over twenty years of work in the operating area of Warsaw Chopin Airport. Author of numerous studies, publications and implementations in the field of safety, quality, reliability and capacity (Share 50%).*

KONCEPCJA METODY DOSKONALENIA PROCESU TWORZENIA GEOPRZESTRZENNYCH DANYCH LOTNICZYCH

1. Wprowadzenie

Artykuł stanowi kontynuację prac Autorów nad zagadnieniem zapewnienia jakości [9] i bezpieczeństwa danych i informacji lotniczych w całym procesie ich tworzenia, gromadzenia, przetwarzania i publikacji. Zgodnie z przepisami Rozporządzenia Komisji (UE) nr 73/2010 [11] dane i informacje lotnicze obejmują:

- zintegrowany pakiet informacji lotniczych, udostępniany przez państwa członkowskie, z wyjątkiem biuletynów informacji lotniczych,
- elektroniczne dane o przeszkodach lub elementy tych danych, o ile zostały udostępnione przez państwa członkowskie,
- elektroniczne dane topograficzne lub elementy tych danych, o ile zostały udostępnione przez państwa członkowskie,
- dane geograficzne dotyczące lotnisk, o ile zostały udostępnione przez państwa członkowskie.

Oznacza to, iż rozpatrując zagadnienia związane z danymi i informacjami lotniczymi ma się głównie do czynienia z danymi geoprzestrzennymi tj. danymi pomierzonymi, zaprojektowanymi lub obliczonymi/pozyskanymi z innych danych. W dotychczasowych pracach (między innymi) przeanalizowano łańcuch danych lotniczych [12] oraz zaproponowano kompleksowe podejście do zapewnienia jakości na wszystkich jego etapach [3, 4], przedstawiono Zintegrowany Pakiet Informacji Lotniczych [1], podkreślając, iż informacje w nim zawarte, stanowiące bazę do planowania i bezpiecznego wykonania lotu, muszą zawsze być aktualne i gotowe do użycia. Natomiast w [2] krótko scharakteryzowano dane geoprzestrzenne i podkreślono potrzebę ich regularnego pomiaru. Przedstawiono ogólną charakterystykę kart kontrolnych (Shewharta) i dokonano wyboru takiej karty dla mierzonych danych geoprzestrzennych, stosowanych w lotnictwie cywilnym.

W niniejszej publikacji, stanowiącej bezpośrednią kontynuację [2], rozszerzono koncepcję celu i zakresu wykorzystania kart kontrolnych Shewharta, przedstawioną w [2] na ich praktyczną implementację i zaproponowano odniesienie wyznaczonej górnej (*GLK*) i dolnej (*DLK*) granicy kontrolnej do wymagań, określonych w specyfikacjach prawnych, w tym w szczególności konkretnych wartości dokładności, pochodzących ze Zharmonizowanej Listy Specyfikacji Eurocontrol [13].

2. Wymagania prawne dotyczące danych i informacji lotniczych

Transport lotniczy jest dyscypliną bardzo silnie obwarowaną regulacjami prawnymi. Przegląd tych wymagań Autorzy przedstawili w kilku swoich poprzednich publikacjach [3, 5]. Za najważniejsze wymagania prawne w analizowanym przez Autorów zagadnieniu zapewnienia jakości danych i informacji lotniczych należy uznać Załączniki do Konwencji Chicagowskiej (1944) i Rozporządzenie Komisji (UE) nr 73/2010 [11]. Analiza tych aktów prawnych oraz literatury polskiej i zagranicznej wykazała, iż opublikowane wymagania i algorytmy mają jedynie charakter końcowej kontroli odbiorczej, a w znaczącej większości dokumentów tylko charakter opisowy. Jedynie w Specyfikacji Eurocontrol – Wymagania jakości danych lotniczych [13], w celu spełnienia wymagań Rozporządzenia ADQ [11], ustanowiono minimalne wymagania jakości danych lotniczych w postaci konkretnych wartości: dokładności, rozdzielczości i spójności w formie Zharmonizowanej Listy (przykład danych w Tabeli 1). Lista ta dotyczy takich danych, jak: szerokość i długość geograficzna, wzniesienie/wysokość bezwzględna/wysokość względna, długość/odległość/ wymiar, itp., czyli de facto głównie danych geoprzestrzennych, na których skoncentrowano się w tej publikacji.

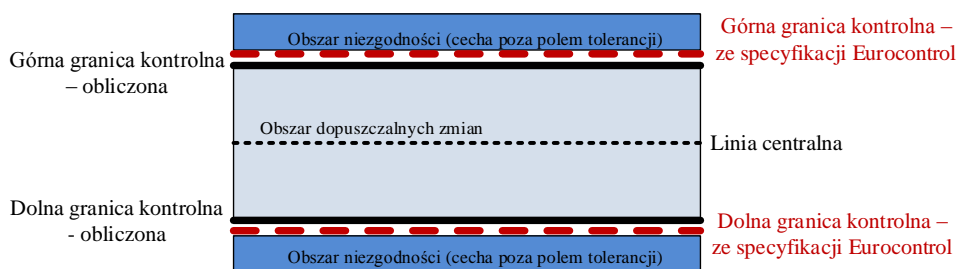
Tab. 1 Zharmonizowana Lista – przykład danych (opracowanie na podstawie [13])

Lp.	Dane lotnicze	Rozdzielczość publikacji	Źródło	Dokładność	Źródło	Typ danych	Klasyfikacja spójności (zgodnie z Załącznikiem 15 do Konwencji)
LL011	Przeszkody w strefie 3 (lotniska)	1/10 sekundy	Załącznik 15 do Konwencji	0,5m	Załącznik 14 do Konwencji, Tom I	Zmierzone	Ważna
LL014	Przeszkody w strefie 2 (w granicach lotniska)	1/10 sekundy	Załącznik 15 do Konwencji	5m	Załącznik 14 do Konwencji, Tom I	Zmierzone	Ważna
EH009	Próg drogi startowej dla podejść precyzyjnych	0,1 metra lub 0,1 stopy	Załącznik 15 do Konwencji	0,25m	Załącznik 14 do Konwencji, Tom I	Zmierzone	Krytyczna
EH022	Przeszkody w strefie 1 (terytorium całego Państwa)	1 metr lub 1 stopa	Załącznik 15 do Konwencji	30m	Załącznik 11 do Konwencji	Zmierzone	Zwykła
LD002	Odległość między pozycjami (fix) na trasie	1/10 km lub 1/10 NM	Załącznik 15 do Konwencji	1/10 km	Załącznik 11 do Konwencji	Obliczone	Zwykła

Wymagania, odnoszące się do dokładności, stanowiącej zgodnie z definicją stopień zgodności między wartością oszacowaną/zmierzoną a wartością rzeczywistą, wykorzystano w niniejszym artykule.

3. Zmodyfikowane karty kontrolne Shewharta

W [2] przedstawiono ogólną charakterystykę kart kontrolnych (Shewharta) i dokonano wyboru karty wartości średniej i rozstępu (\bar{X} - R) dla mierzonych danych geoprzestrzennych, stosowanych w lotnictwie cywilnym. Następnie opracowano koncepcję wykorzystania wybranej pary kart Shewharta do diagnostyki niezgodności mierzonych danych geoprzestrzennych, załączając algorytm postępowania oraz przykład liczbowy. Praktyczna implementacja przedstawionego w [2] rozwiązania wymaga odniesienia wyznaczonych na podstawie wzorów [8] granic kontrolnych (dolnej – *DLK* oraz górnej – *GLK*) do wymagań, zawartych w obowiązujących przepisach prawnych. Zaproponowano więc wprowadzenie modyfikacji do klasycznych kart kontrolnych poprzez wrysowanie na kartę wartości średnich drugich (poza obliczonymi) linii granicznych, wynikających z wymagań jakościowych dla danych i informacji lotniczych. Ideę tę zobrazowano na rysunku 1. Rysunek ten przedstawia sytuację poprawną tzn. granice wymagane specyfikacjami (linia przerywana) są szersze niż obliczone (linia ciągła). Nie można bowiem dopuścić do sytuacji, aby granice obliczone i mające być zastosowane w praktyce były szersze niż te dopuszczalne normami i specyfikacjami prawnymi.



Rys. 1 Schemat poglądowy porównania granic *GLK* i *DLK* obliczonych oraz wymaganych przepisami na karcie Shewharta [opracowanie własne]

Przykład.

W artykule [2] zawarto przykład, przedstawiający wyniki pomiarów 7 przeszkód lotniczych w pewnym cyklu AIRAC – Tabela 2.

Tab. 2 Wyniki pomiarów 7 przeszkód lotniczych wraz z obliczeniami – dane przykładowe (opracowanie na podstawie [2])

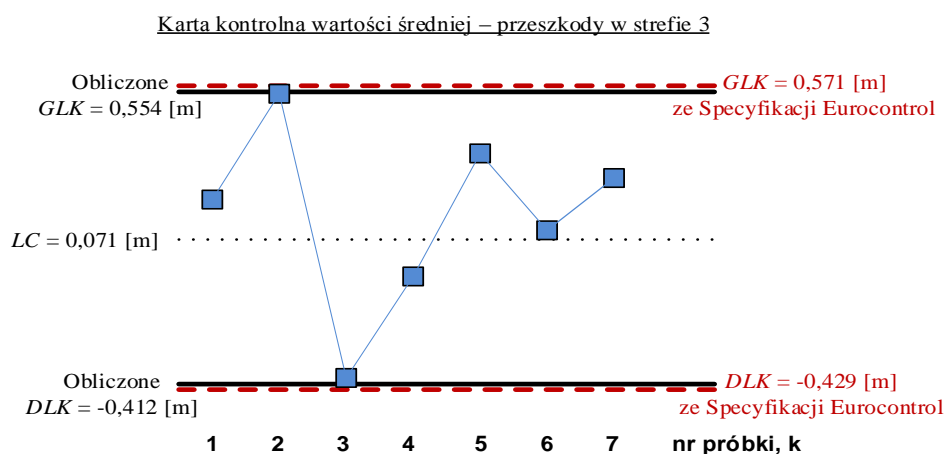
$k/[m]$	x_n	x_{m1k}	x_{m2k}	b_{1k}	b_{2k}	\bar{b}_k	R_k
1	15	15,3	15,1	0,3	0,1	0,2	0,2
2	29	29,8	29,3	0,8	0,3	0,55	0,5
3	6	5,5	5,7	-0,5	-0,3	-0,4	0,2
4	18	17,8	18,1	-0,2	0,1	-0,05	0,3
5	27	27,5	27,2	0,5	0,2	0,35	0,3
6	9,6	9,6	9,8	0	0,2	0,1	0,2
7	17	16,8	16,7	-0,2	-0,3	-0,25	0,1

gdzie: x_n – wartość nominalna,
 k – numer próbki, numer kolejnej mierzonej przeszkody,
 x_{m1k} – wartość pierwszego pomiaru,
 x_{m2k} – wartość drugiego pomiaru,
 b_{1k} – błąd bezwzględny pierwszego pomiaru,
 b_{2k} – błąd bezwzględny drugiego pomiaru,
 \widehat{b}_k – średni błąd z pomiaru pierwszego i drugiego,
 R_k – rozstęp,

oraz towarzyszące im wyniki obliczeń:

linia centralna: $LC = \bar{b} \approx 0,071 [m]$,
 rozstęp średni: $\bar{R} \approx 0,257 [m]$,
 granice kontrolne: $GLK \approx 0,554 [m]$,
 $DLK \approx -0,412 [m]$.

Uzyskaną na ich podstawie kartę kontrolną wartości średnich zmodyfikowano, wrysowując na nią, zgodnie z opisaną we wcześniejszej części artykułu koncepcją, granice kontrolne ze Specyfikacji Eurocontrol [13]. Rozpatrzono dwa przypadki: 1. iż są to przeszkody lotnicze w strefie 3 (lotniska), 2. iż są to przeszkody lotnicze w strefie 2 (w granicach lotniska), co ma znaczący wpływ na wymagany poziom dokładności. W 1. analizowanym przypadku wymagana dokładność to $\pm 0,5m$ (Tabela 1). W przypadku 2. dokładność określona Specyfikacją jest dziesięciokrotnie większa i wynosi $\pm 5m$.



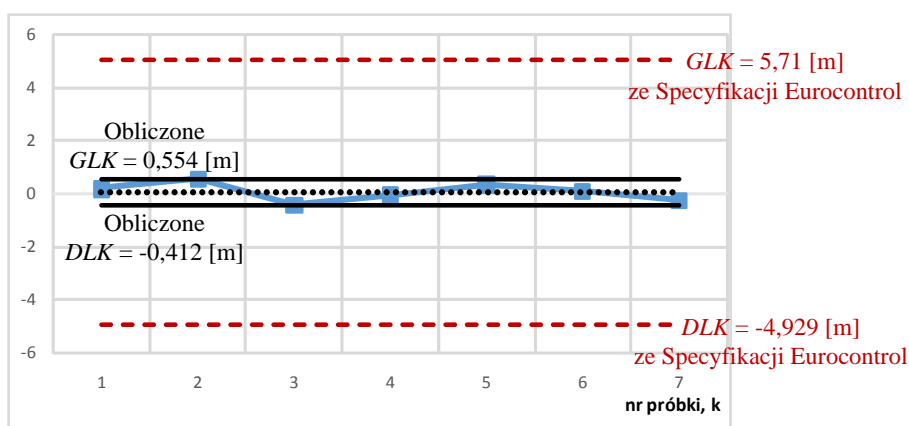
Rys. 2 Zmodyfikowana karta kontrolna wartości średniej – przeszkody lotnicze w strefie 3 (lotniska) [opracowanie własne]

Rysunek 2 przedstawia uzyskaną (zmodyfikowaną) kartę kontrolną wartości średnich dla przeszkód lotniczych w strefie 3 (przypadek 1). Na podstawie dokonanych obliczeń stwierdzono, iż granice wyznaczone na podstawie Specyfikacji Eurocontrol [13] są o $0,017 [m]$ ($0,571-0,554=0,017$) szersze niż te obliczone na podstawie wzorów [8].

Różnica to jest co prawda niewielka, ale nadal sytuację tę należy uznać za poprawną. Ponadto wszystkie wyznaczone wartości (dla próbek od 1 do 7) mieszczą się w obszarze dopuszczalnych zmian.

W rozważanym przypadku 2., gdy przeszkody lotnicze zlokalizowane są w strefie 2 dla analizowanych danych liczbowych wartości obliczone: $GLK=0,554[m]$, $DLK=-0,412[m]$ są znacząco mniejsze niż te wymagane przepisami: $GLK=LC+5[m]=5,071[m]$, $DLK=LC-5[m]=-4,929[m]$. Mimo iż nie budzi wątpliwości fakt, iż granice obliczone są węższe, kartę taką przedstawiono na Rysunku 3.

Karta kontrolna wartości średniej – przeszkody w strefie 2



Rys. 3 Zmodyfikowana karta kontrolna wartości średniej – przeszkody lotnicze w strefie 2 (w granicach lotniska) [opracowanie własne]

Zaprezentowane przykłady potwierdzają możliwość praktycznego wykorzystania rozważanego typu karty kontrolnej Shewharta, z istotną uwagą, że metoda kart kontrolnych, jako metoda określona standardem międzynarodowym [8] może być przyjęta do stosowania praktycznego wprost lub po adekwatnej modyfikacji. Jej zastosowanie w każdym etapie łańcucha danych i informacji lotniczych [3, 4, 5] umożliwi podejmowanie skutecznych i efektywnych działań zapobiegawczych i korygujących. Wyznacza to pewien szczególny kontekst podjętego przez Autorów zadania poszukiwania adekwatnych praktycznych metod statystycznego zarządzania jakością procesów tworzenia danych i informacji lotniczych. Należy przy tym mieć na uwadze, że w zakresie działania Służby Informacji Lotniczej (Aeronautical Information Services – AIS) Załącznik 15 [14] wprowadził wymaganie wdrożenia Systemu Zarządzania Jakością (Quality Management System – QMS) zgodnego ze specyfikacją normy ISO 9001, nie wskazując jednak, podobnie jak inne powołane w niniejszym artykule akty i normy prawne, konkretnego modelu QMS, którego określenie zmieniało się w kolejnych edycjach normy ISO 9001.

4. Podsumowanie

Konieczność zapewnienia jakości danych i informacji lotniczych, rozumianej jako spełnienie wymagań dotyczących np. dokładności, rozdzielczości, integralności, aktualności (i innych) pozostaje w bezpośrednim związku przyczynowo-skutkowym z zagadnieniem zapewnienia bezpieczeństwa procesów zarządzania ruchem lotniczym (Air Traffic Management – ATM) i wykonywanych operacji lotniczych. Złożoność procesów, tworzących łańcuch danych i informacji lotniczych przy jednoczesnym braku prawnie ustanowionych norm, dotyczących metod, jakie mają być przyjęte do stosowania w celu zapewnienia jakości danych i informacji lotniczych, czyni to praktyczne zagadnienie problemowe znacząco istotnym i (ciągle) aktualnym. Autorzy zwracają uwagę, że braki te można rozpatrywać jako znaczące braki w systemie regulacji prawa lotniczego, gdyż aspekty i metody zapewnienia jakości w dziedzinach: służby meteorologicznej, ograniczania emisji szkodliwych do środowiska oraz zapewnienia bezpieczeństwa w procesach projektowania procedur ruchu lotniczego zostały odpowiednio unormowane w wydanych już podręcznikach ICAO (m.in.: ICAO Doc 9873, ICAO Doc 9884, ICAO Doc 9889, ICAO Doc 9906). Wynikiem działalności powołanej przez ICAO grupy zadaniowej Aeronautical Information Services – Aeronautical Information Management Study Group (AIS-AIMSG) jest w szczególności przygotowanie projektu podręcznika Manual on the Quality Management System for Aeronautical Information Services [10] oraz planu Implementation of a Quality Management System for Aeronautical Information Services [7]. Dokumenty te nie zostały jednak w pełni wdrożone do stosowania, a co zwraca uwagę Autorów, odwołują się, tak jak inne normy prawne, np. Załącznik 15 [14], do poprzedniej edycji standardu QMS, tj. normy ISO 9001:2008 (w zakresie AIS stanowią wymaganie i podstawę certyfikacji QMS). W ocenie Autorów nie jest zasadnym wprowadzanie wymagań prawnych, które swoją treścią i przedmiotem odwołują się do konkretnej edycji normy, czego potwierdzeniem jest fakt, iż aktualnie obowiązująca edycja normy ISO 9001:2015 [9] wprowadziła znaczące zmiany w stosunku do poprzedniej edycji, a zmiany te dotyczą w szczególności rozszerzenia i uzupełnienia specyfikacji wymagań w zakresie planowania, projektowania, nadzorowania i doskonalenia procesów oraz stosowania podejścia opartego na zarządzaniu ryzykiem, jak również obowiązek certyfikacji QMS na podstawie nowej edycji normy ISO 9001 od roku 2018. Te aspekty są szczególnie istotne w kontekście przedmiotowego zagadnienia problemowego. Taki, jak przedstawiono, stan formalny rodzi w oczywisty sposób paradoksalną sytuację w wymiarze formalno-prawnym i faktycznym. Jest to zidentyfikowany przez Autorów kolejny przykład niedoskonałości norm prawnych, jednak z uwagą, że wraz z postępem prac, podjętych przez ICAO i EUROCONTROL, nad przekształceniem formuły Służby Informacji Lotniczej (AIS) w Zarządzanie Informacją Lotniczą (Aeronautical Information Management – AIM) praktyczne znaczenie tego problemu będzie się marginalizowało do wymiaru formalnego.

Cel i założenia koncepcji przekształcenia AIS w AIM wynikają z oczywistego stwierdzenia faktu, że aktualnie, pomimo dynamicznego i znaczącego rozwoju technik teleinformatycznych i telematycznych wykorzystywanych w lotnictwie cywilnym, w dalszym ciągu działania w zakresie łańcucha danych i informacji lotniczych mają charakter wielokrotnych operacji manualnych, z ograniczonym stopniem i zakresem transferu danych, co pozostaje w oczywistej sprzeczności z aktualnymi potrzebami w zakresie ATM, w tym w szczególności nawigacji obszarowej (RNAV), wydajności (RNP) jak również użytkowania FMS. Cele i plan przekształcenia AIS w AIM zostały już opracowane i opublikowane w [6], łącznie z tzw. mapą drogową (roadmap 7). W związku z tym, problemy formalne będą traciły na znaczeniu, natomiast będzie rosło znaczenie zadań, mających na celu opracowanie i wdrożenie do procesów AIS/AIM skutecznych metod zapewnienia i zarządzania jakością danych i informacji lotniczych.

Jak wynika z osiągniętych i zaprezentowanych w niniejszym artykule wyników metody oparte na kartach kontrolnych Shewharta mogą być w pewnym zakresie zaimplementowane do procesów AIS, a później AIM. Implementacja kart kontrolnych Shewharta powinna być dokonana do zasobów QMS w AIS, a do procesów w AIM, co będzie wiązało się z koniecznością odpowiedniej implementacji technologicznej, co wszystko razem stanowi cel i przedmiot dalszych prac Autorów.

5. Literatura

- [1] Dudek E., Kozłowski M.: Analysis of aeronautical information potential incompatibility – case study, w: Journal of KONBiN, nr 41, 2017, ss. 59-82.
- [2] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja wykorzystania wybranej karty Shewharta do diagnostyki niezgodności mierzonych danych geoprzestrzennych, w: Pomiary Automatyka Robotyka, PIAP, nr 3, 2017, ss. 69-74.
- [3] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja zarządzania jakością danych lotniczych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport, z. 113, str. 141-150, Warszawa 2016, nr ISSN: 1230-9265.
- [4] Dudek E., Kozłowski M.: Koncepcja zastosowania metodyki DMAIC do zapewnienia jakości danych lotniczych, [w] Kwasiborska A. (red.): Transport lotniczy i jego otoczenie, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, str. 67-78, Warszawa 2016, nr ISBN: 978-83-7814-548-6.
- [5] Dudek E., Kozłowski M.: The concept of a method ensuring aeronautical data quality, w: Journal of KONBiN, vol. 1, nr 37, 2016, ss. 319-340
- [6] ICAO Doc 9750 Global Air Navigation Plan 2016-2030; Fifth Edition 2016.
- [7] ICAO Implementation of a Quality Management System for Aeronautical Information Services.
- [8] Norma ISO 7870-2:2013 Control charts – Part 2: Shewhart control charts.
- [9] Norma PN-EN ISO 9001:2015-10 Systemy Zarządzania Jakością – Wymagania, PKN 2016.

The concept of a method improving the process of aeronautical geospatial data...
Koncepcja metody doskonalenia procesu tworzenia geoprzestrzennych danych...

- [10] Projekt ICAO Doc Manual on the Quality Management System for Aeronautical Information Services.
- [11] 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.
- [12] Siergiejczyk M., Kozłowski M., Dudek E.: Diagnostics of potential incompatibilities in aeronautical data and information chain, w: Diagnostyka, vol. 18, nr 2, 2017, ss. 87-93.
- [13] Specyfikacja EUROCONTROL – Wymagania jakości danych lotniczych, nr referencyjny dokumentu: EUROCONTROL-SPEC-152.
- [14] Załącznik 15 do Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym: Służby Informacji Lotniczej; Aneks 15 ICAO, lipiec 2013.



Dr inż. Ewa Dudek pracuje w Zakładzie Telekomunikacji w Transporcie na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej. Zainteresowania naukowe obejmują telematykę transportu, integrację systemów, zagadnienia, związane z ruchem lotniczym oraz automatykę procesów ciągłych (Udział 50%).



Michał Kozłowski – Adiunkt w Zakładzie Inżynierii Transportu Lotniczego Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej. Bogate doświadczenie w zakresie zarządzania portem lotniczym, wyniesione z ponad dwudziestoletniej pracy zawodowej w obszarze operacyjnym Lotniska Chopina w Warszawie. Autor licznych badań, publikacji i wdrożeń, m.in. z zakresu systemów zarządzania, w tym bezpieczeństwem i przepustowością (Udział 50%).