



Politechnika Wroclawska

Wydział Mechaniczny

## ROZPRAWA DOKTORSKA

### **Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym**

Mgr inż. Maria Pawlak

Promotor: dr hab. inż. Artur Kierzkowski, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Tomasz Kisiel

Słowa kluczowe: obsługa bagażu, port lotniczy, ocena systemu

WROCLAW 2023

## Spis treści

Streszczenie .....	4
Abstract .....	5
Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	6
Wstęp.....	8
1. Aktualny stan wiedzy na temat obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.....	10
1.1 Analiza procesowa i systemowa.....	10
1.2.Obsługa bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym – obszary badań .....	11
2. Metody i narzędzia analizy procesowej i systemowej .....	27
2.1. Analiza rodzajów i skutków niezdatności (FMEA) .....	27
2.2. Analiza rodzajów skutków i krytyczności niezdatności (FMECA) .....	29
2.3. Wstępna analiza zagrożeń (PHA).....	29
2.4. Blokowe schematy niezawodności (RBD).....	30
2.5. Analiza drzew zdarzeń (ETA) .....	31
2.6. Diagram Ishikawy.....	32
2.7. Analiza drzew błędów (FTA).....	34
2.8. Teoria zbiorów rozmytych.....	36
3. Podsumowanie przeglądu literatury .....	38
4. Cel i zakres rozprawy doktorskiej.....	44
5. Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....	45
5.1 Algorytm metody.....	46
KROK 1. Identyfikacja systemu obsługi bagażu rejestrowanego.....	47
KROK 2: Akwizycja danych na potrzeby wyznaczenia wartości parametrów oceny systemu .....	52
KROK 3: Wyznaczenie wartości parametrów oceny podsystemów obsługi bagażu rejestrowanego .....	54
KROK 4: Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.....	58
KROK 5: Analiza uzyskanych wyników .....	112
6. Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.....	114
7. Aplikacja metody systemu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....	123
7.1 Identyfikacja elementów systemu obsługi bagażu rejestrowanego .....	123
7.2 Akwizycja danych na potrzeby wyznaczenia wartości parametrów oceny systemu....	126
7.3 Wyznaczenie wartości parametrów oceny podsystemów obsługi bagażu rejestrowanego .....	128

7.4 Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego.....	129
7.5 Analiza uzyskanych wyników .....	130
8. Podsumowanie i wnioski .....	132
Bibliografia: .....	135
Spis rysunków .....	148
Spis tabel .....	150

## Streszczenie

Rozprawa doktorska obejmuje zagadnienia obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym i została napisana w odpowiedzi na rosnący odsetek przypadków niewłaściwej obsługi bagażu podczas odprawy. Praca jest kompleksowym badaniem tego zagadnienia i składa się z ośmiu rozdziałów.

W pierwszym rozdziale przedstawiono aktualny stan wiedzy na temat obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym. Następnie, w drugim rozdziale, dokonano przeglądu literatury, aby zidentyfikować obszary związane z obsługą bagażu rejestrowanego oraz zastosowane metody badawcze. W trzecim rozdziale przedstawiono podsumowanie przeglądu literatury i wskazano lukę badawczą danego obszaru badań. Czwarty rozdział zawiera cel i zakres pracy doktorskiej, czyli jakie konkretne aspekty obsługi bagażu zostaną zgłębione. Piąty rozdział przedstawia autorską metodę oceny obsługi systemu bagażu w porcie lotniczym, która składa się z pięciu kroków. Szósty rozdział dotyczy weryfikacji metody obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym. Siódmy rozdział jest aplikacją opracowanej metody dla wybranego systemu obsługi bagażu rejestrowanego. W ostatnim, ósmym rozdziale, znajduje się podsumowanie pracy doktorskiej oraz wnioski płynące z przeprowadzonych badań.

Zaproponowana w rozprawie doktorskiej metoda oceny obsługi systemu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym umożliwia przeprowadzenie jej w sposób kompleksowy, biorąc pod uwagę istniejącą wiedzę. Praca ta stanowi wkład w rozwój badań w zakresie oceny systemu obsługi bagażu w porcie lotniczym i może być wykorzystana jako podstawa do dalszych badań i doskonalenia praktyk w tym obszarze.

## **Abstract**

The doctoral dissertation covers the handling of checked baggage at the airport and was written in response to the growing percentage of mishandling of baggage at check-in. The work is a comprehensive study of this issue and consists of eight chapters.

The first chapter presents the current state of knowledge on the handling of checked baggage at the airport. Then, in the second chapter, the literature is reviewed to identify the areas related to the handling of checked baggage and the research methods used. The third chapter presents a summary of the literature review and indicates a research gap in a given area of research. The fourth chapter contains the purpose and scope of the doctoral thesis, i.e. what specific aspects of baggage handling will be explored. The fifth chapter presents the author's method of assessing the service of the baggage system at the airport, which consists of five steps. The sixth chapter deals with the verification of the method of handling checked baggage at the airport. The seventh chapter is an application of the developed method for a selected checked baggage handling system. In the last, eighth chapter, there is a summary of the doctoral thesis and the conclusions of the research.

The method of evaluating the service of the checked baggage system at the airport proposed in the doctoral dissertation makes it possible to conduct it in a comprehensive manner, taking into account the existing knowledge. This work is a contribution to the development of research in the field of airport baggage handling system assessment and can be used as a basis for further research and improvement of practices in this area.

## Wykaz ważniejszych oznaczeń

$s$  – realizacja scenariusza,

$\omega^v(s)$  – cena dualna,

$\rho$  - współczynnik kary,

$x$  – decyzje pierwszego etapu,

$h$  – decyzje drugiego etapu,

$S_1$  - podsystem teleinformatyczny (DCS)

$S_2$  - Podsystem Przepływu i Obsługi Bagażu (BHS)

$S_3$  - Podsystem Kontroli Bezpieczeństwa Bagażu Rejestrowanego (HBS)

$R_i^{ckk}$  - niezawodności odczytu kodu kreskowego przez poszczególne czytniki kodów kreskowych,

$m_i^{ckk}$  - liczba prawidłowo odczytanych kodów kreskowy przez  $i$ -ty czytnik,

$n$  – liczba wszystkich bagaży rejestrowanych,

$R_S^{ckk}$  - wskaźnik niezawodności systemu czytników kodów kreskowych,

$R_i^{cks}$  - parametr oceny rozmieszczenia czytników kodów kreskowych zainstalowanych w systemie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,

$m_i^{cks}$  - liczba zidentyfikowanych błędów przez system teleinformatyczny,

$m$  – liczba wszystkich błędów,

$R_i^{ckp}$  - parametr niezawodności prawidłowego wydruku i umieszczenia etykiety bagażowej na bagażu rejestrowanym,

$m_i^{ckp}$  - liczba prawidłowo wydrukowanych i umieszczonych etykiet bagażowych na bagażu rejestrowanym,

$A_S^{SPB}$  - wskaźnik gotowości technicznej,

$A_j^{SPB}$  – wskaźnik gotowości poszczególnych  $j$ -tych elementów infrastruktury transportowej bagażu rejestrowanego,

$R^u$  – parametr uszkodzenia bagażu rejestrowanego,

$n^u$  - liczba uszkodzonych bagaży,

$\alpha_{x_n}^{kk}$  – funkcja przynależności odczytu kodu kreskowego,

$\alpha_{x_n}^{sc}$  - funkcja przynależności systemu czytników,

$\alpha_{x_n}^{pi}$  - funkcja przynależności przetwarzania informacji,

$\alpha_{x_n}^e$  - funkcja przynależności umieszczania etykiety na bagażu,

$\alpha_{x_n}^{st}$  - funkcja przynależności systemu te informatycznego systemu obsługi bagażu,

$\bar{y}$  - wartość ostra, sygnał wyjściowy metody środka ciężkości,

$B'$  – zbiór wyjściowy,

$\alpha_{x_n}^{sp}$  - funkcja przynależności wykorzystania systemu przesyłu bagażu rejestrowanego,

$\alpha_{x_n}^{ub}$  - funkcja przynależności uszkodzenia bagażu rejestrowanego,

$\alpha_{x_n}^{spo}$  - funkcja przynależności systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,

$\alpha_{x_n}^{rtg}$  - funkcja przynależności wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG,

$\alpha_{x_n}^{km}$  - funkcja przynależności wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej,

$\alpha_{x_n}^{etd}$  - funkcja przynależności wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD,

$\alpha_{x_n}^{sk}$  - funkcja przynależności systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego,

$\alpha_{x_n}^{so}$  – funkcja przynależności systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym ,

$k$  – liczba wariantów r-tego pytania,

$f_j$  - częstość występowania danego j-tego wariantu wśród odpowiedzi,

$n$  – liczba ekspertów.

## Wstęp

W dzisiejszym dynamicznym świecie, gdzie podróże lotnicze są nieodłączną częścią życia wielu osób, prawidłowa obsługa bagażu rejestrowanego w portach lotniczych odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu sprawnej i efektywnej podróży pasażerów. Prawidłowa odprawa bagażu ma ogromne znaczenie dla całości funkcjonowania portu lotniczego, wpływając na bezpieczeństwo, komfort podróżowania oraz zadowolenie pasażerów.

Ważność prawidłowej odprawy bagażu wynika przede wszystkim z kilku kluczowych czynników. Po pierwsze, skuteczne zarządzanie bagażem rejestrowanym pozwala minimalizować straty, uszkodzenia oraz zagubienia bagaży. Pasażerowie muszą mieć pewność, że ich bagaż dotrze do celu podróży wraz z nimi, niezależnie od skomplikowanego systemu transportowego, którym podróżują. Niewłaściwa odprawa bagażu prowadzi do znacznych niedogodności, wpływając negatywnie na doświadczenie podróży pasażerów oraz wizerunek portu lotniczego. Po drugie, nieprawidłowości podczas odprawy bagażu mają negatywny wpływ na całość operacji w porcie lotniczym. Opóźnienia, błędy i problemy z identyfikacją bagażu przyczyniają się do zakłócenia harmonogramu lotów, co skutkuje nieregularnościami, zmniejszoną przepustowością oraz zwiększonym ryzykiem komplikacji operacyjnych. W rezultacie port lotniczy może stracić na wiarygodności, a pasażerowie zaczynają tracić zaufanie do oferowanych usług.

Statystyki dotyczące nieprawidłowości podczas odprawy bagażu dają jasny komunikat, że należy wdrożyć działania naprawcze. Według raportu Międzynarodowego Stowarzyszenia Transportu Lotniczego (IATA) z 2022 roku, co najmniej 1 na 1000 bagaży rejestrowanych jest zagubionych lub opóźnionych [6]. Oznacza to, że rocznie na całym świecie dochodzi do milionów przypadków nieprawidłowego traktowania bagażu. Niedopuszczalne jest również zaniedbywanie bezpieczeństwa podczas odprawy bagażu. Raporty wskazują [5] na nieprawidłowości w procedurach kontroli bagażu, w tym przypadki, gdy nieodpowiednio zabezpieczony bagaż zostaje dopuszczony na pokład samolotu, co stanowi potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa pasażerów.

Konsekwencje nieprawidłowości podczas odprawy bagażu są nie tylko operacyjne, ale również ekonomiczne i społeczne. Opóźnienia spowodowane problemami z bagażem generują koszty dla linii lotniczych, portów lotniczych oraz pasażerów. Ponadto, straty związane z zagubieniem bagażu, odszkodowania oraz konieczność organizacji doręczenia zgubionego bagażu powodują istotne obciążenie finansowe dla branży lotniczej. Dodatkowo,



niezadowolenie pasażerów i utrata zaufania mogą prowadzić do zmniejszenia ruchu pasażerskiego i negatywnie wpływać na konkurencyjność danego portu lotniczego.

W związku z tym, istotne jest, aby system obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym działał bezbłędnie. Właściwe zarządzanie odprawą bagażu, poparte skutecznymi technologiami i odpowiednimi procedurami, przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa, efektywności oraz doświadczenia podróżowania pasażerów.

Z uwagi na istotę systemu obsługi bagażu w porcie lotniczym podjęta została tematyka rozprawy doktorskiej, której celem jest identyfikacja parametrów systemu oraz opracowana metoda oceny systemu obsługi systemu bagażu. Przeanalizowane zostaną różne technologie i innowacje w zakresie śledzenia bagażu, systemów kontroli bezpieczeństwa oraz zarządzania operacjami lotniskowymi, które mogą przyczynić się do skutecznej obsługi bagażu rejestrowanego.

Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym zostanie wykorzystana do analizy i oceny skuteczności działania tego systemu. Jej głównym celem jest wysłanie informacji zwrotnej na temat jakości i wydajności systemu obsługi bagażu, co pozwala na sprawdzenie zarówno mocnych i słabych stron systemu oraz wskazanie obszarów wymagających poprawy w systemie obsługi bagażu. Poprzez ocenę systemu obsługi bagażu rejestrowanego, port lotniczy może:

- identyfikować potencjalne problemy i wyzwania w obszarze obsługi, takie jak opóźnienia,
- określać źródła problemów w systemie obsługi bagażu,
- udoskonalać procesy w celu zwiększania wydajności obsługi działania,
- zapewniać bezpieczną obsługę pasażerom poprzez minimalizowanie incydentów związanych z bagażem.

Metoda, uwzględniając różne parametry, zapewnia kompleksową ocenę systemu obsługi bagażu, bezpośrednio przekładając się na zapewnienie wysokiego standardu obsługi systemu bagażu, pozytywnego doświadczenia podróżowania przez pasażerów, co ma kluczowe znaczenie dla reputacji i konkurencyjności portu lotniczego.

# 1. Aktualny stan wiedzy na temat obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym

## 1.1 Analiza procesowa i systemowa

Idea nieustannego doskonalenia jakości usług jest ważnym elementem realizowanym przez podmioty gospodarcze. Jakość rozumiana jest jako „ogół cech produktu lub usług decydujących o ich zdolności do zaspokojenia stwierdzonych i potencjalnych potrzeb” [9]. Usługa natomiast według [31] definiowana jest następująco: „usługą jest wszystko to, co nie będąc produkcją służy zaspokajaniu potrzeb”. Zarówno jakość jak i usługa, powiązane są z transportem lotniczym oraz z podmiotami świadczącymi usługi obsługi naziemnej dla portów lotniczych. Gwarancja najwyższego poziomu jakości oraz niezawodności usług przekłada się na satysfakcję klienta.

Z jakością powiązane jest pojęcie systemu oraz procesu. Zgodnie z [32] „proces to wiązka aktywności organizacji skierowana na jedno lub kilka wejść, w wyniku której odbiorca otrzymuje produkt (usługę) o pożądanej przez niego wartości”. W praktyce przekłada się to na znalezienie takiej struktury operacji, która maksymalnie ukierunkowana byłaby na tworzenie wartości dodanej całego systemu organizacyjnego oraz jego poszczególnych części. Definiując zachodzące procesy w danym przedsiębiorstwie należy zwrócić uwagę na jego elementy, do których należą [11]:

- początek i koniec, wejścia i wyjścia procesu,
- struktura procesu,
- dostawcy, odbiorcy, właściciele procesu,
- narzędzia pomiaru oraz oceny,
- dostępne zasoby,
- wskaźniki efektywności,
- dokumentacja procesu oraz jego przebieg.

Kolejnym ważnym zagadnieniem jest analiza systemowa. Istotnym jej atrybutem jest kompleksowość podejścia, identyfikacja elementów składowych (podsystemów) systemu oraz określenie relacji zachodzących między elementami [10], co jest istotne podczas tworzenia struktur systemu.

W celu sprawdzenia jak dotychczas stosowano podejście systemowe oraz procesowe dotyczące obsługi bagażu rejestrowanego przeprowadzono przegląd literatury. Tematyka związana z danym zagadnieniem została przedstawiona w rozdziale 1.2.

## 1.2. Obsługa bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym – obszary badań

W ostatnich latach przeprowadzono szereg badań pod kątem pojęcia jakości [13]. Jakość, jak już wcześniej wspomniano, ma odpowiadać potrzebom klienta [9, 14]. Z tego względu do oceny jakości brane są pod uwagę odczucia pasażerów [15]. Przeprowadzone [16] badania empiryczne dotyczące funkcjonowania krajowych linii lotniczych, klientów oraz wykonawców usług oddały całościowe spojrzenie na branżę lotniczą. Według badań jakość usług jest zróżnicowana. Wynika z jakości usług obiecanych przez serwis dostawców, świadczących usługi w porcie lotniczym, a rzeczywistą usługą dostarczaną klientom. Zróżnicowanie usług wpłynęło na konieczność uzyskania jakości pokrywającej się z oczekiwaniami klientów, dzięki czemu nie dojdzie do utraty klientów oraz powstanie możliwość pozyskania nowych klientów. W celu poznania dotychczasowych prac, które zostały przeprowadzone z zagadnienia obsługi bagażu rejestrowanego, dokonano przeglądu literatury, który obejmuje zarówno:

- zastosowane modele,
- przeanalizowane parametry,
- wprowadzone technologie.

Jednym z najbardziej powszechnie stosowanych modeli jest SERVQUAL [17]. W przeszłości badacze [18, 19] opierali się na modelu jakości obsługi PZB oraz skali oceny jakości SERVQUAL do wskazania różnicy między jakością obsługi z perspektywy podróżujących pasażerów a z perspektywy usługodawcy.

Z modelu skorzystano do oceny kilku usług lotniczych. W [22] model zastosowano do analizy czynnikowej jako wagi w celu zmierzenia jakości usług tureckich linii lotniczych. Okazało się, że najważniejszym czynnikiem decydującym o wyborze linii lotniczej są wcześniejsze doświadczenia pasażerów z podróży. W związku z tym pasażerowie wskazali, że wpływ na odniesione doświadczenia miała terminowa odprawa bagażu oraz kompetencje i empatia pracowników, dzięki którym proces odprawy przebiegł bez zakłóceń. W [23] oceniono natomiast tajwańskie linie lotnicze wprowadzając rozmyty, ważony model SERVQUAL. W rezultacie wśród najistotniejszych czynników oceny znalazła się niezawodność, pewność i responsywność. Empatia nie okazała się kluczowym parametrem oceny. Obsługę linii lotniczych zbadano również w [24] z zastosowaniem dodatkowo modelu Kano. Autorzy zbadali atrybuty jakościowe i ich wpływ na satysfakcję klientów. Na podstawie zebranych danych okazało się, że największe znaczenie dla pasażerów ma

komunikacja personelu podczas procesu obsługi oraz niezawodność sprzętu podczas procesu obsługi.

Do mierzenia jakości usług lotniczych stosowano również metody wielokryterialne (MCDM). Przegląd zastosowania metod MCDM w jakości usług lotniczych zamieszczono w tabeli 1.2.1.

Tab. 1.2.1 Metody MCDM jakości usług lotniczych

<b>metoda</b>	<b>Przeznaczenie</b>	<b>źródło</b>
VIKOR	ocena jakości usług chińskich linii lotniczych	[25]
VIKOR i SERVQUAL	ocena jakości usług tajwańskich linii lotniczych	[26]
Metoda relacji szarości	ocena jakości usług czterech tajwańskich linii lotniczych	[27]
DEMATEL i ANP	ocena jakości usług tajwańskich linii lotniczych	[28]
AHP	ocena jakości usług linii lotniczych	[29]
BWM	ocena systemów obsługi bagażu	[30]

*źródło: opracowanie na podstawie [30]*

Na podstawie zastosowanych metod wielokryterialnego podejmowania decyzji MCDM wykazano, że najwyżej ocenianym przez pasażerów czynnikiem była obsługa kabinowa, natomiast najniższe wartości oceny zostały przydzielone obsłudze bagażu.

W kolejnej publikacji [33] podjęto kwestię związaną z systemem kontroli bezpieczeństwa bagażu. W pracy przedstawiono model oceny skuteczności kontroli bezpieczeństwa bagażu na lotnisku, rozumianej jako zdolność do wykrywania przedmiotów zabronionych. Szczególną uwagę zwrócono na:

- czynnik ludzki,
- czynnik techniczny,
- efektywność.

Uwzględniono również czynniki subiektywne, do których zaliczono: ocenę operatora oraz tendencję popełniania błędów. W tym przypadku wystąpienia również czynników subiektywnych zastosowano hierarchiczny system wnioskowania rozmytego. Został on wdrożony jako system komputerowy RBES (Rule Based Expert System) wspomagający kontrolę bezpieczeństwa bagażu. Metoda umożliwia ocenę faktycznej wykrywalności przedmiotów zabronionych oraz uwzględnienia organizację procesu sterowania.

W nawiązaniu do logiki rozmytej, w [34], zaproponowano rozmyty algorytm oceniający pracę człowieka jako operatora kontrolującego proces obsługi pasażerskiej i bagażowej przed lotem w terminalu lotniska. Operator kontroluje wydajność systemu odprawy bagażu oraz zarządza środkami technicznymi. W rezultacie dzięki kontroli wydajności systemu odprawy bagażu dobierane są odpowiednie zasoby lotniska, co przekłada się na zwiększenie jakości obsługi bagażu oraz obsługi pasażerskiej.

Zagadnienie wydajności systemu obsługi bagażu zostało rozważone również w [35]. W celu sprawdzenia wydajności systemu obsługi bagażu skorzystano z metodyki Lean six sigma. Przeprowadzone analizy miały zidentyfikować główne problemy, które wpływały na niezawodność systemu. Wśród rozwiązań zaproponowano wdrożenie technologii identyfikacji radiowej (RFID), w celu zmniejszenia liczby niewłaściwie obsłużonych bagaży, oraz modyfikację systemu z pięciu poziomów kontroli do trzech poziomów.

Najnowocześniejsze systemy obsługi bagażu transportują go w sposób zautomatyzowany z zastosowaniem kodów docelowych (DCV). W [12] rozważono problem wydajnego obliczania optymalnych tras bagażu z kodem docelowym (DCV). Zaproponowane podejście ma na celu zmniejszenia złożoności obliczeń przez aproksymację problemu optymalizacji nieliniowej i programowania liniowego z mieszanymi liczbami całkowitymi (MILP). Zaproponowane rozwiązanie wykorzystano do obliczenia trasy DCV przy użyciu sterowania predycyjnego modelu (MPC) w ramach analizy przypadku. Wyniki przeprowadzonej symulacji wskazały, że obliczenie wyboru trasy przy użyciu oryginalnego wzoru nieliniowego do optymalizacji MPC dają lepszą wydajność niż przy użyciu formuły MILP. Wiąże się to jednak ze znacznie dłuższymi obliczeniami. Aby skrócić czas obliczeń przy jednoczesnym uzyskaniu dobrych wyników zaproponowano oryginalną optymalizację MPC z wykorzystaniem na każdym kroku odpowiedniego sformułowania MILP, co umożliwi wyznaczenie optymalnych tras bagażu.

Z zagadnieniem wyboru trasy powiązany jest algorytm najkrótszej ścieżki oraz reguły routingu oparte na doświadczeniu pracowników [36]. Reguły routingu okazały się czasochłonnym oraz kosztownym sposobem, z uwagi na fakt, że każde lotnisko potrzebuje

własnego zestawu reguł wyznaczania tras. Przedstawiono zatem nowe rozwiązanie wyboru trasy z zakresu uczenia maszynowego ze wzmocnieniem. Wykorzystano narzędzie symulacji, które ułatwiło planowanie trasowania w chwili zatłoczonych systemów obsługi bagażu. Planowanie trasowania wpływa na prawidłowe odprawienie bagaży na właściwy rejs oraz zapobiega torowaniu się bagaży na przenośnikach.

Kody docelowe (DCV) rozważano również w [37] do zoptymalizowania wydajności systemu obsługi bagażu. W tym artykule do kierowania DCV zaproponowano zdecentralizowane metody sterowania, które niezależnie obliczają sterowanie lokalne. Wyniki wskazały, że zdecentralizowane podejścia heurystyczne zwykle dają gorsze wyniki niż te uzyskane przy użyciu zdecentralizowanego MPC, ale z drugiej strony nie są czasochłonne. Rozważania przez autorów zostały poszerzone w [38]. Tematyka objęła scentralizowaną, zdecentralizowaną oraz rozproszoną kontrolę predykcyjną modeli MPC. Aby ocenić skuteczność zaproponowanych podejść kontrolnych wskazano prosty punkt odniesienia studium przypadku, w którym metody są porównywane dla kilku scenariuszy. Ostatecznie okazało się, że najlepszą wydajność systemu uzyskuje się przy użyciu scentralizowanego MPC. Nie mniej jednak metoda scentralizowana MPC nie sprawdza się przy dużym nakładzie obliczeniowym. Z tego względu występuje zrównoważony kompromis między czasem obliczeń a optymalnością dotyczący zdecentralizowanego i rozproszonego MPC. Kolejne zastosowania danej tematyki przedstawia tabela 1.2.2.

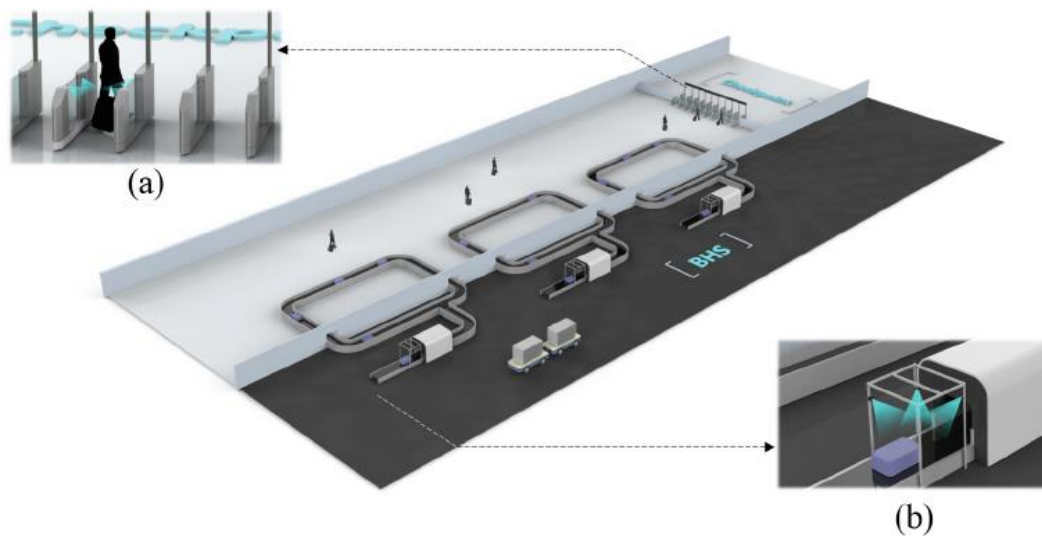
Tab. 1.2.2 Wybór trasy dla systemu obsługi bagażu

<b>zastosowanie</b>	<b>źródło</b>
Rozproszona kontrola wyboru trasy w systemach obsługi bagażu opartych na DCV	[39], [40], [41], [42], [43], [44], [45]
Hierarchiczna kontrola wyboru trasy dla systemów obsługi bagażu	[46], [47], [48], [49]
Sterowanie oparte na modelu do wyboru trasy dla systemów obsługi bagażu	[50], [51], [52]

źródło: opracowanie własne na podstawie [37]

Metody zawarte w tabeli 1.2.2 przedstawiają trzy sposoby wyboru tras dla systemu obsługi bagażu. Istotnym elementem w sposobie trasowania jest zapewnienie skanowania kodów docelowych DCV. Zeskanowanie kody na każdym etapie odprawy bagażu świadczy o bezbłędnym przepływie informacji, co zapewnia odprawienie bagażu na właściwy rejs.











Parametr wydajności został także sprawdzany w tematyce związanej z kontrolą bagaży [53]. W celu zwiększenia wydajności odprawy celnej, kontrola bezpieczeństwa z zastosowaniem skanowania rentgenowskiego została wdrożona w BHS w wielu nowych budowanych lotniskach. W publikacji zaproponowano zatem zestaw danych bagażowych ReID o nazwie MVB. Zestaw danych bagażowych zawiera podstawowe cechy nadawanych bagaży, które za pomocą skanowania rentgenowskiego porównywane są z cechami danego bagażu po ostatnim etapie jego odprawy. Zgromadzone charakterystyki bagaży podczas odprawy umożliwiają sprawdzenie czy bagaż został uszkodzony podczas odprawy czy nie. Wszystkie dane gromadzono w scenariuszu za pomocą specjalnie zaprojektowanego multi widoku systemu kamer (rys. 1.2.1).



Rys. 1.2.1 Aplikacja bagażowa ReID i system kamer z wieloma widokami w: (a) punkcie kontrolnym (b) źródło: [53]

W artykule dodatkowo zaprezentowano połączoną sieć syjamską jako model bazowy zbioru danych. Sieć wyodrębniała wyjściowy wektor cech bagażu dla cech wejściowych (tab. 1.2.3).

Tab. 1.2.3 Próbkę podobieństwa międzyklasowego na MVB

	Checkpoint			BHS	
	View1	View2	View1	View2	View3
a					
b					

źródło: [53]

Wydajność systemu stanowiła najczęściej analizowany parametr. Badania przeprowadzone w oparciu o zagadnienie wydajności zostały przedstawione w tabeli 1.2.4.

Tab. 1.2.4 Badania wydajności w porcie lotniczym

cel	metoda	wskaźniki	źródło
<p>miar pojemności strefy odprawy na podstawie liczby pasażerów i bagażu</p>	logika rozmyta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pojemność,</li> <li>- liczba pasażerów,</li> <li>- liczba bagaży,</li> <li>- czas trwania procesu</li> </ul>	[56]
<p>określenie maksymalnej przepustowości lotniska</p>	<p>symulacja zdarzeń dyskretnych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- czas oczekiwania w kolejce,</li> <li>- czas naprawy urządzeń</li> </ul>	[57]
<p>wydajność odprawy kontroli bagażu</p>	<p>symulacja zdarzeń dyskretnych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- czas między, zgłoszeniem pasażerów,</li> <li>- czas odprawy check-in,</li> <li>- liczba bagaży</li> <li>- czas kontroli bagażu</li> </ul>	[58]



optymalizacja systemu lotniskowego	symulacja zdarzeń dyskretnych, algorytmy genetyczne	- liczba stanowisk check-in, - liczba stanowisk kontroli bezpieczeństwa, - czas oczekiwania w kolejce, - długość kolejki, - poziom obsługi pasażera (LOS)	[59]
optymalizacja stanowisk odprawy check-in	koncepcja teorii kolejkowania i arkusz kalkulacyjny programu optymalizacji	- czas naprawy urządzeń, - długość kolejki, - czas oczekiwania w kolejce	[60]
doskonalenie systemu obsługi bagażu (BHS)	symulacja zdarzeń dyskretnych	- czas trwania procesu, - długość kolejki	[61]
ocena wpływu wzrostu liczby pasażerów na przebieg odprawy	symulacja zdarzeń dyskretnych	- czas trwania procesu, - średni czas oczekiwania w kolejce, - średnia długość kolejki	[62]

*źródło: opracowanie na podstawie [63]*

Wielu badaczy zainteresowanych jest oceną wydajności portu lotniczego. Celem pracy [56] był pomiar wydajności stanowiska odprawy check-in. Zastosowano wówczas model logiki rozmytej stworzony na podstawie liczby pasażerów oraz bagaży. W [57] skupiono się na określeniu maksymalnej przepustowości lotniska wykorzystując symulacje zdarzeń dyskretnych. Narzędzie symulacji znalazło również zastosowanie w [58, 59, 61, 62]. W publikacjach, kolejno, przedstawiono tematykę z zakresu:

- wydajności odprawy kontroli bagażu,
- optymalizacji systemu lotniskowego,
- doskonalenia systemu obsługi bagażu (BHS),
- oceny wpływu wzrostu liczby pasażerów na przebieg odprawy.

Natomiast w [60] opracowano model programu optymalizacji w celu wyznaczenia maksymalnej liczby stanowisk odprawy.

Przedmiotem rozważań w publikacji [54, 55] były systemy informatyczne zaangażowane w porcie lotniczym w realizację procesów operacyjnych. Istotną podjętą kwestią było zapewnienie bezpieczeństwa i terminowości obsługi zarówno pasażerów jak i ich bagażu. W celu osiągnięcia każdego z parametrów przedstawiono system podejmowania decyzji A-CDM. Jego zadaniem była redukcja opóźnień, przewidywalność zdarzeń oraz optymalizacja wykorzystania zasobów. Wdrożenie A-CDM wpłynęło na korzyści operacyjne, do których zaliczono:

- wzrost punktualności,
- redukcję kosztów ruchu naziemnego,
- poprawę wykorzystania infrastruktury oraz zasobów ludzkich,
- redukcję strat slotów ATFM.

Następnym obszarem korzyści, wynikającym z wdrożenia koncepcji, jest zwiększenie bezpieczeństwa wykonywanych operacji. Aspekt przedstawionych korzyści zapewnił dostęp do kluczowych informacji oraz danych operacyjnych w odpowiednim czasie oraz przyczynił się do:

- lepszego planowania operacyjnego,
- lepszego planowania przepływu ruchu,
- minimalizacji liczby zmian operacyjnych,
- generowania alarmów oraz ostrzeżeń dotyczących niespójności danych operacyjnych.

W celu dalszych udoskonaleń odprawy bagażowej w [64] rozważono wykorzystanie multi-AVG jako robotów dostawczych do koordynowania i sortowania bagażu. Zaproponowane usprawnienie miało za zadanie zwiększenie dokładności sortowania oraz dostarczania bagażu na czas. Biorąc pod uwagę dane założenia zaproponowano stochastyczny model dostarczania bagażu, który zależy od czasu i umożliwia optymalne planowanie trasy dla multi-AVG zgodnie z harmonogramem lotu. Ponadto zaproponowano zastosowanie technologii ultra szeroko pasmowej do realizacji precyzyjnego pozycjonowania i nawigowania multi-AVG. Optymalny algorytm planowania ścieżki w oparciu o okno czasowe wpływał na uniknięcie ograniczeń kolizji. Dodatkowo określał również czy wyznaczona ścieżka jest wykonalna oraz optymalna. Skuteczność zaproponowanej metody sprawdzano przy użyciu symulacji.

Dostarczanie bagażu na czas wiąże się również z szybkością reakcji na zjawiska nieplanowane [65]. W [65] przedstawiono programowalny sterownik logiczny PLC szeroko stosowany w przemyśle charakteryzujący się elastycznością, uniwersalnością oraz łatwością

w obsłudze i szybkością reakcji na zdarzenia występujące w danej chwili. W artykule scharakteryzowano elementy sterowania PLC oraz określono funkcje, które muszą być zrealizowane w celu spełnienia wymagań funkcjonalnych systemu obsługi bagażu (BHS).

Wśród elementów zdefiniowano:

- przenośnik standardowy,
- przenośnik skalający,
- przenośnik dwukierunkowy,
- przenośnik śledzący,
- sortownik pionowy (VSU),
- jednostkę scalania pionowego.

Przeprowadzona analiza z wykorzystaniem sterowania programem PLC miała za zadanie poprawić niezawodność systemu BHS, umożliwić zdolność przeciwzakłóceńową oraz zoptymalizować wymagania kontrolne systemu.

Tematyka wykorzystania przenośników [65] była kontynuowana w [66]. Ponieważ system obsługi bagażu składa się głównie z szeregu przenośników uznano, że powstające wąskie gardło w dowolnej części systemu może mieć wpływ na cały system. Z tego powodu położono nacisk na analizę systemu w fazie projektowania, aby zapewnić wydajność systemu w każdych okolicznościach poprzez identyfikację potencjalnego obszaru wąskiego gardła i ocenę wydajności możliwej do osiągnięcia. Dobór skutecznego projektu wiąże się bezpośrednio z poziomem zadowolenia pasażerów, który spada z powodu opóźnionego bagażu lub wydłużonego czasu oczekiwania w kolejkach do odprawy.

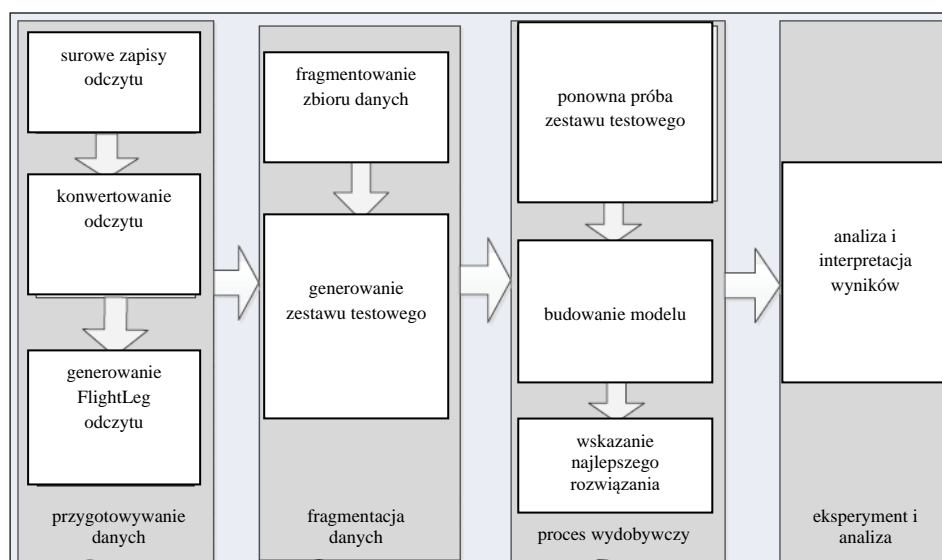
Poziom zadowolenia pasażera uzyskiwany właściwą obsługą jego bagażu zyskał szerokie zainteresowanie wśród badaczy. Powstało wiele publikacji omawiających inteligentny czytnik RFID umożliwiający śledzenie bagażu. Każda implementacja RFID zawiera indywidualny charakter przedmiotu, scenariusz użytkownika i otaczającego środowiska. Z tego względu wyzwaniem wdrażania systemu RFID jest zagwarantowanie maksymalnej wydajności w każdej sytuacji. Zauważalny jest brak ustrukturyzowania metodologii pozwalającej na dokładne podejście do konfiguracji sprzętu. Z tego powodu w [67] opracowano metodę zawierającą możliwość konfiguracji sprzętu, która obejmuje:

- opis testu,
- oprogramowanie testujące,
- dokumenty pomocnicze.

W tym opracowaniu skoncentrowano się na systemie RFID. W badaniu rozważono dwie klasy testów sprawdzające prawidłowy odczyt danych bagażu. Testy statyczne wykonane z obiektem nieruchomym i dynamicznym, gdzie przedmiot porusza się na przenośniku lub jest przenoszony ręcznie. W celu uzyskania niezawodnego odczytu zaproponowano:

- minimalizację odległości między czytnikiem skanującym a bagażem,
- obliczenie obszaru zasięgu skanera,
- ustawienie czytników odwrotnie do kierunku ruchu przenośników.

Kolejna analiza związana z RFID [68] dotyczyła wykonywania zadań eksploracji danych w celu znalezienia wzorów i czynnika ryzyka, które są silnie skorelowane z niewłaściwą obsługą bagażu. Przedstawiono niezbędne kroki do wyodrębniania zestawu funkcji Flight Leg Records do pozyskiwania nieprzetworzonych danych śledzenia bagażu przez system RFID. Przeprowadzono kompleksowe badania eksperymentalne na lotniskach w krajach skandynawskich. Zebrany zbiór danych w wyniku przeprowadzonego eksperymentu pokazuje, że fragmentacja zbioru danych pomaga osiągać lepsze modele śledzenia bagażu podczas odprawy. Podjęte kolejne kroki przedstawione na rys. 1.2.2. przedstawiają w jaki sposób przetwarzane są informacje odprawianych bagaży w porcie lotniczym.



Rys. 1.2.2 Zarys kroków eksploracji danych  
źródło: [68]

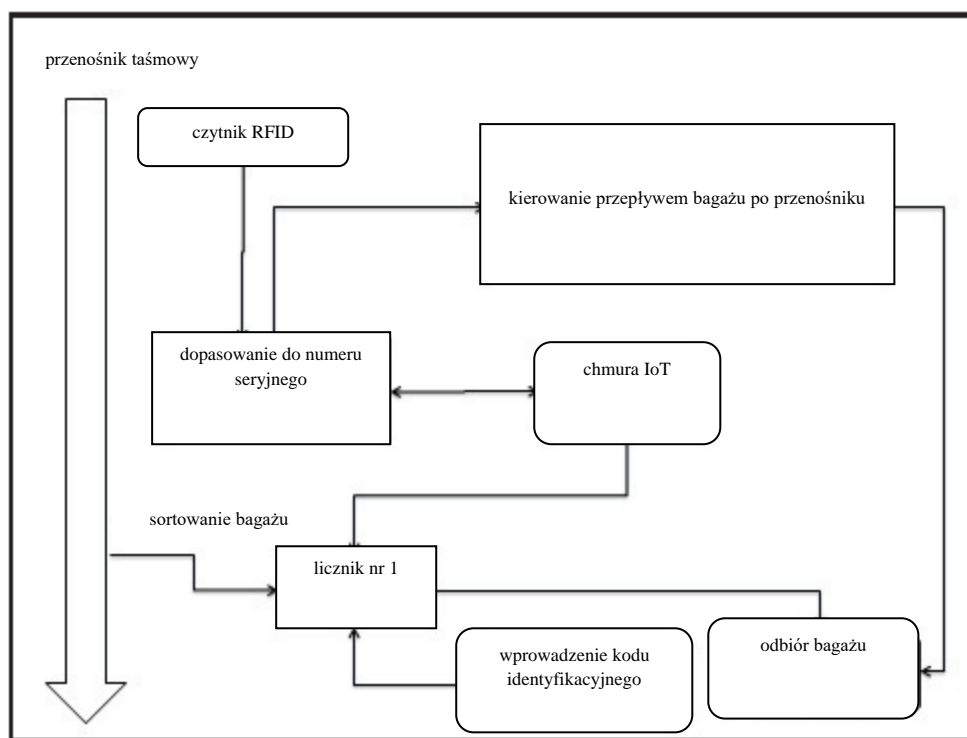
Kompleksowe eksperymenty z bagażem rzeczywistym pokazały, że fragmentacja i eksploracja danych każdego fragmentu z osobna była zasadna. Ponadto przeprowadzając

analizę krytycznego czynnika, jakim jest czas obsługi bagażu, wykazano, że wysokie ryzyko związane z niewłaściwie obsłużonym bagażem występuje w przedziale czasowym poniżej 54 minut do planowanego odlotu.

Dalsze rozważania identyfikacji radiowej RFID poszerzono o Internet Rzeczy (IoT) [69]. W celu zapobiegania zagubienia bagażu oraz uszkodzenia mienia analizę wydajności oparto na zbiorze danych z dwóch lokalizacji:

- w punkcie początkowym odprawy bagażu z generowanych tagów,
- w chwili odbioru bagażu.

Wygenerowane dane przechowywane są w serwerze i przesyłane zgodnie z destynacją za pomocą IoT (rys. 1.2.3).



Rys. 1.2.3 Wykorzystanie Internetu Rzeczy do sortowania bagażu  
źródło: [69]

Wprowadzenie zintegrowanych tagów RFID wraz z IoT w przemyśle lotniczym wykazało wzrost wydajności systemu przetwarzania w przybliżeniu 5% więcej obsłużonych bagażu. Uzyskany parametr wydajności przekłada się bezpośrednio na krótszy czas obsługi bagażu, co jest niezbędne w złagodzeniu obciążenia w godzinach szczytu.

Analiza publikacji [70] wykazała, że branża lotnicza system RFID stosowała na dwa możliwe sposoby:

- jako narzędzie do identyfikacji bagażu,
- jako komponent głównej platformy obsługi bagażu.

Zastosowanie RFID kategoryzowane według zmiennej przedstawia (tab. 1.2.5).

Tab. 1.2.5 Zastosowanie RFID kategoryzowane według zmiennej

<b>zmienna</b>	<b>komponent</b>	<b>źródło</b>
scenariusz usług	- śledzony obiekt	[71], [72], [73]
oprogramowanie pośredniczące	- skonfigurowana sieć, - podłączenie czytników, - połączenie z aplikacjami	[74], [75], [76]
sprzęt komputerowy	- znacznik RFID, - czytnik RFID, - dodatkowy sprzęt	[78], [79], [80], [81], [82]
standard i protokoły	- RP 1740, - RP 1745, - Rezolucja 740	[83], [84]
bezpieczeństwo i prywatność	- przepływ informacji	[85], [86]
architektura		[87]

*źródło: opracowano na podstawie [70]*

Scenariusz usług odgrywa bardzo ważną rolę w etapie projektowania systemu obsługi bagażu. Wyodrębniono dwie alternatywy scenariusza usług podczas odprawy na lotnisku. Pierwsza z nich odniosła się do śledzenia wyłącznie bagażu, natomiast kolejna uwzględniała zarówno śledzenie pasażera jak i bagażu [71, 72].

Kontrolowanie całego procesu obsługi ułatwiło oprogramowanie pośredniczące, które łączy RFID z systemem informatycznym [74]. Przeprowadzana kontrola bazuje na czterech głównych funkcjach oprogramowania [74]:

- zbierania danych,
- wyznaczania trasy bagażu,

- zarządzania procesem,
- zarządzania urządzeniami.

Kontrola procesu obsługi odgrywa kluczową rolę w systemach złożonych z dużą liczbą tagów RFID [75] umożliwiając filtrowanie danych bagaży. Stosowany mechanizm filtrowania danych rozwiązuje problem ich nadmiarowości, która generowana jest w wyniku:

- wielorazowego odczytu jednego tagu RFID przez ten sam czytnik [76],
- odczytu kilku sąsiednich czytników tego samego znacznika RFID nadpisując go jako kilka tagów [77].

Analizowane zagadnienie obejmowało pasywny rodzaj znacznika RFID [78, 79] ze względu na jego niski koszt oraz mały rozmiar ułatwiający przyczepność do przywieszki bagażowej.

Wymagania określające stosowanie technologii RFID muszą być zgodne ze standardami i protokołami kompatybilnymi z systemem obsługi bagażu. Publikacje [83, 84] obejmują zarówno obowiązkowe jak i opcjonalne dane określające użycie tagów ultra wysokiej częstotliwości oraz czytników zgodnych z ISO.

W [85] odwołano się do przepływu informacji między czytnikiem RFID a węzłami sieciowymi. Wskazano, że w zabezpieczeniu tej komunikacji pomaga IP Sec oraz IPv6 [86]. W przepływie informacji uczestniczą także elementy architektoniczne, do których zalicza się [87]:

- EPC (komponent wskaźnika zdarzeń procesu) odpowiedzialny za przetwarzanie zdarzeń,
- BIC (komponent wskaźnika biznesowego) odpowiedzialny za tworzenie i prezentację wskaźnika procesu,
- ER (repozytorium zdarzeń) odpowiedzialne za trwałe przechowywanie zdarzeń,
- IA (aplikacja interfejsu) odpowiedzialna za umożliwienie dostępu do informacji o stanie bagażu,
- EPC odpowiedzialne za odbieranie danych z systemu zewnętrznego portu lotniczego,
- ESB odpowiedzialne za standardowy interfejs łączący tagi RFID z EPC systemem zewnętrznym lotniska.

Technologia RFID jest szeroko stosowana z uwagi na fakt łatwości zaprojektowania i wdrożenia algorytmu śledzenia bagażu. Niestety jednak w przypadku architektury rozproszonej powstają pewne zakłócenia. W takiej sytuacji nie można zidentyfikować

znaczników na dużą skalę. W (tab.1.2.6) przedstawiono porównanie metody RFID oraz symulacji stosowanych do wykrywania i śledzenia bagażu na lotniku [88]:

Tab. 1.2.6 Porównanie metody RFID oraz symulacji

<b>metoda</b>	<b>koszt</b>	<b>dokładność</b>	<b>efektywność</b>	<b>zalety</b>	<b>wady</b>
RFID	niski	umiarkowana	umiarkowana	łatwość zaprojektowania i wdrożenia	trudność zidentyfikowania dużej skali znaczników
symulacja	niski	umiarkowana	wysoka	niskie koszty ogólne	wysokie koszty eksploatacji

*źródło: opracowanie na podstawie [88]*

Temat metody symulacji rozważono w wielu pracach naukowych w celu sprawdzenia wpływu różnych strategii operacyjnych na system obsługi bagażu. W [89] przedstawiono mikroskopowy model symulacyjny systemu obsługi bagażu, który w pełni zintegrował wszystkie podsystemy dotyczące bagażu. Ich zakres obejmował zgłoszenie pasażerów do kolejek odprawy, odprawę bagażową, kontrolę bezpieczeństwa, sortowanie, a także transport do samolotu oraz załadunek. Zaproponowane podejście umożliwiło symulacje poszczególnych procesów oraz ich interakcji. Przedstawione rozwiązanie zaproponowano w sytuacjach, w których liczba pasażerów przekroczyła możliwości operacyjne istniejącego systemu obsługi bagażu. W celu rozwiązania problemu opracowano platformę, która zwraca harmonogram pracy poszczególnych urządzeń i ich operatorów. Narzędzie to zostało również zastosowane do analizy całego systemu oraz jego elementów składowych uwzględniając wiele różnych scenariuszy. Zastosowany poziom szczegółowości pozwolił na dokładną analizę skutków scenariuszy i sposobu ich rozprzestrzeniania się w systemie.

Z uwagi na złożoność systemów lotniskowych częste zastosowanie znajduje model symulacyjny odwzorowujący rzeczywisty system obsługi bagażu. Wysoko poziomowe elementy modelowania zastosowanych [90] ram projektowych przy użyciu modelu CIF (opartego na automatach języka modelowania do specyfikacji systemów dyskretnych, czasowych i hybrydowych) umożliwiły modułową oraz hierarchiczną budowę sterownika



PLC, a także uwzględniły elastyczność w adaptacji oraz rozbudowie modelu. Za pomocą walidacji sterownika wychwycono błędy w modelowaniu w efekcie doprowadzając do krótkich pętli iteracji modelowania, testowania oraz korekcji błędów.

Tematykę symulacji kontynuowano w [91] przedstawiając nowy model ATISBAT służący do generowania symulacji w czasie przyspieszonym. Filozofia tego modelu połączyła idee teorii automatów komórkowych oraz sieci neuronowych. Algorytmy modelu ATISBAT zaimplementowano przy użyciu systemu algebry komputerowej zapewniając tym samym elastyczność na dwa różne sposoby:

- symulację wielu różnych systemów obsługi bagażu,
- symulację zdarzeń losowych w systemie.

Symulacje w czasie przyspieszonym uzyskane za pomocą ATISBAT mogą być wykorzystane zarówno jako pomoc w procesie projektowania terminalu (optymalizacja topologii sieci obsługi bagażu), jak i do analizy ewentualnych zmian w obecnym systemie obsługi.

Modele symulacyjne zastosowano również do uzyskania równomiernego obciążenia w systemie obsługi bagażu (BHS). W pracy [92] przedstawiono symulacyjne podejście do oceny równomiernego obciążenia w systemie BHS względem wydajności systemu. Wykorzystując symulacje zdarzeń dyskretnych dokonano oceny w zależności od rzeczywistego układu terminala pasażerskiego. W badaniu odniesiono się do zasad lotniskowych „round-robin” (RR) i „first-available” (FA) oraz wprowadzono politykę „join-shortest-queue” (JSQ). W wyniku symulacji wskazano, że połączenie RR-JSQ może zastąpić dotychczasowe połączenie RR-FA zapewniającym tym samym lepiej zrównoważony rozkład obciążeń i poprawiając wydajność systemu.

Parametr wydajności przenośników sprawdzono w [93] z wykorzystaniem reguły FIFO. W tym celu przedstawiono scalanie połączenia obu linii wejściowych przenośnika, aby wykluczyć możliwość powstania kolizji. Bezkolizyjność została skutecznie osiągnięta poprzez zatrzymywanie jednej z linii wejściowej w celu utworzenia przerwy w przepływie bagażu po przenośniku. Wykrywanie bagażu na wejściach przenośnika zbiorczego osiągnięto dzięki czujnikowi złożonego z fotokomórki (WP). Zatrzymanie linii wyznaczono na podstawie wykrycia przez czujnik przedniej krawędzi bagażu. Przepustowość przenośnika określono na dwa sposoby:

- uwzględniając długość bagażu, 1200 mm, jako liczbę „okien” na przenośniku,
- uwzględniając stały parametr szczeliny, 300 mm, między bagażami.

W [94] parametr wydajności systemu zbadano za pomocą modeli symulacyjnych. Podkreślono istotność doboru odpowiednich ograniczeń oraz zmiennych analitycznych mających decydujący wpływ na wydajność systemu. W publikacji [94] zastosowano szereg kluczowych mierników wydajności do oceny symulowanego systemu obsługi bagażu (BHS).

Obejmują one:

- pozyskiwanie danych wejściowych do symulacji,
- stochastyczne oraz okresowe dane wejściowe,
- warunki przejściowe oraz ustalone,
- czas odzyskiwania stanu zdadności systemu,
- długość czasu symulacji,
- przepustowość portu lotniczego,
- czas podróży pasażera,
- kolejki, opóźnienia i zatory,
- efekty łączenia,
- korelację wejście-wyjście,
- liczbę powtórzeń symulacji,
- wpływ wielkości bagażu,
- informacje o trasach przewozu bagażu.

Dokonany przegląd, z zakresu tematyki obsługi bagażu rejestrowanego, jednoznacznie podkreśla istotność rejestrowania przepływu bagażu w porcie lotniczym. W przeprowadzonej analizie wskazano również jakie parametry badano w procesie obsługi bagażu. Uzupełnienie badanej tematyki stanowią metody i narzędzia stosowane w analizie procesowej oraz systemowej, które odwzorują pełny obraz zagadnień związanych z odprawą bagażu rejestrowanego. Zostały one przybliżone w rozdziale drugim.

## **2. Metody i narzędzia analizy procesowej i systemowej**

Metody analizy procesowej i systemowej zostały podzielone na dwie kategorie [95]:

- indukcyjne (bottom-up),
- dedukcyjne (top-down).

Za pomocą metod indukcyjnych dokonuje się analizy systemu w chwili zaistnienia w nim określonych zdarzeń, do których zaliczyć można np. uszkodzenie elementów systemu. Innymi słowy metody stosowane są do określania stanów systemu, które rozpatruje się pod kątem prawdopodobieństwa oraz wpływu na funkcjonowanie całego systemu. Do metod indukcyjnych zalicza się:

- analiza rodzajów i skutków niezdatności (FMEA),
- analiza rodzajów skutków i krytyczności niezdatności (FMECA),
- wstępna analiza zagrożeń (PHA),
- blokowe schematy niezawodności (RBD),
- analiza drzew zdarzeń (ETA).

Natomiast druga kategoria metod, dedukcyjnych, określa jak dany stan (lub zdarzenie) może powstać [95]. W skład drugiego rodzaju metod wlicza się:

- diagram Ishikawy,
- analiza drzew błędów (FTA),
- teoria zbiorów rozmytych.

Analizy indukcyjne uzupełnia się zatem metodami dedukcyjnymi. Charakterystyka poszczególnych metod i narzędzi analizy procesowej oraz systemowej została przedstawiona w rozdziałach 2.1 – 2.8.

### **2.1. Analiza rodzajów i skutków niezdatności (FMEA)**

Metoda FMEA stosowana jest do analitycznych ustaleń związków przyczynowo-skutkowych potencjalnych wad w procesach oraz uwzględnia w analizie czynnik krytyczności. Głównym jej zadaniem jest ocena ryzyka poszczególnych faz procesu, a także wskazanie koniecznych usprawnień umożliwiających wykrywanie niezgodności lub ich częstości występowania. Ponadto FMEA umożliwia ciągłe doskonalenie procesów w wyniku poddawania ich kolejnym analizom.

Metodę zastosowano w [96, 97, 98] sprawdzając parametr bezpieczeństwa w aspektach lotniczych. Metoda FMEA wykorzystując wskaźnik możliwości detekcji oraz zapobiegania w zastosowaniu uwzględnia kontrolę optyczną lub automatyczną. Branża lotnicza wymaga jednoczesnego stosowania zarówno metod reaktywnych, pro aktywnych oraz predykcyjnych. Warunek ten jest realizowany dzięki wprowadzeniu informacji pochodzących z:

- analizy zdarzeń lotniczych,
- rejestru ryzyka,
- systemu SDCPS (Safety Data Collection and Processing System),
- audytów bezpieczeństwa.

Zastosowanie metody FMEA przyczyniło się do identyfikacji i oceny ryzyka ponad normatywnego narażenia na hałas w transporcie lotniczym dokonując [98]:

- identyfikacji oraz klasyfikacji zagrożeń,
- wskazania aktualnych środków bezpieczeństwa,
- wartościowania ryzyka bazując na wskaźnikach znaczenia albo skutku zdarzenia, prawdopodobieństwa wystąpienia oraz możliwości detekcji czy zapobiegania,
- określenia działań zapobiegawczych albo korygujących zagrożenie.

Zastosowanie metody w branży lotniczej wymaga określenia dopuszczalnej wartości RPN. W przedstawionej publikacji wartości te wyniosły odpowiednio [98]:

- RPN zapobiegawcze 120,
- RPN korygujące 155.

W kolejnej publikacji [99] FMEA zostało wykorzystane do eliminowania obszarów niezadowolenia klienta w jednym z portów lotniczych. W wyniku przeprowadzonych badań zweryfikowano obszary wymagające udoskonalenia. Wśród nich wskazano:

- ceny produktów,
- harmonogram lotów,
- odprawę pasażerów (czas oczekiwania w kolejce),
- komunikatywność pracowników w informacyjnym punkcie.

W celu określenia przyczyn i skutków obszarów niezadowolenia klienta posłużono się diagramem Ishikawy oraz metodą FMEA. Przeprowadzona analiza odpowiedzialność za błędy nakłada na brak nowoczesnego sprzętu oraz konieczność wprowadzenia działań doskonalących tzn. odprawy web check-in oraz self check-in.

## **2.2. Analiza rodzajów skutków i krytyczności niezdatności (FMECA)**

Metoda FMECA jest poszerzeniem metody FMEA o analizę krytyczności, bazującą na określonych poziomach krytyczności i prawdopodobieństwach ich wystąpienia. Określenie wzajemnych zależności, a także podział strukturalny znacznie usprawniają analizę niesprawności układów. Stosowany jest zapis w postaci schematu blokowego. Forma ta zazwyczaj nie jest poddawana dalszym analizom. Służy jedynie jako graficzna interpretacja zasad działania środków technicznych.

FMECA stosowane jest do tematyki związanej z budową struktur systemów mechatronicznych [100]. Niestety trudności wynikające z realizacji analizy komputerowej strukturalnego schematu blokowego ograniczają stosowanie metody. Często wówczas wprowadza się elementy zastępcze w celu zapisu propagacji błędów. W podejściu systemów mechatronicznych [100] strukturę blokową zamieniono na grafowy zapis zależności między poszczególnymi elementami. Przejście ze struktury blokowej na grafową ułatwia prostota przetwarzania struktury utworzonej na bazie metody macierzowej. Wprowadzona zmiana pozwoliła na uproszczenie procedur stosujących komputerowe przetwarzanie danych. W celu jednoznacznego określania zależności funkcjonalnych zbudowano schemat formalizacji działań odnoszących się do budowy systemu predykcji bazującej na diagramach, a także macierzowych metodach przetwarzających sygnały. Zapis grafowy umożliwia wybór zapisu różnych powiązań między jego składowymi elementami za pomocą struktur:

- funkcjonalnych (sprawdzenie wzajemnych relacji),
- informatycznych (charakter przekazywania sygnałów),
- prognostycznych (graf przyczynowo-skutkowy).

Metoda umożliwia identyfikację i eliminację błędów na etapie projektowania oraz również na etapie eksploatacji systemów mechatronicznych.

## **2.3. Wstępna analiza zagrożeń (PHA)**

Metoda PHA koncentruje się na identyfikacji potencjalnych zagrożeń oraz przypadkowych zdarzeń, które spowodować mogą awarię lub wypadek. Podstawę metody stanowi wiedza dostępna w fazie projektowania instalacji, obiektu technicznego czy procesu. Celem analizy PHA jest określenie oceny ryzyka możliwych skutków w konsekwencji przekładających się na działania prewencyjne oraz środki prewencyjne. Przeprowadzany

ranking ryzyka ma za zadanie określić szanse jego wystąpienia. Ocena zagrożenia obejmuje wstępny etap projektu, dzięki czemu możliwe jest podjęcie działań zapobiegawczych. Wyniki analizy PHA umożliwiają porównanie różnych koncepcji projektowych.

Metodę PHA zastosowano [101] dla dwuetapowych stochastycznych programów mieszano-integralnych, których składowymi są:

$s$  – realizacja scenariusza,

$\omega^v(s)$  – cena dualna,

$\rho$  - współczynnik kary,

$x$  – decyzje pierwszego etapu,

$h$  – decyzje drugiego etapu.

PHA przyjmując rozbudowaną formę scenariuszy i iteracyjnie rozwiązuje wersje pod problemów, aby stopniowo przeprowadzić jego realizację. Stwierdzono, że różnica między górną granicą (wykonalną) a dolną granicą (niewykonalną) jest wystarczająco mała, ponieważ optymalna wartość występuje między tymi dwiema wartościami. Górna wartość granicy jest rozwiązaniem problemu i jest uzyskiwana poprzez wprowadzenie przydziałów lotów jako stałej decyzji. Natomiast wartość dolnej granicy jest średnią wartością celu dla wszystkich scenariuszy, która jest uzyskana poprzez wdrożenie PHA, gdzie każdy scenariusz rozwiązuje problem przydziału lotów i generuje decyzje dla drugiego okresu.

## 2.4. Blokowe schematy niezawodności (RBD)

Struktura niezawodności systemu jest często przedstawiana w postaci blokowych schematów niezawodności RBD, które można z łatwością przekształcić w równoważne modele, takie jak:

- modele drzew zdarzeń,
- modele binarne.

Założenia konstruowania modelu pozwalają uzyskać odpowiednie uproszczenie w ich analizie oraz wpływają na dokładność wyników analizy. Wyszczególniono trzy koncepcje budowy struktury niezawodnościowej złożonego systemu technicznego za pomocą modeli RBD [103]:

- model wieloskładnikowy – odwzorowanie wszystkich elementów systemu,
- model jednoskładnikowy – system traktowany jako pojedynczy element,
- model mieszany – połączenie modelu wieloskładnikowego i jednoskładnikowego.

Standardowe modele przyjmujące postać struktury niezawodnościowej systemu RBD [104] zastosowano do oszacowania gotowości systemu oraz jego niezawodności. Natomiast w przypadku wielowymiarowych i zmiennych struktur niezawodnościowych zastosowano rozbudowane analizy RBD, do których zaliczono:

- informacje obejmujące działania obsługowe,
- zapas części zamiennych,
- sposób realizacji procesu napraw.

## **2.5. Analiza drzew zdarzeń (ETA)**

Analiza Drzew Zdarzeń jest metodą posługującą się drzewami zdarzeń podążającymi od przyczyn do skutków. Metoda przedstawia konsekwencje zdarzenia nadrzędnego, ilustrując progres zdarzeń od początkowego do końcowego, uwzględniając momenty o decydującym znaczeniu dla stanu obiektu. ETA jest metodą podstawową służącą do tworzenia modelu obiektu poddawanego analizie zagrożenia. Występują dwie formy metody: przed wypadkowa oraz powypadkowa. Na podstawie pierwszej ustala się zbiory zdarzeń początkowych oraz oceny prawdopodobieństwa ich powstania. Druga forma stosowana jest do analiz zaistniałych awarii oraz identyfikacji niedoskonałości systemów bezpieczeństwa.

Analiza ETA została wykorzystana w [105] do opracowania studium bezpieczeństwa przeznaczonego dla procedur podejścia precyzyjnego statku powietrznego bazującego na technologiach satelitarnych. Na podstawie zidentyfikowanych konsekwencji zdarzeń, ograniczeń i barier zaproponowano drzewo zdarzeń dla dwóch zdarzeń inicjujących. Pierwsze z nich przedstawiało przyczyny i skutki związane z brakiem możliwości utrzymania ścieżki podejścia w fazie końcowej (rys. 2.5.1). Drugie zdarzenie natomiast dotyczyło schodzenia poniżej wysokości decyzyjnej bez zachowania wzrokowego kontaktu z terenem (rys. 2.5.2).

CH6 - Brak możliwości utrzymania końcowej ścieżki podejścia w=1	Udchylenie nie jest w stronę przeszkody Q=0.5	A/C jest w prawidłowej pozycji do lądowania Q=0.5	Zaniciowanie IMA Q=0.5	Consequence	Frequency
				Procedura po niudanym podejściu lub bezpieczne lądowanie	1
				Procedura po niudanym podejściu lub bezpieczne lądowanie	0.5
				Procedura po niudanym podejściu lub bezpieczne lądowanie	0.25
				Procedura po niudanym podejściu lub bezpieczne lądowanie	0.125
				CFIT	0.125

Rys. 2.5.2 Drzewo ETA dla zdarzenia drugiego  
źródło: [105]

Na podstawie analizy ETA określono wymagania ilościowe dla celu bezpieczeństwa oraz opracowania drzewa ryzyka. W tym celu wyznaczono wymagane Poziomy Bezpieczeństwa (TLS) z uwzględnieniem każdej kategorii wypadków (tab. 2.5.1).

Tab. 2.5.1 Wymagane poziomy bezpieczeństwa dla LPV

Typ wypadku	Scenariusz TLS dla LPV
Lot Kontrolowany w Kierunku Terenu (Controlled Flight Into Terrain - CFIT)	$1 \times 10^{-8}$
Wypadek podczas lądowania	$1 \times 10^{-10}$
Sytuacja kolizyjna w powietrzu	$2 \times 10^{-7}$

źródło: [105]

## 2.6. Diagram Ishikawy

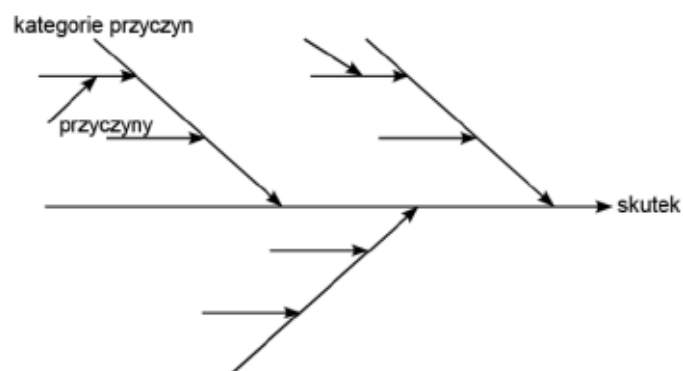
Drugą grupą metod procesowych i systemowych są metody dedukcyjne, do których zalicza się diagram Ishikawy. Istotną częścią jest graficzna reprezentacja wzajemnie powiązanych przyczyn wywołujących określony skutek. Powołując się na te czynniki diagram nazywany jest wykresem przyczynowo – skutkowym lub wykresem rybiej ości. Głównym celem metody jest chronologiczne oraz logiczne uporządkowanie przyczyn danego problemu. Podczas prowadzonych rozważań należy dokładnie zdefiniować problem, zebrać informacje,



przeanalizować przyczyny oraz określić ich kategorie. W określaniu ich pomocna jest zasada 5M, na którą składają się z następujące elementy [99]:

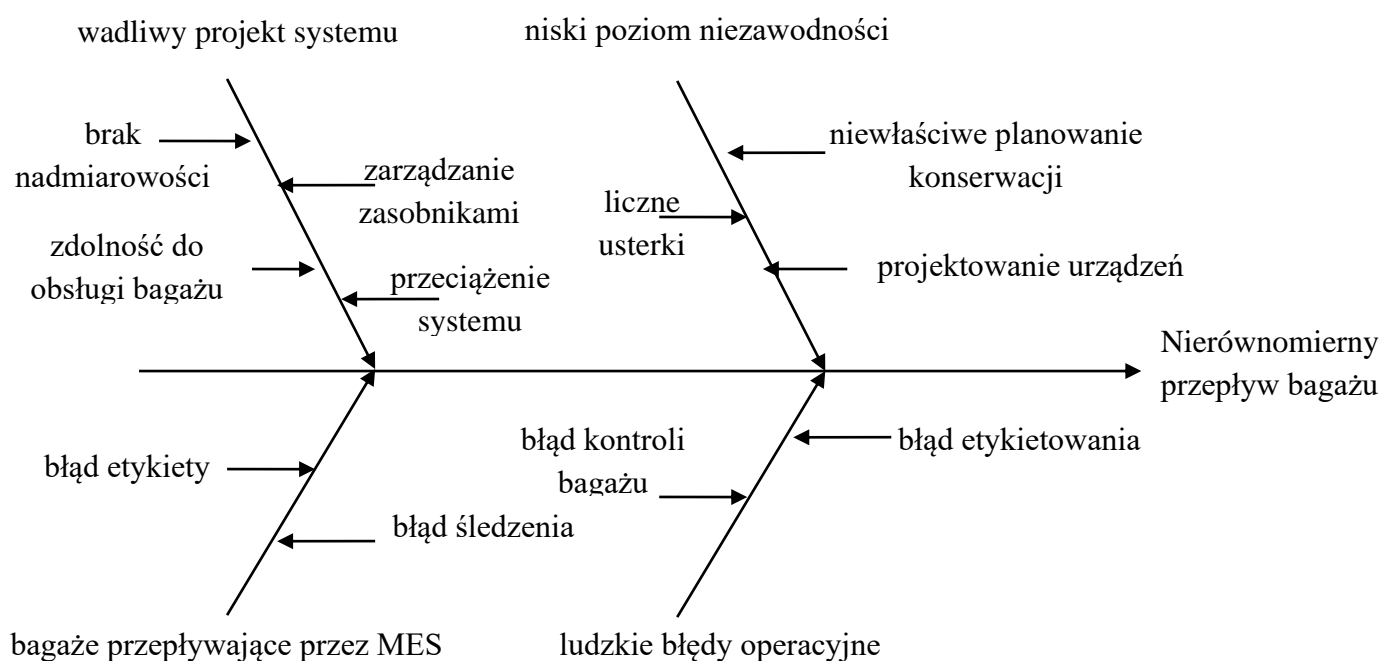
- człowiek,
- maszyna,
- materiał,
- stosowana metoda,
- kierownictwo.

W zależności od analizowanego problemu dobiera się odpowiednie kategorie, wśród których może znaleźć się również wyposażenie, informacje, procedury, organizacja pracy czy procesy. Kategorie przyczyn na diagramie obrazowane są jako strzałki dochodzące do osi głównej poziomej, która wskazuje problem. Do każdej strzałki reprezentującej daną kategorię dochodzą również strzałki ukazujące możliwą przyczynę (rys. 2.6.1).



Rys. 2.6.1 Diagram Ishikawy  
źródło: [99]

Stosując diagram Ishikawy możliwe jest lokalizowanie oraz eliminowanie przyczyn, a także właściwe określanie wniosków. Przedstawioną metodę zastosowano do badania obciążenia systemu BHS przekładającego się na czas przepływu bagażu oraz niezawodność systemu [35]. Przepływ bagażu z zakłóceniami może być generowany wieloma przyczynami. Zostały one przedstawione na (rys. 2.6.2).



Rys. 2.6.2 Przyczyny nierównomiernego przepływu bagażu  
 źródło: opracowanie na podstawie [35]

Przedstawione przyczyny dzielą się na dwie grupy: mierzalne i niemierzalne. Do mierzalnych zalicza się m.in. niska niezawodność systemu BHS oraz liczba nieprawidłowo obsłużonych bagaży. Wśród przyczyn niemierzalnych znajdują się natomiast m.in. niewłaściwe planowanie konserwacji urządzeń. Ze względu na brak wspólnej skali wśród tych przyczyn, oceniono każdą z nich na podstawie trendów w bazie danych. W rezultacie możliwe było ocenienie ich wpływu na system BHS.

## 2.7. Analiza drzew błędów (FTA)

Analiza drzew błędów jest jedną z częstszych stosowanych metod do badań niezawodności oraz bezpieczeństwa systemów. Polega na wyznaczeniu powiązań logicznych pomiędzy przyczynami (tzw. zdarzeniami elementarnymi) a ich skutkami. Metoda ta uwzględnia analizę czułości, która polega na zweryfikowaniu wpływu zmiany prawdopodobieństwa uszkodzeń jednego elementu na prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia krytycznego. Poszczególne czynniki zdarzenia oraz ich skutki zamieszczane są na

tzw. drzewie błędów, odzwierciedlającym współzależność między głównym zdarzeniem a jego przyczynami. Zidentyfikowane czynniki mogą być określone jako: specyficzne awarie, błędy ludzkie, błędy pierwszego oraz drugiego rodzaju lub jako warunki środowiskowe.

W publikacji [106] metodę zastosowano do analizy bezpieczeństwa w transporcie lotniczym uwzględniając:

- identyfikację zagrożeń (dane ilościowe oraz jakościowe),
- analizę danych oraz mierników (prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia lotniczego oraz jego skutków),
- oszacowany poziom ryzyka.

Zastosowanie metody FTA umożliwiło określenie związków pomiędzy przyczynami a ich skutkami. Monitorowanie czynników determinujących bezpieczeństwo w ruchu lotniczym daje możliwość wyznaczenia przedsięwzięć już na poziomie operacyjnym zarządzania. Zarówno reaktywny oraz pro aktywny standard zapewnienia bezpieczeństwa określono trzy stopniową skalą w celu opisanie aktualnego poziomu ryzyka.

Ponadto metoda została również zaaplikowana do modelu niezawodności opartego na wydajności w ocenie lotniczego układu hydrauliki siłowej [107]. Układy przesyłu energii (PTS) posiadają szczególne właściwości niezawodnościowe, w tym wielostanowość oraz zależność między błędami. Typowym przypadkiem wielostanowego PTS jest system uruchamiania statku powietrznego GBAS (Ground Based Augmentation System) o wyraźnym procesie degradacji komponentów. System uruchamiania samolotu składa się z trzech jednostek sieciujących, do których należą:

- trzy niezależne hydraulicznie źródła zasilania,
- odmienne redundantne komputery sterujące lotem,
- nadmiarowe silniki hydrauliczne.

Efekt nadmiarowości w zakresie ryzyka i niezawodności przedstawiono za pomocą analizy drzewa błędów (FTA) oraz schematów blokowych niezawodności (RBD). Kluczowe komponenty systemu zasilania i uruchamiania w samolotach zaprojektowano tak, aby były wysoko niezawodne i zapewniały bezpieczeństwo przed wewnętrzną degradacją i zewnętrznymi zdarzeniami.

W [108] zwrócono uwagę na modelowanie systemów transportowych pod kątem kryterium ich niezawodności. Do realizacji wskazanej potrzeby skorzystano z metody dynamicznego drzewa niezdatności, opierającej się na klasycznym rodzaju tej metody FTA , dodatkowo uzupełnionej o logiczne bramki z zależnościami czasowymi. Do oceny

niezdatności systemu transportowego wykorzystano również symulację Monte Carlo, za pomocą której wyznaczono miary służące do oceny niezawodności.

## **2.8. Teoria zbiorów rozmytych**

Metoda logiki rozmytej łącznie z algorytmem ewolucyjnym oraz sieciami neuronowymi są nowoczesnymi narzędziami przeznaczonymi do budowy inteligentnych systemów posiadających zdolności uogólniania wiedzy. Logika rozmyta rozszerza klasyczne rozumowanie w przełożeniu na rozumowanie bliższe ludzkiemu. Wprowadza wartości standardowe pomiędzy 0 i 1. Rozmywanie granic między tymi wartościami umożliwia zaistnienie wartościom z tego przedziału. Metodę stosuje się w ujęciu prawdy cząstkowej. Wartość prawdy wówczas rozpoczyna przedział całkowicie prawdziwy a kończy całkowicie fałszywy.

W [109] metoda logiki rozmytej została podjęta w problemie badawczym odnoszącym się do szacowania prawdopodobieństwa przekształcania incydentu w wypadek. Z uwagi na fakt braku danych statystycznych posłużono się ocenami eksperckimi. W celu uzyskania jednoznaczności i precyzyjności zastosowali [109] metody rozmyte do analizy incydentów. Podstawę stanowiła analiza drzew zdarzeń przeprowadzona w oparciu o rozmyte prawdopodobieństwa. Analiza dynamiki oszacowanych prawdopodobieństw realizacji scenariuszy umożliwiła określenie prawdopodobieństwa wypadku.

Metoda logiki rozmytej została również zastosowana do oceny stanu załogi (czynnika ludzkiego) [110] pod kątem prawidłowej realizacji zadania lotniczego. Czynniki ludzki najtrudniej określić w kategoriach ścisłych, ponieważ lokuje się w dziedzinie zjawisk o nieprecyzyjnej i niepewnej informacji. W analizie ujęto czynniki działań człowieka mające największy wpływ na zdolność bezpiecznej realizacji zadania. Wśród nich znalazły się trzy podstawowe:

- kompetencja (wiedza, doświadczenie, umiejętności),
- świadomość sytuacyjna (jakość komunikacji oraz przetwarzania informacji),
- motywacja (różnica między stanem faktycznym a możliwościami).

Dobór załóg statku powietrznego oraz ocena ich stanu pod kątem bezpieczeństwa została przeprowadzona na podstawie systemów eksperckich w oparciu o teorię zbiorów rozmytych. Wnioskowanie rozmyte potwierdziło słuszność zastosowania metody w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu lotniczego względem kryterium doboru załogi statku powietrznego.

W artykule [111] przedstawiono system wspomagający proces holowania samolotów, używając holowników lotniskowych, przy zastosowaniu teorii zbiorów rozmytych. Obiektem badań był statek powietrzny Boeing 737. Celem realizowanego projektu było:

- kontrola oraz w szczególnych przypadkach ograniczenie prędkości maksymalnej holowania,
- wypracowanie ostrzeżenia, dla kierowców holownika, w sytuacji niebezpiecznego i granicznego położenia osi podwozia przedniego samolotu.

### 3. Podsumowanie przeglądu literatury

Przegląd literatury, dotyczącej podsystemu biletowo-bagażowego w porcie lotniczym, został przeprowadzony dwuetapowo. W pierwszym rozdziale sprawdzono, jakie obszary tego podsystemu zostały już poddane badaniom, natomiast w drugim rozdziale wskazano metody i narzędzia, które zostały zastosowane w tych badaniach.

Podsumowując dokonaną analizę aktualnego stanu wiedzy podejmowanej tematyki z branży lotniczej zauważono, że w pracach naukowych skupiono się głównie na poszczególnych elementach odprawy biletowo-bagażowej w porcie lotniczym. Uwagę w największym stopniu skupiono na utrzymaniu ruchu systemu BHS oraz na śledzeniu bagażu przy pomocy systemu RFID. W ogólnej ocenie przepływu bagażu w niewielkim stopniu uwzględniono terminowość procesu oraz gotowość systemów technicznych. Przeprowadzona analiza ma na celu dobór metody, która posłuży w opracowaniu oceny niezawodności obsługi bagażu w porcie lotniczym. Podsumowanie przeprowadzonej analizy zostało przedstawione w (tab. 3.1). Tabela zawiera zarówno zbiór przeanalizowanych parametrów oraz zbiór zastosowanych metod we wskazanych publikacjach tematyki lotniczej.

Tab. 3.1 Metody oraz parametry zastosowane i przeanalizowane w branży lotniczej

Metoda	PARAMETRY								Publikacje
	bezpieczeństwo	niezawodność	wydajność	gotowość	eksploatacja	efektywność	terminowość	ryzyko	
SERVQUAL	✓	✓							[22], [23], [24], [26]
VIKOR	✓	✓							[25], [26]
Metoda relacji szarości	✓	✓							[27]
DEMATEL	✓	✓							[28]
ANP	✓	✓							[28]
AHP	✓	✓							[29]
BWM	✓	✓							[30]
Logika rozmyta	✓				✓	✓			[33]
Logika rozmyta			✓						[34]
Lean six sigma		✓	✓						[35]
MILP			✓						[12]
MPC			✓						[12], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47],

									[48], [49], [50], [51], [52]
Uczenie maszynowe			✓						[36]
MVB			✓						[53]
A-CDM	✓						✓		[54], [55]
Logika rozmyta			✓						[56]
Symulacja zdarzeń dyskretnych			✓						[57], [58], [59], [61], [62]
Teoria kolejowania			✓						[60]
multi-AVG		✓					✓		[64]
sterowanie PLC		✓		✓		✓	✓		[65]
ATISBAT			✓	✓		✓	✓		[66]
RFID			✓						[67]
RFID								✓	[68]
RFID		✓	✓						[69]
LoT		✓	✓						[69]
RFID		✓							[70]
RFID	✓						✓		[71], [72], [73]
RFID		✓	✓			✓			[74], [75], [76]
RFID		✓		✓					[78], [79], [80], [81], [82]
RFID	✓	✓							[83], [84], [85], [86]
RFID	✓	✓		✓	✓				[87]
symulacja		✓	✓						[89]
symulacja				✓		✓			[90], [91]
symulacja			✓						[92], [93]
symulacja			✓	✓			✓		[94]
FMEA								✓	[96], [97], [98], [99]
FMECA					✓			✓	[100]
PHA	✓					✓		✓	[101], [102]
RBD		✓	✓	✓	✓			✓	[104], [107]
ETA	✓					✓		✓	[105]
wykres Ishikawy	✓							✓	[35]
FTA	✓							✓	[106]
FTA		✓	✓					✓	[107]
FTA		✓					✓		[108]
Logika rozmyta								✓	[109]

Logika rozmyta	✓								[110]
Logika rozmyta	✓					✓			[111]

*źródło: opracowanie własne*

Przedstawione powyżej metody wspomagają procesy, związane z odprawą bagażu, zachodzące w porcie lotniczym. Każdy przeanalizowany parametr wpływa na jakość świadczonych usług przez port lotniczy. Na podstawie dokonanego przeglądu można stwierdzić, że istnieje różnica między ustalonymi parametrami wykonywanych usług a oczekiwaną przez pasażera jakością obsługi. W związku z tym analizowany podsystem odprawy biletowo-bagażowej wymaga w swej ocenie doboru odpowiednich wskaźników. Liczne nieprawidłowości obsługi bagażu odnotowano również w raporcie SITA [6], wśród których odnotowano:

- uszkodzenia bagażu rejestrowanego,
- stopień wykorzystania systemu przesyłu.

Niewątpliwie również wnikliwej analizy oraz oceny wpływu na proces obsługi bagażu należy dokonać pod kątem:

- niezawodności odczytu kodu kreskowego,
- niezawodności systemu czytników,
- niezawodności przetworzenia informacji,
- niezawodności umieszczenia etykiety,
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (RTG),
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (kontrola manualna),
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (ETD).

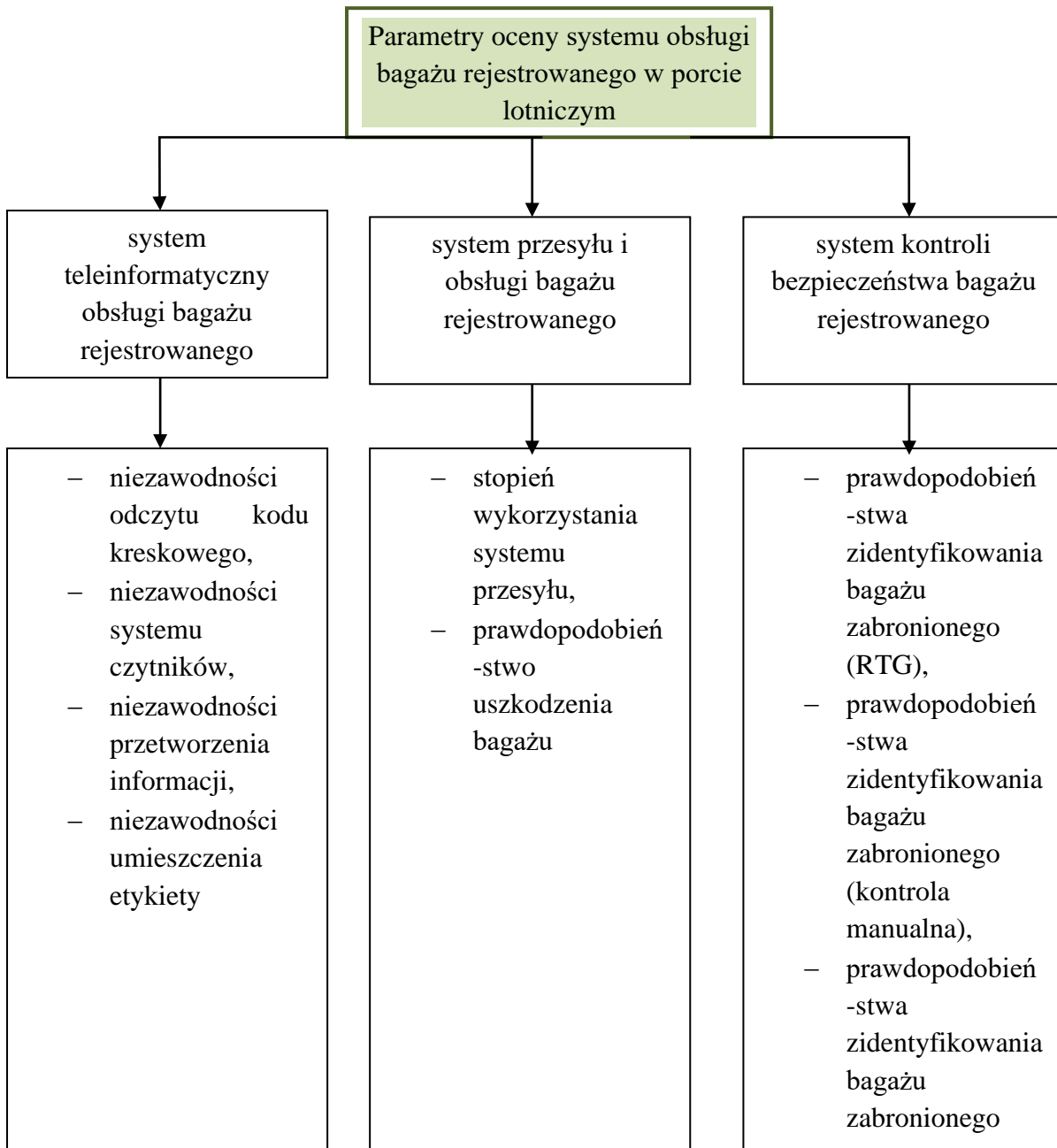
Wymienione czynniki stanowią składowe systemów zawierających się w odprawie biletowo – bagażowej. Do systemów tych należą:

- system teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego,
- system przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,
- system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego.

W przeprowadzonym przeglądzie literatury, zarówno w sprawdzanych obszarach i jak wykorzystanych metodach, nie przeprowadzono wcześniej badań uwzględniających wszystkie trzy systemy równocześnie. Każdy z systemów był rozpatrywany osobno. Aby móc



wyznaczać ocenę systemu obsługi bagażu rejestrowanego należy zastosować kompleksowe podejście zawierające równocześnie wszystkie systemy. Metoda oceny obsługi bagażu rejestrowanego uwzględnia zatem następujące czynniki (rys. 3.1) :



Rys. 3.1 Parametry oceny procesu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym w zaproponowanej metodzie  
źródło: opracowanie własne

W przeprowadzonej analizie przeglądu literatury zauważono, że żadna z omówionych metod nie uwzględniała jednocześnie parametrów, które zostały dobrane w celu dokonania oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.

System teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, system przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym oraz system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym są ze sobą ściśle powiązane i wzajemnie na siebie wpływają.

System przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego jest odpowiedzialny za transportowanie bagażu pasażerów z obszaru odpraw do samolotu oraz z samolotu na obszar odbiorczy na lotnisku docelowym. Ten system wykorzystuje różne mechanizmy, takie jak taśmy transportujące, wózki bagażowe, przenośniki taśmowe i inne urządzenia, aby skutecznie przenieść bagaż pasażerów. System teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego jest zintegrowany z systemem przesyłu, aby śledzić i zarządzać bagażem na każdym etapie podróży, od momentu odprawy do momentu odbioru przez pasażera. Dzięki temu systemowi teleinformatycznemu personel lotniska może monitorować lokalizację bagażu, śledzić zmiany w trasach lotów i wprowadzać niezbędne aktualizacje w systemie przesyłu.

System kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest kluczowy dla zapewnienia bezpieczeństwa na pokładzie samolotu. Ten system wykorzystuje różne technologie, takie jak skanery rentgenowskie i detektory substancji niebezpiecznych, aby sprawdzić zawartość bagażu pod kątem obecności niebezpiecznych przedmiotów lub substancji. System teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego jest połączony z systemem kontroli bezpieczeństwa, aby zapewnić dostęp do informacji o pasażerach, ich bagażu i przewożonych przedmiotach. Dzięki temu personel odpowiedzialny za kontrolę bezpieczeństwa może skonsultować się z systemem teleinformatycznym w celu uzyskania aktualnych danych i odpowiednio zareagować na wykryte zagrożenia.

System teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego wpływa na systemy przesyłu i kontroli bezpieczeństwa, zapewniając niezbędne informacje o bagażu i pasażerach. Na przykład, gdy bagaż zostaje zeskanowany przez system kontroli bezpieczeństwa, informacje o tym skanowaniu mogą być przekazywane do systemu teleinformatycznego, który może następnie zaktualizować status bagażu i poinformować personel lotniska o wynikach skanowania. W przypadku, gdy podczas kontroli zostanie wykryty podejrzany przedmiot, system kontroli bezpieczeństwa może przekazać informację do systemu teleinformatycznego, który z kolei może podjąć odpowiednie działania, takie jak

odizolowanie bagażu od reszty przesyłu lub powiadomienie odpowiednich służb bezpieczeństwa.

W ten sposób te trzy systemy są wzajemnie zależne i współpracują ze sobą, aby zapewnić sprawne i bezpieczne przesyłanie i kontrolę bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym i dlatego tak ważne jest, by w skład metody wchodziły parametry należące do tych trzech systemów.

Uwzględniając uniwersalność metody, w dalszej części pracy, wyznaczenie oceny procesu obsługi bagażu rejestrowanego zrealizowano w oparciu o metodę logiki rozmytej.

Metodę logiki rozmytej wybrano do oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego ze względu na właściwości modelowania i analizowania nieprecyzyjnych lub niejednoznacznych informacji. W przypadku oceny obsługi systemu istnieje wiele czynników, które mogą przyczynić się do jego skuteczności, takie jak wydajność systemu, poziom obsługi, bezpieczeństwo, efektywność operacyjna i wiele innych. Tradycyjne metody oceny mogą nie uwzględniać zakresu nieliniowych i nieprecyzyjnych danych, które znajdują się w obszarze badań. Natomiast logika rozmyta pozwala na stosowanie niejednoznaczności i rozmycia, które są powszechne w tego typu systemach. Na przykład, zamiast oceniać oczekiwania jako wartość precyzyjną, można przejść do obliczeń jako „krótkie”, „średnie” lub „długo”, co daje wyższą jakość i realistyczne wyniki. Przy obsłudze systemu można włączyć wiele czynników i ich interakcji. Logika rozmyta umożliwia modelowanie tych funkcji i systemu na podstawie nieprecyzyjnych danych wejściowych. Ponadto, ocena obsługi systemu bagażu rejestrowanego często dołącza się do subiektywnych ocen. Metoda logiki rozmytej pozwala na uwzględnienie tych subiektywnych ocen i przekształcenie ich w kryteria wartości numerycznych.

Wprowadzona metoda logiki rozmytej może pomóc w usprawnieniu systemu obsługi na podstawie różnych sygnałów i niejednoznaczności, które występują w rzeczywistych warunkach.

W rozdziale czwartym przedstawiono cel i zakres rozprawy doktorskiej.

#### 4. Cel i zakres rozprawy doktorskiej

Mimo dużej liczby metod i modeli oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego, przedstawionych w rozdziale drugim, brakuje takiej metody, która wprowadzając odpowiednie parametry pozwoli ocenić wielowymiarowo system obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym. Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym zostanie wykorzystana do analizy i oceny skuteczności działania tego systemu. Jej głównym celem jest wysłanie informacji zwrotnej na temat jakości i wydajności systemu obsługi bagażu, co pozwala na sprawdzenie zarówno mocnych i słabych stron systemu oraz wskazanie obszarów wymagających poprawy w systemie obsługi bagażu. Poprzez ocenę systemu obsługi bagażu rejestrowanego, port lotniczy może:

- identyfikować potencjalne problemy i wyzwania w obszarze obsługi, takie jak opóźnienia,
- określać źródła problemów w systemie obsługi bagażu,
- udoskonalać procesy w celu zwiększania wydajności obsługi działania,
- zapewnić bezpieczną obsługę pasażerom poprzez minimalizowanie incydentów związanych z bagażem.

Metoda uwzględniając różne parametry zapewnia kompleksową ocenę systemu obsługi bagażu, bezpośrednio przekładając się na zapewnienie wysokiego standardu obsługi systemu bagażu, co ma kluczowe znaczenie dla reputacji i konkurencyjności portu lotniczego.

Z tego powodu cel pracy został określony następująco:

*Celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.*

Realizacja celu rozprawy doktorskiej zawiera się w następujących zadaniach cząstkowych:

- budowy metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego,
- aplikacji metody,
- weryfikacji metody,
- podsumowania i wniosków.

## **5. Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym**

Głównym celem odprawy biletowo-bagażowej jest prawidłowa odprawa bagażu rejestrowanego, tzn. przepływ bagażu rejestrowanego bez zakłóceń przez system teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego, system przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz przez system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego.

Aspekt ten jest bardzo ważny, ponieważ do bagażu rejestrowanego zalicza się walizka, wózek dla osób z niepełnosprawnością oraz wózek dla dziecka. Jeżeli choć w jednym tym systemie powstanie zakłócenie podczas odprawy bagażu rejestrowanego wówczas ocena systemu obsługi bagażu uzyskuje niższą notę co bezpośrednio wiąże się również z niższą oceną poziom obsługi pasażera. Z tego powodu, przedstawione parametry poszczególnych systemów wskazane w rozdziale trzecim, są tak istotne i konieczne w ocenie systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.

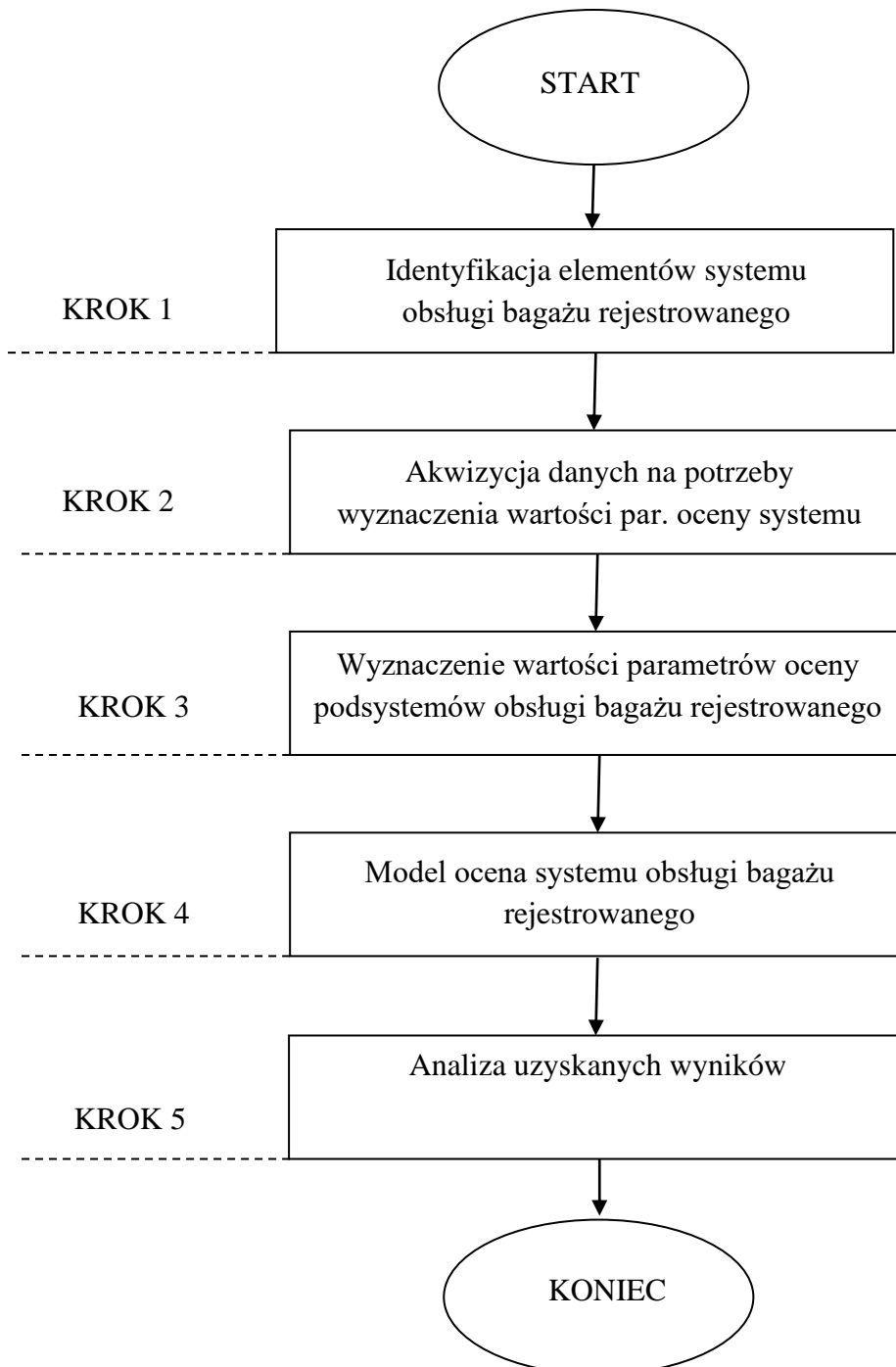
Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury stwierdzono, że wymienione czynniki nie zostały uwzględniane równocześnie w żadnej z metod z zakresu odprawy biletowo-bagażowej. Z tego względu zaproponowana metoda uwzględni następujące parametry:

- uszkodzenia bagażu rejestrowanego,
- stopień wykorzystania systemu przesyłu,
- niezawodności odczytu kodu kreskowego,
- niezawodności systemu czytników,
- niezawodności przetworzenia informacji,
- niezawodności umieszczenia etykiety,
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (RTG),
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (kontrola manualna),
- prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego (ETD).

Sposób wyznaczania, wskazanych powyżej, parametrów metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego zostanie szczegółowo przedstawiony w trzecim kroku algorytmu metody.

## 5.1 Algorytm metody

Ocenę systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym przeprowadza się zgodnie z algorytmem przedstawionym na rysunku 5.1.1. Wyróżniono pięć kroków, które zostały następnie szczegółowo opisane.



Rys. 5.1.1 Algorytm metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym  
źródło: opracowanie własne

## KROK 1. Identyfikacja systemu obsługi bagażu rejestrowanego

„System S jest zbiorem elementów A oraz relacji R określonych na jego elementach, jego strukturę można przedstawić w postaci uporządkowanej pary” [152]:

$$S = \langle A, R \rangle$$

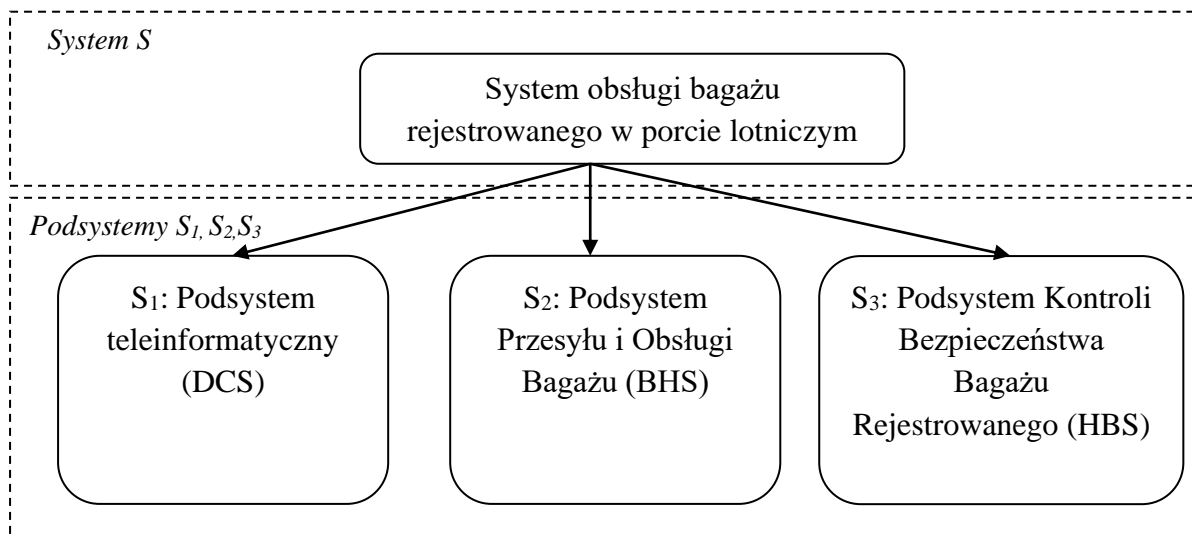
Odnosząc powyższą definicję do systemu obsługi bagażu rejestrowanego (ozn. SOB) w porcie lotniczym elementami systemu A są wszystkie urządzenia odpowiedzialne za transport bagażu (np. przenośniki taśmowe) oraz jego identyfikacje (np. skanery kodów kreskowych). Relacjami R w systemie są relacje między elementami systemu. Ważnymi elementami systemu A są również operatorzy obsługi bagażu (np. operator highloadera, operator układający bagaż w luku bagażowym). Aby zidentyfikować system obsługi bagażu rejestrowanego należy wykonać kolejne działania:

- Zdefiniować wymagania systemu: Określić główne cele i funkcje systemu odprawy biletowo-bagażowej. Ustalić, jakie informacje będą musiały być zebrane i przetwarzane przez system.
- Zidentyfikować procesy odprawy biletowo-bagażowej: Zrozumieć w jaki sposób działa cały proces odprawy biletowo-bagażowej. Zidentyfikować poszczególne etapy.
- Zebrać informacje o infrastrukturze: Zbadać fizyczną infrastrukturę lotniska, na którym będzie zaimplementowany system odprawy biletowo-bagażowej. Należy uwzględnić takie elementy jak stanowiska odprawowe, punkty kontroli bezpieczeństwa, taśmy bagażowe. Dokładnie zmierzyć i udokumentować te elementy, aby móc je odwzorować na rysunku.
- Sporządzić schemat systemu: Na podstawie zdefiniowanych wymagań i procesów odprawy, stworzyć schemat przedstawiający ogólną strukturę systemu odprawy biletowo-bagażowej. Na schemacie uwzględnić podstawowe komponenty, takie jak stanowiska odprawowe, automaty biletowe, czytniki kodów kreskowych, systemy kontroli bezpieczeństwa, systemy informatyczne. Skoncentrować się na logice działania systemu i połączeniach między poszczególnymi komponentami.
- Ustalić wymagania techniczne: Zdefiniować techniczne wymagania dla każdego komponentu systemu. Zidentyfikować rodzaje używanych urządzeń, takich jak komputery, drukarki, skanery, systemy odczytu kart pasażerskich, monitory. Sporządzić listę tych urządzeń wraz z ich specyfikacją techniczną, taką jak moc, rozdzielczość, połączenia sieciowe.

- Sporządzić schemat połączeń: Na podstawie informacji dotyczących infrastruktury i wymagań technicznych, stwórz schemat połączeń, który pokazuje, jak poszczególne komponenty systemu są ze sobą połączone.

Ze względu na złożoność systemu obsługi bagażu rejestrowanego SOB można podzielić go na trzy podsystemy  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  (rys. 5.1.2):

- $S_1$ : Podsystem teleinformatyczny (DCS): służący do teleinformatycznej obsługi pasażerów i bagażu od odprawy biletowo-bagażowej aż do wejścia na pokład (m.in. identyfikacja pasażera, generowanie przywieszek bagażowych itp.),
- $S_2$ : Podsystem Przepływu i Obsługi Bagażu (BHS): system urządzeń technicznych (m.in. przenośników taśmowych) oraz urządzeń identyfikacji (m.in. czytników kodów kreskowych), które są odpowiedzialne za zarządzanie przepływem bagażu rejestrowanego,
- $S_3$ : Podsystem Kontroli Bezpieczeństwa Bagażu Rejestrowanego (HBS): odpowiedzialny jest za kontrolę bagażu pod kątem identyfikacji przedmiotów zabronionych.



Rys. 5.1.2 System obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym  
źródło: opracowanie własne



## **S1: Podsystem Teleinformatyczny (DCS)**

Do najważniejszych zadań podsystemu DCS (Departure Control System) zaliczyć należy [136]:

- realizację odprawy pasażera,
- realizację odprawy bagażowej,
- obsługę statków powietrznych (plan załadunku oraz wyważanie),
- wsparcie w załadunku Cargo,
- automatyczne wysłanie depesz.

W ramach odprawy biletowo-bagażowej do systemu DCS wprowadzane są następujące dane [122]:

- personalne dane pasażera,
- datę oraz numer lotu,
- numer biletu lotniczego pasażera oraz numer przywieszki bagażu rejestrowanego przypisanego do pasażera,
- port lotniczy wylotu, przylotu i transferowy.

Wymiary i waga bagażu rejestrowanego muszą być zgodne z ogólnymi warunkami umowy zawartej w chwili zakupu biletu lotniczego. Ogólne parametry bagażu zostały opisane w [137]. Urządzeniami technicznymi wchodzącymi w skład podsystemu teleinformatycznego są:

- komputer z zainstalowanym systemem DCS,
- drukarka kart pokładowych obejmująca technologię 1D/2D z kodami kreskowymi Code 39, 128, PDF 417, Datamatrix, kod QR,
- drukarkę identyfikatora bagażu: zgodność z IATA standard Cuss 21 [136],
- czytnik paszportowy: przesuwny czytnik OCR tożsamości dokumentów (moduł przeciw-top) [136].

Z punktu widzenia obsługi bagażu rejestrowanego pasażer umieszcza go na przenośniku taśmowym BST stanowiska odprawy biletowo bagażowej. Operator na stanowisku obsługi sprawdza jego wymiary i wagę oraz przeprowadza jego identyfikację poprzez naklejenie etykiety bagażowej. Następnie bagaż z przenośnika na stanowisku odprawy biletowo bagażowej przekazywany jest do przenośników w systemie przesyłu i obsługi bagażu. Poprzez system czytników kodów kreskowych oraz oprogramowanie sterujące bagaż kierowany jest do odpowiedniego miejsca w bagażowni.

## **S2: Podsystem Przesyłu i Obsługi Bagażu (BHS)**

System przesyłu i obsługi bagażu (BHS) składa się z przenośników, które transportują bagaże od stanowiska odprawy do konkretnego miejsc w bagażowni. Tam bagaże są umieszczane na wózkach transportowych lub w kontenerze lotniczym a następnie transportowane do luku bagażowego. W systemie BHS zamontowane są dodatkowo czytniki etykiet bagażowych (np. czytniki kodów kreskowych), które umożliwiają identyfikację bagażu. System BHS zintegrowany jest z systemem teleinformatycznym DCS, co umożliwia skierowanie bagażu w odpowiednie miejsce. Oprócz podstawowej funkcji, sortowania i transportowania bagażu, BHS odpowiedzialny jest również za:

- wykrywanie zatorów bagaży,
- kontrolę parametrów bagaży, w celu uniknięcia zablokowania bagażu na przenośnikach,
- liczenie bagaży przetransportowanych.

W systemie BHS proces identyfikacji bagażu odbywa się przed sorterem w wyniku odczytu kodu kreskowego. Skanery odczytują kod kreskowy oraz przekazują informacje do systemu DCS, którego zadaniem jest przesłanie danych do komputera sterującego systemem BHS. Komputer sterujący systemem BHS ma podwójną funkcje: z jednej strony odpowiedzialny jest za zarządzanie systemem BHS z drugiej strony komunikuje się z systemem DCS w zakresie np. identyfikacji bagażu. Bagaż na całej trasie podlega śledzeniu jednak to od portu lotniczego zależy w ilu punktach bagaż powinien być identyfikowany. Komputer na bazie kodów kreskowych określa numer lotu i przyporządkowuje numer zrzutni. Przesył tej informacji do systemu DCS łączy zrzutnię z bagażem, który zostanie na nią skierowany. Jeżeli bagaż nie będzie automatycznie odczytany, wówczas przesyłany jest na ostatni zrzut i ręcznie odczytywany przez operatora i przenoszony na odpowiedni zrzut.

Komputer sterujący systemem BHS pełni również następujące funkcje [137]:

- współpracy z innymi systemami komputerowymi wspierającymi pracę lotniska,
- współpracy z systemem FIS (System Informacji Lotniczej) w celu otrzymania informacji o lotach,
- przypisania lotów do karuzeli odbierającej bagaż.

Podstawowymi urządzeniami przeznaczonymi do transportu bagażu są przenośniki. Ułatwiają czynności dotyczące załadunku, przewozu oraz wyładunku. Projektowane oraz dobierane są w zależności od warunków i specyfiki pracy.

### **S3: System Kontroli Bezpieczeństwa Bagażu Rejestrowanego (HBS)**

Zadaniem systemu HBS (Hold Baggage Screening) jest sprawdzenie bagażu rejestrowanego pod kątem przedmiotów zabronionych przy zastosowaniu m.in. przeglądarek rentgenowskich [113]. Wymagania, które urządzenia RTG oraz EDS muszą spełniać, określają następujące podstawy prawne [137]:

- „Decyzja Komisji Europejskiej K(2010) 774 z dnia 13.04.2010r. ustanawiająca szczegółowe środki w celu wprowadzenia w życie wspólnych podstawowych norm dotyczących ochrony lotnictwa cywilnego”;
- „Rozporządzeniem Komisji (UE) (nr 185/2010 z dnia 4 marca 2010r. ustanawiające szczegółowe środki w celu wprowadzenia w życie wspólnych podstawowych norm ochrony lotnictwa cywilnego”;
- „Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 300/2008 z dnia 11 marca 2008r. w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie ochrony lotnictwa cywilnego.”

Przenośniki taśmowe (jako elementy systemu przesyłu i obsługi bagażu) zintegrowane są z systemem RTG i ETD. Proces kontroli bagażu odbywa się w kolejnych krokach [113]:

- system BHS przekazuje bagaż do kontroli RTG,
- urządzenia prześwietlające wizualizują zawartość bagażu,
- operator kontroli bezpieczeństwa weryfikuje zawartość,
- drugi operator dokonuje weryfikacji bagażu,
- w sytuacji koniecznej przeprowadza się kontrolę manualną,
- w sytuacji koniecznej przeprowadza się kontrolę na zawartość materiałów wybuchowych ETD,
- w sytuacji detekcji niebezpiecznego materiału dokonuje się jego neutralizacji.

Kluczowymi z punktu widzenia oceny procesu kontroli bagażu rejestrowanego jest zatem:

- prawidłowa ocena obrazu prześwietlonego bagażu przez operatora pierwszego i drugiego,
- właściwie przeprowadzona kontrola manualna bagażu rejestrowanego,
- właściwie przeprowadzona i odczytana kontrola bagażu rejestrowanego pod kątem ETD.

## **KROK 2: Akwizycja danych na potrzeby wyznaczenia wartości parametrów oceny systemu**

### **Akwizycja danych w podsystemie teleinformatycznym (DCS)**

Metoda akwizycji danych w podsystemie teleinformatycznym składa się z następujących kroków:

1. Zdefiniowanie horyzontu czasowego. Aby sprawdzić działanie systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, należy wykonać tzw. test operacyjny. Testy te mogą być wykorzystywane do zaawansowanej próby, znanej jako testy funkcjonalne, które mają na celu osiągnięcie, czy system działa zgodnie z zamierzeniem i spełnia określone wymagania.
2. Zdefiniowanie sposobu gromadzenia danych (ręczny, automatyczny – pobrany z systemu teleinformatycznego, pobrany z raportów).
3. Zgromadzenie następujących danych:
  - liczbę bagażu rejestrowanych które powinny zostać odczytane przez poszczególne czytniki kodów kreskowych,
  - liczbę bagażu rejestrowanych, które zostały odczytane przez poszczególne czytniki kodów kreskowych,
  - liczbę bagażu rejestrowanych, które zostały odczytane przez poszczególne czytniki kodów kreskowych i dla których informacja została przetworzona przez system teleinformatyczny,
  - liczbę wszystkich bagażu rejestrowanych obsługiwanych w systemie,
  - liczbę prawidłowo wydrukowanych etykiet (które możliwe są do odczytania przez czytnik kodów kreskowych) bagażu rejestrowanego.
4. Weryfikacja kompletności i poprawności danych. Sprawdzanie zgodności z zapisami lotów, weryfikowanie zgodności z przepisami i standardami państwa oraz identyfikowanie operacji lub błędów w danych.

### **Akwizycja danych w podsystemie przesyłu i obsługi bagażu (BHS)**

1. Zdefiniowanie horyzontu czasowego. Aby sprawdzić działanie systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, należy wykonać tzw. test operacyjny. Testy te mogą być wykorzystywane do zaawansowanej próby, znanej jako testy

funkcjonalne, które mają na celu osiągnięcie, czy system działa zgodnie z zamierzeniem i spełnia określone wymagania.

2. Zdefiniowanie sposobu gromadzenia danych (ręczny, automatyczny – pobrany z systemu teleinformatycznego, pobrany z raportów).
3. Zgromadzenie następujących danych:
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników taśmowych,
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników okrężnych (karuzelowych),
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników baxorter (przenośników wózkowych),
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych vertisorterów,
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych vertibeltów,
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych diverterów,
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych reverse sorterów,
  - prędkości przenośników transportowych,
  - czasów zatrzymania bagażu w przypadku zmiany kierunku transportu,
  - liczby obsłużonych bagaży w okresie pomiarowym.
  - liczby uszkodzonych bagaży w okresie pomiarowym
  - czas między zgłoszeniami pasażera do stanowiska odprawy biletowo-bagażowej,
  - czas obsługi pasażera na stanowisku odprawy biletowo-bagażowej,
  - rozkład lotów uwzględniający typ przewoźnika
  - liczbę pasażerów zgłaszających się do stanowiska odprawy biletowo-bagażowej
4. Weryfikacja kompletności i poprawności danych. Sprawdzanie zgodności z zapisami lotów, weryfikowanie zgodności z przepisami i standardami państwa oraz identyfikowanie operacji lub błędów w danych.

### **Akwizycja danych w podsystemie kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego (HBS)**

1. Zdefiniowanie horyzontu czasowego. Aby sprawdzić działanie systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, należy wykonać tzw. test operacyjny. Testy te mogą być wykorzystywane do zaawansowanej próby, znanej jako testy

funkcjonalne, które mają na celu osiągnięcie, czy system działa zgodnie z zamierzeniem i spełnia określone wymagania.

2. Zdefiniowanie sposobu gromadzenia danych (ręczny, automatyczny – pobrany z systemu teleinformatycznego, pobrany z raportów).
3. Zgromadzenie następujących danych:
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego niewłaściwie zidentyfikowano zagrożenia w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego nie zidentyfikowano zagrożenia w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli manualnych bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli manualnych bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli na zawartość materiałów wybuchowych (ETD) bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym,
  - liczba przeprowadzonych kontroli na zawartość materiałów wybuchowych (ETD) bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym.
4. Weryfikacja kompletności i poprawności danych. Sprawdzanie zgodności z zapisami lotów, weryfikowanie zgodności z przepisami i standardami państwa oraz identyfikowanie operacji lub błędów w danych.

### **KROK 3: Wyznaczenie wartości parametrów oceny podsystemów obsługi bagażu rejestrowanego**

#### **Parametry oceny systemu teleinformatycznego (DCS)**

Do czterech kluczowych parametrów oceny systemu teleinformatycznego zaliczyć należy:

- niezawodność odczytu kodu kreskowego przez poszczególne czytniki kodów kreskowych,
- rozmieszczenie czytników kodów kreskowych zainstalowaną w systemie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,
- niezawodność przetworzenia informacji z czytników kodów kreskowych przez system teleinformatyczny (m.in. komputer sterujący),
- niezawodność prawidłowego wydruku i umieszczenia etykiety bagażowej na bagażu.

Parametrem niezawodności odczytu kodu kreskowego przez poszczególne czytniki kodów kreskowych będzie stosunek prawidłowo odczytanych kodów kreskowy przez  $i$ -ty czytnik  $m_i^{ckk}$  do liczby wszystkich bagażu rejestrowanych  $n$ , które powinny być zidentyfikowane przez czytnik (wszystkie które obok niego przejechały).

$$R_i^{ckk} = \frac{m_i^{ckk}}{n} \quad (5.1)$$

Parametrem oceny rozmieszczenia czytników kodów kreskowych zainstalowanych w systemie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego będzie wskaźnik niezawodności systemu czytników kodów kreskowych  $R_s^{ckk}$  obliczany zgodnie z [rys. 7.1.1.] wykorzystujący wcześniej wyznaczone niezawodności poszczególnych czytników kodów kreskowych  $R_i^{ckk}$ .

Parametrem niezawodności przetworzenia informacji z czytników kodów kreskowych przez system teleinformatyczny (m.in. komputer sterujący) jest stosunek prawidłowo zidentyfikowanych błędów przez system teleinformatyczny  $m_i^{cks}$  do liczby wszystkich błędów, które system wskazał  $m$ .

$$R_i^{cks} = \frac{m_i^{cks}}{m} \quad (5.2)$$

Parametrem niezawodności prawidłowego wydruku i umieszczenia etykiety bagażowej na bagażu rejestrowanym będzie stosunek liczby  $m_i^{ckp}$  prawidłowo wydrukowanych i umieszczonych etykiet bagażowych na bagażu rejestrowanym do liczby wszystkich bagażu rejestrowanych  $n$ .

$$R_i^{ckp} = \frac{m_i^{ckp}}{n} \quad (5.3)$$

## Parametry oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego

Do dwóch kluczowych elementów oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego zaliczyć należy:

- stopień wykorzystania systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,
- prawdopodobieństwo uszkodzenie bagażu rejestrowanego.

Parametrem stopnia wykorzystania systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego jest stosunek liczby obsłużonych bagaży rejestrowanych  $n$  do iloczynu wskaźnika gotowości technicznej systemu przenośników i przepustowości systemu.

Wskaźnik gotowości technicznej  $A_S^{SPB}$  wyznaczany jest zgodnie z [151] na podstawie gotowości  $A_j^{SPB}$  poszczególnych  $j$ -tych elementów infrastruktury transportowej bagażu rejestrowanego.

Przepustowość systemu obsługi bagażu rejestrowanego wyznaczana jest z wykorzystaniem modelu symulacyjnego. Metoda budowy modelu symulacyjnego została zaprezentowana w publikacji [122].

Parametrem opisującym uszkodzenie bagażu rejestrowanego jest stosunek liczby uszkodzonych bagaży  $n^u$  podczas obsługi do wszystkich bagaży odprawionych  $n$ .

$$R^u = \frac{n^u}{n} \quad (5.4)$$

Do wyznaczenia wskaźnika uszkodzenia bagaży korzysta się z danych zebranych na podstawie etykiety bagażowej „received damaged” (rys. 5.1.3).

The image shows a baggage tag form with the following sections and checkboxes:

- LIMITED RELEASE**
  - FRAGILE & UNSUITABLY PACKED - Release applies to damage
  - PACKAGING INADEQUATE - Release applies to damage and loss of contents
  - PERISHABLE - Release applies to spoilage resulting from delay
- RECEIVED DAMAGED**
  - HANDLE BROKEN
  - STRAP BROKEN
  - TORN
  - DENT
  - SCRATCH
  - OTHER
  - BOTTOM
  - SIDE
  - END
  - TOP
- VOLUNTARY SEPARATION**
  - LATE CHECK-IN
  - NOT ADMISSIBLE IN CABIN

Release applies to damage

In consideration of carrier(s) transporting my property (described above), which has been damaged previously or which is deemed by governing tariffs to be unsuitable for transportation as checked baggage, I hereby release carrier(s) from liability resulting solely from such pre-existing damage or unsuitability (as designated by "x").

▲ Passenger's Signature ▲

Rys. 5.1.3 Etykieta bagażowa  
źródło: opracowanie własne



W etykiecie określono następujące kryteria uszkodzenia bagażu: zerwanie uchwytu bagażowego górnego, zerwanie uchwytu bagażowego bocznego, rozcięcie powierzchni bagażu, stałe odkształcenie powierzchni bagażu, zarysowanie powierzchni bagażu, uszkodzenie górnej części bagażu, uszkodzenie dolnej części bagażu, uszkodzenie bocznej części bagażu, inne. Bagaż, który nie posiada podwójnego znakowania na etykiecie, oznacza, że nie został uszkodzony podczas odprawy [53]. Sprawdzenie stanu powierzchni bagażu obejmuje dwa porty lotnicze: wylotu i przylotu. Z uwagi jednak na brak możliwości pomiaru, metoda uwzględnia w ocenie tylko port lotniczy wylotu.

### **Parametry oceny procesu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego**

Do trzech kluczowych czynności w procesie kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego zaliczyć należy:

- przeprowadzenie kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego przez dwóch niezależnych operatorów z wykorzystaniem urządzenia RTG,
- przeprowadzenie manualnej kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego,
- przeprowadzenie kontroli bezpieczeństwa bagażu pod względem styczności z materiałami wybuchowymi.

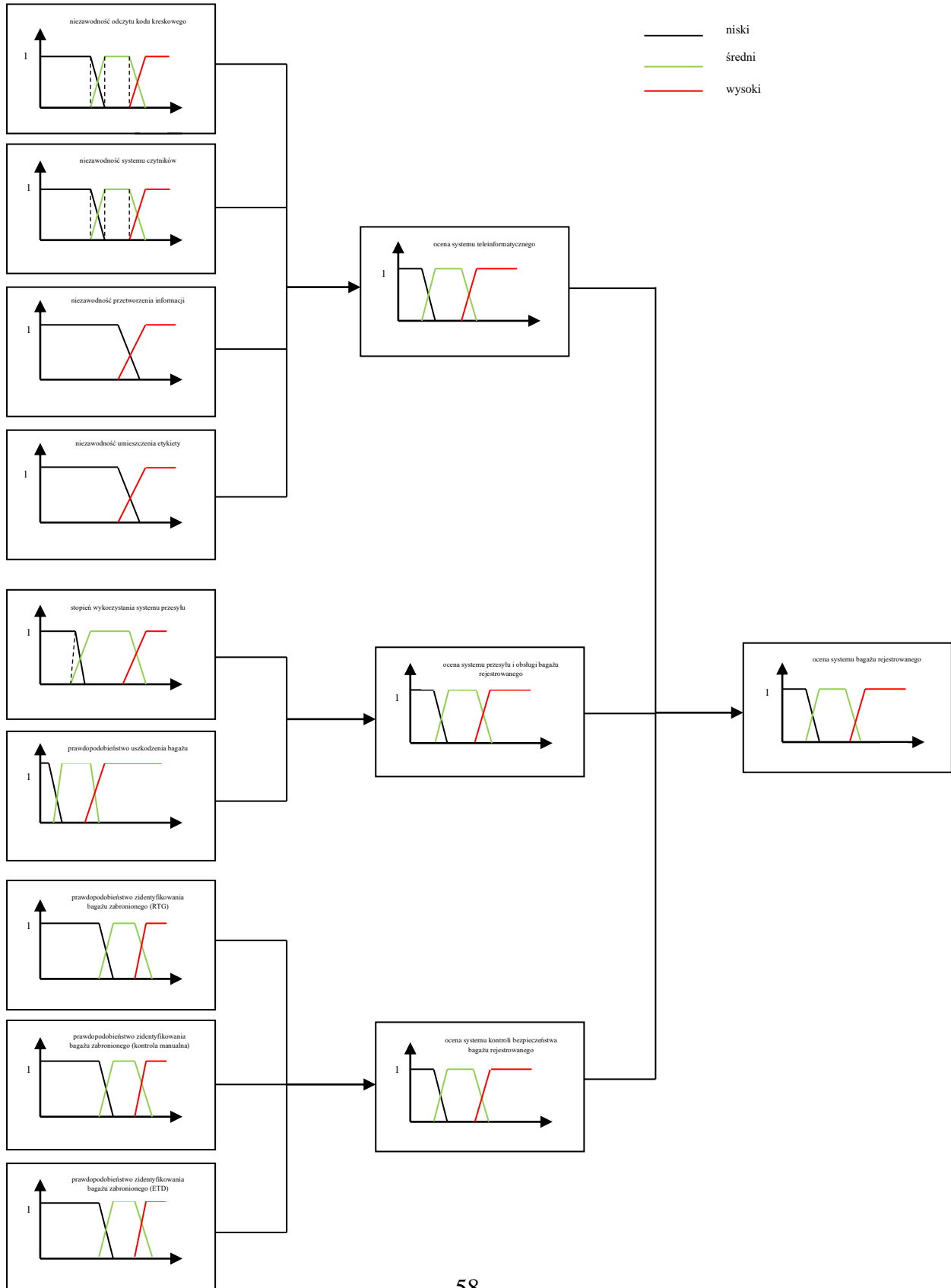
Parametrem oceny poprawności zrealizowania kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest prawdopodobieństwo zidentyfikowania przez operatora przedmiotu zabronionego (lub zidentyfikowanie projekcji przedmiotu zabronionego TIP: Threat Image Projection).

Parametrem oceny poprawności zrealizowania manualnej kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest prawdopodobieństwo zidentyfikowania przez operatora przedmiotu zabronionego w bagażu podczas kontroli.

Parametrem oceny poprawności zrealizowania kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego pod względem styczności z materiałami wybuchowymi jest prawdopodobieństwo prawidłowego pobrania próbki i odczytu wyniku z urządzenia kontroli ETD (Explosive trace detection).

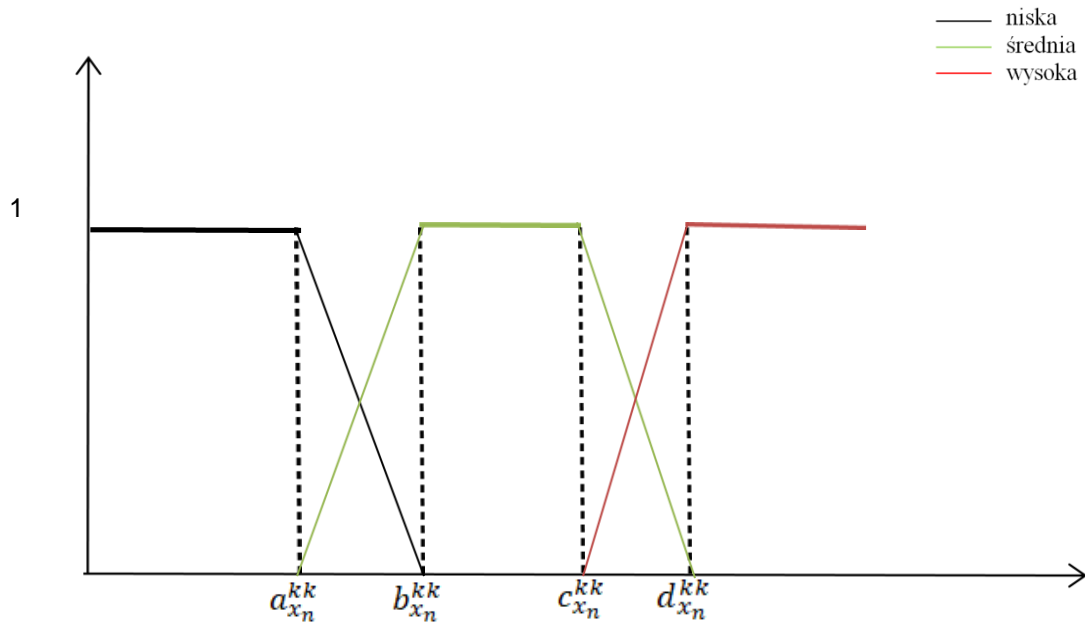
## KROK 4: Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym

Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym zaprezentowano na rysunku 5.1.4.



Metoda oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym składa się z dziewięciu parametrów oceny dla których zdefiniowano poniższe funkcje przynależności.

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla niezawodności odczytu kodu kreskowego przedstawiono na rysunku 5.1.5.



Rys. 5.1.5 Funkcja przynależności niezawodności odczytu kodu kreskowego  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{kk}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{kk}, b_{x_n}^{kk}, c_{x_n}^{kk}, d_{x_n}^{kk})$  (5.5):

$$\alpha_{x_n}^{kk}(x_n^{kk}, a_{x_n}^{kk}, b_{x_n}^{kk}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{kk} \leq a_{x_n}^{kk} \\ \frac{b_{x_n}^{kk} - x_n^{kk}}{b_{x_n}^{kk} - a_{x_n}^{kk}} & \text{dla } a_{x_n}^{kk} < x_n^{kk} \leq b_{x_n}^{kk} \\ 0 & \text{dla } x_n^{kk} > b_{x_n}^{kk} \end{cases} \quad (5.5)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.6):

$$\alpha_{x_n}^{kk}(x_n^{kk}, a_{x_n}^{kk}, b_{x_n}^{kk}, c_{x_n}^{kk}, d_{x_n}^{kk}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{kk} \leq a_{x_n}^{kk} \\ \frac{x_n^{kk} - a_{x_n}^{kk}}{b_{x_n}^{kk} - a_{x_n}^{kk}} & \text{dla } a_{x_n}^{kk} < x_n^{kk} \leq b_{x_n}^{kk} \\ \frac{d_{x_n}^{kk} - x_n^{kk}}{d_{x_n}^{kk} - c_{x_n}^{kk}} & \text{dla } c_{x_n}^{kk} < x_n^{kk} \leq d_{x_n}^{kk} \\ 0 & \text{dla } x_n^{kk} > d_{x_n}^{kk} \end{cases} \quad (5.6)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.7):

$$\alpha_{x_n}^{kk}(x_n^{kk}, a_{x_n}^{kk}, b_{x_n}^{kk}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{kk} \leq a_{x_n}^{kk} \\ \frac{x_n^{kk} - a_{x_n}^{kk}}{b_{x_n}^{kk} - a_{x_n}^{kk}} & \text{dla } a_{x_n}^{kk} < x_n^{kk} \leq b_{x_n}^{kk} \\ 1 & \text{dla } x_n^{kk} > b_{x_n}^{kk} \end{cases} \quad (5.7)$$

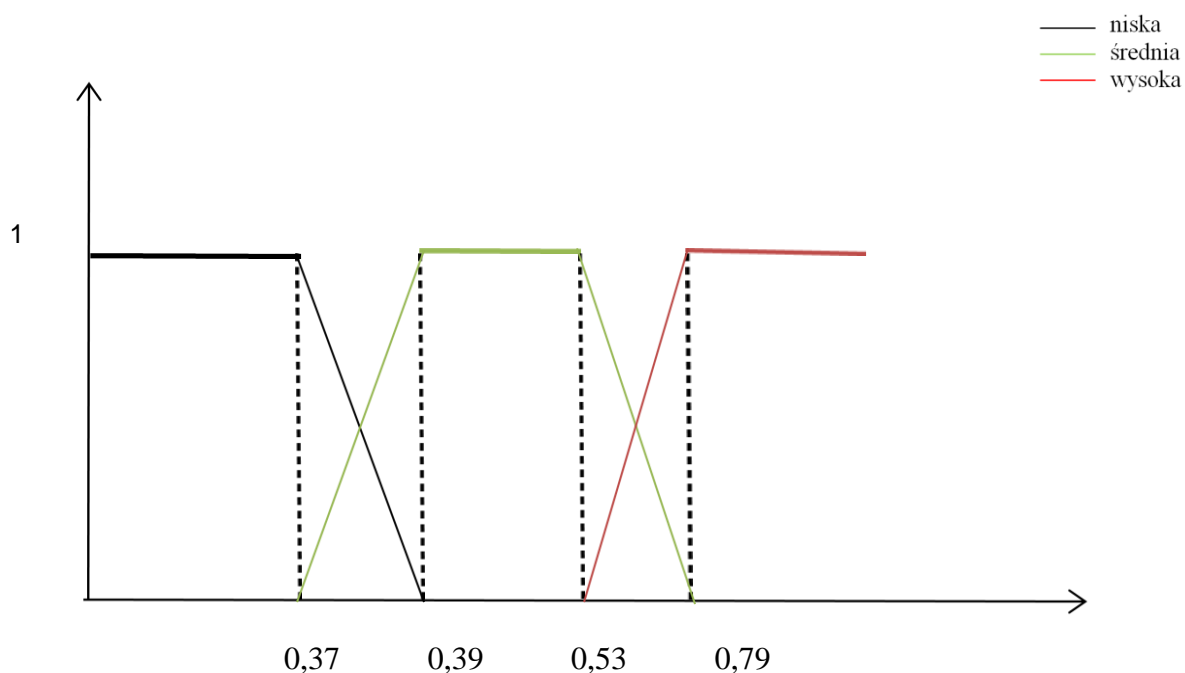
Niezawodność odczytu kodu kreskowego eksperci ocenili następująco (tab. 5.1):

Tab. 5.1 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności odczytu kodu kreskowego

wartość \ Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,12	0,41	0,79
Ekspert 2	0,21	0,45	0,79
Ekspert 3	0,18	0,39	0,85
Ekspert 4	0,36	0,39	0,86
Ekspert 5	0,31	0,43	0,84
Ekspert 6	0,29	0,52	0,92
Ekspert 7	0,25	0,39	0,96
Ekspert 8	0,37	0,48	0,85
Ekspert 9	0,21	0,41	0,79
Ekspert 10	0,34	0,53	0,85

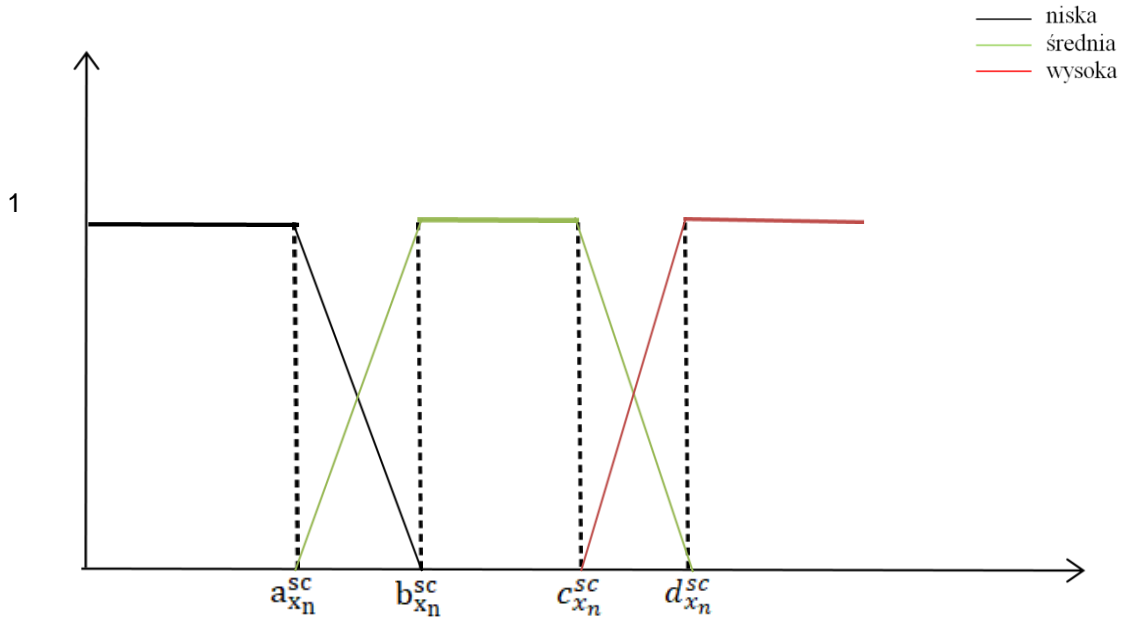
źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający niezawodność odczytu kodu kreskowego, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.6.



Rys. 5.1.6 Niezawodność odczytu kodu kreskowego na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla niezawodności systemu czytników przedstawiono na rysunku 5.1.7.



Rys. 5.1.7 Funkcja przynależności niezawodności systemu czytników  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{sc}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{sc}, b_{x_n}^{sc}, c_{x_n}^{sc}, d_{x_n}^{sc})$  (5.8):

$$\alpha_{x_n}^{sc}(x_n^{sc}, a_{x_n}^{sc}, b_{x_n}^{sc}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{sc} \leq a_{x_n}^{sc} \\ \frac{b_{x_n}^{sc} - x_n^{sc}}{b_{x_n}^{sc} - a_{x_n}^{sc}} & \text{dla } a_{x_n}^{sc} < x_n^{sc} \leq b_{x_n}^{sc} \\ 0 & \text{dla } x_n^{sc} > b_{x_n}^{sc} \end{cases} \quad (5.8)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.9):

$$\alpha_{x_n}^{sc}(x_n^{sc}, a_{x_n}^{sc}, b_{x_n}^{sc}, c_{x_n}^{sc}, d_{x_n}^{sc}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{sc} \leq a_{x_n}^{sc} \\ \frac{x_n^{sc} - a_{x_n}^{sc}}{b_{x_n}^{sc} - a_{x_n}^{sc}} & \text{dla } a_{x_n}^{sc} < x_n^{sc} \leq b_{x_n}^{sc} \\ \frac{d_{x_n}^{sc} - x_n^{sc}}{d_{x_n}^{sc} - c_{x_n}^{sc}} & \text{dla } c_{x_n}^{sc} < x_n^{sc} \leq d_{x_n}^{sc} \\ 0 & \text{dla } x_n^{sc} > d_{x_n}^{sc} \end{cases} \quad (5.9)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.10):

$$\alpha_{x_n}^{sc}(x_n^{sc}, a_{x_n}^{sc}, b_{x_n}^{sc}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{sc} \leq a_{x_n}^{sc} \\ \frac{x_n^{sc} - a_{x_n}^{sc}}{b_{x_n}^{sc} - a_{x_n}^{sc}} & \text{dla } a_{x_n}^{sc} < x_n^{sc} \leq b_{x_n}^{sc} \\ 1 & \text{dla } x_n^{sc} > b_{x_n}^{sc} \end{cases} \quad (5.10)$$

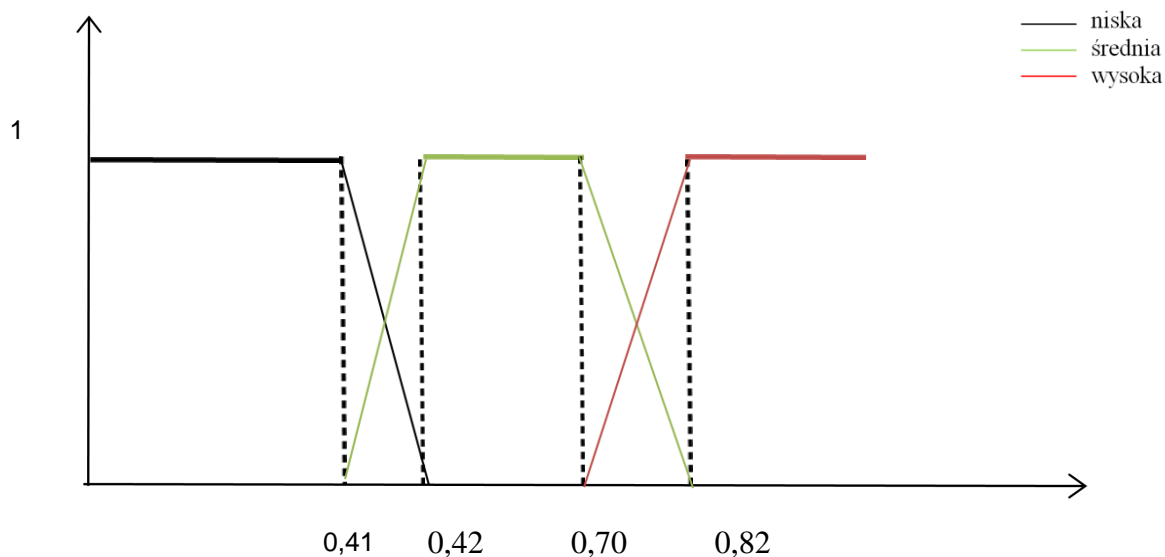
Niezawodność systemu czytników eksperci ocenili następująco (tab. 5.2):

Tab. 5.2 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności systemu czytników

wartość Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,30	0,65	0,83
Ekspert 2	0,29	0,68	0,82
Ekspert 3	0,35	0,65	0,85
Ekspert 4	0,40	0,70	0,84
Ekspert 5	0,24	0,64	0,91
Ekspert 6	0,28	0,52	0,92
Ekspert 7	0,27	0,42	0,95
Ekspert 8	0,35	0,49	0,94
Ekspert 9	0,41	0,45	0,89
Ekspert 10	0,39	0,42	0,86

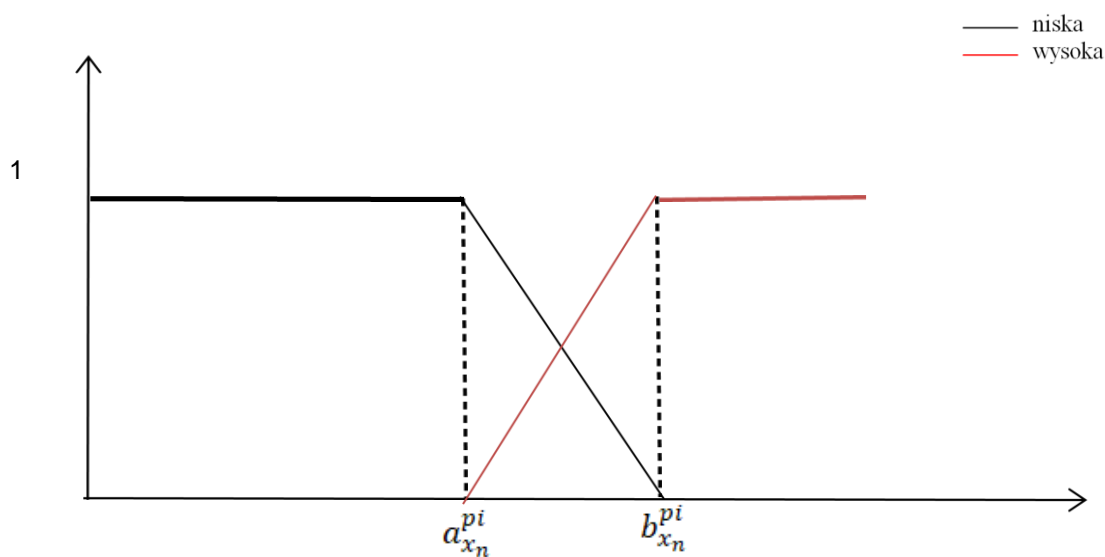
*źródło: opracowanie własne*

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający niezawodność systemu czytników, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.8.



Rys. 5.1.8 Niezawodność systemu czynników na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla niezawodności przetwarzania informacji przedstawiono na rysunku 5.1.9.



Rys. 5.1.9 Funkcja przynależności niezawodności przetwarzania informacji  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{pi}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{pi}, b_{x_n}^{pi})$  (5.11):



$$\alpha_{x_n}^{pi}(x_n^{pi}, a_{x_n}^{pi}, b_{x_n}^{pi}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{pi} \leq a_{x_n}^{pi} \\ \frac{b_{x_n}^{pi} - x_n^{pi}}{b_{x_n}^{pi} - a_{x_n}^{pi}} & \text{dla } a_{x_n}^{pi} < x_n^{pi} \leq b_{x_n}^{pi} \\ 0 & \text{dla } x_n^{pi} > b_{x_n}^{pi} \end{cases} \quad (5.11)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.12):

$$\alpha_{x_n}^{pi}(x_n^{pi}, a_{x_n}^{pi}, b_{x_n}^{pi}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{pi} \leq a_{x_n}^{pi} \\ \frac{x_n^{pi} - a_{x_n}^{pi}}{b_{x_n}^{pi} - a_{x_n}^{pi}} & \text{dla } a_{x_n}^{pi} < x_n^{pi} \leq b_{x_n}^{pi} \\ 1 & \text{dla } x_n^{pi} > b_{x_n}^{pi} \end{cases} \quad (5.12)$$

Niezawodność przetwarzania informacji eksperci ocenili następująco (tab. 5.3):

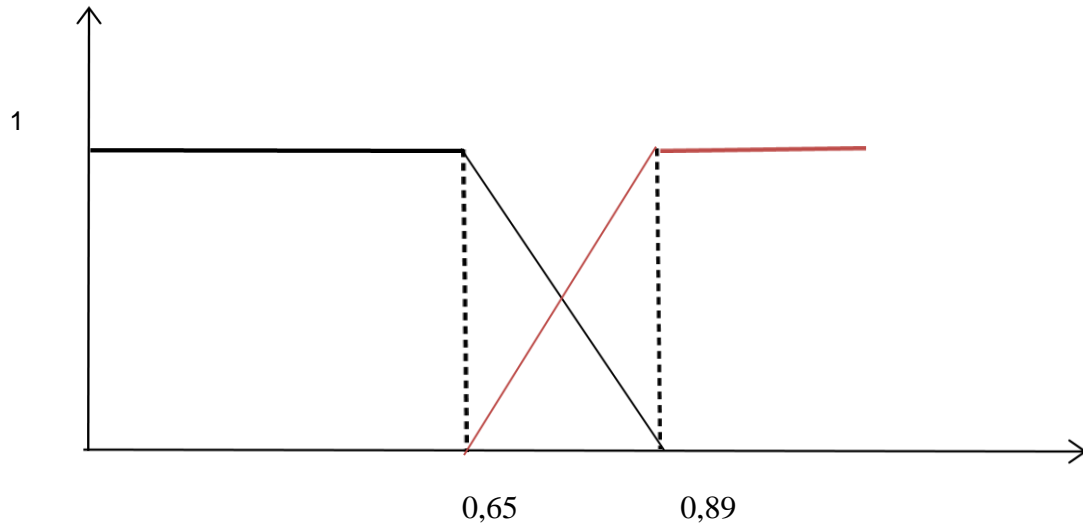
Tab. 5.3 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności przetwarzania informacji

Ekspert \ wartość	niska	wysoka
	Ekspert 1	0,58
Ekspert 2	0,64	0,89
Ekspert 3	0,65	0,89
Ekspert 4	0,62	0,90
Ekspert 5	0,48	0,92
Ekspert 6	0,45	0,93
Ekspert 7	0,32	0,94
Ekspert 8	0,33	0,95
Ekspert 9	0,34	0,96
Ekspert 10	0,41	0,92

źródło: opracowanie własne

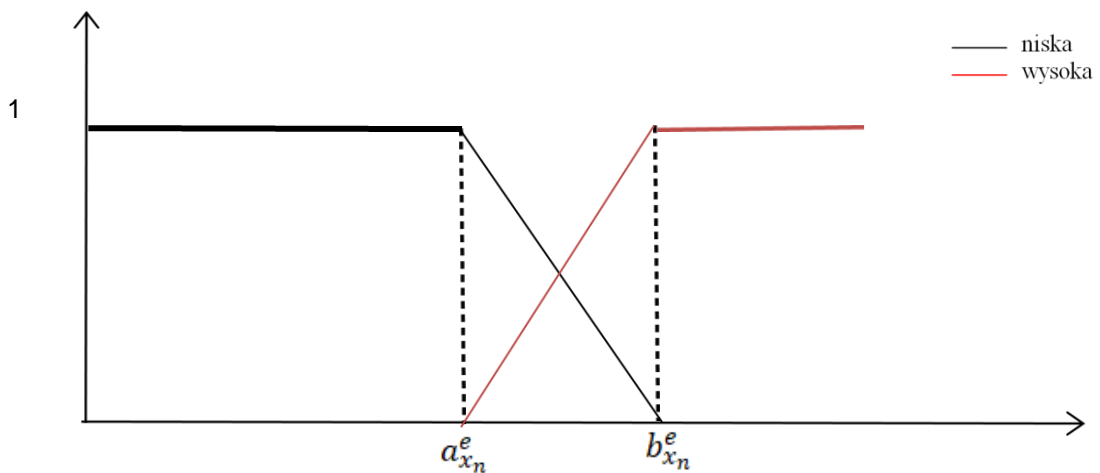
Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla

Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający niezawodność przetwarzania informacji, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.10.



Rys. 5.1.10 Niezawodność przetwarzania informacji na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla niezawodności umieszczania etykiety przedstawiono na rysunku 5.1.11.



Rys. 5.1.11 Funkcja przynależności niezawodności umieszczania etykiety  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^e$  z parametrami  $(a_{x_n}^e, b_{x_n}^e)$  (5.13):

$$\alpha_{x_n}^e(x_n^e, a_{x_n}^e, b_{x_n}^e) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^e \leq a_{x_n}^e \\ \frac{b_{x_n}^e - x_n^e}{b_{x_n}^e - a_{x_n}^e} & \text{dla } a_{x_n}^e < x_n^e \leq b_{x_n}^e \\ 0 & \text{dla } x_n^e > b_{x_n}^e \end{cases} \quad (5.13)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.14):

$$\alpha_{x_n}^e(x_n^e, a_{x_n}^e, b_{x_n}^e) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^e \leq a_{x_n}^e \\ \frac{x_n^e - a_{x_n}^e}{b_{x_n}^e - a_{x_n}^e} & \text{dla } a_{x_n}^e < x_n^e \leq b_{x_n}^e \\ 1 & \text{dla } x_n^e > b_{x_n}^e \end{cases} \quad (5.14)$$

Niezawodność umieszczania etykiety eksperci ocenili następująco (tab. 5.4):

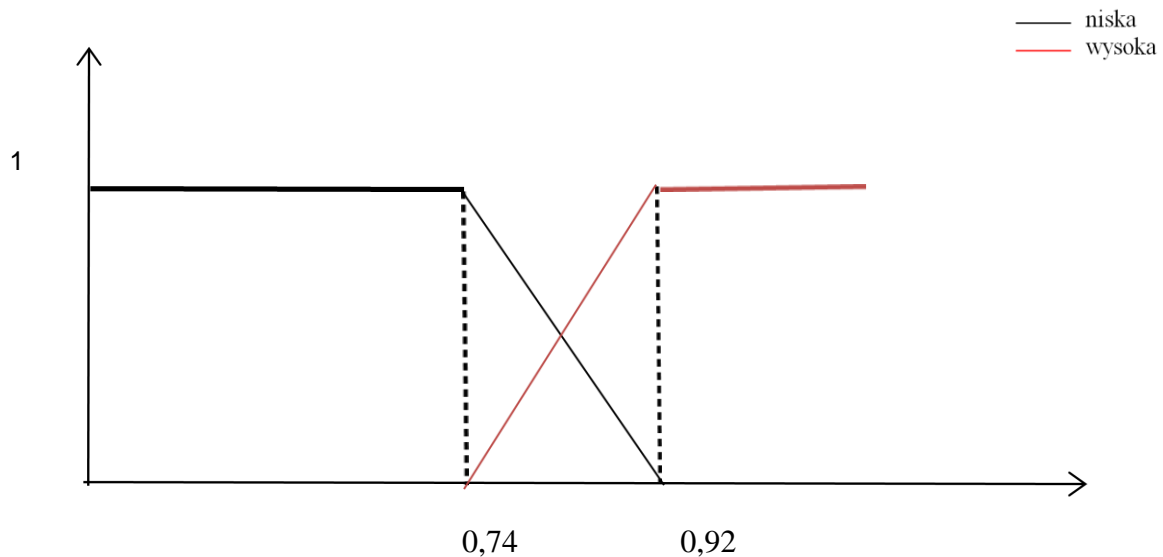
Tab. 5.4 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności umieszczania etykiety

wartość Ekspert	niska	wysoka
Ekspert 1	0,43	0,94
Ekspert 2	0,43	0,95
Ekspert 3	0,45	0,94
Ekspert 4	0,52	0,94
Ekspert 5	0,42	0,94
Ekspert 6	0,35	0,93
Ekspert 7	0,54	0,93
Ekspert 8	0,74	0,93
Ekspert 9	0,58	0,92
Ekspert 10	0,63	0,93

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla

Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający niezawodność umieszczania etykiety, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.12.



Rys. 5.1.12 Niezawodność odczytu etykiety na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Po wyznaczeniu funkcji przynależności określono rozmyte reguły wnioskowania do wyznaczenia oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego, które przedstawiono w tabeli 5.5. Eksperti wyznaczyli reguły wnioskowania zgodnie z zasadami kombinatoryki.

Tab. 5.5 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego

Reguła	Przesłanka	Wniosek
R1	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R2	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest

	niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	niska}
R3	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R4	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R5	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R6	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R7	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}

	niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	
R8	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R9	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R10	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R11	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R12	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest niski} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}
R13	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest

	niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	niska}
R14	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R15	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R16	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R17	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R18	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}

	niezawodności umieszczania etykiety jest wysoka}	
R19	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoka} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R20	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoka} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoka}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}
R21	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R22	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R23	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R24	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest średni} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest



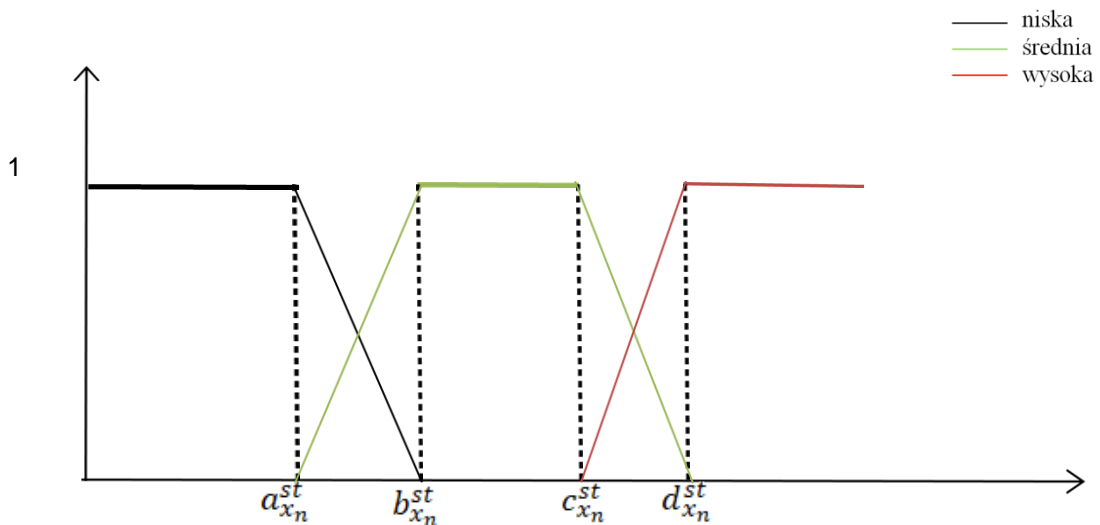
	niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	wysoka}
R25	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest niska}
R26	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R27	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R28	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest niski} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}
R29	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}

	niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	
R30	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R31	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R32	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest średni} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}
R33	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest średnia}
R34	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest niski} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}
R35	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest

	niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest niski}	wysoka}
R36	IF {parametr niezawodności odczytu kodu kreskowego jest wysoki} AND {parametr niezawodności systemu czytników jest wysoki} AND {parametr niezawodności przetwarzania informacji jest wysoki} AND {parametr niezawodności umieszczania etykiety jest wysoki}	THEN {Ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka}

źródło: opracowanie własne na podstawie opinii ekspertów

Funkcja oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym przedstawiono na rysunku 5.1.13.



Rys. 5.1.13 Funkcja oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna niska została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{st}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{st}, b_{x_n}^{st}, c_{x_n}^{st}, d_{x_n}^{st})$  (5.15):

$$\alpha_{x_n}^{st}(x_n^{st}, a_{x_n}^{st}, b_{x_n}^{st}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{st} \leq a_{x_n}^{st} \\ \frac{b_{x_n}^{st} - x_n^{st}}{b_{x_n}^{st} - a_{x_n}^{st}} & \text{dla } a_{x_n}^{st} < x_n^{st} \leq b_{x_n}^{st} \\ 0 & \text{dla } x_n^{st} > b_{x_n}^{st} \end{cases} \quad (5.15)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.16):

$$\alpha_{x_n}^{st}(x_n^{st}, a_{x_n}^{st}, b_{x_n}^{st}, c_{x_n}^{st}, d_{x_n}^{st}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{st} \leq a_{x_n}^{st} \\ \frac{x_n^{st} - a_{x_n}^{st}}{b_{x_n}^{st} - a_{x_n}^{st}} & \text{dla } a_{x_n}^{st} < x_n^{st} \leq b_{x_n}^{st} \\ \frac{d_{x_n}^{st} - x_n^{st}}{d_{x_n}^{st} - c_{x_n}^{st}} & \text{dla } c_{x_n}^{st} < x_n^{st} \leq d_{x_n}^{st} \\ 0 & \text{dla } x_n^{st} > d_{x_n}^{st} \end{cases} \quad (5.16)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.17):

$$\alpha_{x_n}^{st}(x_n^{st}, a_{x_n}^{st}, b_{x_n}^{st}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{st} \leq a_{x_n}^{st} \\ \frac{x_n^{st} - a_{x_n}^{st}}{b_{x_n}^{st} - a_{x_n}^{st}} & \text{dla } a_{x_n}^{st} < x_n^{st} \leq b_{x_n}^{st} \\ 1 & \text{dla } x_n^{st} > b_{x_n}^{st} \end{cases} \quad (5.17)$$

System teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego eksperci ocenili następująco (tab. 5.6):

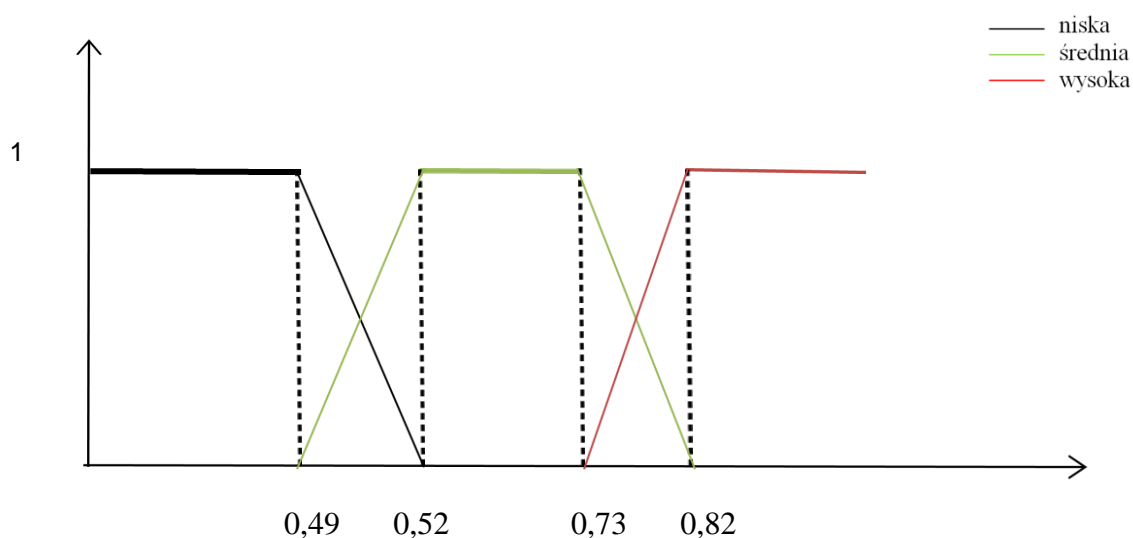
Tab. 5.6 Oceny ekspertów dotyczące systemu teleinformatycznego obsługi bagażu

wartość Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,37	0,53	0,83
Ekspert 2	0,37	0,58	0,84
Ekspert 3	0,36	0,54	0,86
Ekspert 4	0,37	0,65	0,85
Ekspert 5	0,39	0,71	0,86
Ekspert 6	0,45	0,73	0,82
Ekspert 7	0,48	0,62	0,91
Ekspert 8	0,49	0,59	0,92
Ekspert 9	0,47	0,52	0,94

Ekspert 10	0,48	0,63	0,89
------------	------	------	------

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający system teleinformatyczny obsługi bagażu rejestrowanego, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.14.



Rys. 5.1.14 Ocena systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

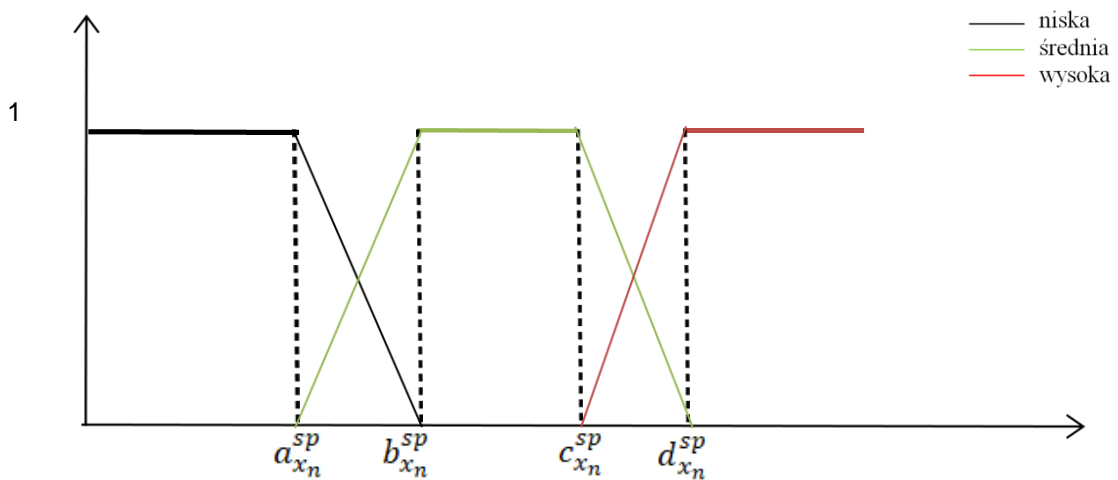
Obliczanie sygnału wyjściowego dokonywane jest metodą środka ciężkości, która najdokładniej pozwala określi wartość liczbową oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego. Wówczas ostra wartość  $\bar{y}$  obliczana jest wzorem (5.18):

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B'}(x) dy}{\int_Y \mu_{B'}(x) dy} \quad (5.18)$$

gdzie:

B' – zbiór wyjściowy.

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla stopnia wykorzystania systemu przesyłu bagażu rejestrowanego przedstawiono na rysunku 5.1.15.



Rys. 5.1.15 Funkcja przynależności stopnia wykorzystania systemu przesyłu bagażu rejestrowanego  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{sp}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{sp}, b_{x_n}^{sp}, c_{x_n}^{sp}, d_{x_n}^{sp})$  (5.19):

$$\alpha_{x_n}^{sp}(x_n^{sp}, a_{x_n}^{sp}, b_{x_n}^{sp}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{sp} \leq a_{x_n}^{sp} \\ \frac{b_{x_n}^{sp} - x_n^{sp}}{b_{x_n}^{sp} - a_{x_n}^{sp}} & \text{dla } a_{x_n}^{sp} < x_n^{sp} \leq b_{x_n}^{sp} \\ 0 & \text{dla } x_n^{sp} > b_{x_n}^{sp} \end{cases} \quad (5.19)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.20):

$$\alpha_{x_n}^{sp}(x_n^{sp}, a_{x_n}^{sp}, b_{x_n}^{sp}, c_{x_n}^{sp}, d_{x_n}^{sp}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{sp} \leq a_{x_n}^{sp} \\ \frac{x_n^{sp} - a_{x_n}^{sp}}{b_{x_n}^{sp} - a_{x_n}^{sp}} & \text{dla } a_{x_n}^{sp} < x_n^{sp} \leq b_{x_n}^{sp} \\ \frac{d_{x_n}^{sp} - x_n^{sp}}{d_{x_n}^{sp} - c_{x_n}^{sp}} & \text{dla } c_{x_n}^{sp} < x_n^{sp} \leq d_{x_n}^{sp} \\ 0 & \text{dla } x_n^{sp} > d_{x_n}^{sp} \end{cases} \quad (5.20)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.21):

$$\alpha_{x_n}^{sp}(x_n^{sp}, a_{x_n}^{sp}, b_{x_n}^{sp}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{sp} \leq a_{x_n}^{sp} \\ \frac{x_n^{sp} - a_{x_n}^{sp}}{b_{x_n}^{sp} - a_{x_n}^{sp}} & \text{dla } a_{x_n}^{sp} < x_n^{sp} \leq b_{x_n}^{sp} \\ 1 & \text{dla } x_n^{sp} > b_{x_n}^{sp} \end{cases} \quad (5.21)$$

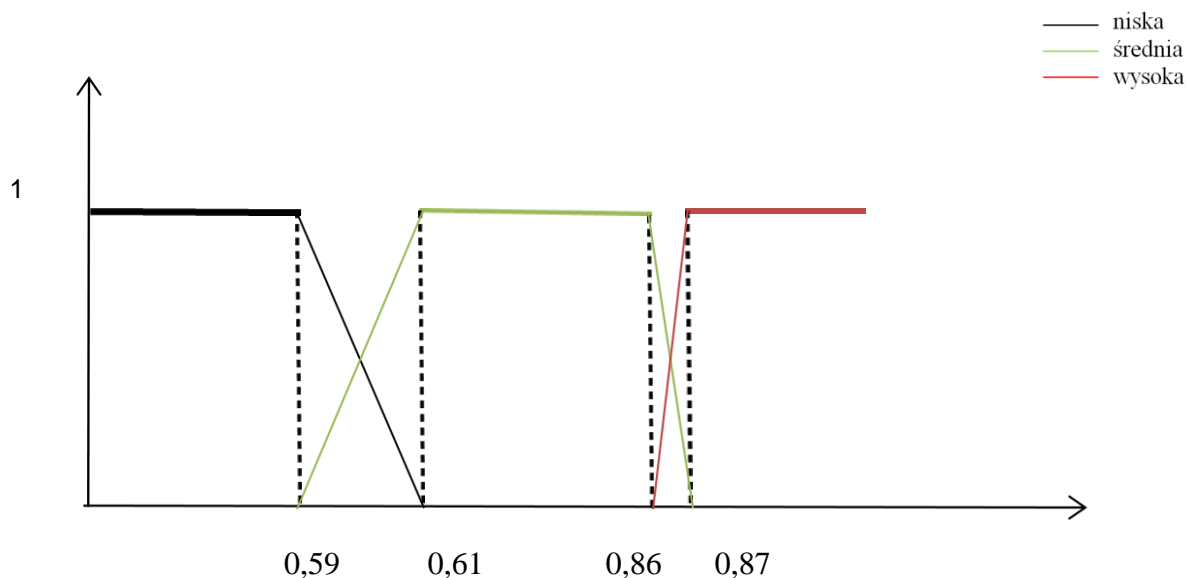
Stopień wykorzystania przesyłu bagażu rejestrowanego eksperci ocenili następująco (tab. 5.7):

Tab. 5.7 Oceny ekspertów dotyczące stopnia przesyłu bagażu rejestrowanego

wartość \ Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,42	0,76	0,87
Ekspert 2	0,45	0,61	0,89
Ekspert 3	0,39	0,81	0,87
Ekspert 4	0,52	0,86	0,87
Ekspert 5	0,54	0,84	0,87
Ekspert 6	0,59	0,81	0,88
Ekspert 7	0,42	0,78	0,92
Ekspert 8	0,48	0,74	0,94
Ekspert 9	0,39	0,68	0,92
Ekspert 10	0,39	0,64	0,95

źródło: opracowanie własne

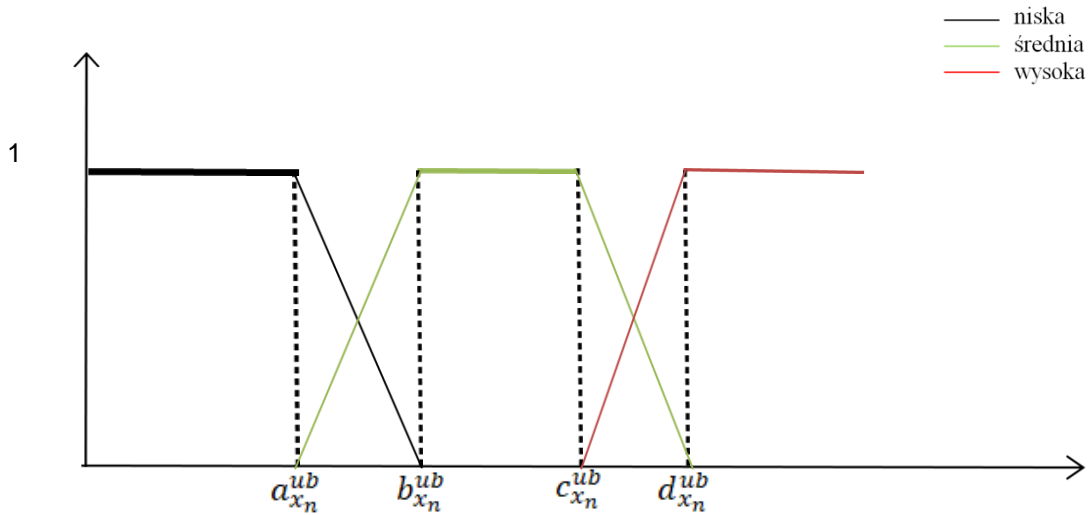
Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający stopień wykorzystania przesyłu bagażu rejestrowanego, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.16.



Rys. 5.1.16 Stopień wykorzystania przesyłu bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu rejestrowanego przedstawiono na rysunku 5.1.17.





Rys. 5.1.17 Funkcja przynależności prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{ub}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{ub}, b_{x_n}^{ub}, c_{x_n}^{ub}, d_{x_n}^{ub})$  (5.22):

$$\alpha_{x_n}^{ub}(x_n^{ub}, a_{x_n}^{ub}, b_{x_n}^{ub}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{ub} \leq a_{x_n}^{ub} \\ \frac{b_{x_n}^{ub} - x_n^{ub}}{b_{x_n}^{ub} - a_{x_n}^{ub}} & \text{dla } a_{x_n}^{ub} < x_n^{ub} \leq b_{x_n}^{ub} \\ 0 & \text{dla } x_n^{ub} > b_{x_n}^{ub} \end{cases} \quad (5.22)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.23):

$$\alpha_{x_n}^{ub}(x_n^{ub}, a_{x_n}^{ub}, b_{x_n}^{ub}, c_{x_n}^{ub}, d_{x_n}^{ub}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{ub} \leq a_{x_n}^{ub} \\ \frac{x_n^{ub} - a_{x_n}^{ub}}{b_{x_n}^{ub} - a_{x_n}^{ub}} & \text{dla } a_{x_n}^{ub} < x_n^{ub} \leq b_{x_n}^{ub} \\ \frac{d_{x_n}^{ub} - x_n^{ub}}{d_{x_n}^{ub} - c_{x_n}^{ub}} & \text{dla } c_{x_n}^{ub} < x_n^{ub} \leq d_{x_n}^{ub} \\ 0 & \text{dla } x_n^{ub} > d_{x_n}^{ub} \end{cases} \quad (5.23)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.24):

$$\alpha_{x_n}^{ub}(x_n^{ub}, a_{x_n}^{ub}, b_{x_n}^{ub}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{ub} \leq a_{x_n}^{ub} \\ \frac{x_n^{ub} - a_{x_n}^{ub}}{b_{x_n}^{ub} - a_{x_n}^{ub}} & \text{dla } a_{x_n}^{ub} < x_n^{ub} \leq b_{x_n}^{ub} \\ 1 & \text{dla } x_n^{ub} > b_{x_n}^{ub} \end{cases} \quad (5.24)$$

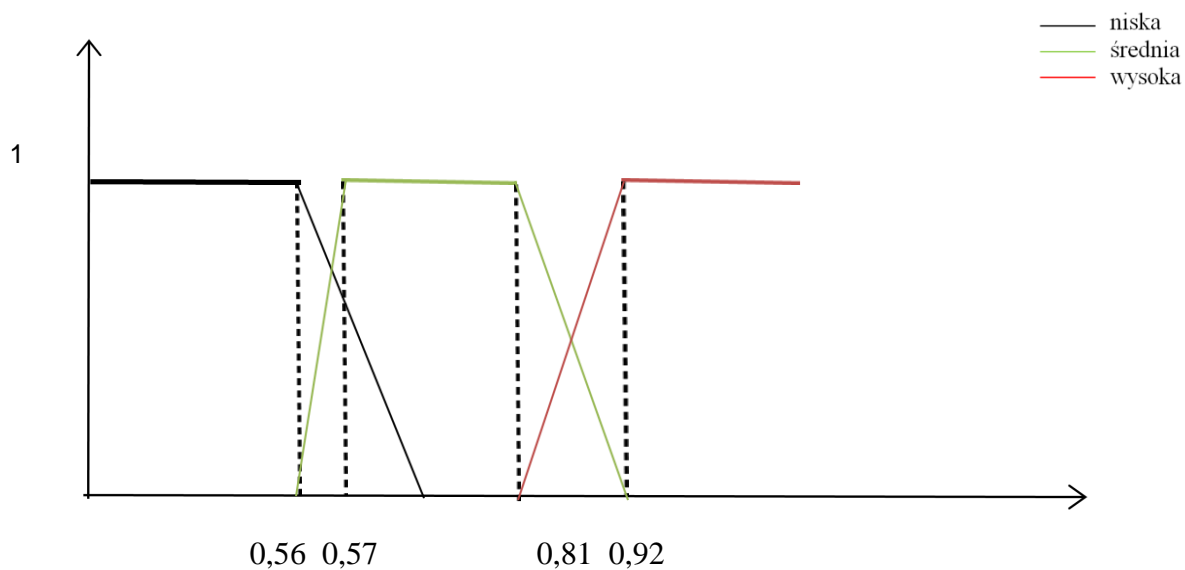
Prawdopodobieństwo uszkodzenia bagażu eksperci ocenili następująco (tab. 5.8):

Tab. 5.8 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu

wartość Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,42	0,78	0,93
Ekspert 2	0,43	0,74	0,92
Ekspert 3	0,52	0,57	0,93
Ekspert 4	0,53	0,81	0,95
Ekspert 5	0,56	0,75	0,96
Ekspert 6	0,42	0,62	0,92
Ekspert 7	0,48	0,59	0,93
Ekspert 8	0,42	0,57	0,94
Ekspert 9	0,49	0,59	0,94
Ekspert 10	0,47	0,57	0,95

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający prawdopodobieństwo uszkodzenia bagażu, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.18.



Rys. 5.1.18 Prawdopodobieństwo uszkodzenia bagażu na podstawie ocen ekspertów  
 źródło: opracowanie własne

Określenie reguł wnioskowania, tak jak funkcji przynależności, dokonano bazując w oparciu o opinie ekspertów. Eksperci wyznaczyli reguły wnioskowania zgodnie z zasadami kombinatoryki.

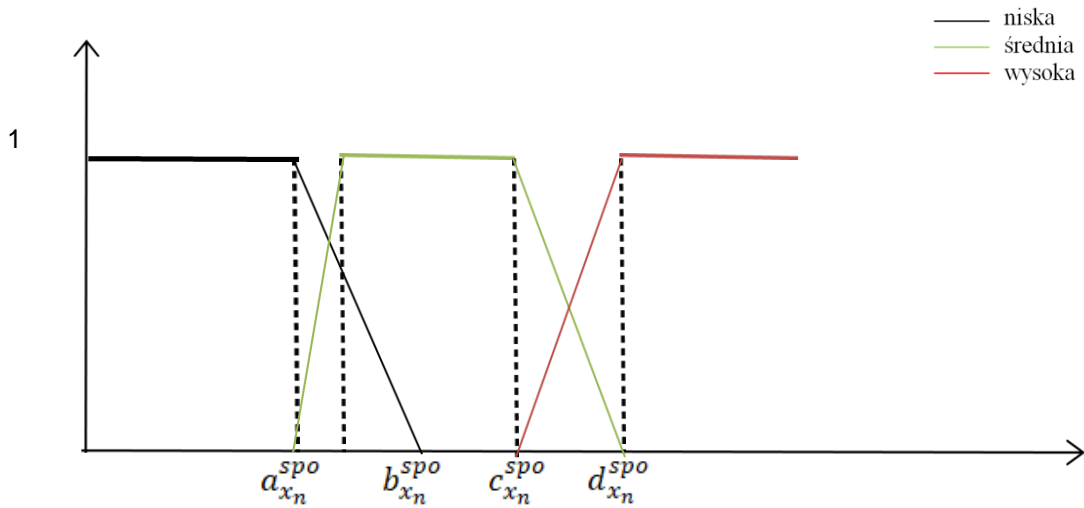
Tab. 5.9 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu przesyłu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym

Reguła	Przesłanka	Wniosek
R1	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest niski}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest niska}
R2	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest średni}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest niska}
R3	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest wysoki}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest średnia}

R4	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest niski}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest niska}
R5	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest średni}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest średnia}
R6	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest wysoki}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest średnia}
R7	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest niski}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest średnia}
R8	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest średni}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest średnia}
R9	IF {parametr stopnia wykorzystania systemu przepływu jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu jest wysoki}	THEN {Ocena systemu przesyłu bagażu rejestrowanego jest wysoka}

*źródło: opracowanie własne na podstawie opinii ekspertów*

Funkcja oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym przedstawiono na rysunku 5.1.19.



Rys. 5.1.19 Funkcja oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{spo}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{spo}, b_{x_n}^{spo}, c_{x_n}^{spo}, d_{x_n}^{spo})$  (5.25):

$$\alpha_{x_n}^{spo}(x_n^{spo}, a_{x_n}^{spo}, b_{x_n}^{spo}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{spo} \leq a_{x_n}^{spo} \\ \frac{b_{x_n}^{spo} - x_n^{spo}}{b_{x_n}^{spo} - a_{x_n}^{spo}} & \text{dla } a_{x_n}^{spo} < x_n^{spo} \leq b_{x_n}^{spo} \\ 0 & \text{dla } x_n^{spo} > b_{x_n}^{spo} \end{cases} \quad (5.25)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.26):

$$\alpha_{x_n}^{spo}(x_n^{spo}, a_{x_n}^{spo}, b_{x_n}^{spo}, c_{x_n}^{spo}, d_{x_n}^{spo}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{spo} \leq a_{x_n}^{spo} \\ \frac{x_n^{spo} - a_{x_n}^{spo}}{b_{x_n}^{spo} - a_{x_n}^{spo}} & \text{dla } a_{x_n}^{spo} < x_n^{spo} \leq b_{x_n}^{spo} \\ \frac{d_{x_n}^{spo} - x_n^{spo}}{d_{x_n}^{spo} - c_{x_n}^{spo}} & \text{dla } c_{x_n}^{spo} < x_n^{spo} \leq d_{x_n}^{spo} \\ 0 & \text{dla } x_n^{spo} > d_{x_n}^{spo} \end{cases} \quad (5.26)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.27):

$$\alpha_{x_n}^{spo}(x_n^{spo}, a_{x_n}^{spo}, b_{x_n}^{spo}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{spo} \leq a_{x_n}^{spo} \\ \frac{x_n^{spo} - a_{x_n}^{spo}}{b_{x_n}^{spo} - a_{x_n}^{spo}} & \text{dla } a_{x_n}^{spo} < x_n^{spo} \leq b_{x_n}^{spo} \\ 1 & \text{dla } x_n^{spo} > b_{x_n}^{spo} \end{cases} \quad (5.27)$$

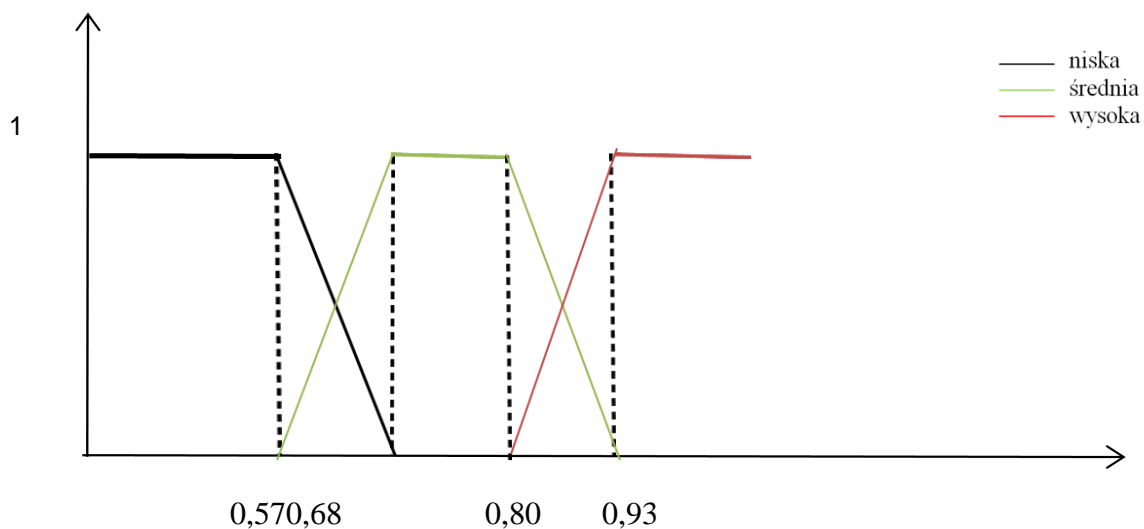
System przesyłu i obsługi bagażu eksperci ocenili następująco (tab. 5.10):

Tab. 5.10 Oceny ekspertów dotyczące systemu przesyłu i obsługi bagażu

wartość Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,43	0,76	0,93
Ekspert 2	0,42	0,74	0,94
Ekspert 3	0,52	0,80	0,93
Ekspert 4	0,48	0,80	0,93
Ekspert 5	0,49	0,74	0,93
Ekspert 6	0,52	0,69	0,94
Ekspert 7	0,56	0,69	0,94
Ekspert 8	0,57	0,68	0,93
Ekspert 9	0,49	0,75	0,94
Ekspert 10	0,56	0,71	0,94

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający system przesyłu i obsługi bagażu, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.20.



Rys. 5.1.20 System przesyłu i obsługi bagażu na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

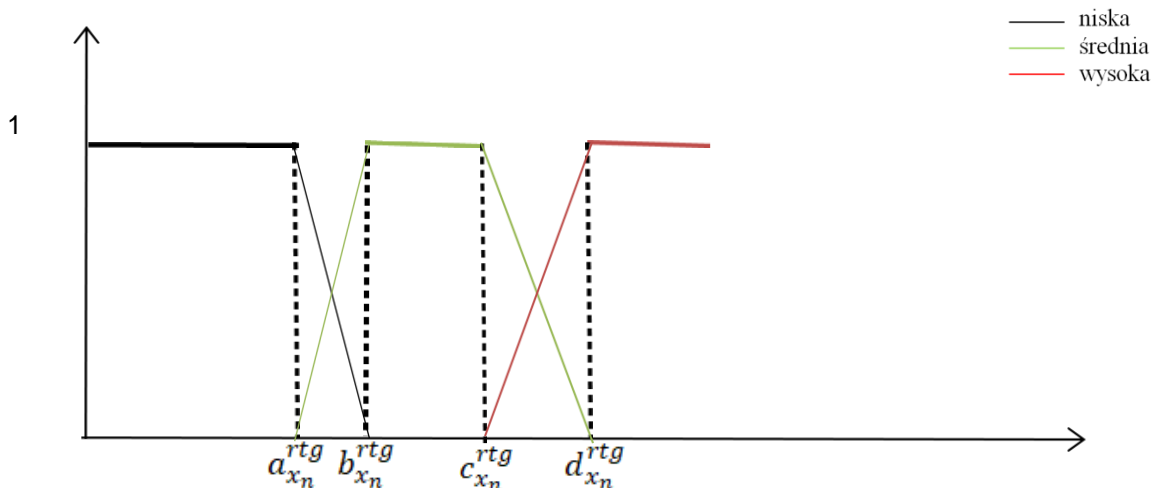
Obliczanie sygnału wyjściowego dokonywane jest metodą środka ciężkości, która najdokładniej pozwala określi wartość liczbową oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Wówczas ostra wartość  $\bar{y}$  obliczana jest wzorem (5.28):

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B'}(x) dy}{\int_Y \mu_{B'}(x) dy} \quad (5.28)$$

gdzie:

$B'$  – zbiór wyjściowy.

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG przedstawiono na rysunku 5.1.21.



Rys. 5.1.21 Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{rtg}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{rtg}, b_{x_n}^{rtg}, c_{x_n}^{rtg}, d_{x_n}^{rtg})$  (5.29):

$$\alpha_{x_n}^{rtg}(x_n^{rtg}, a_{x_n}^{rtg}, b_{x_n}^{rtg}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{rtg} \leq a_{x_n}^{rtg} \\ \frac{b_{x_n}^{rtg} - x_n^{rtg}}{b_{x_n}^{rtg} - a_{x_n}^{rtg}} & \text{dla } a_{x_n}^{rtg} < x_n^{rtg} \leq b_{x_n}^{rtg} \\ 0 & \text{dla } x_n^{rtg} > b_{x_n}^{rtg} \end{cases} \quad (5.29)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.30):

$$\alpha_{x_n}^{rtg}(x_n^{rtg}, a_{x_n}^{rtg}, b_{x_n}^{rtg}, c_{x_n}^{rtg}, d_{x_n}^{rtg}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{rtg} \leq a_{x_n}^{rtg} \\ \frac{x_n^{rtg} - a_{x_n}^{rtg}}{b_{x_n}^{rtg} - a_{x_n}^{rtg}} & \text{dla } a_{x_n}^{rtg} < x_n^{rtg} \leq b_{x_n}^{rtg} \\ \frac{d_{x_n}^{rtg} - x_n^{rtg}}{d_{x_n}^{rtg} - c_{x_n}^{rtg}} & \text{dla } c_{x_n}^{rtg} < x_n^{rtg} \leq d_{x_n}^{rtg} \\ 0 & \text{dla } x_n^{rtg} > d_{x_n}^{rtg} \end{cases} \quad (5.30)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.31):



$$\alpha_{x_n}^{rtg}(x_n^{rtg}, a_{x_n}^{rtg}, b_{x_n}^{rtg}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{rtg} \leq a_{x_n}^{rtg} \\ \frac{x_n^{rtg} - a_{x_n}^{rtg}}{b_{x_n}^{rtg} - a_{x_n}^{rtg}} & \text{dla } a_{x_n}^{rtg} < x_n^{rtg} \leq b_{x_n}^{rtg} \\ 1 & \text{dla } x_n^{rtg} > b_{x_n}^{rtg} \end{cases} \quad (5.31)$$

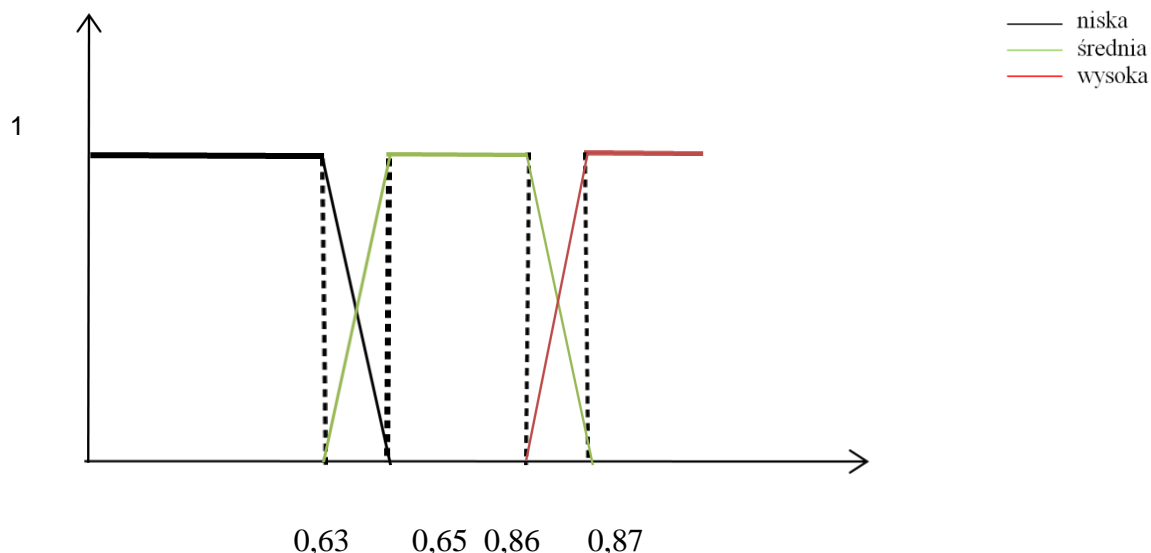
Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG eksperci ocenili następująco (tab. 5.11):

Tab. 5.11 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG

wartość \ Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,42	0,75	0,88
Ekspert 2	0,43	0,86	0,89
Ekspert 3	0,48	0,81	0,87
Ekspert 4	0,52	0,73	0,88
Ekspert 5	0,56	0,75	0,92
Ekspert 6	0,48	0,78	0,90
Ekspert 7	0,63	0,65	0,88
Ekspert 8	0,63	0,72	0,94
Ekspert 9	0,46	0,69	0,90
Ekspert 10	0,48	0,66	0,91

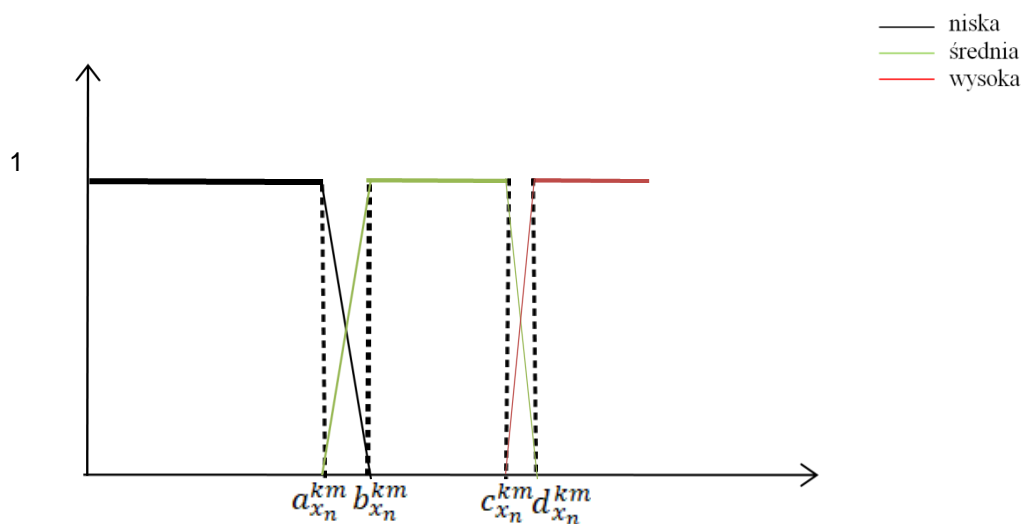
źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.22.



Rys. 5.1.22 Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej przedstawiono na rysunku 5.1.23.



Rys. 5.1.23 Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej.  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{km}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{km}, b_{x_n}^{km}, c_{x_n}^{km}, d_{x_n}^{km})$  (5.32):

$$\alpha_{x_n}^{km}(x_n^{km}, a_{x_n}^{km}, b_{x_n}^{km}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{km} \leq a_{x_n}^{km} \\ \frac{b_{x_n}^{km} - x_n^{km}}{b_{x_n}^{km} - a_{x_n}^{km}} & \text{dla } a_{x_n}^{km} < x_n^{km} \leq b_{x_n}^{km} \\ 0 & \text{dla } x_n^{km} > b_{x_n}^{km} \end{cases} \quad (5.32)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.33):

$$\alpha_{x_n}^{km}(x_n^{km}, a_{x_n}^{km}, b_{x_n}^{km}, c_{x_n}^{km}, d_{x_n}^{km}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{km} \leq a_{x_n}^{km} \\ \frac{x_n^{km} - a_{x_n}^{km}}{b_{x_n}^{km} - a_{x_n}^{km}} & \text{dla } a_{x_n}^{km} < x_n^{km} \leq b_{x_n}^{km} \\ \frac{d_{x_n}^{km} - x_n^{km}}{d_{x_n}^{km} - c_{x_n}^{km}} & \text{dla } c_{x_n}^{km} < x_n^{km} \leq d_{x_n}^{km} \\ 0 & \text{dla } x_n^{km} > d_{x_n}^{km} \end{cases} \quad (5.33)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.34):

$$\alpha_{x_n}^{km}(x_n^{km}, a_{x_n}^{km}, b_{x_n}^{km}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{km} \leq a_{x_n}^{km} \\ \frac{x_n^{km} - a_{x_n}^{km}}{b_{x_n}^{km} - a_{x_n}^{km}} & \text{dla } a_{x_n}^{km} < x_n^{km} \leq b_{x_n}^{km} \\ 1 & \text{dla } x_n^{km} > b_{x_n}^{km} \end{cases} \quad (5.34)$$

Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej eksperci ocenili następująco (tab. 5.12):

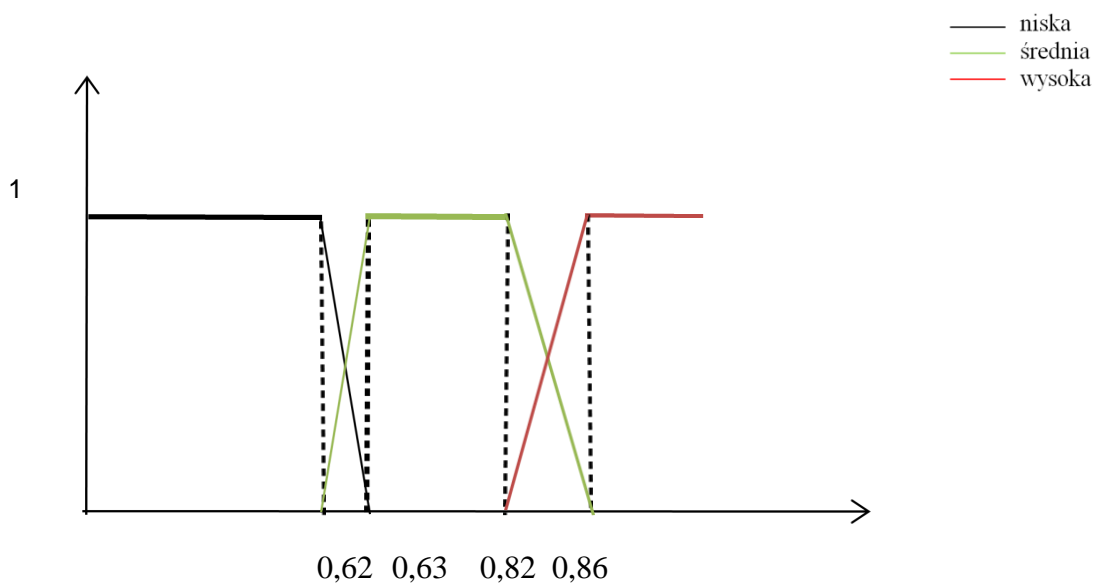
Tab. 5.12 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej

wartość	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,62	0,64	0,89
Ekspert 2	0,58	0,63	0,90
Ekspert 3	0,46	0,65	0,92
Ekspert 4	0,52	0,71	0,96
Ekspert 5	0,49	0,75	0,86

Ekspert 6	0,47	0,66	0,94
Ekspert 7	0,54	0,75	0,91
Ekspert 8	0,41	0,82	0,88
Ekspert 9	0,50	0,78	0,89
Ekspert 10	0,41	0,75	0,87

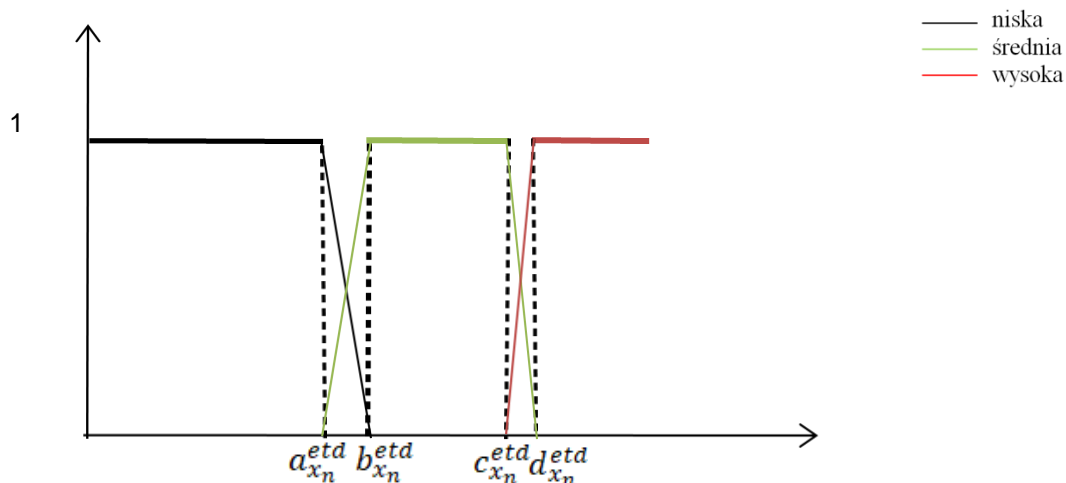
*źródło: opracowanie własne*

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.24.



*Rys. 5.1.24 Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne*

Funkcję przynależności zdefiniowaną dla prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD przedstawiono na rysunku 5.1.25.



Rys. 5.1.25 Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{etd}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{etd}, b_{x_n}^{etd}, c_{x_n}^{etd}, d_{x_n}^{etd})$  (5.35):

$$\alpha_{x_n}^{etd}(x_n^{etd}, a_{x_n}^{etd}, b_{x_n}^{etd}) \begin{cases} 1 & \text{dla} & x_n^{etd} \leq a_{x_n}^{etd} \\ \frac{b_{x_n}^{etd} - x_n^{etd}}{b_{x_n}^{etd} - a_{x_n}^{etd}} & \text{dla} & a_{x_n}^{etd} < x_n^{etd} \leq b_{x_n}^{etd} \\ 0 & \text{dla} & x_n^{etd} > b_{x_n}^{etd} \end{cases} \quad (5.35)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.36):

$$\alpha_{x_n}^{etd}(x_n^{etd}, a_{x_n}^{etd}, b_{x_n}^{etd}, c_{x_n}^{etd}, d_{x_n}^{etd}) \begin{cases} 0 & \text{dla} & x_n^{etd} \leq a_{x_n}^{etd} \\ \frac{x_n^{etd} - a_{x_n}^{etd}}{b_{x_n}^{etd} - a_{x_n}^{etd}} & \text{dla} & a_{x_n}^{etd} < x_n^{etd} \leq b_{x_n}^{etd} \\ \frac{d_{x_n}^{etd} - x_n^{etd}}{d_{x_n}^{etd} - c_{x_n}^{etd}} & \text{dla} & c_{x_n}^{etd} < x_n^{etd} \leq d_{x_n}^{etd} \\ 0 & \text{dla} & x_n^{etd} > d_{x_n}^{etd} \end{cases} \quad (5.36)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.37):

$$\alpha_{x_n}^{etd}(x_n^{etd}, a_{x_n}^{etd}, b_{x_n}^{etd}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{etd} \leq a_{x_n}^{etd} \\ \frac{x_n^{etd} - a_{x_n}^{etd}}{b_{x_n}^{etd} - a_{x_n}^{etd}} & \text{dla } a_{x_n}^{etd} < x_n^{etd} \leq b_{x_n}^{etd} \\ 1 & \text{dla } x_n^{etd} > b_{x_n}^{etd} \end{cases} \quad (5.37)$$

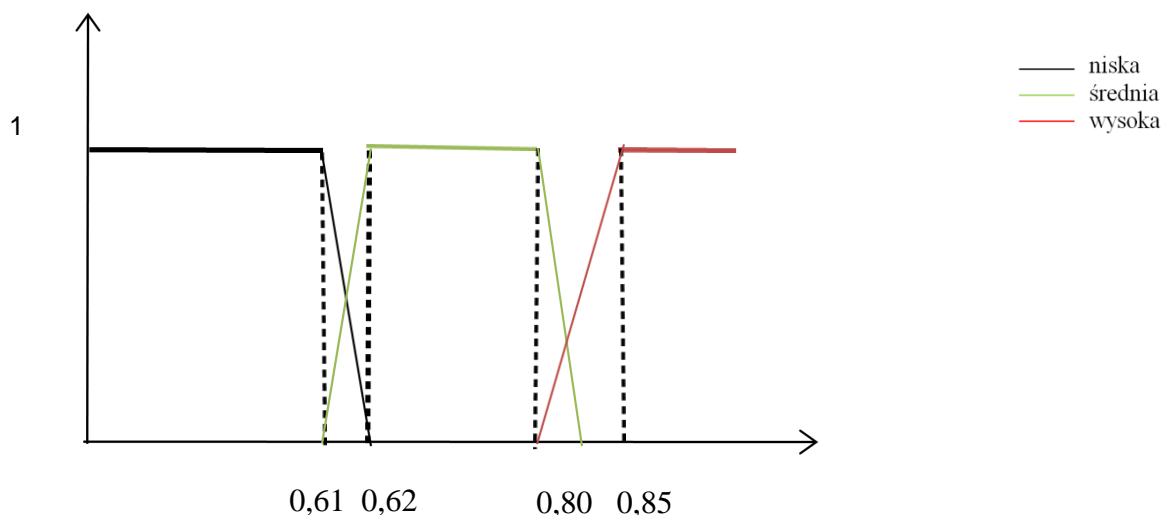
Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD eksperci ocenili następująco (tab. 5.13):

Tab. 5.13 Ocenę ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD

Ekspert \ wartość	wartość		
	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,37	0,62	0,91
Ekspert 2	0,61	0,69	0,86
Ekspert 3	0,57	0,70	0,89
Ekspert 4	0,58	0,61	0,87
Ekspert 5	0,52	0,64	0,85
Ekspert 6	0,58	0,71	0,95
Ekspert 7	0,45	0,80	0,93
Ekspert 8	0,51	0,65	0,90
Ekspert 9	0,43	0,69	0,88
Ekspert 10	0,45	0,65	0,85

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymaliśmy wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.26.



Rys. 5.1.26 Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zagrożonego z wykorzystaniem urządzenia ETD na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Określenie reguł wnioskowania, tak jak funkcji przynależności, dokonano bazując w oparciu o opinie ekspertów. Eksperti wyznaczyli reguły wnioskowania zgodnie z zasadami kombinatoryki.

Tab. 5.14 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego

Reguła	Przesłanka	Wniosek
R1	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest niska}
R2	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest niska}

R3	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R4	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego jest niska}
R5	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R6	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R7	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R8	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania	THEN {Ocena systemu kontroli



	bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R9	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R10	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest niska}
R11	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R12	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R13	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu

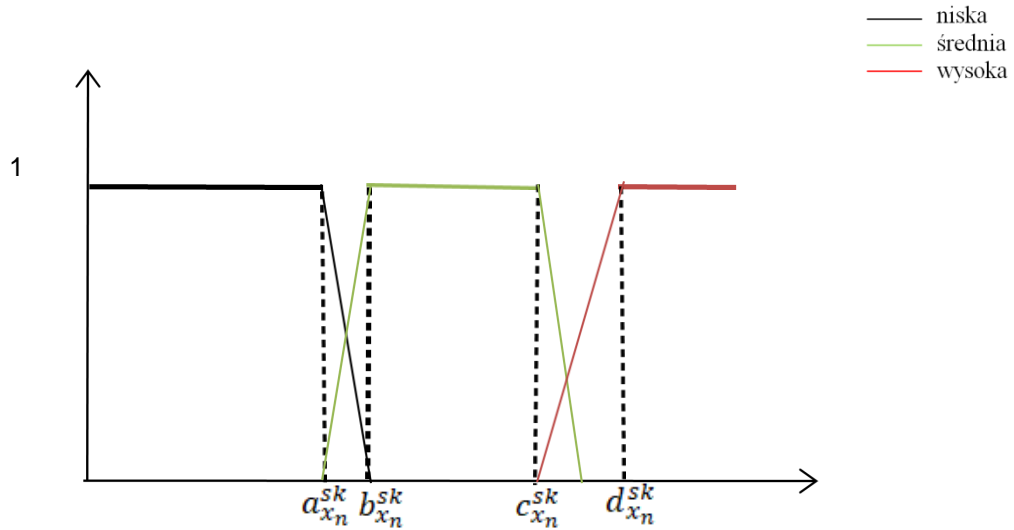
	średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	rejestrowanego jest średnia}
R14	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R15	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R16	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R17	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R18	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest wysoka}

	zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	
R19	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R20	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R21	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest niski} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R22	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R23	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}

	manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	
R24	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest średni} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest wysoka}
R25	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest niski}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest średnia}
R26	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest średni}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest wysoka}
R27	IF {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie RTG jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez kontrolę manualną jest wysoki} AND {parametr prawdopodobieństwa zidentyfikowania bagażu zabronionego przez urządzenie ETD jest wysoki}	THEN {Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego jest wysoka}

*źródło: opracowanie własne na podstawie opinii ekspertów*

Funkcja oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym przedstawiono na rysunku 5.1.27.



Rys. 5.1.27 Funkcja oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{sk}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{sk}, b_{x_n}^{sk}, c_{x_n}^{sk}, d_{x_n}^{sk})$  (5.38):

$$\alpha_{x_n}^{sk}(x_n^{sk}, a_{x_n}^{sk}, b_{x_n}^{sk}) \begin{cases} 1 & \text{dla} & x_n^{sk} \leq a_{x_n}^{sk} \\ \frac{b_{x_n}^{sk} - x_n^{sk}}{b_{x_n}^{sk} - a_{x_n}^{sk}} & \text{dla} & a_{x_n}^{sk} < x_n^{sk} \leq b_{x_n}^{sk} \\ 0 & \text{dla} & x_n^{sk} > b_{x_n}^{sk} \end{cases} \quad (5.38)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.39):

$$\alpha_{x_n}^{sk}(x_n^{sk}, a_{x_n}^{sk}, b_{x_n}^{sk}, c_{x_n}^{sk}, d_{x_n}^{sk}) \begin{cases} 0 & \text{dla} & x_n^{sk} \leq a_{x_n}^{sk} \\ \frac{x_n^{sk} - a_{x_n}^{sk}}{b_{x_n}^{sk} - a_{x_n}^{sk}} & \text{dla} & a_{x_n}^{sk} < x_n^{sk} \leq b_{x_n}^{sk} \\ \frac{d_{x_n}^{sk} - x_n^{sk}}{d_{x_n}^{sk} - c_{x_n}^{sk}} & \text{dla} & c_{x_n}^{sk} < x_n^{sk} \leq d_{x_n}^{sk} \\ 0 & \text{dla} & x_n^{sk} > d_{x_n}^{sk} \end{cases} \quad (5.39)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.40):

$$a_{x_n}^{sk}(x_n^{sk}, a_{x_n}^{sk}, b_{x_n}^{sk}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{sk} \leq a_{x_n}^{sk} \\ \frac{x_n^{sk} - a_{x_n}^{sk}}{b_{x_n}^{sk} - a_{x_n}^{sk}} & \text{dla } a_{x_n}^{sk} < x_n^{sk} \leq b_{x_n}^{sk} \\ 1 & \text{dla } x_n^{sk} > b_{x_n}^{sk} \end{cases} \quad (5.40)$$

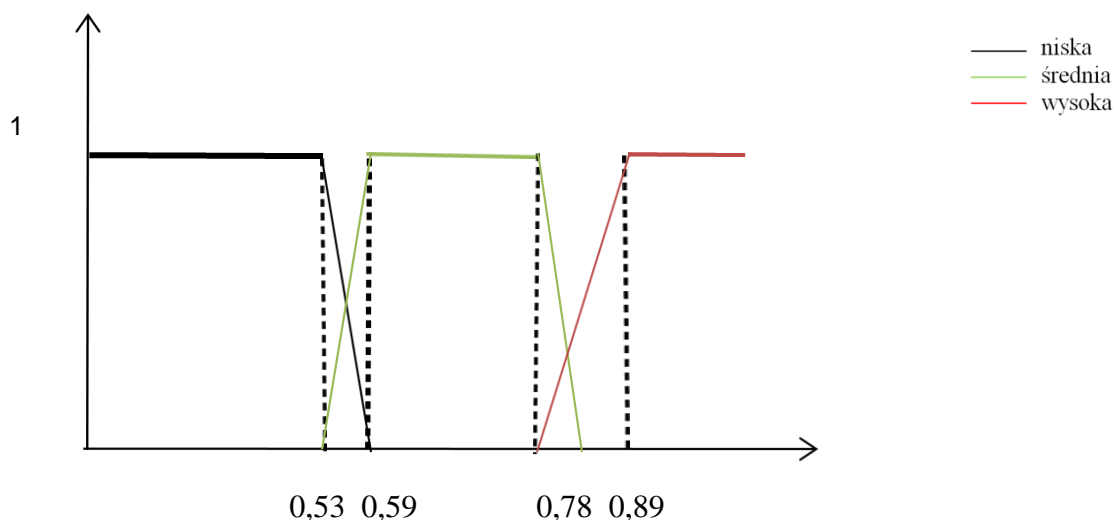
System kontroli bezpieczeństwa eksperci ocenili następująco (tab. 5.15):

Tab. 5.15 Oceny ekspertów dotyczące systemu kontroli bezpieczeństwa

wartość Ekspert	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,45	0,68	0,89
Ekspert 2	0,36	0,59	0,90
Ekspert 3	0,32	0,73	0,89
Ekspert 4	0,42	0,78	0,95
Ekspert 5	0,46	0,63	0,96
Ekspert 6	0,52	0,59	0,97
Ekspert 7	0,53	0,63	0,91
Ekspert 8	0,36	0,59	0,89
Ekspert 9	0,45	0,59	0,89
Ekspert 10	0,36	0,60	0,89

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający system kontroli bezpieczeństwa, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.28.



Rys. 5.1.28 System kontroli bezpieczeństwa na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Obliczenie sygnały wyjściowego dokonywane jest metodą środka ciężkości, która najdokładniej określi wartość liczbową oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Wówczas ostra wartość  $\bar{y}$  obliczana jest wzorem (5.41):

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B'}(x) dy}{\int_Y \mu_{B'}(x) dy} \quad (5.41)$$

gdzie:

$B'$  – zbiór wyjściowy.

Wykorzystując funkcje oceny systemu teleinformatycznego, funkcje oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu oraz funkcje oceny systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jako wejściowe funkcje przynależności oraz wyznaczone reguły wnioskowania zaprezentowane w tabeli 5.16 wyznaczono funkcje oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym (rysunek 5.1.21.) Eksperci wyznaczyli reguły wnioskowania zgodnie z zasadami kombinatoryki.

Tab. 5.16 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym

<b>Reguła</b>	<b>Przesłanka</b>	<b>Wniosek</b>
R1	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest niska}
R2	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest niska}
R3	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R4	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest niska}
R5	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R6	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R7	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R8	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu



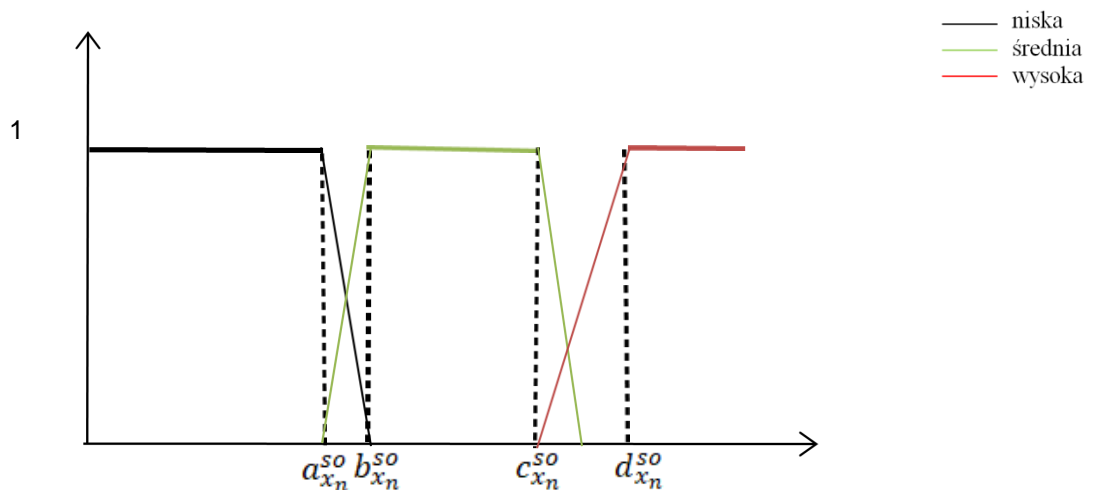
	jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R9	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest niska} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R10	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest niska}
R11	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R12	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R13	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R14	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R15	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R16	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie

	bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	lotniczym jest średnia}
R17	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R18	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest średnia} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest wysoka}
R19	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R20	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R21	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest niska} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R22	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R23	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R24	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest średnia} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest wysoka}

R25	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest niska}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest średnia}
R26	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest średnia}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest wysoka}
R27	IF {ocena systemu teleinformatycznego jest wysoka} AND {ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu jest wysoka} AND {ocena systemu kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym jest wysoka}	THEN {Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym jest wysoka}

źródło: opracowanie własne na podstawie opinii ekspertów

Funkcja oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym przedstawiono na rysunku 5.1.29



Rys. 5.1.29 Funkcja oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym  
źródło: opracowanie własne

Wartość lingwistyczna *niska* została przez ekspertów określona funkcją  $\alpha_{x_n}^{so}$  z parametrami  $(a_{x_n}^{so}, b_{x_n}^{so}, c_{x_n}^{so}, d_{x_n}^{so})$  (5.42):

$$\alpha_{x_n}^{so}(x_n^{so}, a_{x_n}^{so}, b_{x_n}^{so}) \begin{cases} 1 & \text{dla } x_n^{so} \leq a_{x_n}^{so} \\ \frac{b_{x_n}^{so} - x_n^{so}}{b_{x_n}^{so} - a_{x_n}^{so}} & \text{dla } a_{x_n}^{so} < x_n^{so} \leq b_{x_n}^{so} \\ 0 & \text{dla } x_n^{so} > b_{x_n}^{so} \end{cases} \quad (5.42)$$

Dla wartości lingwistycznej *średnia* przypisano natomiast następującą funkcję (5.43):

$$\alpha_{x_n}^{so}(x_n^{so}, a_{x_n}^{so}, b_{x_n}^{so}, c_{x_n}^{so}, d_{x_n}^{so}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{so} \leq a_{x_n}^{so} \\ \frac{x_n^{so} - a_{x_n}^{so}}{b_{x_n}^{so} - a_{x_n}^{so}} & \text{dla } a_{x_n}^{so} < x_n^{so} \leq b_{x_n}^{so} \\ \frac{d_{x_n}^{so} - x_n^{so}}{d_{x_n}^{so} - c_{x_n}^{so}} & \text{dla } c_{x_n}^{so} < x_n^{so} \leq d_{x_n}^{so} \\ 0 & \text{dla } x_n^{so} > d_{x_n}^{so} \end{cases} \quad (5.43)$$

Dla wartości lingwistycznej *wysoka* przypisano natomiast następującą funkcję (5.44):

$$\alpha_{x_n}^{so}(x_n^{so}, a_{x_n}^{so}, b_{x_n}^{so}) \begin{cases} 0 & \text{dla } x_n^{so} \leq a_{x_n}^{so} \\ \frac{x_n^{so} - a_{x_n}^{so}}{b_{x_n}^{so} - a_{x_n}^{so}} & \text{dla } a_{x_n}^{so} < x_n^{so} \leq b_{x_n}^{so} \\ 1 & \text{dla } x_n^{so} > b_{x_n}^{so} \end{cases} \quad (5.44)$$

System obsługi bagażu rejestrowanego eksperci ocenili następująco (tab. 5.17):

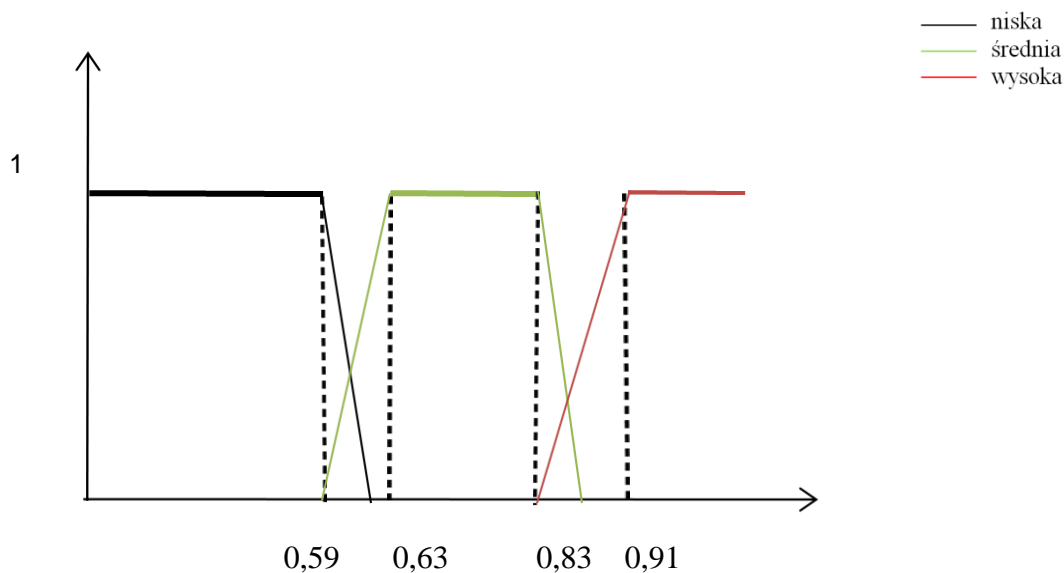
Tab. 5.17 Oceny ekspertów dotyczące systemu obsługi bagażu rejestrowanego

wartość	niska	średnia	wysoka
Ekspert 1	0,58	0,63	0,94
Ekspert 2	0,52	0,72	0,96
Ekspert 3	0,42	0,79	0,92
Ekspert 4	0,47	0,81	0,91
Ekspert 5	0,46	0,67	0,93
Ekspert 6	0,58	0,74	0,98
Ekspert 7	0,46	0,63	0,95
Ekspert 8	0,59	0,69	0,91

Ekspert 9	0,52	0,81	0,96
Ekspert 10	0,42	0,83	0,92

źródło: opracowanie własne

Zebrane dane zostały określone przez specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Dzięki temu otrzymano wartości referencyjne dla Polski. Na podstawie zebranych danych wygenerowano wykres przedstawiający system obsługi bagażu rejestrowanego, dobierając następujące wartości lingwistyczne: niska, średnia, wysoka. Punkty wierzchołkowe wykresu wskazują punkty skrajne przynależności całkowitej należącej dla zbioru niska, średnia, wysoka. Wykres przedstawiono na rysunku 5.1.30.



Rys. 5.1.30 System obsługi bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów  
źródło: opracowanie własne

Obliczenie sygnały wyjściowego dokonywane jest metodą środka ciężkości, która najdokładniej określi wartość liczbową oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Wówczas ostra wartość  $\bar{y}$  obliczana jest wzorem (5.45):

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B'}(x) dy}{\int_Y \mu_{B'}(x) dy} \quad (5.45)$$

gdzie:

$B'$  – zbiór wyjściowy.

Pozyskane dane od ekspertów należy poddać analizie statystycznej, dzięki której wyznacza się miary położenia (medianę i dominantę) oraz ocenę zgodności opinii ekspertów. Zgodność ekspertów można określić na trzy sposoby [140]:

- 1) Stosując rozstęp międzykwartyłowy – gdy występują skale mocne (skala przedziałowa lub ilorazowa) (5.46)

$$\Delta = Q_3 - Q_1 \quad (5.46)$$

gdzie:

$\Delta \leq \Delta^*$  eksperci są zgodni, im niższa jest wartość miary pierwszej, tym większa się zgodność ekspertów. Wówczas rozstęp międzykwartyłowy nie przekracza ustalonej górnej wartości progowej.

- 2) Sprawdzając współczynnik dyspersji względnej kwalifikacji – gdy opinie ekspertów mierzone są na skali nominalnej (5.47)

$$h = \frac{k}{k-1} (1 - \sum_j f_j^2) , h_r \in [0,1] \quad (5.47)$$

gdzie:

k – liczba wariantów r-tego pytania,

$f_j$  - częstość występowania danego j-tego wariantu wśród odpowiedzi.

Jeżeli wartość miary h bliska jest zeru, wówczas większa jest zgodność ekspertów.

- 3) Badając współczynnik konkordancji Kendalla i Smitha – gdy opinie ekspertów wyrażane są przy zastosowaniu skali porządkowej (5.48)

$$W = \frac{12S}{n^2(k^3 - k)} \quad (5.48)$$

gdzie:

n – liczba ekspertów,

k – liczba wariantów

$$S = \sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^n x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (5.49)$$

gdzie:

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij} \quad (5.50)$$

Wartość współczynnika konkordancji przyjmuje wartości z przedziału  $[0,1]$ . Im wyższa wartość tym większa zgodność ekspertów.

## **KROK 5: Analiza uzyskanych wyników**

Analizę uzyskanych wyników można przeprowadzić na dwa sposoby:

- przyjmując krytyczną wartość parametru oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego,
- sprawdzając jak zmieni się ocena obsługi bagażu rejestrowanego, gdy zmienimy wartość jednego z trzech podsystemów.

Niezależnie od sposobu analizy wyników jeśli jest to wymagane (np. ze względu na niski parametr oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego) usprawnienia w systemie wprowadzane są w jednym z podsystemów (teleinformatyczny, przesyłu i obsługi bagażu, procesu kontroli bezpieczeństwa bagażu) w którym wartość oceny częściowej była najniższa.

Jeżeli najniższą wartość osiągnie system teleinformatyczny wówczas należy:

- przeprowadzić dokładną analizę przyczyn niskiej oceny oraz zidentyfikować, w których obszarach występują problemy i niedociągnięcia,
- skonsultować się z ekspertami w dziedzinie teleinformatyki, którzy posiadają doświadczenie w obszarze portów lotniczych i systemów teleinformatycznych, którzy wskażą jakie są najlepsze praktyki i rozwiązania stosowane w innych portach lotniczych,
- opracować plan naprawczy, który obejmuje konkretne działania mające na celu poprawę systemu teleinformatycznego,
- zidentyfikować zasoby potrzebne do implementacji planu naprawczego,
- wdrożyć plan naprawczy,
- przeprowadzić regularne przeglądy systemu teleinformatycznego w celu oceny skuteczności wprowadzonych zmian.

Jeżeli najniższą wartość osiągnie system przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego wówczas należy:

- przeanalizować przyczyny niskiej oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego,
- skonsultować się z ekspertami w dziedzinie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego w portach lotniczych,
- opracować plan działania, który uwzględnia konkretne kroki mające na celu poprawę systemu przesyłu i obsługi bagażu,



- przygotować niezbędne zasoby, takie jak finanse, personel, technologie i narzędzia, potrzebne do realizacji planu działania,
- wdrożyć plan działania,
- monitorować systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego po wprowadzeniu zmian.

Jeżeli najniższą wartość osiągnie system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego wówczas należy:

- przeanalizować przyczyny niskiej oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego,
- skonsultować się z ekspertami w dziedzinie bezpieczeństwa lotniczego i kontroli bagażu rejestrowanego.
- opracować plan działania, który uwzględnia konkretne kroki mające na celu poprawę systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu,
- przygotować niezbędne zasoby, takie jak finanse, personel, technologie i narzędzia, potrzebne do realizacji planu działania,
- wdrożyć plan działania i monitorować postępy,
- przeprowadzić regularne przeglądy systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego po wprowadzeniu zmian.

## 6. Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym

Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego, oparta na logice rozmytej, została przeprowadzona dla systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz dla systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego. Przeprowadzona weryfikacja umożliwia porównanie ocen przyznanych przez ekspertów z ocenami uzyskanymi na podstawie zaproponowanej metody. W weryfikacji wartościom ostrym zostały przypisane wartości lingwistyczne. Celem tej weryfikacji jest zapewnienie, że metoda obsługi bagażu rejestrowanego spełnia określone standardy i wymagania, jednocześnie dostarczając optymalnego doświadczenia zarówno dla personelu obsługi, jak i dla pasażerów. Poprawiając jakość obsługi bagażu, można zwiększyć efektywność portu lotniczego, minimalizując błędy, redukując czas obsługi i zwiększając bezpieczeństwo operacji.

Weryfikacji dokonano w oparciu o opinie dziesięciu najlepszych specjalistów ds. systemów bagażowych lotniska z minimum 15-letnim doświadczeniem. Zestawienie otrzymanych wyników przedstawiono w tab. 6.1 – 6.10.

Tab. 6.1 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 1 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	wysoka
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	średnia
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.2 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 2 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	wysoka
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	niska
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	średnia
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.3 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 3 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	średnia
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	niska
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.4 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 4 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	średnia
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia

0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.5 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 5 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	niska
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	średnia
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	niska

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.6 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 6 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	średnia
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	niska
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	średnia
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.7 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 7 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	średnia
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	średnia
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.8 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 8 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	wysoka
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	średnia

0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	średnia
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.9 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 9 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	wysoka
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	niska
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	wysoka
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	średnia
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne



Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Tab. 6.10 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 10 ekspert

Ocena systemu teleinformatycznego	Ocena systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego	Ocena systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego	Ocena systemu wynikająca z modelu rozmytego	Ocena systemu przez model	Ocena systemu przez eksperta
0,420	0,540	0,330	0,43	niska	niska
0,600	0,790	0,510	0,63	niska	średnia
0,950	0,780	0,860	0,86	średnia	wysoka
0,390	0,580	0,490	0,49	niska	niska
0,970	0,890	0,680	0,85	średnia	wysoka
0,720	0,510	0,630	0,62	średnia	średnia
0,8890	0,780	0,690	0,79	średnia	średnia
0,720	0,510	0,920	0,72	średnia	średnia
0,430	0,640	0,720	0,60	średnia	niska
0,380	0,870	0,680	0,64	średnia	średnia

źródło: opracowanie własne

Wartości ostre systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego stanowiły dane wejściowe modelu, dzięki którym otrzymano sygnał wyjściowy oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego. Każdej otrzymanej ocenie przypisano wartość lingwistyczną nadaną zarówno przez model jak i przez eksperta. Ostatecznie system obsługi bagażu rejestrowanego uzyskał ocenę równą 0,66, której odpowiada wartość lingwistyczna *średnia*.

Otrzymanie niskich i średnich ocen podczas weryfikacji metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym sugeruje, że istnieją pewne problemy w funkcjonowaniu tego systemu. W przypadku otrzymania niskich i średnich ocen, istotne jest

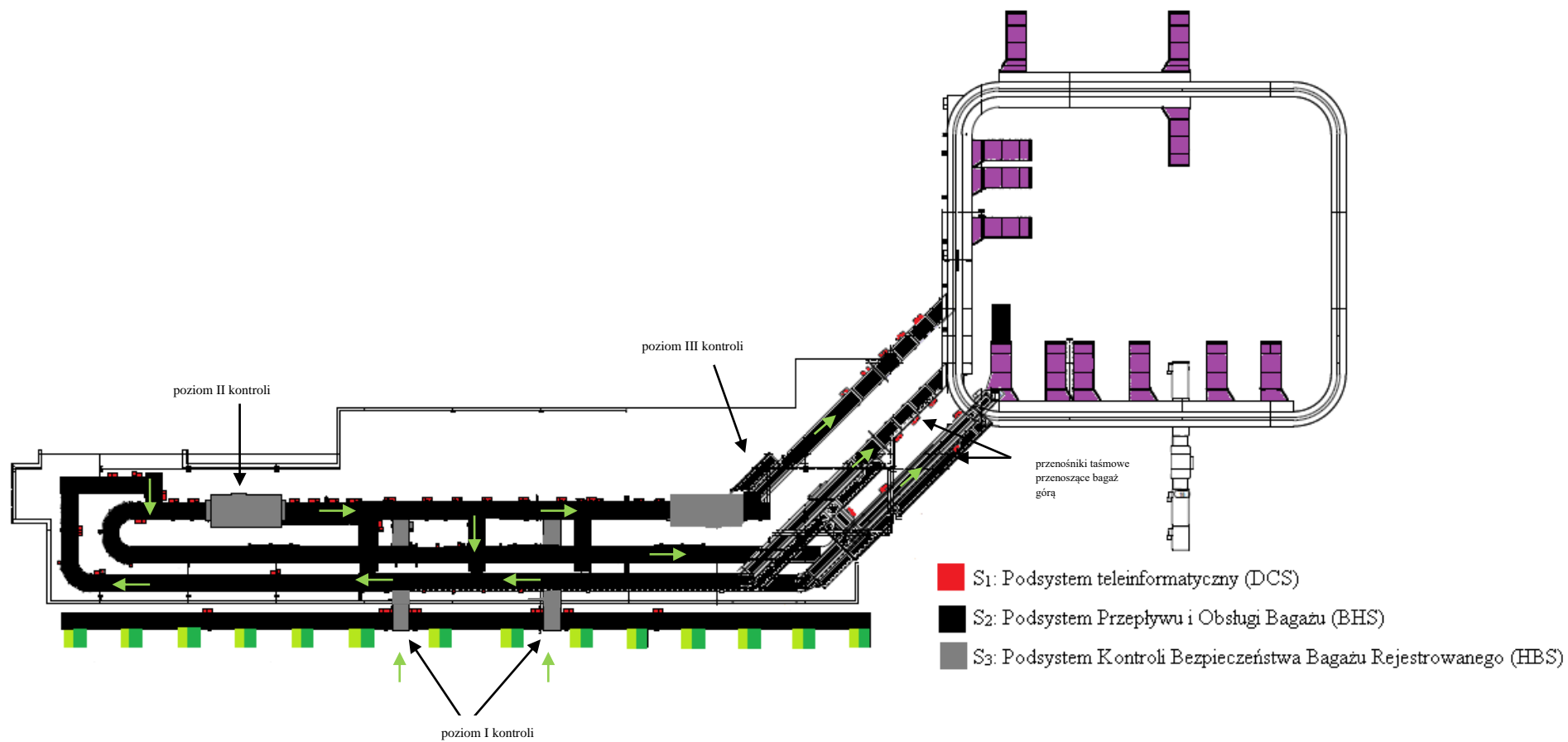
przeprowadzenie dokładnej analizy tych wyników, aby zidentyfikować konkretne problemy i obszary wymagające poprawy. Następnie można podjąć działania naprawcze, takie jak dostosowanie procedur, szkolenie personelu, wprowadzenie lepszych systemów śledzenia bagażu czy usprawnienie kontroli bezpieczeństwa bagażu. Poprawa obsługi bagażu może przyczynić się do zwiększenia satysfakcji pasażerów i poprawy ogólnego doświadczenia podróżowania w porcie lotniczym.

## **7. Aplikacja metody systemu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym**

System transportu bagażu w strefie check-in składa się z 28 stanowisk. Stanowiska odprawy biletowo - bagażowej są zgodne z Rozporządzeniem Wykonawczym Komisji (UE) 2015/1998 [148].

### **7.1 Identyfikacja elementów systemu obsługi bagażu rejestrowanego**

System bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym składający się z trzech podsystemów  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  został przedstawiony na (rys. 7.1.1).



Rys. 7.1.1 Podsystemy systemu odprawy bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym  
 źródło: opracowanie własne

W podsystemie teleinformatycznym DCS generowana i drukowana jest przywieszka bagażowa, która automatycznie odczytywana jest przez skanery (oznaczone na czerwono) podczas odprawy, dzięki czemu bagaż jest identyfikowany i przekazywany zgodnie z określoną destynacją.

Bagaż po wygenerowaniu, przywieszeniu i zeskanowaniu do systemu etykiety bagażowej zostaje przekazany na przenośnik taśmowy zbiorczy, który znajduje się bezpośrednio za stanowiskami odprawy biletowo- bagażowej check – in (oznaczonych na rys. 7.1.1 kolorem zielonym). Jeżeli podczas odprawy równocześnie otwartych jest kilka stanowisk check- in, wówczas kolejność przepływu bagażu warunkowana jest kolejnością zgłoszeń, którą monitorują czujniki zainstalowane przy przenośniku taśmowym zbiorczym. Czujniki te sprawdzają zajętość przenośnika taśmowego zbiorczego i informują o możliwości przekazania bagażu na przenośnik zbiorczy z przenośnika z wbudowaną wagą.

Bagaż po przejściu przez kurtynę strefową z przenośnika zbiorczego przekazany jest do podsystemu przepływu i obsługi bagażu (BHS), w którym przemieszcza się po przenośnikach buforowych, a następnie trafia na przenośniki o kształcie łuku. Każdy przenośnik taśmowy składa się z kilku modułów i przy każdym z nich znajduje się czytnik kodów kreskowych, dzięki czemu bagaż jest weryfikowany na każdym odcinku przepływu. Następnie bagaż zostaje poddawany badaniom przesiewowym tzn. sprawdzającym czy bagaż nie posiada żadnych materiałów zabronionych. W podsystemie kontroli bezpieczeństwa (oznaczonego kolorem szarym) bagażu rejestrowanego (S<sub>3</sub>) bagaż analizowany jest programowo. System analizuje otrzymane informacje oraz decyduje czy bagaż będzie podlegał dodatkowej kontroli. Jeżeli tak wówczas dyfraktometr określa skład oraz właściwości fizyczne materiału niebezpiecznego, a także pokazuje dokładną jego lokalizację w danym bagażu.

Bagaż, w którym nie wykryto materiałów zabronionych, trafia na vertisorter. Na tym przenośniku bagaże podlegają zmianie trasy w pionie, tzn. zostają rozdzielone na przenośniki górne i dolne. W kolejnym etapie bagaże rozdzielane są za pośrednictwem przenośnika okrężnego. Z tego przenośnika przekazywane są na zrzutnie i trafiają do sortowni. W sortowni pracownik za pomocą ręcznego skanera odczytuje etykietę i układa bagaże na wózkach według destynacji.

W ostatnim kroku bagaże na wózkach transportowane są pod samolot i układane w łuku bagażowym.

## 7.2 Akwizycja danych na potrzeby wyznaczenia wartości parametrów oceny systemu

### Akwizycja danych w podsystemie teleinformatycznym (DCS)

Akwizycja danych w podsystemie teleinformatycznym zawiera następujące dane:

1. Horyzont czasowy gromadzenia danych: **okres roczny**.
2. Sposób gromadzenia danych: przez **logi systemowe**.
3. Zgromadzone następujące dane:
  - liczba bagaży rejestrowanych, które zostały odczytane przez poszczególne czytniki kodów kreskowych: **2 588 870**
  - liczba bagaży rejestrowanych, które zostały odczytane przez poszczególne czytniki kodów kreskowych i dla których informacja została przetworzona przez system teleinformatyczny: **2 316 357**
  - liczba wszystkich bagaży rejestrowanych obsługiwanych w systemie: **2 725 126**
  - liczba prawidłowo wydrukowanych etykiet (które możliwe są do odczytania przez czytnik kodów kreskowych) bagażu rejestrowanego: **2 316 357**
4. Zweryfikowano kompletność i poprawność danych.

### Akwizycja danych w podsystemie przesyłu i obsługi bagażu (BHS)

1. Horyzont czasowy gromadzenia danych: **okres roczny**.
2. Sposób gromadzenia danych: przez **logi systemowe**.
3. Zgromadzone następujące dane:
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników taśmowych: **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników okrężnych (karuzelowych): **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych przenośników baxorter (przenośników wózkowych): **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych vertisorterów: **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych vertibeltów: **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**

- czasy zdatności i niezdatności poszczególnych diverterów: **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - czasy zdatności i niezdatności poszczególnych reverse sorterów: **urządzenie zdatne w trakcie prowadzonych rocznych badań,**
  - prędkości przenośników transportowych: **0,5; 0,7; 0,9; 1,2 m/s.**
  - czasów zatrzymania bagażu w przypadku zmiany kierunku transportu: **zmiana kierunku wymuszona przez operatora, tylko w przypadku awarii.**
  - liczby obsłużonych bagaży w okresie pomiarowym: **2 725 126**
  - liczby uszkodzonych bagaży w okresie pomiarowym: **27 251**
  - czas między zgłoszeniami pasażera do stanowiska odprawy biletowo-bagażowej: **90 s.**
  - czas obsługi pasażera na stanowisku odprawy biletowo-bagażowej: **60 s.**
  - liczbę pasażerów zgłaszających się do stanowiska odprawy biletowo-bagażowej: **ok. 30pax/h.**
5. Zweryfikowano kompletność i poprawność danych.

### **Akwizycja danych w podsystemie kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego (HBS)**

1. Horyzont czasowy gromadzenia danych: **okres roczny.**
2. Sposób gromadzenia danych: **automatyczny.**
3. Zgromadzone następujące dane:
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym: **381 518**
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego niewłaściwie zidentyfikowano zagrożenia w zdefiniowanym okresie czasowym: **95 379**
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego dla którego nie zidentyfikowano zagrożenia w zdefiniowanym okresie czasowym: **109 005**
  - liczba przeprowadzonych kontroli bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym: **490 523**
  - liczba przeprowadzonych kontroli manualnych bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym: **381 518**

- liczba przeprowadzonych kontroli manualnych bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym: **30 521**
  - liczba przeprowadzonych kontroli na zawartość materiałów wybuchowych (ETD) bagażu rejestrowanego dla którego zidentyfikowano zagrożenie w zdefiniowanym okresie czasowym: **0**
  - liczba przeprowadzonych kontroli na zawartość materiałów wybuchowych (ETD) bagażu rejestrowanego w zdefiniowanym okresie czasowym: **0**
6. Zweryfikowano kompletność i poprawność danych.

### **7.3 Wyznaczenie wartości parametrów oceny podsystemów obsługi bagażu rejestrowanego**

#### **Parametry oceny systemu teleinformatycznego (DCS)**

Przeprowadzone badania w porcie lotniczym X pozwoliły zebrać dane umożliwiające ocenę systemu teleinformatycznego DCS, zgodnie z krokiem 3 metody.

Pierwszy z parametrów dotyczył niezawodność odczytu kodu kreskowego przez poszczególne czytniki kodów kreskowych. Jego wartość wyniosła  $R_i^{ckk} = 0,982$ , co wskazuje na wysoką skuteczność czytników w prawidłowym odczytywaniu kodów kreskowych. Drugi parametr odzwierciedla niezawodność przetworzenia informacji z czytników kodów kreskowych przez system teleinformatyczny (m.in. komputer sterujący). Wartość  $R_i^{cks}$  wyniosła 0,993. Natomiast niezawodność prawidłowego wydruku i umieszczenia etykiety bagażowej na bagażu wypadła bezbłędnie przyjmując wartość  $R_i^{ckp} = 1$ .

Rozmieszczenie czytników kodów kreskowych zainstalowanych w systemie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego przedstawia rys. 6.1.1.

#### **Parametry oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego**

Kluczowe elementy oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego przedstawiają się następująco:

- stopień wykorzystania systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego wyniósł 0,94;
- prawdopodobieństwo uszkodzenie bagażu rejestrowanego osiągnęło wartość wynoszącą  $R''=0,0016$ .



## **Parametry oceny procesu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego**

W ocenie procesu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego obliczono następujące prawdopodobieństwa:

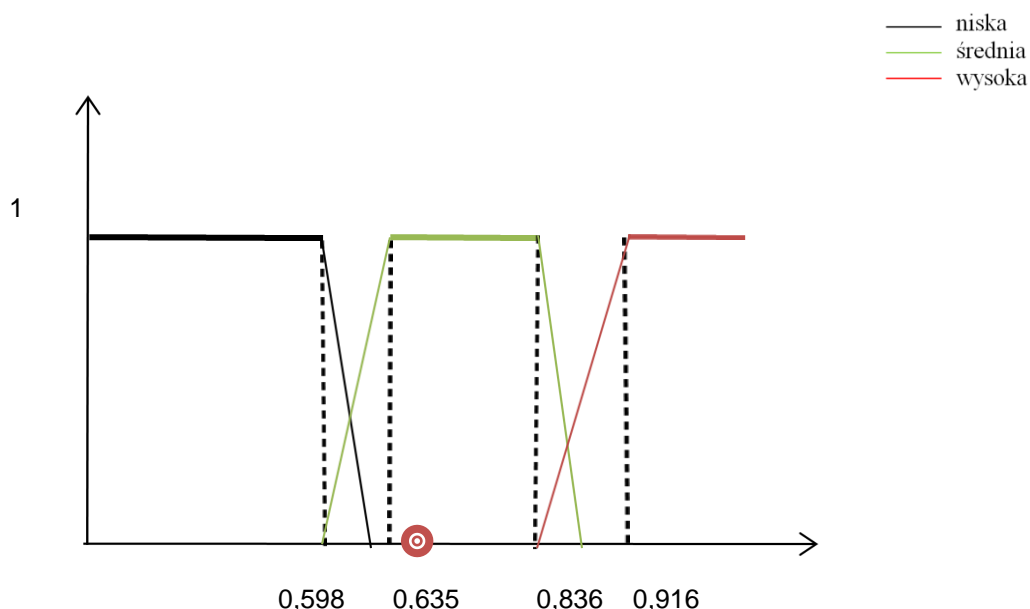
- prawdopodobieństwo zidentyfikowania przez operatora przedmiotu zabronionego (lub zidentyfikowanie projekcji przedmiotu zabronionego TIP: Threat Image Projection) wyniosło 0,985 ;
- prawdopodobieństwo zidentyfikowania przez operatora przedmiotu zabronionego w bagażu podczas kontroli wyniosło 0,998 ;
- prawdopodobieństwo prawidłowego pobrania próbki i odczytu wyniku z urządzenia kontroli ETD (Explosive trace detection) wyniosło 0,982.

## **7.4 Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego**

Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym zawiera trzy składowe:

- ocenę systemu teleinformatycznego,
- ocenę systemu przesyłu bagażu,
- ocenę kontroli bezpieczeństwa bagażu.

Istotność uwzględnienia systemów wskazanych powyżej wynika z wzajemnej ich zależności. Wynikową ocenę systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym odzwierciedla rysunek 7.4.1.



Rys. 7.4.1 Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym  
źródło: opracowanie własne

Na podstawie wprowadzonych danych obliczono sygnał wyjściowy metodą środka ciężkości. Zastosowana metoda umożliwiła najdokładniej określić wartość liczbową oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego, której wartość wynosi 0,66.

Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego wynosząca 0,66 jest wartością średnią, co oznacza, że system nie jest doskonały. Przekłada się to na potrzebę podjęcia pewnych działań w celu poprawy systemu obsługi bagażu.

## 7.5 Analiza uzyskanych wyników

Aby zrozumieć, jak zmiana oceny poszczególnych systemów wpłynie na ocenę całkowitą systemu obsługi bagażu rejestrowanego, musimy wziąć pod uwagę sposób warunkowania oceny oraz wartości poszczególnych systemów.

Zgodnie z informacjami, ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego jest uzależniona od oceny trzech systemów składowych: systemu teleinformatycznego, systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego.

Wartości poszczególnych ocen są następujące:

- system teleinformatyczny: 0,65
- system przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego: 0,69

- system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego: 0,64.

Aby ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego uzyskała wartość wysoką, wymagane jest, aby co najmniej dwa z tych trzech systemów uzyskały wartość wysoką.

Ponieważ ocena wszystkich trzech systemów ma wartość średnią, oznacza to, że żaden z systemów nie osiągnął wartości wysokiej. Dlatego też ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego również będzie miała wartość średnią.

W przypadku, gdyby dwa z trzech systemów osiągnęły wartość wysoką, ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego również miałaby wartość wysoką. Jednak w opisanym scenariuszu, żaden z systemów nie spełnia tego warunku, więc ocena całkowita pozostaje na poziomie średnim.

Najniższą wartość otrzymał system kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego. Aby wpłynąć na wzrost oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego należy podjąć następujące kroki:

- udoskonalenie szkolenia personelu: Dobrze przeszkolony personel jest kluczowy dla skutecznego systemu kontroli bezpieczeństwa. Porty lotnicze powinny inwestować w regularne szkolenia swojego personelu, aby zapewnić im aktualną wiedzę i umiejętności w zakresie wykrywania zagrożeń.
- zwiększenie świadomości pasażerów: Wzrost świadomości pasażerów na temat wymogów dotyczących bezpieczeństwa bagażu może przyczynić się do przyspieszenia procesu kontroli. Porty lotnicze mogą prowadzić kampanie informacyjne i edukacyjne, aby informować pasażerów o przepisach dotyczących bezpieczeństwa bagażu i oczekiwaniach dotyczących procesu kontroli.
- ulepszenie infrastruktury: Inwestycje w infrastrukturę portów lotniczych mogą przyczynić się do bardziej efektywnego procesu kontroli. Na przykład, zwiększenie liczby taśm transportowych, punktów kontroli i obszarów skanowania może pomóc w zmniejszeniu kolejek i przyspieszeniu procesu kontroli bagażu.
- współpraca międzynarodowa: Wzmocnienie współpracy międzynarodowej w zakresie kontroli bezpieczeństwa może poprawić skuteczność i spójność procedur. Wymiana informacji i najlepszych praktyk między różnymi portami lotniczymi może pomóc w identyfikacji nowych zagrożeń i rozwijaniu skutecznych strategii kontroli.

## 8. Podsumowanie i wnioski

W pracy doktorskiej przeprowadzono badanie nad systemem obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, skupiając się na trzech głównych systemach: systemie teleinformatycznym, systemie przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego oraz systemie kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego. Przegląd literatury wykazał, że żadne z dotychczasowych prac nie uwzględniły równocześnie tych trzech systemów, mimo ich istotnej zależności.

W odpowiedzi na tę lukę badawczą, zaproponowano autorską metodę systemu obsługi bagażu rejestrowanego, wykorzystującą logikę rozmytą. Metoda ta uwzględniała szereg parametrów, takich jak uszkodzenia bagażu, stopień wykorzystania systemu przesyłu, niezawodność odczytu kodów kreskowych, niezawodność czytników, niezawodność przetwarzania informacji, niezawodność umieszczenia etykiety, a także prawdopodobieństwo zidentyfikowania bagażu zabronionego za pomocą różnych technologii, takich jak RTG, kontrola manualna i ETD.

Po przeprowadzeniu badań i obliczeń ustalono, że ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym wynosi 0,66, co oznacza wartość średnią. Ta wartość wynika z ocen średnich dla każdego z trzech systemów. Gdyby co najmniej dwa z tych systemów uzyskały wysoką ocenę, to ocena ogólna systemu obsługi bagażu rejestrowanego również byłaby wysoka. Niestety, żaden z systemów nie spełnił tego warunku, co skutkowało oceną całkowitą na poziomie średnim.

Na podstawie otrzymanej wartości oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym (0,66) oraz informacji o średnich ocenach systemu teleinformatycznego, przesyłu i obsługi bagażu oraz systemu kontroli bezpieczeństwa, można podjąć działania mające na celu poprawę tych parametrów.

Przeprowadzenie szczegółowej analizy systemu teleinformatycznego może pomóc zidentyfikować słabe punkty i obszary wymagające poprawy. Można skupić się na zwiększeniu wydajności, zmniejszeniu czasu odpowiedzi systemu oraz poprawie funkcjonalności, takich jak śledzenie bagażu online, automatyczne przekierowanie bagażu. Usprawnienie systemu teleinformatycznego może przyczynić się do zwiększenia ogólnej wydajności systemu obsługi bagażu.

Skrupulatna analiza procesów przesyłu i obsługi bagażu może ujawnić miejsca, w których dochodzi do opóźnień, awarii lub błędów. Poprawa tych procesów może obejmować zwiększenie liczby taśmociągów, zastosowanie nowych technologii identyfikacji i śledzenia

bagażu, zautomatyzowanie niektórych zadań oraz szkolenie personelu obsługującego bagaż. Dzięki optymalizacji procesów możliwe jest skrócenie czasu oczekiwania i poprawa ogólnej sprawności systemu obsługi bagażu.

Skoncentrowanie się na wzmocnieniu systemu kontroli bezpieczeństwa może pomóc w zapewnieniu skutecznej ochrony przed niebezpiecznymi przedmiotami lub substancjami znajdującymi się w bagażu. Można rozważyć zastosowanie bardziej zaawansowanych urządzeń do skanowania bagażu, zwiększenie liczby personelu odpowiedzialnego za kontrolę bezpieczeństwa oraz wdrożenie bardziej efektywnych procedur. Poprawa systemu kontroli bezpieczeństwa ma na celu zarówno zwiększenie bezpieczeństwa pasażerów, jak i poprawę całkowitego doświadczenia podróżnych.

Wprowadzenie powyższych działań wpływa na system obsługi bagażu w następujący sposób:

**Poprawa efektywności:** Działania mające na celu zwiększenie wydajności systemu teleinformatycznego oraz optymalizację procesów przesyłu i obsługi bagażu przyczyniają się do poprawy ogólnej efektywności systemu obsługi bagażu. Skrócenie czasu oczekiwania pasażerów, zmniejszenie opóźnień i minimalizacja błędów mają pozytywny wpływ na doświadczenie podróżnych.

**Zwiększenie bezpieczeństwa:** Wzmocnienie systemu kontroli bezpieczeństwa pomaga w zapewnieniu wyższego poziomu ochrony przed niebezpiecznymi przedmiotami lub substancjami. To przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa pasażerów oraz budowania zaufania do systemu obsługi bagażu.

**Zadowolenie pasażerów:** Działania mające na celu poprawę systemu obsługi bagażu przekładają się na lepsze doświadczenie pasażerów. Skrócenie czasu oczekiwania, sprawniejsze przekazywanie bagażu oraz większa pewność co do bezpieczeństwa przyczyniają się do zwiększenia zadowolenia podróżnych i budowania pozytywnego wizerunku portu lotniczego.

Wprowadzenie opisanych działań wymaga współpracy między różnymi działami i podmiotami odpowiedzialnymi za system obsługi bagażu. Analiza, planowanie i wdrożenie zmian powinny być przeprowadzone w sposób staranny i systematyczny, z uwzględnieniem zarówno aspektów technicznych, jak i ludzkich.

Podsumowując należy podkreślić, że istotne jest uwzględnienie jednoczesnego działania i oceny wszystkich trzech systemów w celu skutecznej oceny ogólnego systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym. Przedstawiona autorska metoda, oparta na logice rozmytej, może być użytecznym narzędziem do analizy i optymalizacji tego procesu.

Wnioski i rezultaty tej pracy doktorskiej mają istotne znaczenie dla lotnisk oraz zainteresowanych podmiotów, którzy chcą doskonalić i optymalizować proces obsługi bagażu rejestrowanego. Praca ta stanowi cenny wkład w literaturę naukową dotyczącą tego obszaru i może stanowić punkt wyjścia do dalszych badań i udoskonalień w dziedzinie systemów obsługi bagażu na lotniskach.

## **Bibliografia:**

- [1] Barnett A., Curtis T., Goranson J., & Patrick A., Better than ever: Nonstop jet service in an era of hubs and spokes. *Sloan Management Review*, 33(2), 49-54, 1992
- [2] IATA, Reterived in March 2017 from <https://www.iata.org/about/.../iataannual-review-2015.pdf>., 2015
- [3] Zhang Y., & Round D. K., Price wars and price collusion in China's airline markets. *International Journal of Industrial Organization*, 29(4), 361e372., 2011
- [4] Tsaur S. H., Chang T. Y., & Yen C. H., The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 23(2), 107e115, 2002
- [5] International Airport Review, Baggage handling: Achieving operational excellence. Retrieved 8 December 2016, from <http://www.internationalairportreview.com/16104/airport-extra/baggage-handlingachieving-operational-excellence/>, 2014
- [6] SITA, Air transport industry insights. *Air Transport World*. Retrieved from <http://cdn.thejournal.ie/media/2022/04/baggage-report-2022-final.pdf>, 2022
- [7] UKE ssays, The history of baggage handling systems information Technology essay. Retrieved 23 November 2015
- [8] Davis G. F., Yoo M., Baker W. E, The small world of the American corporate elite, 1982-2001, *Strategic Organization*, 1(3), 301e326, 2003
- [9] Griffin R.W, *Podstawy zarządzania organizacjami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000
- [10] Buczyński J., *Teoria bezpieczeństwa: analiza systemowa*, *Przegląd Naukowo-Metodyczny*, Edukacja dla Bezpieczeństwa nr 3, 2011
- [11] Hammer M., *Reinżynieria i jej następstwa*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999
- [12] Davis G. F., Yoo M., Baker W. E., The small world of the American corporate elite, 1982-2001, *Strategic Organization*, 1(3), 301e326, 2003

- [13] Joseph M., Sekhon Y., Stone G., Tinson, J., An exploratory study on the use of banking technology in the UK: A ranking of importance of selected technology on consumer perception of service delivery performance, *International Journal of Bank Marketing*, 23(5), 397e413, 2005
- [14] Lewis B. R., Quality in the service sector: A review. *International Journal of Bank Marketing*, 7(5), 4e12, 1989
- [15] Brown S. W., Gumesson E., Edvardsson B., Gustavsson, B., *Service quality: Multidisciplinary and multinational perspectives*, New York, USA, 1991
- [16] Lin H. Q., Empirical study of the service quality of domestic airline companies, Taipei: Master's Thesis of the Department of Commerce of National Taiwan University, 1996
- [17] Seth N., Deshmukh S. G., Vrat, P., Service quality models: A review, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9), 913e949, 2005
- [18] Berry L. L., Zeithaml V. A., Parasuraman, A., Quality counts in services, too. *Business Horizons*, 28(3), 44e52, 1985
- [19] Parasuraman A., Zeithaml V. A., Berry L. L., A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41e50 1985
- [20] Zeithaml V., Parasuraman A., Berry L., *Delivering quality service*. New York: Free Press 1990
- [21] Augustyn M. M., Seakhoa-King A., Is the Servqual scale an adequate measure of quality in leisure, tourism and hospitality? In *Advances in hospitality and leisure* (pp. 3e24). Emerald Group Publishing Limited, 2005
- [22] Pakdil F., Aydın O., Expectations and perceptions in airline services: An analysis using weighted SERVQUAL scores. *Journal of Air Transport Management*, 13(4), 229e237, 2007
- [23] Chou C. C., Liu L. J., Huang S. F., Yih J. M., Han T. C., An evaluation of airline service quality using the fuzzy weighted SERVQUAL method. *Applied Soft Computing*, 11(2), 2117e2128, 2011



- [24] Basfirinci C., Mitra A., A cross cultural investigation of airlines service quality through integration of Servqual and the Kano model. *Journal of Air Transport Management*, 42, 239e248, 2015
- [25] Kuo M. S., A novel interval-valued fuzzy MCDM method for improving airlines' service quality in Chinese cross-strait airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1177e1193, 2011
- [26] Liou J. J., Hsu C. C., Yeh W. C., Lin R. H., Using a modified grey relation method for improving airline service quality. *Tourism Management*, 32(6), 1381e1388, 2011
- [27] Liou J. J., Tsai C. Y., Lin R. H., Tzeng G. H., A modified VIKOR multiple criteria decision method for improving domestic airlines service quality. *Journal of Air Transport Management*, 17(2), 57e61, 2011
- [28] Chen I. S., A combined MCDM model based on DEMATEL and ANP for the selection of airline service quality improvement criteria: A study based on the Taiwanese airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 57, 7e18, 2016
- [29] Tsaur S. H., Chang T. Y., Yen C. H., The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 23(2), 107e115, 2002
- [30] Rezaei J., Kothadiya O., Tavasszy, Kroesen M., Quality assessment of airline baggage handling systems using SERVQUAL ang BWM, *Tourism Management* 66, 2018
- [31] Lange O., *Ekonomia polityczna*, tom 1, Warszawa 1959, s. 15
- [32] Hammer M., Champy J., *Reengineering the Corporation*, Harper Business, New York, 1993
- [33] Skorupski J., Uchroński P., Fuzzy inference system for the efficiency assessment of hold baggage security control at the airport, *Safety Science* 79, 314–323, 2015
- [34] Romanenko V.A., Skorokhod M.A., Guzha E.D., Fuzzy control in the simulation model of airport baggage handling systems, *Materials Science and Engineering* 919, 2020
- [35] Imad A., Uday K., Lubna A. A., Muna A. H., Improving baggage flow in the baggage handling system at a UAE-based airline using lean Six Sigma tools, *Quality Engineering*, 2018 r.

- [36] René A.S., Nielsen M., Karstof H., Routing in congested baggage handling systems using deep reinforcement learning, Galley Proof 3/01/2020
- [37] A.N. Tar̃au , B. De Schutter, J. Hellendoorn, Decentralized route choice control of automated baggage handling systems, 12th IFAC Symposium on Transportation Systems Redondo Beach, CA, USA, 2009
- [38] A.N. Tar̃au , B. De Schutter, J. Hellendoorn, Centralized, decentralized, and distributed model predictive control for route choice in automated baggage handling systems, CEAI, Vol.11, No. 3, pp. 24-31, 2009
- [39] Alina N. Tar̃au, Bart De Schutter, and Hans Hellendoorn, Distributed route choice control in DCV-based baggage handling systems, IEEE Multi-conference on Systems and Control Saint Petersburg, Russia, July 8-10, 2009
- [40] H. Gang, J. Shang, and L. Vargas, “A neural network model for the free-ranging AGV route-planning problem,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 7, no. 3, pp. 217–227, 1996
- [41] D. Kaufman, J. Nonis, and R. Smith, “A mixed integer linear programming model for dynamic route guidance,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 32, no. 6, pp. 431–440, 1998
- [42] A. Fay, “Decentralized control strategies for transportation systems,” in *International Conference on Control and Automation*, Budapest, Hungary, pp. 898–903, 2005
- [43] K. Hallenborg and Y. Demazeau, “Dynamical control in large-scale material handling systems through agent technology,” in *International Conference on Intelligent Agent Technology*, Hong Kong, China, pp. 637–645, 2006
- [44] F. Lewis, *Optimal Control*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1986
- [45] A. Tarau, B. De Schutter, and J. Hellendoorn, “Travel time control of destination coded vehicles in baggage handling systems,” in *IEEE International Conference on Control Applications*, San Antonio, Texas, USA, pp. 293–298, 2008

- [46] Alina N. Tar˘au, Bart De Schutter, and Hans Hellendoorn, Hierarchical Route Choice Control for Baggage Handling Systems, 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, St. Louis, MO, USA, October 3-7, 2009
- [47] H. Gang, J. Shang, and L. Vargas, “A neural network model for the free-ranging AGV route-planning problem,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 7, no. 3, pp. 217–227, 1996
- [48] A. Fay, “Decentralized control strategies for transportation systems,” in *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Control and Automation*, Budapest, Hungary, pp. 898–903, 2005
- [49] F. Lewis, *Optimal Control*. New York, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1986
- [50] Alina N. Tar˘au, Bart De Schutter, and Hans Hellendoorn, *Model-Based Control for Route Choice in Automated Baggage Handling Systems*, 2010
- [51] D. ˇSiljak, *Decentralized Control of Complex Systems*. San Diego, CA: Academic, 1991
- [52] G. Weiss, *Multi agent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000
- [53] Zhulin Z., Dong L., Jinhua W., Yunda S., Li Z., *MVB: A Large-Scale Dataset for Baggage Re-Identification and Merged Siamese Networks*, Springer Nature Switzerland AG 2019
- [54] Dudek E., Kozłowski M., *Aspekt jakościowy bezpieczeństwa operacyjnych danych lotniczych w porcie lotniczym*, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 2015 r.
- [55] *Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) Nr 716/2014 z dnia 27 czerwca 2014 r. w sprawie ustanowienia wspólnego projektu pilotażowego wspierającego realizację centralnego planu zarządzania ruchem lotniczym w Europie*, 2014
- [56] R. K. Kiyildi and M. Karasahin, *The capacity analysis of the check-in unit of Anatalya Airport using the fuzzy logic method*, *Transportation Research Part A* 42, pp. 610–619, 2008.

- [57] L. Freivalde and L. Lace, Improvement of passenger flow management in an airport terminal, in Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Business and Management, BM'08, Vilnius, Lithuania, pp. 659-664.
- [58] P. Khadgi, Simulation Analysis of passenger check-in and baggage screening area at Chicago-Rockford International Airport, NIU Engineering Review Journal, vol. 1, no. 1, pp. 29-34, Spring 2009
- [59] D. Olaru and S. Emery, Simulation and GA-optimization for modeling the operation of airport passenger terminal, in Proceedings of the 29th Conference of Australian Institutes of Transport Research, CAITR'07, Adelaide, Australia
- [60] E. Ahyudanari and U. Vandebona, Simplified model for estimation of airport check-in facilities, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 6, pp. 724 – 735, March 2005
- [61] M. Savrasovs, A. Mendvedev, and E. Sincova, Riga airport baggage handling system simulation, in Proceedings of the 23rd European Conference on Modelling and Simulation, ECMS'09, Madrid, Spain, pp. 384-390
- [62] P. E. Joustra and N. M. Van Dijk, Simulation of check-in at Airport, in Proceedings of the of the 33th Winter Simulation Conference, WSC'01, Crystal Gateway Marriott, Arlington, Va, USA., pp. 1023-1028
- [63] D.Novrisal, A. El Mhamedi, N.Hamani, D.Novrisal, T. Priyatna Soemardi, Data collection of baggage handling system at Soekarno-Hatta International Airport, CPI 2013 – Tlemcen Algérie – 21-23 octobre 2013
- [64] K. Shen, Ch. Li , D. Xu, W. Wu, He Wan, Sensor-network-based navigation of delivery robot for baggage handling in international airport, International Journal of Advanced Robotic Systems, 2020
- [65] YU Huiqun, XU Chunmei, Design and Implementation of the Key Technologies for Baggage Handling Control System, 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2010

- [66] Rowland J.O. Ekeocha, Samuel A. Ushe, Application of Queuing Process in the Optimization of Baggage Handling System of Murtala Muhammed International Airport, International Journal of Sciences, 2018 r.
- [67] C.Jacinto, M.Romano, A. Montes, P. Sousa, M. Serafim Nunes,RFID tuning methodology applied on airport baggage tracking , IEEE, 2009 r.
- [68] T.Ahmed, T.Calders, T. Bach Pedersen, Mining Risk Factors in RFID Baggage Tracking Data, IEEE International Conference on Mobile Data Management, 2015 r.
- [69] A. Singh, S.Meshram, T. Gujar, P. R. Wankhede, Baggage Tracing and Handling System using RFID and IoT for Airports, College of Engineering Pune, India. Dec 19-21, 2016
- [70] H. Baskoro, H. Prabowo, A. Trisetyarso, Meyliana, A. Nizar Hidayanto, Design Considerations of RFID Based Baggage Handling System, A Literature Review, International Conference on Information Management and Technology (ICIM Tech), 2017 r.
- [71] J. Gadh; Hui, RFID in Airport - Baggage and Passenger Tracking, 2008
- [72] T. Mccoy, R. J. Bullock, RFID for Airport Security and Efficiency, IEE Prof. Netw. Signal Process., 2005
- [73] D. Mishra and A. Mishra, Improving baggage tracking, security and customer services with RFID in the airline industry, Acta Polytech. Hungarica, vol. 7, no. 2, pp. 139–154, 2010
- [74] V. D. Puglia, ALbert; Puglia, Mike; Hunt, RFID Middleware and Information Technology Integration, RFID A Guid. To Radio Frequency Identif., pp. 33–38, 2007
- [75] T. Bouhouche, A. Raghieb, B. A. El Majd, M. Bouya, M. Boulmalf, and M. Elkoutbi, A Middleware Architecture for RFID-enabled traceability of air baggage, vol. 8, no. November, pp. 1–9, 2016
- [76] J. Su and G. Chen, A new RFID middleware architecture design, 2010 2nd Int. Conf. Comput. Autom. Eng. ICCAE 2010, vol. 4, pp. 637–639, 2010
- [77] G. E. Vastianos, D. M. Kyriazanos, V. I. Kountouriotis, S. C. A. Thomopoulos, An RFID-based luggage and passenger tracking system for airport security control applications, Proc. SPIE - Int. Soc. Opt. Eng., vol. 9091, pp. 1–13, 2014

- [78] H. Dai, M. M. Tseng, and M. M. Monsreal, Design Considerations for Supply Chain Tracking Systems, Wiley Encycl. Oper. Res. Manag. Sci., pp. 1–10, 2011.
- [79] C. J. Satyavolu, S. Radhakrishnan, V. Sarangan, T. L. Landers, and M. Veeramani, “Mobile RFID tag reading with non-overlapping tandem readers on a conveyor belt,” Ad Hoc Networks, 2015.
- [80] A. Singh, S. Meshram, T. Gujar, S. Member, P. R. Wankhede, Baggage Tracing and Handling System using RFID and IoT for Airports, pp. 466–470, 2016
- [81] A. Prof, RFID Based Airport Luggage Checking and Tracking System using GSM Technology, vol. 3, no. 31, pp. 6279–6284, 2014
- [82] T. Zhang, Y. Ouyang, and Y. He, Traceable air baggage handling system based on RFID tags in the airport, J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res., vol. 3, no. 1, pp. 106–115, 2008
- [83] C. Jacinto, M. Romano, A. Montes, P. Sousa, and M. S. Nunes, RFID tuning methodology applied on airport baggage tracking, ETFA 2009 - 2009 IEEE Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom., 2009
- [84] S. Dominikus, Sandra; Kraxberger, Secure Communication with RFID tags in the Internet of Things, Secur. Commun. Networks, 2011
- [85] K. Jung and S. Lee, A systematic review of RFID applications and diffusion: key areas and public policy issues, J. Open Innov. Technol. Mark. Complex., vol. 1, no. 1, p. 9, 2015
- [86] A. Marques, Baggage Tracking System
- [88] Kishan K.K., K.V.Mahendra Prashanth, Techniques for Detecting and Tracking of Baggages in Airports, International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology, 2017 r.
- [89] J.P.Cavada, C.E. Cortés, P.A. Rey, A simulation approach to modelling baggage handling systems at an international airport, Simulation Modelling Practice and Theory 75, 146–164, 2017

- [90] L. Swartjes, D.A. van Beek, W.J. Fokkink, J.A.W.M. van Eekelen, Model-based design of supervisory controllers for baggage handling systems, *Simulation Modelling Practice and Theory* 78, 28–50, 2017
- [91] G. Aguilera-Venegas, J.L. Galán-García, E. Mérida-Casermeiro, P. Rodríguez-Cielos, An accelerated-time simulation of baggage traffic in an airport terminal, *Mathematics and Computers in Simulation* 104, 58–66, 2014
- [92] X. Wu, L. Xie, On load balancing strategies for baggage screening at airports, *Journal of Air Transport Management* 62, 2017
- [93] M. Johnstone, D. Creighton, S. Nahavandi, Simulation-based baggage handling system merge analysis, *Simulation Modelling Practice and Theory* 53, 2015
- [94] Vu Thanh Le, J. Zhang, M. Johnstone, S. Nahavandi, D. Creighton, A Generalised Data Analysis Approach for Baggage Handling Systems Simulation, *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2012 r.
- [95] Chybowski L., Ważność elementów w strukturze złożonych systemów technicznych, *Monograficzna seria wydawnicza Biblioteka Problemów Eksploatacji*, Szczecin, 2014 r.
- [96] Fellner A., Fellner R., Jaferník H., Safety case as a necessary aspect of the aviation implementation of the GNSS, *Journal of KONBiN* 1(29), 2014
- [97] Jaferník H., Ćwiklak J., Fellner R., Selected aspects of implementing a GNSS system in aviation, *Scientific Journal of Polish Naval Academy*, 2015
- [98] Fellner A., Mańka A., Adjust the method of the FMEA to the requirements of the aviation industry, *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 2015
- [99] Zendla S., Wolniak R., Wyeliminowanie obszarów niezadowolenia klienta za pomocą metod i narzędzi zarządzania jakością oraz wprowadzenie udoskonaleń w międzynarodowym porcie lotniczym, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, 2015
- [100] Hetmańczyk M., Zastosowanie metodologii FMECA do budowy struktur systemów mechatronicznych, zorientowanych na predykcję stanów, *Pomiary Automatyka Robotyka*, 2013

- [101] Edward Huanga, Irene Liub, James T. Lin, Robust model for the assignment of outgoing flights on airport baggage unloading areas, *Transportation Research Part E*, 2018 r.
- [102] Gade, D., Hackebeil, G., Ryan, S.M., Watson, J.P., Wets, R.J.B., Woodruff, D.L., Obtaining lower bounds from the progressive hedging algorithm for stochastic mixed-integer programs. *Math. Program.* 157 (1), 47–67, 2016
- [103] Chybowski L., The problems of modeling the reliability structure of the complex technical system on the basis of a stream-water system of the engine room, *Management Systems in Production Engineering*, 2012 r.
- [104] Chybowski L., Matuszczak Z., Porównanie kompleksowych pakietów oprogramowania do prowadzenia wieloaspektowej analizy niezawodności, 2006 r.
- [105] Fellner A., Fellner R., The importance of event tree analysis in some aspects of the GBAS implementation, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 2014 r.
- [106] Stelmach A., Some aspects of safety management in air transport, *Journal of KONBiN* 2(5), 2008
- [107] Cui X., Li T., Wang S., Shi J., Ma Z., Reliability modeling based on power transfer efficiency and its application to aircraft actuation system, *Maintenance and Reliability*, 2020
- [108] Szkoda M., Kaczor G., Ocena niezawodności system transportowego z wykorzystaniem dynamicznego drzewa niezdatności, *Logistyka*, 2016
- [109] Skorupki J., Lower M., Magott J., Analiza incydentów lotniczych z zastosowaniem zbiorów rozmytych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 2013
- [110] Skorupki J., Wiktorowski M., Metoda oceny stanu załogi lotniczej jako element zarządzania w przedsiębiorstwie przewozu lotniczego, Rozdział 3. Współczesne problemy Inżynierii ruchu lotniczego – modele i metody, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, 2014 r.
- [111] Grzesik N., Malewicz M., Rozmyty system kontroli prędkości holownika lotniczego, *Eksploatacja*, 2015 r.



- [112] Bielawa A., Przegląd najważniejszych modeli zarządzania jakością usług, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, nr 24
- [113] Burdzik R., Szymończak M., System bezpieczeństwa EDS w transporcie bagażu na lotniskach cywilnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 2012 r.
- [114] Malarski M., Modelowa ocena przepustowości pasażerskiej portu lotniczego po integracji Polski z Unią Europejską, Praca Naukowa Politechniki Warszawskiej
- [115] <https://help.ryanair.com/hc/pl/articles/360017824898-Ramy-czasowe-lotniska>
- [116] Kauf S., Tłuczak A., Logistyczna obsługa klienta, PWN, 2018 r.
- [117] ISO/IEC 19510:2013, Information technology -- Object Management Group Business Process Model and Notation, 2013
- [118] OMG, Business Process Model and Notation (BPMN). Object Management Group, 2013
- [119] Grabski F., Jaźwiński J., Funkcje o losowych argumentach w zagadnieniach niezawodności, bezpieczeństwa i logistyki, Warszawa: WKiŁ, 2009 r.
- [120] Będkowski L., Dąbrowski T., Podstawy niezawodności eksploatacji, część II, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2006 r.
- [121] Pelic M., Logika rozmyta, Instytut Technologii Mechanicznej, Politechnika Poznańska, 2011 r.
- [122] Kozłowski M., Koncepcja systemowej ochrony bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym, Logistyka - nauka, 2015
- [123] Brynarska Z., Szczygieł A., Analiza punktualności lotów samolotów pasażerskich w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice, Transport miejski i regionalny 11/12, 2019
- [124] Pham, H. Handbook of Reliability Engineering. London: Springer Verlag, 2003
- [125] Legutko, S. Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, 2004

- [126] Stapelberg, R.F. Red. Handbook of reliability, availability, maintainability and safety in engineering design. London: Springer Verlag, 2009
- [127]Szkoda, M.: Assessment of Reliability, Availability and Maintainability of Rail Gauge Change Systems. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability; 16(3): 422–432, 2014
- [128] Bukowski L., Feliks J., Ocena wartości użytkowej informacji logistycznych w warunkach niepewności oraz turbulentnych zmian otoczenia, Wrocław University of Economics, 2015
- [129] Starowicz W., Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
- [130] Ciastoń-Ciulkin A., Nosal K., Hierarchizacja czynników mających wpływ na wybór środka podróży na przykładzie Krakowa, Transport Miejski i Regionalny, 2014
- [131] Bryniarska Z., Szczygieł A., Analiza punktualności lotów samolotów pasażerskich w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice, Transport miejski i regionalny 11/12, 2019
- [132] Macha E., Niezawodność maszyn, Opole, 2001
- [133] Matuszczak Z., Wybrane zagadnienia dotyczące opisu systemów technicznych, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, 2005 r.
- [134] Kwasiborska A., Proces obsługi pasażerów w porcie lotniczym, Studia Oeconomica Posnaniensia, 2016 r.
- [135] R. Burdzik, M.Szymonczyk, X.Lukoszova, Techniki transportu bagażu na lotniskach pasażerskich – system BHS, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 2011
- [136]ST TT Lotniskowe Systemy Informatyczne
- [137]Załącznik Nr 7 do SIWZ, Program funkcjonalno-użytkowy
- [138]Izomet - BHS – Baggage Handling System
- [139] Folder reklamowy Firmy „Seilern+Aspang”, Oferta sprzedażowa na rok 2005

- [140] Kształcenie na odległość, Podstawy transportu i magazynowania
- [141] Bryniarska Z., Szczygieł A., Analiza punktualności lotów samolotów pasażerskich w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice, Transport miejski i regionalny 11/12, 2019
- [142] [https://en.wikipedia.org/wiki/IATA\\_delay\\_codes](https://en.wikipedia.org/wiki/IATA_delay_codes) [dostęp 06.01.2018]
- [143] [https://en.wikipedia.org/wiki/SITA\\_\(company\)](https://en.wikipedia.org/wiki/SITA_(company)) [dostęp 06.01.2018]
- [144] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/facts-and-figures/coda-reports/standard-iata-delay-codes-ahm730.pdf> [dostęp 06.01.2018]
- [145] Pawlicka Z., Przewozy pasażerskie, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978
- [146] Szkoda M., Ocena nieuszkodzalności, gotowości i podatności utrzymaniowej kolejowych systemów przestawczych
- [147] Postępowania na dostawę urządzenia RTG z integracją BHS, Port Lotniczy Bydgoszcz S.A.
- [148] <http://blog.katowice-airport.com/terminal-pasazerski-b-2019-0626/?fbclid=IwAR1p35ZWWnhl1XWHDI6-xty--j1UmYnh0uO8pOD5J5bYEO5pRhURLj0uYU>
- [149] Katalog sprzętu i urządzeń firmy Dimark
- [150] Wójciak M., Metody oceny zgodności opinii ekspertów na potrzeby badania foresight, Katowice, 2015
- [151] Uchman Z., Metoda analizy i oceny stanu gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych, Poznań 2019
- [152] Jacyna M., Pyza D., Decision-making problems in shaping the sustainable development of the transport system , Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, vol. 20, nr 6, 2019 r.

## Spis rysunków

<i>Rys. 1.2.1 Aplikacja bagażowa ReID i system kamer z wieloma widokami w: (a) punkcie kontrolnym (b).....</i>	<i>15</i>
<i>Rys. 1.2.2 Zarys kroków eksploracji danych.....</i>	<i>20</i>
<i>Rys. 1.2.3 Wykorzystanie Internetu Rzeczy do sortowania bagażu .....</i>	<i>21</i>
<i>Rys. 2.5.1 Drzewo ETA dla zdarzenia pierwszego .....</i>	<i>31</i>
<i>Rys. 2.5.2 Drzewo ETA dla zdarzenia drugiego .....</i>	<i>32</i>
<i>Rys. 2.6.1 Diagram Ishikawy .....</i>	<i>33</i>
<i>Rys.2.6.2 Przyczyny nierównomiernego przepływu bagażu .....</i>	<i>34</i>
<i>Rys. 3.1 Parametry oceny procesu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym w zaproponowanej metodzie .....</i>	<i>41</i>
<i>Rys. 5.1.1 Algorytm metody oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.....</i>	<i>46</i>
<i>Rys. 5.1.2 System obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym.....</i>	<i>48</i>
<i>Rys. 5.1.3 Etykieta bagażowa .....</i>	<i>56</i>
<i>Rys. 5.1.4 Model oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....</i>	<i>58</i>
<i>Rys. 5.1.5 Funkcja przynależności niezawodności odczytu kodu kreskowego .....</i>	<i>59</i>
<i>Rys. 5.1.6 Niezawodność odczytu kodu kreskowego na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>61</i>
<i>Rys. 5.1.7 Funkcja przynależności niezawodności systemu czytników .....</i>	<i>62</i>
<i>Rys. 5.1.8 Niezawodność systemu czytników na podstawie ocen ekspertów.....</i>	<i>64</i>
<i>Rys. 5.1.9 Funkcja przynależności niezawodności przetwarzania informacji .....</i>	<i>64</i>
<i>Rys. 5.1.10 Niezawodność przetwarzania informacji na podstawie ocen ekspertów.....</i>	<i>66</i>
<i>Rys. 5.1.11 Funkcja przynależności niezawodności umieszczania etykiety .....</i>	<i>67</i>
<i>Rys. 5.1.12 Niezawodność odczytu etykiety na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>68</i>
<i>Rys. 5.1.13 Funkcja oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego ....</i>	<i>76</i>
<i>Rys. 5.1.14 Ocena systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów.....</i>	<i>78</i>
<i>Rys. 5.1.15 Funkcja przynależności stopnia wykorzystania systemu przesyłu bagażu rejestrowanego .....</i>	<i>79</i>
<i>Rys. 5.1.16 Stopień wykorzystania przesyłu bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>81</i>
<i>Rys. 5.1.17 Funkcja przynależności prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu .....</i>	<i>81</i>

<i>Rys. 5.1.18</i>	<i>Prawdopodobieństwo uszkodzenia bagażu na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>83</i>
<i>Rys. 5.1.19</i>	<i>Funkcja oceny systemu przesyłu i obsługi bagażu rejestrowanego.....</i>	<i>85</i>
<i>Rys. 5.1.20</i>	<i>System przesyłu i obsługi bagażu na podstawie ocen ekspertów.....</i>	<i>87</i>
<i>Rys. 5.1.21</i>	<i>Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG .....</i>	<i>88</i>
<i>Rys. 5.1.22</i>	<i>Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>90</i>
<i>Rys. 5.1.23</i>	<i>Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej. ....</i>	<i>90</i>
<i>Rys. 5.1.24</i>	<i>Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>92</i>
<i>Rys. 5.1.25</i>	<i>Funkcja przynależności prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia ETD .....</i>	<i>93</i>
<i>Rys. 5.1.26</i>	<i>Prawdopodobieństwo wykrycia przedmiotu zagrożonego z wykorzystaniem urządzenia ETD na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>95</i>
<i>Rys. 5.1.27</i>	<i>Funkcja oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego .....</i>	<i>101</i>
<i>Rys. 5.1.28</i>	<i>System kontroli bezpieczeństwa na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>103</i>
<i>Rys. 5.1.29</i>	<i>Funkcja oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym ....</i>	<i>107</i>
<i>Rys. 5.1.30</i>	<i>System obsługi bagażu rejestrowanego na podstawie ocen ekspertów .....</i>	<i>109</i>
<i>Rys. 7.1.1</i>	<i>Podsystemy systemu odprawy bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....</i>	<i>122</i>
<i>Rys. 7.4.1</i>	<i>Ocena systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....</i>	<i>127</i>

## Spis tabel

<i>Tab. 1.2.1 Metody MCDM jakości usług lotniczych</i>	12
<i>Tab. 1.2.2 Wybór trasy dla systemu obsługi bagażu</i>	14
<i>Tab. 1.2.3 Próbki podobieństwa międzyklasowego na MVB</i>	16
<i>Tab. 1.2.4 Badania wydajności w porcie lotniczym</i>	16
<i>Tab. 1.2.5 Zastosowanie RFID kategoryzowane według zmiennej</i>	22
<i>Tab. 1.2.6 Porównanie metody RFID oraz symulacji</i>	24
<i>Tab. 2.5.1 Wymagane poziomy bezpieczeństwa dla LPV</i>	32
<i>Tab. 3.1 Metody oraz parametry zastosowane i przeanalizowane w branży lotniczej</i>	38
<i>Tab. 5.2 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności odczytu kodu kreskowego</i>	60
<i>Tab. 5.2 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności systemu czytników</i>	63
<i>Tab. 5.3 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności przetwarzania informacji</i>	65
<i>Tab. 5.4 Oceny ekspertów dotyczące niezawodności umieszczania etykiety</i>	67
<i>Tab. 5.5 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu teleinformatycznego obsługi bagażu rejestrowanego</i>	69
<i>Tab. 5.6 Oceny ekspertów dotyczące systemu teleinformatycznego obsługi bagażu</i>	77
<i>Tab. 5.7 Oceny ekspertów dotyczące stopnia przesyłu bagażu rejestrowanego</i>	80
<i>Tab. 5.8 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa uszkodzenia bagażu</i>	82
<i>Tab. 5.9 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu przesyłu bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym</i>	83
<i>Tab. 5.10 Oceny ekspertów dotyczące systemu przesyłu i obsługi bagażu</i>	86
<i>Tab. 5.11 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem urządzenia RTG</i>	89
<i>Tab. 5.12 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej</i>	91
<i>Tab. 5.12 Oceny ekspertów dotyczące prawdopodobieństwa wykrycia przedmiotu zabronionego z wykorzystaniem kontroli manualnej</i>	94
<i>Tab. 5.14 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu kontroli bezpieczeństwa bagażu rejestrowanego</i>	95
<i>Tab. 5.15 Oceny ekspertów dotyczące systemu kontroli bezpieczeństwa</i>	102

<i>Tab. 5.16 Rozmyte reguły wnioskowania oceny systemu obsługi bagażu rejestrowanego w porcie lotniczym .....</i>	<i>103</i>
<i>Tab. 5.17 Oceny ekspertów dotyczące systemu obsługi bagażu rejestrowanego .....</i>	<i>108</i>
<i>Tab. 6.1 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 1 ekspert .....</i>	<i>113</i>
<i>Tab. 6.2 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 2 ekspert .....</i>	<i>114</i>
<i>Tab. 6.3 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 3 ekspert .....</i>	<i>114</i>
<i>Tab. 6.4 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 4 ekspert .....</i>	<i>115</i>
<i>Tab. 6.5 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 5 ekspert .....</i>	<i>116</i>
<i>Tab. 6.6 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 6 ekspert.....</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 6.7 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 7 ekspert .....</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 6.8 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 8 ekspert .....</i>	<i>118</i>
<i>Tab. 6.9 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 9 ekspert .....</i>	<i>119</i>
<i>Tab. 6.10 Weryfikacja metody obsługi systemu bagażu rejestrowanego – 10 ekspert .....</i>	<i>119</i>