

SPIS TREŚCI

Spis wybranych skrótów ____ 7

1

Wprowadzenie do problemu badawczego ____ 9

1.1 Rola transportu w procesie przewozu lotniczego ____ 9

1.2 Klasyfikacja zdarzeń niepożądanych w lotnictwie ____ 11

1.3 Wykorzystanie metod uczenia maszynowego w lotnictwie – wybrane aspekty z literatury ____ 12

2

Obszary zastosowania uczenia maszynowego na podstawie badań literatury ____ 15

2.1 Klasyfikacja algorytmów uczenia maszynowego ____ 15

2.2 Ogólna budowa modelu uczenia maszynowego ____ 16

2.3 Wybrane algorytmy uczenia maszynowego nadzorowanego ____ 19

2.4 Wybrane algorytmy uczenia maszynowego bez nadzoru ____ 21

2.5 Wybrane metody uczenia częściowo nadzorowanego ____ 23

2.6 Metoda uczenia maszynowego ze wzmocnieniem ____ 24

2.7 Uczenie wielozadaniowe a uczenie zespołowe ____ 25

2.8 Sieć neuronowa ____ 27

3

Metody i narzędzia zarządzania ryzykiem w transporcie lotniczym ____ 31

3.1 Bezpieczeństwo w transporcie lotniczym a zarządzanie ryzykiem ____ 31

3.2 Metody wyznaczania ryzyka w transporcie lotniczym ____ 34

3.2.1 Klasyfikacja metod ____ 34

3.2.2 Analiza drzew uszkodzeń ____ 36

3.2.3 Analiza drzewa zdarzeń ____ 38

3.2.4 Analiza Bow-Tie ____ 39

3.2.5 Macierz ryzyka ____ 41

3.3 Praktyczne zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego w lotnictwie ____ 44

Budowa modeli regresji logistycznej do prognozowania zajścia zdarzeń niepożądanych w lotnictwie ____ 51

4.1 Założenia do budowy modelu w aspekcie oceny bezpieczeństwa ____ 51

4.2 Koncepcja analizy z zastosowaniem regresji logistycznej ____ 52

4.2.1 Ogólna koncepcja modelu ____ 52

4.2.2 Wyznaczanie wpływu czynnika ludzkiego na zajście zdarzeń niepożądanych w lotnictwie – przegląd literatury ____ 54

4.2.3 Prognozowanie zajścia zdarzeń niepożądanych w lotnictwie, których przyczyną była zawodność techniki – przegląd literatury ____ 55

4.3 Opis matematyczny metody regresji logistycznej ____ 56

4.3.1 Szansa zajścia zdarzenia ____ 56

4.3.2 Współczynnik szans ____ 57

4.3.3 Obliczanie wielkości próbki do badań ____ 58

4.3.4 Zmienne do modelu ____ 59

4.4 Ocena modelu ____ 59

4.4.1 Badanie dopasowania modelu ____ 59

4.4.2 Znaczenie statystyczne poszczególnych współczynników regresji ____ 62

4.4.3 Dokładność przewidywania i dyskryminacji ____ 63

4.4.4 Walidacja modelu regresji logistycznej ____ 65

Weryfikacja modelu regresji logistycznej na danych rzeczywistych w transporcie lotniczym ____ 67

5.1 Dane wykorzystane do badań ____ 67

5.2 Analiza wpływu poszczególnych czynników ____ 67

5.3 Ocena wystąpienia zdarzeń niepożądanych przy różnych scenariuszach spowodowanych wystąpieniem czynnika ludzkiego ____ 71

5.4 Ocena wystąpienia zdarzeń niepożądanych przy różnych scenariuszach spowodowanych wystąpieniem awarii technicznej ____ 76

Zastosowanie naiwnego klasyfikatora Bayesa do prognozowania zajść zdarzeń niepożądanych w lotnictwie ____ 93

6.1 Założenia do modelu ____ 93

6.2 Koncepcja analizy z zastosowaniem naiwnego Bayesa ____ 95

6.3 Opis matematyczny algorytmu ____ 96

6.4 Ocena modelu ____ 97

6.5 Weryfikacja modelu na danych rzeczywistych pochodzących z procesu eksploatacji ____ 98

6.5.1 Istotność zmiennych ____ 98

6.5.2 Ocena dopasowania modeli metodą Gaussa ____ 101

6.5.3 Krzywa ROC ____ 104

7

Prognozowanie zajścia zdarzenia niepożądanego w lotnictwie za pomocą drzew losowych ____ 107

7.1 Założenia do budowy modelu w aspekcie oceny bezpieczeństwa ____ 107

7.2 Koncepcja analizy z zastosowaniem drzew klasyfikacyjnych ____ 109

7.3 Opis matematyczny algorytmu ____ 111

7.4 Ocena modelu ____ 112

7.4.1 Indeks Giniego ____ 112

7.4.2 Entropia ____ 113

7.5 Weryfikacja modelu na danych rzeczywistych ____ 113

7.5.1 Dobór parametrów modelu ____ 113

7.5.2 Istotność zmiennych ____ 118

7.5.3 Drzewa CART ____ 121

7.5.4 Ocena modelu ____ 124

7.5.5 Krzywa ROC ____ 125

8

Modelowanie zajścia zdarzenia niepożądanego w lotnictwie metodą wektorów podporowych ____ 127

8.1 Założenia do budowy modelu ____ 127

8.2 Model ogólny ____ 129

8.3 Matematyczny opis modelu ____ 130

8.3.1 Wybór jądra funkcji ____ 131

8.4 Opis modelu na danych rzeczywistych ____ 132

8.5 Weryfikacja modelu na danych rzeczywistych ____ 133

8.5.1 Ocena dopasowania modelu ____ 133

9

Zastosowanie metody najbliższych sąsiadów do prognozowania zajścia zdarzeń niepożądanych w lotnictwie ____ 139

9.1 Założenia do budowy modelu ____ 139

9.2 Ogólna koncepcja modelu ____ 141

9.3 Weryfikacja modelu na danych rzeczywistych ____ 143

9.3.1 Istotność zmiennych ____ 143

9.3.2 Ocena jakości dopasowania modeli ____ 145

