

Laboratorium nr 2

Zad 1

Awaryjne lądowanie lotu PLL LOT 016

Awaryjne lądowanie samolotu Boeing 767-300ER, z awarią podwozia, które odbyło się 1 listopada 2011 na Lotnisku Chopina w Warszawie.

W trakcie badania ustalono następujące przyczyny wypadku:

- Uszkodzenie giętkiego przewodu hydraulicznego łączącego instalację hydrauliczną na prawej goleni podwozia z instalacją hydrauliczną „C”, które zapoczątkowało zdarzenie.
- Otwarty bezpiecznik C829 BAT BUS DISTR w obwodzie zasilania instalacji awaryjnego wypuszczania podwozia w warunkach niesprawności centralnej instalacji hydraulicznej.
- Niewykrycie przez załogę lotniczą otwartego bezpiecznika C829 podczas podejścia do lądowania, po stwierdzeniu że nie można wypuścić podwozia z użyciem instalacji alternatywnej.

Przebieg:

1 listopada 2011 roku Boeing 767 odbywał lot z Newark do Warszawy. Kapitanem lotu nr 016 był Tadeusz Wrona, a drugim pilotem Jerzy Szwarc. Pierwsze informacje o kłopotach technicznych załoga sygnalizowała już w pół godziny po starcie z portu lotniczego Newark-Liberty w Stanach Zjednoczonych. Stwierdzono usterkę centralnego systemu hydraulicznego. Po zrealizowaniu procedury (zawartej w QRH – Quick Reference Handbook) związanej z sygnalizacją usterki i konsultacji z centrum operacyjnym operatora załoga podjęła decyzję o kontynuowaniu lotu do Warszawy. W trakcie podejścia do lądowania na lotnisko Warszawa-Okęcie załoga wykonała procedurę wypuszczenia podwozia za pomocą instalacji alternatywnej. Okazało się, że zadziałały klapy, ale nie wysunęło się podwozie. Załoga sprawdziła poprawność wykonania procedury. Następnie zgłosiła do kontrolera ruchu lotniczego informacje o braku możliwości wypuszczenia podwozia i poprosiła o pomoc centrum operacyjne. Samolot krążył w okolicy lotniska przez godzinę, aby wypalić paliwo – było go zbyt wiele na lądowanie awaryjne. Liczono także, że grawitacja odblokuje podwozie, co jednak nie nastąpiło.

Samolot przyziemił na drodze startowej 33. Ocierał się kadłubem i gondolami silników o nawierzchnię, która została przedtem zalana pianą przeciwpożarową. Samolot zatrzymał się bez zbaczania z pasa na skrzyżowaniu dróg startowych.



Rys 1. Uszkodzony przewód hydrauliczny (zaznaczony czerwonym okręgiem) na prawym podwoziu głównym samolotu SP-LPC. (Źródło – PKBWL)



Rys 2. Bezpiecznik C829 wybudowany z samolotu SP-LPC. Bezpiecznik w stanie włączonym/wciśniętym. Czerwona strzałka wskazuje główkę bezpiecznika (Źródło – Boeing)



Rys 3. Lotnisko EPWA. Czerwoną strzałką wskazano miejsce zatrzymania samolotu SP-LPC

Tabela 1. Wartości zmiennej lingwistycznej

	a	b	c	d
bardzo małe	0	0	1,00E-08	1,00E-07
małe	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
średnie	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
duże	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-02	1,00E-01
bardzo duże	1,00E-02	1,00E-01	1,00E+00	1,00E+00

E0 - Uszkodzenie przewodu hydraulicznego - Zdarzenie inicjujące

E1 - Otwarty bezpiecznik w obwodzie awaryjnego wypuszczania podwozia - Bardzo małe

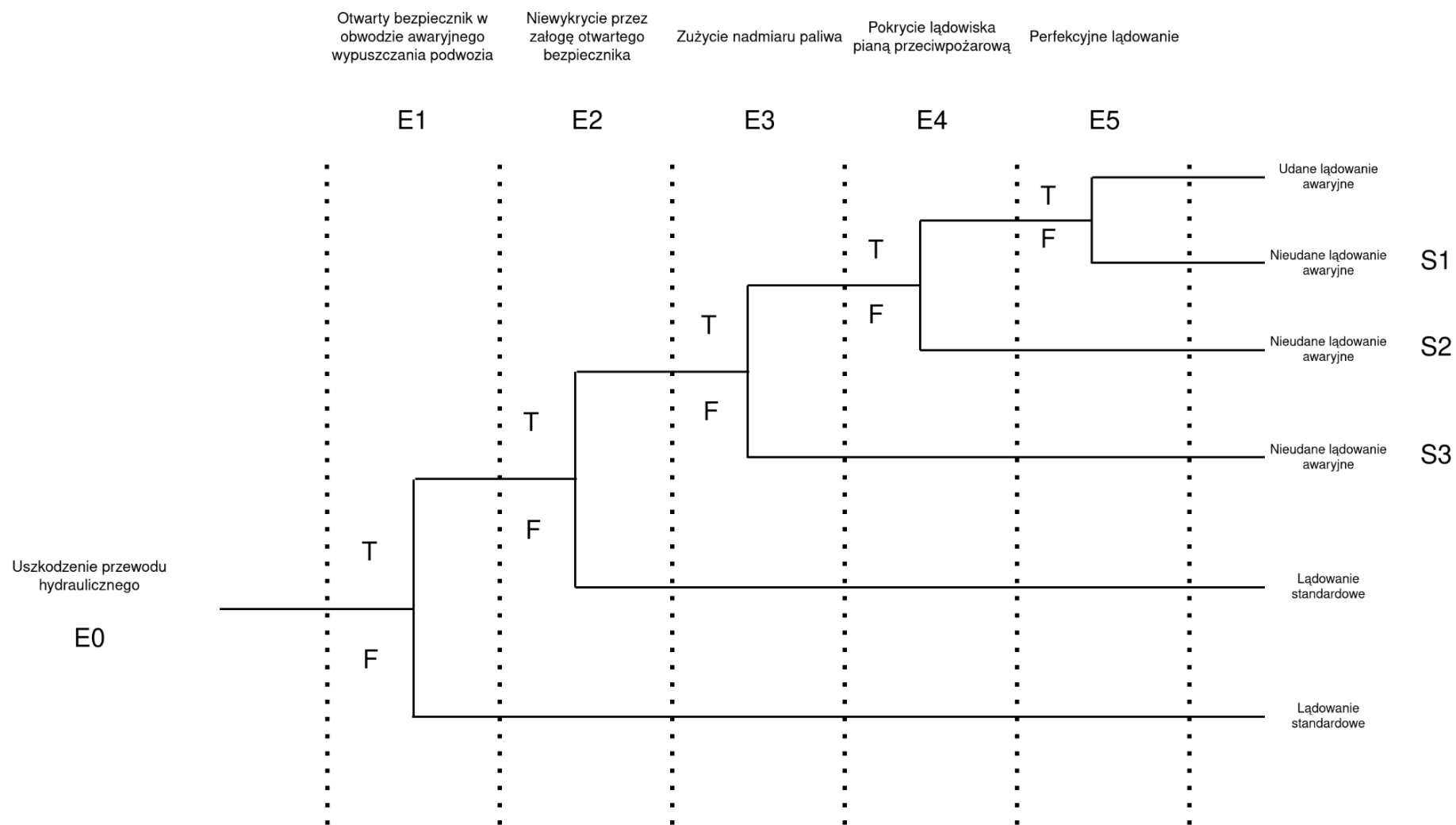
E2 - Niewykrycie przez załogę otwartego bezpiecznika - Średnie

E3 - Zużycie nadmiaru paliwa - Duże

E4 - Pokrycie lądowiska pianą przeciwpożarową - Bardzo duże

E5 - Perfekcyjne lądowanie - Średnie

Zad 2



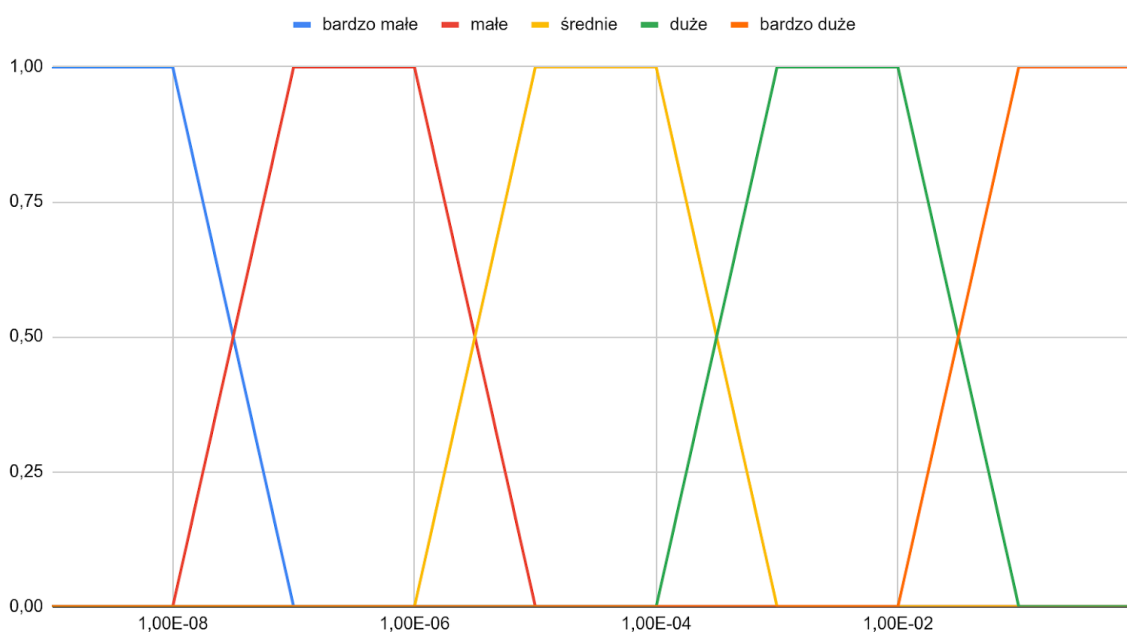
Rys 4. Drzewo zdarzeń

Zad 3

Tabela 2. Wartości funkcji przynależności dla danych zdarzeń

	a	b	c	d
E1	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-08	1,00E-07
E2	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
E3	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-02	1,00E-01
E4	1,00E-02	1,00E-01	1,00E+00	1,00E+00
E5	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03

Wartości zmiennej lingwistycznej



Rys 5. Wartości zmiennej lingwistycznej

Zad 4

Tabela 3. Wartości prawdopodobieństwa przekształcenia scenariusza nie skutkującego bardzo złymi konsekwencjami w zdarzenie K z tymi konsekwencjami

	Wzór	a	b	c	d
P(S1)	$T1 \cdot T2 \cdot T3 \cdot T4 \cdot F5$	0	0	1,00E-14	9,99E-12
P(S2)	$T1 \cdot T2 \cdot T3 \cdot F4$	0	0	0	0
P(S3)	$T1 \cdot T2 \cdot F3$	0	0	9,90E-13	9,00E-11
P(K)	$P(S1) + P(S2) + P(S3)$	0	0	1,00E-12	1,00E-10

Zad 5

Tabela 4. Analiza znaczenia dla wyeliminowania negatywnego wpływu poszczególnych zdarzeń

Prawd.	Wzór	a	b	c	d
$P(S1 \mid \text{NOT } E1)$	0	0	0	0	0
$P(S2 \mid \text{NOT } E1)$	0	0	0	0	0
$P(S3 \mid \text{NOT } E1)$	0	0	0	0	0
$P(K \mid \text{NOT } E1)$	0	0	0	0	0
$P(S1 \mid \text{NOT } E2)$	0	0	0	0	0
$P(S2 \mid \text{NOT } E2)$	0	0	0	0	0
$P(S3 \mid \text{NOT } E2)$	0	0	0	0	0
$P(K \mid \text{NOT } E2)$	0	0	0	0	0
$P(S1 \mid \text{NOT } E3)$	0	0	0	0	0
$P(S2 \mid \text{NOT } E3)$	0	0	0	0	0
$P(S3 \mid \text{NOT } E3)$	$T1 \cdot T2$	0	0	$1,00E-12$	$1,00E-10$
$P(K \mid \text{NOT } E3)$	$P(S3 \mid \text{NOT } E3)$	0	0	$1,00E-12$	$1,00E-10$
$P(S1 \mid \text{NOT } E4)$	0	0	0	0	0
$P(S2 \mid \text{NOT } E4)$	$T1 \cdot T2 \cdot T3$	0	0	$1,00E-14$	$1,00E-11$
$P(S3 \mid \text{NOT } E4)$	$T1 \cdot T2 \cdot T3$	0	0	$9,90E-13$	$9,00E-11$
$P(K \mid \text{NOT } E4)$	$P(S2 \mid \text{NOT } E4) + P(S3 \mid \text{NOT } E4)$	0	0	$1,00E-12$	$1,00E-10$
$P(S1 \mid \text{NOT } E5)$	$T1 \cdot T2 \cdot T3 \cdot T4$	0	0	$1,00E-14$	$1,00E-11$
$P(S2 \mid \text{NOT } E5)$	$T1 \cdot T2 \cdot T3 \cdot F4$	0	0	0	0
$P(S3 \mid \text{NOT } E5)$	$T1 \cdot T2 \cdot F3$	0	0	$9,90E-13$	$9,00E-11$
$P(K \mid \text{NOT } E5)$	$P(S1 \mid \text{NOT } E5) + P(S2 \mid \text{NOT } E5) + P(S3 \mid \text{NOT } E5)$	0	0	$1,00E-12$	$1,00E-10$

Tabela 5. Analiza znaczenia dla wyeliminowania negatywnego wpływu poszczególnych zdarzeń (różnica od prawdopodobieństwa końcowego)

	a	b	c	d
$P(K) - P(K \text{NOT } E1)$	0	0	1,00E-12	1,00E-10
$P(K) - P(K \text{NOT } E2)$	0	0	1,00E-12	1,00E-10
$P(K) - P(K \text{NOT } E3)$	0	0	1,00E-12	1,00E-10
$P(K) - P(K \text{NOT } E4)$	0	0	-1,00E-18	-1,00E-14
$P(K) - P(K \text{NOT } E5)$	0	0	-1,00E-18	-1,00E-14

Zad 6

Na podstawie analizy znaczeń wpływu poszczególnych zdarzeń na zdarzenie końcowe można wywnioskować, że prawdopodobieństwo wystąpienia nieudanego lądowania można zredukować do 0 poprzez eliminację przynajmniej jednego ze zdarzeń E1, E2 lub E3

Zad 7

Tabela 6. Analiza wrażliwości dla funkcji przynależności prawdopodobieństwa $P(T)$

	a	b	c	d
$N(P(E1))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-20	1,00E-17
$N'(P(E1))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-16	1,00E-13
$N(P(E2))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-20	1,00E-17
$N'(P(E2))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-16	1,00E-13
$N(P(E3))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-18	1,00E-15
$N'(P(E3))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-18	9,99E-16
$N(P(E4))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-18	1,00E-15
$N'(P(E4))$	-	-	-	-
$N(P(E5))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-18	1,00E-15
$N'(P(E5))$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-18	9,90E-16

Zad 8

Na podstawie przeprowadzonej analizy wrażliwości można stwierdzić, że największe znaczenie ma zmiana wartości dla zdarzeń dotyczących otwartego bezpiecznika i wykrycia otwartego bezpiecznika przez załogę.