

Julita GEREK, Michał ŁABUŚ
PP „Porty Lotnicze”, Warszawa

KONCEPCJA ANALIZY POTENCJALNYCH ZWIĄZKÓW PRZYCZYNOWO-SKUTKOWYCH ZAGROŻEŃ W RUCHU LOTNISKOWYM

Słowa kluczowe

Ruch na płytach lotniska, zależność przyczynowo-skutkowa, zależność statystyczna, czynnik ludzki.

Streszczenie

W artykule przedstawiono próbę określenia związków przyczynowo-skutkowych występujących podczas zdarzeń mających miejsce na płytach lotniska. Określono najważniejsze przyczyny wpływające na bezpieczeństwo ruchu. Na podstawie badań stwierdzono, że największe znaczenie ma tutaj czynnik ludzki. Opisano część zależności występujących pomiędzy przyczynami zdarzeń a czynnikiem ludzkim i określono ich wzajemne relacje. Ponadto pokazano proste metody analizy, które mogą być przydatne przy określaniu związków przyczynowo-skutkowych.

Wprowadzenie

Płytą lotniska nazywamy wydzieloną dla postoju statków powietrznych część powierzchni lotniska lądowego, na której odbywa się wsiadanie i wysiadanie pasażerów, załadowywanie lub wyladowywanie towaru, bagażu i poczty, zaopatrywanie w paliwo i obsługa tych statków. Czynności te należą do podstawowych funkcji realizowanych na lotniskach w związku z obsługą przewozu lotniczego. Istotne jest to, że czynności te są ze sobą wzajemnie powiązane

i podlegają oddziaływaniu licznych losowych czynników, najczęściej niepożądanemu.

1. Ruch na płycie lotniska

Płyta postojowa statków powietrznych jest miejscem, gdzie odbywa się wzmożony ruch pojazdów. Generalne zasady ruchu kołowego na płycie postojowej statków powietrznych są zbieżne z ogólnymi przepisami kodeksu ruchu drogowego. Specyfika tego ruchu wynika w szczególności z różnorodności typów pojazdów zaangażowanych w obsługę statków powietrznych oraz potencjalnej kolizyjności z ruchem statków powietrznych.

Głównymi ciągami komunikacyjnymi służącymi do poruszania się po płycie postojowej są drogi serwisowe. Są to drogi wytyczone na płaszczyznach płyt postojowych przeznaczone do ruchu pojazdów oraz specjalnego sprzętu obsługi statków powietrznych. Jednak wiele służb operacyjnych ze względu na charakterystykę swojej pracy nie korzysta z dróg serwisowych, lecz porusza się pomiędzy stanowiskami możliwie najkrótszymi trajektoriami, np. *Follow Me*.

2. Zagrożenia w ruchu

Poruszanie się na płycie lotniska związane jest z występowaniem wielu zagrożeń. Podstawowymi zagrożeniami dla tego ruchu jest możliwość wystąpienia kolizji pomiędzy różnymi pojazdami.

Wyniki światowych statystyk wskazują, że stale rośnie liczba zdarzeń lotniczych w ruchu lotniskowym, w tym w ruchu na płytach postojowych lotniska. Przez pojęcie zdarzenie lotnicze rozumiany jest odpowiednio: incydent lotniczy, poważny incydent lub wypadek lotniczy rozumiane zgodnie z Aneks 13 ICAO [2].

Ponadto na płytach postojowych dochodzi do wielu niebezpiecznych sytuacji, niemieszczących się w przedstawionej powyżej definicji zdarzeń lotniczych, a które określane są nazwą zdarzenia w kodeksie o ruchu drogowym i które są rejestrowane i monitorowane przez służby zarządzającego lotniskiem.

Do czynników utrudniających ruch na płytach lotniska a tym samym ułatwiających powstanie kolizji są m.in.:

- duża liczba pojazdów na płycie lotniska,
- duża liczba pojazdów o niestandardowej skrajni,
- możliwość włączania się do ruchu w praktycznie każdym miejscu drogi serwisowej przez pojazdy obsługi,
- praktyczny brak pionowych znaków orientacyjnych,
- dwudziestoczęterogodzinny tryb pracy służb,
- duża liczba obsługiwanych statków powietrznych,
- trudne warunki meteorologiczne.

Przyczyny dominującej liczby zdarzeń zarówno lotniczych, jak i drogowych występujących na płytach lotniska zostały sklasyfikowane jako „czynnik ludzki”.

Poważne i bardzo częste zagrożenia w ruchu lotniskowym związane są ponadto z przypadkami nieuprawnionej, tj. bez uzyskania stosownego zezwolenia organu służby kontroli lotniska, obecności statku powietrznego, pojazdu lub osoby na polu manewrowym lotniska.

3. Identyfikacja związków przyczynowo-skutkowych

Standardy i zalecane praktyki, które dotyczą zapewnienia bezpieczeństwa i ciągłości ruchu lotniskowego określa Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO) w przyjmowanych załącznikach (Aneksach ICAO) do Konwencji Chicagowskiej o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym (07 XII 1944 r.). ICAO określiła wymagania dotyczące:

- uzyskania certyfikatu upoważniającego do zarządzania lotniskiem – *Aerodrome Certificate*,
- wdrożenia i uzyskania certyfikatu Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem – *Safety Management*.

Najważniejszym warunkiem wydania certyfikatu *Aerodrome Certificate* jest zarządzanie eksploatacją lotniska w sposób zapewniający bezpieczeństwo ruchu lotniskowego, w tym ruchu pojazdów na płytach postojowych.

Podstawą wydania certyfikatu *Safety Management System* jest podejmowanie przedsięwzięć, których wynikiem jest minimalizacja prawdopodobieństwa zaistnienia strat ludzkich lub materialnych.

Praktyka zarządzania lotniskami dowodzi konieczności stosowania metod i procedur, które dostarczają wiarygodnych danych o zdarzeniach występujących na płytach lotniska przy stosunkowo niskim nakładzie sił i środków (podobnie do założeń ALARP – *As Low As Reasonably Practicable*, tzn. tak nisko, jak to praktycznie możliwe). Wymagania takie określone są również w warunkach i procedurach certyfikacyjnych lotnisk.

Jedną z metod określania powiązania ze sobą zmiennych losowych, w tym próbek empirycznych jest określenie ich zależności statystycznej, czyli korelacji. Intuicyjnie, można powiedzieć, że znając wartość jednej ze zmiennych, można, przynajmniej w niektórych sytuacjach, dokładniej przewidzieć wartość drugiej zmiennej, niż w przypadku braku informacji o pierwszej.

Współczynnik korelacji r to liczba, która określa, w jakim stopniu zmienne są współzależne. Jest on miarą korelacji dwu (lub więcej) zmiennych. Istnieje wiele różnych wzorów wyznaczających współczynniki korelacji. Większość z nich jest normalizowana tak, żeby przybierała wartości od -1 (zupełna korelacja ujemna), przez 0 (brak korelacji) do $+1$ (zupełna korelacja dodatnia).

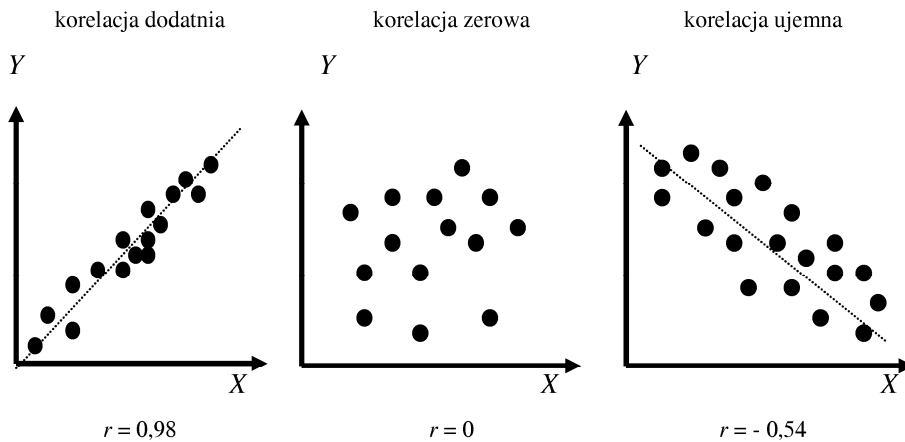
Najczęściej stosowany jest współczynnik korelacji liniowej, wyrażony wzorem:

$$r(X, Y) = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{D^2(X)D^2(Y)}}$$

Własności współczynnika korelacji – r :

- 1) jeżeli zmienne losowe X i Y są niezależne to $r(X, Y) = 0$
- 2) $|r(X, Y)| \leq 1$
- 3) jeżeli $Y = aX + b$ to $|r(X, Y)| = 1$

Wykres korelacji (rys. 1) jest narzędziem wykorzystywanym do analizy graficznej przedstawionej zależności zachodzących pomiędzy dwiema zmiennymi losowymi X i Y .

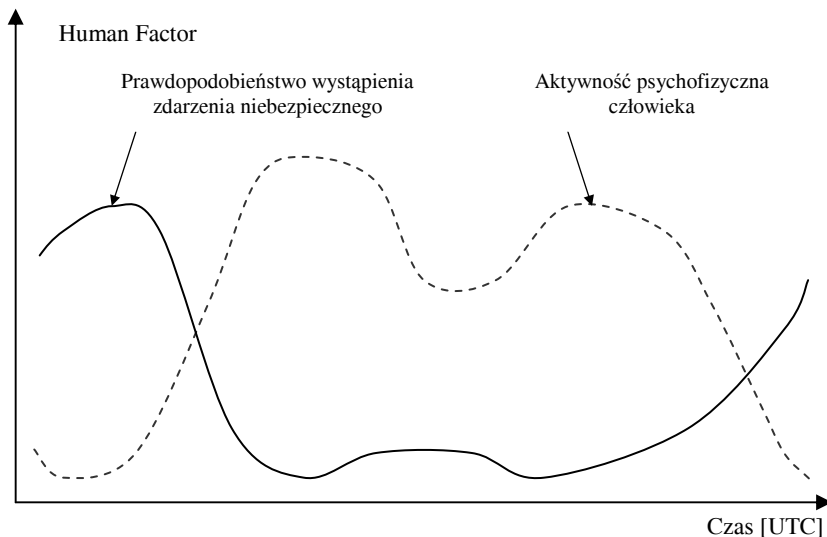


Rys. 1. Wykres korelacji dwóch zmiennych losowych X i Y

Przy posługiwaniu się korelacją ważna jest świadomość, że występowanie korelacji nie świadczy o występowaniu związków przyczynowo-skutkowych. W tym wypadku możemy mieć jedynie do czynienia ze współwystępowaniem zjawisk, a nie związkiem przyczynowo-skutkowym. W związku z tym, jeśli czynniki A i B korelują ze sobą, to powinno się tworzyć przynajmniej kilka hipotez na temat ich ewentualnego związku.

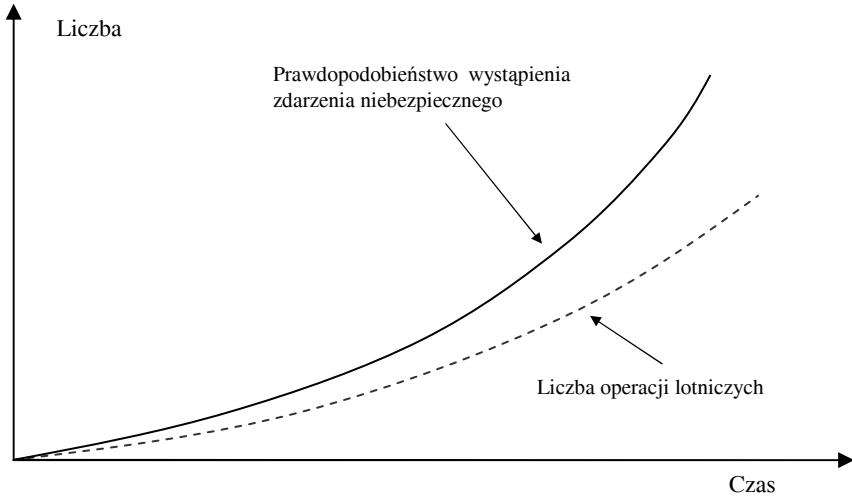
Ponadto, z uwagi na znaczny wpływ obserwacji odstających na wartość współczynnika korelacji wskazane jest stosowanie korelacji rangowych, np. Spearmana, gdzie w rozpatrywanym przypadku odpowiednim ryzykom możemy przyporządkować odpowiadające im wadze rangi.

Jednym z czynników wpływających na liczbę zdarzeń na płycie lotniska jest występowanie rytmu dobowego u ludzi. Przykładem na jego występowanie jest np. „post-lunch, phenomenon”, czyli zjawisko sjesty poobiedniej (znużenie, senność, obniżenie sprawności fizycznej), lub tygodniowy rytm pracy ze swoim optimum, minimum i maksimum wydolności. W toku licznych obserwacji zauważono, że doraźne zmiany „wyuczonych” cykliw pracy – wypoczynek, prowadzą do desynchronizacji biologicznego rytmu, która ma charakter stresowy, oraz do obniżenia w sposób niekontrolowany zdolności psychomotorycznych.



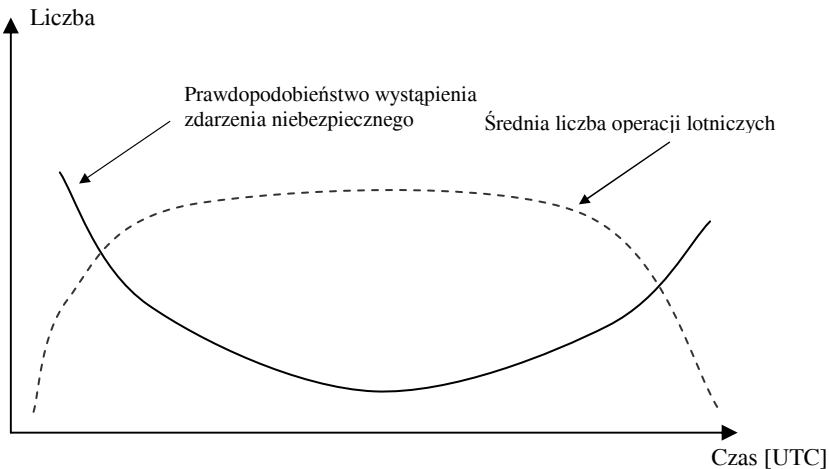
Rys. 2. Zależność pomiędzy aktywnością psychofizyczną człowieka a prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych w czasie doby

Jest to ważny aspekt występujący przy pracach wielozmianowych i nocnych. Na świecie przeprowadzono wiele eksperymentów, których celem było określenie wpływu rytmu dobowego na proste funkcje psychiczne, takie jak: podzielność i koncentracja uwagi, sprawność umysłowa, czas reakcji prostej oraz koordynacja wzrokowo-ruchowa. Analizy wykazały w okresie dziennym pewne „plateau” pomiędzy godziną 12:00 a 21:00 oraz maksymalny spadek poziomu wykonania w godzinach nocnych pomiędzy 03:00 a 06:00 (tzw. „*psia wachta*”). Na zmienność poziomu wykonania zadań wpływał aktualny stan psychiczny lub ogólna kondycja psychofizyczna, stopień wyszkolenia, poziom motywacji, niektóre cechy osobowości lub temperamentu, wymuszony cykl sen-czuwanie, brak snu itp.



Rys. 3. Zależność pomiędzy liczbą operacji lotniczych a prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego

Inną przyczyną generującą zagrożenia ruchu na płycie lotniska jest liczba i natężenie obsługiwanych operacji lotniczych. Wraz ze wzrostem liczby operacji lotniczych wzrasta zapotrzebowanie na obsługi statków powietrznych, co z kolei generuje zwiększone zapotrzebowanie na ruch pojazdów na płytach lotniska, co przekłada się na wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych (rys. 3).



Rys. 4. Zależność pomiędzy liczbą operacji a prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych w czasie doby

Ciekawą obserwacją odnotowaną w rzeczywistości jest wzrost liczby zdarzeń przy lekko malejącym ruchu lotniczym (rys. 4). Ta nietypowa sytuacja tłumaczona jest znaczącym spadkiem uwagi i zaangażowania kierujących pojazdami przy małym spadku bodźca wymuszającego tę uwagę. Występuje bowiem w umyśle ludzkim błędne przeświadczenie, mówiące „*Było ciężko i udało się, to jak teraz jest lżej, to też się musi udać*”.

Podsumowanie

Ruch lotniskowy jest stale nadzorowany, a każde zdarzenie podlega badaniu, z określeniem czasu trwania, miejsca, okoliczności i czasu wystąpienia, w celu określenia najbardziej prawdopodobnych przyczyn i ich wzajemnych powiązań. Zwrócono uwagę na nierównomierne rozłożenie występowania zdarzeń w czasie, co powoduje domniemanie, że ma to związek z cyklem pracy człowieka, jak również zmiennym w czasie natężeniem ruchu lotniczego. Dlatego w Porcie Lotniczym im. Fryderyka Chopina w Warszawie będziemy poszukiwać związków statystycznych między tymi czynnikami. Pomimo że zdarzeń tych nie ma wiele, to zgodnie z filozofią SMS gromadzimy i analizujemy wszelkie dane zdeterminowane, losowe i określone heurystycznie, (brak danych powoduje tu konieczność stawiania pewnych hipotez i poszukiwania dowodów na ich słuszność lub na prawdopodobieństwo ich wystąpienia), mając dodatkowo na uwadze fakt, że pojedyncze zdarzenia nie muszą stanowić zagrożenia, lecz ich splot może już grozić katastrofą.

Bibliografia

1. Accident Prevention Programme, ICAO Doc 9422.
2. Annex 13 ICAO to the Convention on International Civil Aviation – Aircraft Accident and Incident Investigation.
3. Annex 14 ICAO to the Convention on International Civil Aviation – Aerodromes.
4. Koronacki J., Mielniczuk J.: Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych. WNT, Warszawa 2006.
5. Kozłowski M., Okieniczyc A., Winiewski A.: Niezawodnościowy model czynnika ludzkiego w badaniu bezpieczeństwa ruchu lotniskowego. XI Międzynarodowa konferencja Transkomp 2007.
6. Małarski M., Kozłowski M.: Metody badania przyczyn i skutków zagrożenia bezpieczeństwa ruchu lotniskowego. XXXIII ZSN, Szczyrk 2005.

Recenzent:
Lesław BĘDKOWSKI

Concept the analysis of potential cause-effect relationships hazard in the airport traffic

Key-words

Traffic on the airport aprons, cause-effect relationship, the statistical relationship, human factor.

Summary

The article presents an attempt to determine cause-effect relationships that occur when events are taking place at the airport aprons. It identifies the major causes that affect traffic safety. Based on the case studies, it was found that the greatest significance here is the human factor. Next, it describes some relations between the causes of events and the human factor and sets out their mutual relations. In addition, the article shows a simple method of analysis that may be useful in determining cause-effect relationships.