

Adrian Gill

Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA REGUŁ DECYZYJNYCH W DOBORZE ŚRODKÓW REDUKCJI RYZYKA ZAGROŻEŃ

Rękopis dostarczono, kwiecień 2013

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania reguł decyzyjnych stosowanych w modelach tzw. gier z naturą w procesie doboru środków redukcji ryzyka zagrożeń do systemów bezpieczeństwa. Dobór tych środków jest jednym z kluczowych etapów tworzenia systemów bezpieczeństwa. Przedstawiono ogólny opis i założenia wskazanej koncepcji. W sposób szczegółowy zaprezentowano jej algorytm. Przedstawiono także jeden z wariantów realizacji koncepcji tj. sekwencyjny dobór środków redukcji ryzyka.

Słowa kluczowe: środki redukcji ryzyka, gry z naturą, systemy bezpieczeństwa

1. WPROWADZENIE

Podstawą rozwiązań prezentowanych w niniejszej pracy jest interpretacja relacji zachodzących między zasadniczymi elementami procesu zarządzania ryzykiem to jest między *źródłami zagrożeń*, *zagroženiami* oraz *elementami systemów bezpieczeństwa* nazywanymi także *środkami redukcji ryzyka zagrożeń*. Źródłem zagrożenia (*ŻŻ*) w obszarze analiz przyjęto nazywać każdy twór fizyczny, chemiczny, biologiczny, psychofizyczny, organizacyjny, osobowy (definicja *ŻŻ* – m.in. prace [8, 11]), którego obecność we wskazanym obszarze analiz, bądź jego stan, bądź własności są powodem sformułowania zagrożenia (*Z*). Rozpoznanie *ŻŻ*, sformułowanie *Z* i wskazanie wielkości szkód (strat) jakie mogą się ujawnić w wyniku ich aktywacji nazywa się *identyfikacją zagrożenia* [11]. Do jego sformułowania w większości przypadków wystarczają informacje dotyczące tylko jednego *ŻŻ*. Zwykle jest jednak tak, że sformułowanie zagrożenia staje się możliwe dopiero na podstawie wiedzy o kilku *ŻŻ*.

Stosunkowo trudno jest w tym kontekście wyjaśnić pojęcie zagrożenia. W sposób nieformalny można rozumieć je jako sposób wyrażenia strachu powodowanego rozpoznaniem *ŻŻ*. Można powiedzieć, że zagrożenie jest pewnym tworem wirtualnym – warunkową możliwością ujawnienia się szkód (strat) w wyniku procesu nazywanego aktywacją (lub aktywizacją) zagrożenia. Pomimo to dokonuje się szacowania

i hierarchizacji ryzyka zagrożenia. Jest to – przy zastosowaniu wybranego modelu ryzyka – określenie (wyznaczenie) wartości miary ryzyka (oszacowanie ryzyka) oraz jej przyporządkowanie do jednego z poziomów ryzyka. Daje to podstawę dalszych działań, których wynikiem są systemy bezpieczeństwa (SB). Należy wskazać, że elementami SB są środki redukcji ryzyka zagrożeń (ŚRR).

Od kilku lat trwają prace nad sformalizowaniem procedur tworzenia modeli systemów bezpieczeństwa. Wynikiem tych prac są m.in. publikacje [3, 4, 5, 6, 7]. Przyjęto w nich koncepcję warstwowych modeli systemów bezpieczeństwa (WMSB). W modelach tego typu wyróżnia się tzw. niezależne warstwy ochronne. Pojęcie niezależnych warstw ochronnych (IPL – *Independent Protection Layers*) zostało wprowadzone na potrzeby procedur analizy systemów bezpieczeństwa. IPL są wynikiem przyjętej procedury modelowania tych systemów w szczególności grupowania ŚRR z uwzględnieniem określonych kryteriów. Można powiedzieć, że IPL stanowią pewną strukturę funkcjonalną, której elementami są wybrane (sklasyfikowane w ramach jednej warstwy) ŚRR. IPL realizują – poprzez sklasyfikowane środki redukcji ryzyka – określone funkcje bezpieczeństwa.

Zakres IPL zwykle obejmuje kilka ŚRR. Dobór tych środków polega na wyborze tych spośród nich, które zostaną zastosowane w SB w odniesieniu do występujących ŻZ. Wyboru tych środków można dokonać różnymi sposobami. Niekiedy wystarcza intuicja, doświadczenie i/lub wiedza projektującego system bezpieczeństwa. Innym razem – aby sformalizować proces doboru ŚRR i tym samym skorzystać z zalet proceduralnego podejścia do tego procesu – można zastosować przepisy, wytyczne zawarte w normach dotyczących bezpieczeństwa np. normach dotyczących bezpieczeństwa maszyn tj. [1, 2]. Ogólnie, sposoby doboru ŚRR można zatem podzielić (adekwatnie do podziału strategii profilaktycznych proponowanego przez R. Studenskiego, praca [13]) na sposoby konformistyczne (wynikające z podejścia legislacyjnego i zakładające względną stałość metod i środków) oraz sposoby twórcze, nastawione na poszukiwanie innowacyjnych działań mających zdolność eliminowania ŻZ.

Niezależnie od przyjętego sposobu doboru ŚRR, istotnym zadaniem jest identyfikacja ŻZ występujących w obszarze analiz. Sposoby identyfikacji ŻZ zostały szczegółowo opisane m.in. w pracy [3]. Podstawowym problemem jest natomiast oszacowanie wielkości/wartości prawdopodobieństwa zdarzenia polegającego na aktywności ŻZ w obszarze analiz, szczególnie jeżeli źródła te pochodzą od środowiska naturalnego. Można przyjąć, że istnieje – co do aktywności ŻZ – pewien rodzaj niepewności rozumianej (za autorem pracy [12]) jako taki rodzaj przypadkowości, którego rozkład prawdopodobieństwa nie jest znany. W tym przypadku dobór ŚRR do występujących ŻZ jest podejmowaniem decyzji w warunkach niepewności. Rozwiązanie tego problemu jest możliwe z wykorzystaniem modeli matematycznych opisujących sytuacje konfliktowe to jest klasy modeli tzw. gier z naturą [9, 12]. Sformułowano zatem następujący cel niniejszej pracy: *przedstawienie koncepcji doboru środków redukcji ryzyka zagrożeń z zastosowaniem wybranych reguł decyzyjnych gier z naturą.*

2. OGÓLNY OPIS KONCEPCJI

2.1. UWAGI WSTĘPNE I ZAŁOŻENIA

Zasadniczą kwestią jest sformułowanie problemu doboru ŚRR do SB jako problemu decyzyjnego (sytuacji konfliktowej) możliwego do rozwiązania za pomocą modeli gier z naturą. W modelach tego typu, dokonuje się wyboru tzw. strategii gry lub inaczej strategii decydenta (gracza). Strategią nazywa się ogólnie (np. praca [12]), jeden z dostępnych sposobów postępowania w określonej sytuacji. Przyjęto takie sytuacje – tworzone przez otoczenie (naturę) – nazywać *stanami natury*. Wyboru strategii gry dokonuje się na podstawie jednej lub kilku reguł decyzyjnych: reguły Walda, reguły Savage'a, reguły Hurwicza, reguły Bayesa. Przyjmuje się ponadto, że podejmujący decyzję potrafi wskazać obszar decyzji dopuszczalnych, możliwe stany natury oraz możliwe do osiągnięcia rezultaty. Decydent nie zna rozkładów prawdopodobieństwa występowania danych stanów otoczenia w przyszłości lub nie chce korzystać z dostępnej wiedzy [12].

W prezentowanej w niniejszym artykule koncepcji przyjęto zatem, że strategią gry będzie zastosowanie ŚRR oddziałującego na odpowiednie ŹZ. Za stany natury uważa się aktywność jednego ŹZ lub jednocześnie, aktywność określonej kombinacji tych źródeł. Wybór ŚRR traktuje się w tym przypadku jako wybór jednej ze strategii gry. W kontekście wspomaganego procesu doboru ŚRR procedurami decyzyjnymi, wymienione założenia zostały sformułowane następująco:

- znane są środki redukcji ryzyka zagrożeń,
- znane są źródła zagrożeń występujące w obszarze analiz,
- znana jest skuteczność działania środków redukcji ryzyka zagrożeń,
- środek redukcji ryzyka zagrożeń oddziałuje na jedno lub więcej źródeł zagrożeń występujących w obszarze analiz,
- stopień skuteczności oddziaływania środka redukcji ryzyka zagrożeń przyjmuje wartości ze zbioru liczb binarnych,
- zagrożenie formułuje się na podstawie jednego źródła zagrożenia,
- jedno źródło zagrożenia może być przyczyną rozpoznania kilku zagrożeń,
- skończona jest liczba środków redukcji ryzyka i liczba źródeł zagrożeń.

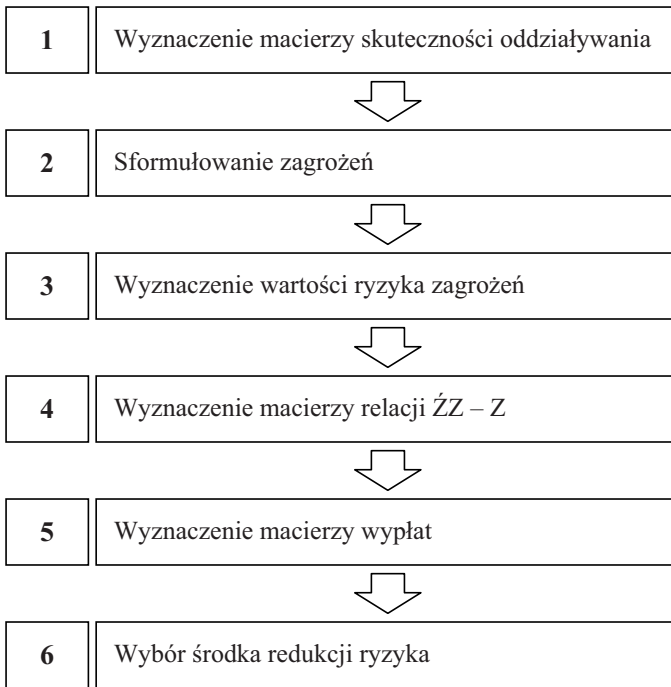
Kolejnym etapem realizacji prezentowanej koncepcji jest wybór określonej reguły lub zastosowanie wybranej ich sekwencji. W związku z tym można np. przyjąć wariant mało optymistyczny polegający na tym, że wystąpi sytuacja najmniej korzystna dla podejmującego decyzję. Wystąpi ŹZ, względem którego przewidziano najmniej skuteczny ŚRR. Pomimo takiej sytuacji pożądanym jest uzyskanie przez decydenta maksymalnej korzyści. Proponuje się zatem wstępnie, skorzystać z reguł zachowawczych to jest np. reguły Walda lub reguły Savage'a.

Podjęcie decyzji o wyborze strategii odbywa się na podstawie tzw. macierzy wypłat (macierzy korzyści, itp.). Element macierzy oznacza wypłatę (korzyść) decydenta w postaci wartości redukcji ryzyka zagrożeń uzyskiwaną w przypadku wyboru i -tego ŚRR i wystąpienia j -tego ŹZ. Przyjęto, że elementami macierzy wypłat będą wartości redukcji

ryzyka zagrożeń. W opisie algorytmu postępowania (rozdz. 2.2) podano propozycję wyznaczania macierzy wypłat.

2.2. ALGORYTM POSTĘPOWANIA

Ogólny algorytm postępowania w doborze środków redukcji ryzyka zagrożeń z wykorzystaniem reguł decyzyjnych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Ogólny algorytm etapów postępowania według koncepcji doboru środków redukcji ryzyka zagrożeń do systemów bezpieczeństwa wykorzystującej reguły decyzyjne gier z naturą

Dalej przedstawiono opis poszczególnych kroków algorytmu.

Krok 1 – Wyznaczenie macierzy skuteczności oddziaływania $\dot{S}RR$ na $\dot{Z}Z$

Przyjęto, że strategią gry będzie postępowanie wobec j -tego $\dot{Z}Z$ polegające na zastosowaniu i -tego $\dot{S}RR$. Istnieje zatem m ($i = 1, 2, \dots, m$) strategii odpowiadających m -tej liczbie możliwych do zastosowania $\dot{S}RR$. Decyzja polega na wyborze jednej ze strategii.

Podjęcie kilku, następujących po sobie decyzji według przyjętej reguły, utworzy określoną sekwencję doboru ŚRR.

Niech macierz \mathbf{A} będzie macierzą odwzorowującą możliwości postępowania wobec ŻŻ tzn. macierzą wartości skuteczności oddziaływania ŚRR na ŻŻ rozpoznane w obszarze analiz. Macierz \mathbf{A} jest macierzą prostokątną o następującej postaci:

$$\mathbf{A} = [a_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

gdzie a_{ij} oznacza stopień skuteczności oddziaływania i -tego ŚRR na j -te ŻŻ występujące w obszarze analiz. Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami a_{ij} przyjmuje wartości z następującego zbioru O :

$$O = \{0;1\} \quad (2)$$

gdzie:

0 – oznacza brak oddziaływania (zerowy stopień redukcji ryzyka zagrożeń związanych ze źródłem zagrożenia)

1 – oznacza pełne oddziaływanie (eliminacja źródła zagrożenia)

Krok 2 – Sformułowanie zagrożeń

Polega na określeniu, wskazaniu możliwości negatywnego oddziaływania jednego ŻŻ lub określonej kombinacji ŻŻ na elementy obszaru analizy. Zwykle są to elementy systemów C-T-O (człowiek, technika, otoczenie). Zgodnie z tymi właśnie kategoriami poszukuje się „odbiorców” negatywnego oddziaływania ŻŻ. Istotnym z punktu widzenia prezentowanej koncepcji jest przede wszystkim ustalenie powiązań między ŻŻ a zagrożeniami.

Krok 3 – Wyznaczenie wartości ryzyka zagrożeń

Dla potrzeb decyzyjnych związanych wyborem ŚRR wyznacza się miarę ryzyka zagrożeń jako wartości pewnej funkcji R postaci [10]:

$$R : Z \rightarrow V \subset \mathbf{R}, \quad (3)$$

przyporządkowującej zagrożeniom ze zbioru Z wartości z pewnego podzbioru V zbioru liczb rzeczywistych \mathbf{R} .

Postać funkcji R może być różna, zależna od przyjętego modelu ryzyka zagrożeń. Model ryzyka każdego zagrożenia jest funkcją składowych będących wynikiem odrębnych decyzji, podjętych na podstawie analizy według m kryteriów K_i ($i = 1, 2, \dots, m$). Zgodnie z definicjami ryzyka, każde z m kryteriów musi być takie aby składowa $r_i(z_k)$ będąca wynikiem decyzji wg tego kryterium należała do grupy składowych wyrażających możliwość aktywizacji zagrożenia z_k lub wielkość potencjalnych szkód powstałych po jego aktywacji (materializacji) w zdarzeniu niepożądanym [10].

Krok 4 – Wyznaczenie macierzy relacji $\dot{Z}Z - Z$

W związku z tym, że między źródłami zagrożeń i zagrożeniami występują określone wcześniej relacje (Krok 2), można wyznaczyć macierz \mathbf{B} – relacji między j -tym $\dot{Z}Z$ a k -tym zagrożeniem (Z). Niech zatem macierz \mathbf{B} przyjmuje następującą postać:

$$\mathbf{B} = [b_{kj}]_{l \times n}, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, l \quad (4)$$

Elementy b_{kj} macierzy należy wyrazić liczbowo. W prezentowanej koncepcji przyjęto, że elementy te w dogodny sposób wyraża łączna wartość ryzyka zagrożenia wyznaczona w kroku 4 algorytmu, to znaczy:

$$\forall_{k=1, 2, \dots, l} b_{kj} = R(z_k) \quad (5)$$

Krok 5 – Wyznaczenie macierzy wypłat

Niech macierz \mathbf{C} będzie macierzą wypłat (macierzą korzyści, itp.). Element macierzy c_{ij} oznacza zatem wypłatę (korzyść) decydenta w postaci wartości redukcji ryzyka zagrożeń uzyskiwaną w przypadku wyboru i -tego $\dot{S}RR$ w odniesieniu do j -tego $\dot{Z}Z$. Korzystając ze zdefiniowanych wcześniej macierzy \mathbf{A} i \mathbf{B} wyznacza się macierz \mathbf{C} – wartości redukcji ryzyka zagrożeń – w następujący sposób:

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B}^T \quad (6)$$

Krok 6 – Wybór środka redukcji ryzyka

Zakładając, że wybór realizuje się na podstawie reguły Walda należy dla każdej strategii (każdego wiersza) macierzy wypłat określić najmniejszą wartość (minimalną wygraną), a następnie wybrać taką spośród strategii, dla której minimalna wygrana/korzyść jest największa. Strategię możemy uznać za optymalną w sensie kryterium Walda jeżeli:

$$c_\kappa = \max_i \{ \min_j c_{ij} \} \quad (7)$$

gdzie κ oznacza numer strategii (odpowiadający: numerowi wiersza macierzy wypłat \mathbf{C} , numerowi wiersza macierzy skuteczności oddziaływania \mathbf{A} i tym samym numerowi $\dot{S}RR$) uznanej za optymalną.

Podejmowanie decyzji może zatem przebiegać dwuetapowo:

Krok 1 – Dla każdej strategii i wybiera się najniższy możliwy dochód (najniższą możliwą korzyść) c_i (minimum dla wierszy)

Krok 2 – Ze wszystkich strategii wybiera się strategię o numerze κ , dla której minimalna wartość dochodu jest maksymalna.

3. SEKWENCYJNY DOBOR ŚRODKÓW REDUKCJI RYZYKA ZAGROŻEŃ

Zwykle, ze względu na liczbę \dot{Z} lub poziom ryzyka zagrożeń, istnieje potrzeba doboru więcej niż jednego ŚRR. Zgodnie z prezentowaną koncepcją można dokonać tego na dwa sposoby. Pierwszy sposób polega na odpowiednim sformułowaniu strategii decydenta w postaci określonej kombinacji ŚRR. Drugi sposób polega na kilkukrotnym wyborze strategii gry z uwzględnieniem wybranej reguły lub kilku reguł decyzyjnych. Z uwagi na ograniczone miejsce tej publikacji przedstawiono tylko drugi ze sposobów. Jest to kilkukrotne zastosowanie reguły Walda ze zmieniającą się macierzą wypłat. Algorytm metody przedstawiono na rysunku 2.

W przedstawionym algorytmie (rys. 2) założono, że znana jest macierz wypłat \mathbf{C} albo uzyskano ją w procesie poprzedzającym, uprzednio zdefiniowanym (zależność (6)). Liczbę iteracji (ponownego, kilkukrotnego zastosowania reguły Walda) w jednej sekwencji doboru określa zmienna l .

Zasadnicza część obliczeń rozpoczyna się wyznaczeniem kolejno maksymalnej i minimalnej wartości redukcji ryzyka zagrożeń (zgodnie z regułą Walda) na podstawie macierzy \mathbf{C} (zależność (7)). W związku z przyjętym algorytmem wyznaczania macierzy wypłat, głównie binarną postacią macierzy \mathbf{A} (zależność (1)) może wystąpić przypadek równorzędnych rozwiązań optymalnych. W celu rozwiązania problemu proponuje się wyznaczyć wektor wskaźników skuteczności $\mathbf{w} = [w_i]$, którego elementy wyznacza się według następującego wzoru:

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^l c_{ik}}{\sum_j^n a_{ij}}; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

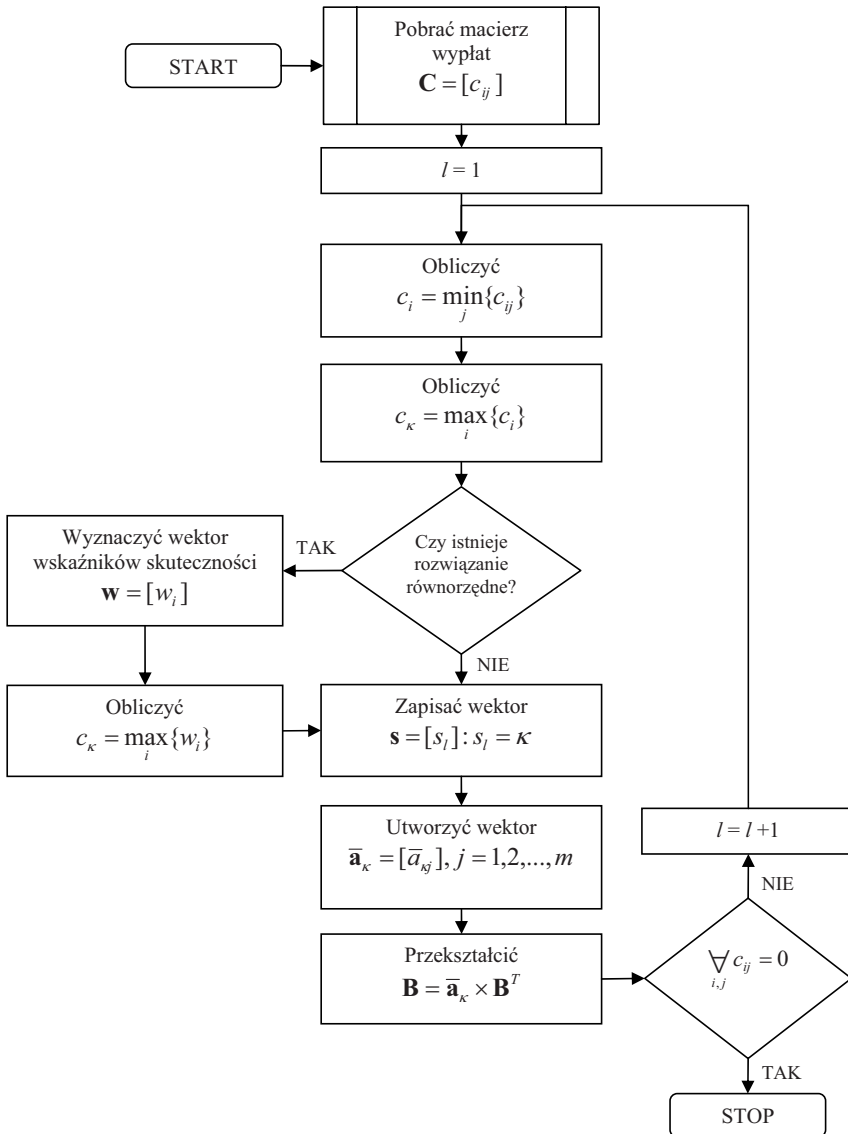
oraz ponownie obliczyć wartość zmiennej c_{κ} .

Następnie dokonuje się zapisu rozwiązania w postaci pewnego wektora rozwiązań \mathbf{s} o następującej postaci:

$$\mathbf{s} = [s_l], \quad l = 1, 2, \dots \quad (9)$$

gdzie s_l przyjmuje wartość będącą numerem ŚRR (jednocześnie numerem $i = 1, 2, \dots, m$ wiersza macierzy \mathbf{A}) równą numerowi κ strategii optymalnej (decyzji uzyskanej zgodnie z kryterium Walda – zał. (7)) w l -tej iteracji danej sekwencji doboru.

Następnym krokiem jest wyznaczenie wektora $\bar{\mathbf{a}}_{\kappa}$ służącego do modyfikacji macierzy \mathbf{B} oraz – tym samym – macierzy \mathbf{C} . Wektor ten tworzy się na podstawie elementów κ -tego wiersza macierzy \mathbf{A} ($i = \kappa$), związanego ze strategią optymalną w l -tej iteracji.



Rys. 2. Algorytm sekwencyjnego zastosowania reguły Walda ze zmieniającą się macierzą wypłat do wspomaganego doboru środków redukcji ryzyka zagrożeń

Wartości elementów wektora \bar{a}_κ są negacjami odpowiednich wartości elementów wiersza macierzy A tzn.:

$$\bar{\mathbf{a}}_k = [\bar{a}_{kj}], j = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Ostatnim krokiem obliczeń jest przekształcenie macierzy wypłat \mathbf{C} co realizuje się poprzez przekształcenie macierzy \mathbf{B} za pomocą wektora $\bar{\mathbf{a}}_k$ w następujący sposób:

$$\mathbf{B} = \bar{\mathbf{a}}_k \times \mathbf{B}^T \quad (11)$$

Jeżeli po przekształceniu (11) i następnie (6), macierz \mathbf{C} jest macierzą zerową to sekwencja doboru środków redukcji ryzyka jest ukończona. W innym przypadku przechodzi się do kolejnej ($l+1$) iteracji.

4. ZAKOŃCZENIE

Możliwość wyboru kilku środków redukcji ryzyka zagrożeń w odniesieniu do źródła zagrożeń zidentyfikowanego w obszarze analiz, stawia przed projektantem systemu bezpieczeństwa pewien problem decyzyjny. Nieracjonalny dobór środków redukcji ryzyka, które tworzyć będą system bezpieczeństwa prowadzi do utworzenia zbyt rozbudowanych systemów o znacznych kosztach eksploatacji. Uzasadnionym podejściem jest dokonywanie wyboru na podstawie oszacowanego stopnia redukcji ryzyka zagrożeń. Pożądane jest przy tym uzyskanie rozwiązania, które najkorzystniej zmienia poziom stopnia narażeń pochodzący od danego źródła zagrożeń (lub kombinacji źródeł zagrożeń). Problem stanowi poszukiwanie rozwiązania jeżeli nieznane są prawdopodobieństwa (rozkłady prawdopodobieństwa) występowania źródeł zagrożeń. Taki rodzaj braku informacji przyjęto nazywać niepewnością. W tym przypadku dobór środków redukcji ryzyka do występujących źródeł zagrożeń jest podejmowaniem decyzji w warunkach niepewności. Rozwiązanie problemu uzyskano z wykorzystaniem modeli matematycznych opisujących sytuacje konfliktowe to jest klasy modeli tzw. gier z naturą i reguł decyzyjnych stosowanych w ramach tych modeli. Założono, że wystąpi sytuacja najmniej korzystna dla podejmującego decyzję to jest wystąpi źródło zagrożenia (lub kombinacja tych źródeł) względem którego przewidziano najmniej skuteczny środek redukcji ryzyka. Z tego powodu skorzystano z tzw. reguł zachowawczych to jest reguły Walda. Wymagało to przyjęcia kilku założeń: znane są ŚRR i ich liczba, zidentyfikowane są ŻŻ, znana jest skuteczność działania ŚRR, w danym czasie w obszarze analiz występuje tylko jedno ŻŻ lub jednocześnie, określona kombinacja tych źródeł rozumiana jako „stan natury”.

LITERATURA

1. Bezpieczeństwo maszyn. Ogólne zasady projektowania. Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka. Polska norma: PN-EN ISO 12100, luty 2011.
2. Bezpieczeństwo maszyn. Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania. Część 1: Podstawowa terminologia, metodyka. Polska norma: PN-EN ISO 12100-1.

3. Gill A., Koncepcja metody projektowania i analizy systemów bezpieczeństwa dla pojazdów szynowych, Technika Transportu Szynowego, nr 9/2012 s. 737÷747, wersja CD.
4. Gill A., Kadziński A.: System obsługi pojazdów szynowych jako element w warstwowym modelu ich systemów bezpieczeństwa, Pojazdy Szynowe, 2006, nr 4, s. 31÷38.
5. Gill A., Kadziński A., Klasyfikacje środków redukcji ryzyka zagrożeń w warstwowym modelach systemów bezpieczeństwa w transporcie, czasopismo Logistyka, nr 4/2010, wersja CD.
6. Gill A., Kadziński A., Warstwowe modele systemów bezpieczeństwa jako narzędzia procedur postępowania wobec ryzyka zagrożeń w komunikacji tramwajowej, czasopismo Logistyka, nr 6/2011, wersja CD.
7. Gill A., Kadziński A., The concept of identification of layers of safety system models through classification of risk reduction measures, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 19, No. 1 2012.
8. Gill A., Kadziński A., The identification of hazards generated in municipal transport on the example of the doors fitted in the 105Na tram. Problems of maintenance of sustainable technological systems, vol. IV Automotive Engineering and Vehicle Safety Engineering, Monographs of the Maintenance Systems Unit, Polish Academy of Sciences, Kielce University of Technology, Kielce 2012.
9. Jędrzejczyk Z., Skrzypek J., Kukuła K., Walkosz A., Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 1999.
10. Kadziński A., Warguła J., Gill A., Szacowanie i wartościowanie ryzyka zagrożeń związanych z odcinkiem szybkiego tramwaju na poznańskiej sieci tramwajowej, czasopismo Logistyka, nr 3/2012, wersja CD.
11. Kadziński A., Gill A., Analiza możliwości integracji metod zarządzania ryzykiem. Integracja pojęć (rozdz. 7.3.2). W: Krystek R.(red.) Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu, Tom 2 - Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Sp. z o.o., Wydanie 1, Warszawa 2009.
12. Sikora W., Badania operacyjne, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
13. Studenski R., Zastosowanie metody twórczego rozwiązywania problemów w projektowaniu działań profilaktycznych, W: Materiały na VI Sympozjum bezpieczeństwa systemów, Kiekrz, 10-13 czerwca 1996, s. 150÷154.

CONCEPT OF SELECTION OF RISK REDUCTION MEASURES TO SAFETY SYSTEMS

Summary: Paper presents the use of decision rules used in the models to solve conflict situations (so-called models games with nature) to the selection of risk reduction measures to safety systems. The choice of these measures is one of the key steps in the creation of safety systems. A general description and assumptions the concept is presented. A detailed model is given. Also shown one variant of the concept, ie the sequential selection of risk reduction measures.

Keywords: risk reduction measures, games with nature, safety systems