

Andrzej Szymanek
Politechnika Radomska

KONCEPCJA „TRZECH PIĘTER” ZARZĄDZANIA RYZYKIEM W TRANSPORCIE

Streszczenie. W referacie przedstawiono autorską koncepcję „trzech pięter” zarządzania ryzykiem w transporcie. Takie spojrzenie na zarządzanie ryzykiem wynika z trój-interpretacji pojęcia systemu oraz z procesowego podejścia do interpretacji systemu transportu. Tytuł referatu sugeruje hierarchiczność zarządzania ryzykiem, ale nie jest to takie oczywiste i dlatego lepiej mówić o zarządzaniu ryzykiem na trzech poziomach systemu transportowego: 1. poziomie elementów struktury systemu; 2. poziomie procesów realizujących cele systemu; 3. poziomie „zachowań” systemu. W prezentowanej tutaj koncepcji ryzyko jest konstruktem „wielowymiarowym” i dotyczy wszystkich efektów negatywnych transportu (ENT-ów). Chodzi między innymi o ryzyka: utraty życia (aspekt bezpieczeństwa), degradacji środowiska naturalnego, powstania kongestii transportowej.

Słowa kluczowe: transport, zarządzanie ryzykiem, ryzyka strukturalne, ryzyka funkcjonalne.

1. WSTĘP

Głównym celem zarządzania systemami transportu jest bezpieczna, sprawna i ekonomicznie uzasadniona realizacja procesów roboczych transportu, przy istniejących uwarunkowaniach technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych, [1]. Bezpieczeństwo transportu, to tylko jedna z cech systemu transportowego. Oznacza to, że zarządzanie bezpieczeństwem transportu jest zadaniem quasi-optimalizacyjnym; jeżeli bowiem przyjąć jako cel maksymalizację poziomu bezpieczeństwa, to pozostałe składowe wektora „jakości transportu” - sprawność i koszt transportu są istotnymi ograniczeniami. Z kolei zasadniczą sprawą w zarządzaniu bezpieczeństwem jest ocena wszystkich możliwych ryzyk w analizowanym systemie transportowym.

Ogólnym celem analizy ryzyka w transporcie jest opracowanie racjonalnych podstaw do podejmowania decyzji dotyczących unikania strat, które mogą wystąpić na dowolnym poziomie zarządzania transportem i w dowolnym miejscu konkretnego systemu transportowego, [2]. Decyzje takie stanowią składnik procesu zarządzania ryzykiem. Pierwszym etapem tego procesu jest analiza ryzyka w której dokonuje się oszacowania wielkości ryzyka. Analiza ryzyka w systemach transportowych jest strukturalnym

procesem identyfikacji zarówno prawdopodobieństw, jak też wielkości (zakresu) strat spowodowanych w systemie lub/i jego otoczeniu, przy czym do strat szczególnych zaliczane są fizyczne szkody ponoszone przez elementy struktury systemu (ludzie, infrastruktura, środki transportu) i/lub otoczenie (środowisko).

Z ogólnej formuły obliczania ryzyka wynika, że analiza ryzyka sprowadza się zawsze do wyboru „najlepszej” metody, która pozwoli na: 1. identyfikację zagrożeń (zdarzeń niepożądanych); 2. oszacowanie częstości (prawdopodobieństw) zdarzeń niepożądanych; 3. oszacowanie konsekwencji (skutków) zdarzeń niepożądanych; 4. rekonstrukcję możliwych scenariuszy awaryjnych (wypadkowych).

Analiza ryzyka zależy od „mapy zagrożeń” w analizowanym systemie transportowym. A gdzie będą zagrożenia? Zagrożenia będą tam, gdzie będą potencjalne straty. A tych należy poszukiwać w: 1. strukturze systemu; 2. procesach roboczych systemu; 3. efektach negatywnych zachowania systemu. To główna idea tego referatu. A jest ona prostą implikacją trojkiej interpretacji systemu złożonego jakim jest każdy system transportowy.

Problematyka analizy ryzyka i szerzej zarządzania ryzykiem ma bardzo bogatą bibliografię i trudno w takim opracowaniu odnieść się do wszystkich jej nurtów; reprezentatywny przegląd literatury dotyczącej metod analizy, wartościowania oraz kontroli ryzyka w technice, także transporcie zamieszczono w rozdziale monografii autora, [3]. Z obszerniejszych monograficznych publikacji zagranicznych dotyczących analizy ryzyka wymienimy [4], [5], [6], [7], [8]. Spośród raportów instytucji naukowo-badawczych wymienimy dla przykładu, [9].

Problematyka zarządzania ryzykiem od lat pojawia się w artykułach publikowanych w renomowanych czasopismach z zakresu bezpieczeństwa i niezawodności. Ze publikacji starszych wymienimy dla przykładu, [10], [11]. Z nowych publikacji na przykład [12], [13].

Od 2000 roku podejmowane są próby harmonizacji metod zarządzania ryzykiem w technice (EC-JRC, 2000), ale dotychczas nie opracowano ogólnoeuropejskiego standardu w tym zakresie, [14]. Dotyczy to także zarządzania ryzykiem w transporcie. Rekomendacje do dalszych prac nad oceną ryzyka w transporcie zawarto m. innymi w raportach ETSC, [15], [16]. Natomiast kryteria oceny ryzyka w programach bezpieczeństwa transportu są przedmiotem m. innymi raportu [17] oraz artykułu [18].

Publikacje z zakresu analizy ryzyka w ruchu i transporcie drogowym pojawiają się wprawdzie o dawna i dość często, [19], [20], [21], [22], ale w przeciwieństwie do wielu dziedzin techniki nie wypracowano na razie jednolitej metody zarządzania ryzykiem. Tworzone są dopiero podstawy metodyki zarządzania ryzykiem opartej na standardowych elementach: analizie ryzyka, wartościowaniu i ocenie ryzyka oraz usuwaniu ryzyka i sterowaniu ryzykiem pozostałym, [23]. Ważniejsze problemy zarządzania ryzykiem w transporcie omówiono w artykule [24].

Coraz częściej badacze zajmujący się ryzykiem transportu korzystają z wartościowych uogólnień jakie znajdują w zarządzaniu ryzykiem łańcuchów dostaw, [25]. Perspektywy badawcze w tym zakresie omawia jedna z nowszych publikacji [26].

2. TRZY PIĘTRA ZARZĄDZANIA RYZYKIEM W TRANSPORCIE

Zarządzanie bezpieczeństwem, to rodzaj zarządzania systemowego, czyli zarządzania przez cele. Przyjmując zasadę „głębokiej obrony” – można zdefiniować cztery główne cele i odpowiadające im cztery grupy metod zarządzania ryzykiem w transporcie:

1. minimalizacja ryzyka wypadków transportowych metodami profilaktyki bezpieczeństwa; chodzi tutaj o minimalizację prawdopodobieństwa zagrożeń transportowych i/lub minimalizację potencjalnych strat w systemie;
2. minimalizacja liczby niepożądanych zdarzeń transportowych (incydentów, konfliktów, kolizji, wypadków); stosowane są aktywne metody poprawy bezpieczeństwa;
3. minimalizacja skutków wypadków transportowych; stosowane są pasywne metody poprawy bezpieczeństwa;
4. minimalizacja skutków katastrof transportowych; stosowane są metody zarządzania kryzysowego.

Wymienione powyżej cztery główne cele zarządzania bezpieczeństwem w transporcie są realizowane w różnych warstwach zarządzania oraz dla różnych obszarów oddziaływania i wpływu. Dla transportu drogowego propozycje warstw i obszarów zarządzania bezpieczeństwem podano w pracy [2, s.281]. Każdemu poziomowi zarządzania bezpieczeństwem w transporcie odpowiada horyzont zarządzania bezpieczeństwem, który można zdefiniować jako: przewidywany czas (okres) konieczny dla zapewnienia bezpiecznej realizacji procesów roboczych w systemie transportu. Jest to zatem przewidywany „czas wyprzedzenia” potrzebny na dostosowanie się (adaptację) zarządzanego systemu transportowego do ustalonych celów i parametrów działania. Dla każdego obiektu oraz celu zarządzania bezpieczeństwem istnieje w danych warunkach optymalny horyzont zarządzania bezpieczeństwem.

Koncepcję „trzech pięter“ ryzyk transportowych (3-PRT) zasygnalizowano w niepublikowanej pracy [27]. Koncepcja ta wynika z trzech różnych definicji (interpretacji) systemu ogólnego, [28], [29]:

1. definicji strukturalnych - nawiązujących do wewnętrznej budowy systemu;
2. definicji funkcjonalnych - nawiązujących do funkcjonowania systemu poprzez identyfikację procesów jako nośników zmian własności systemu (zmiana własności odbywa się poprzez proces);
3. definicje modelowo-symulacyjne - pozwalające na obserwację i przewidywanie zachowania systemu w określonych (zadanych) warunkach działania.

Interpretacje strukturalne systemu odwołują się do klasycznej definicji L. von Bertalanffy’ego, gdzie system jest „zbiorem elementów pozostających we wzajemnych relacjach”, [30]. Definicje strukturalne opisują system poprzez: a. zbiór elementów; b. zbiór relacji pomiędzy elementami; c. cel – czyli relację systemotwórczą.

Interpretacje funkcjonalne systemu nawiązują do krótkiej definicji M. Mesarović’a, [31]: „system jest zbiorem relacji między jego cechami”. Relacje między cechami opisują natomiast funkcjonowanie systemu. Badając te relacje jesteśmy w stanie stwierdzić, czy funkcjonowanie systemu nie odbiega od normy. Funkcjonowanie (działanie) systemów, w cybernetyce przedstawia się jako transformację wejść strumieni rzeczowych i informacyjnych na wyjścia do otoczenia. Każdy system ma pewne cechy, a zmiana wartości jednej lub kilku cech jest zdarzeniem. Ciąg zdarzeń określa zachowanie się,

(funkcjonowanie, działanie) systemu. Celem procesu jest osiągnięcie przez system pewnych preferowanych (w danym przedziale czasu) efektów (produktów, wyników), które określają nowe, pożądane stany systemu. W tym sensie stan systemu jest zbiorem wartości jego istotnych cech, [32]. Definicje funkcjonalne kładą akcent na identyfikację procesów zachodzących w systemie. W systemie transportu interesujące są cztery grupy procesów: 1. procesy ruchu; 2. procesy sterowania; 3. procesy ładunkowe (początkowo-końcowe); 4. procesy zakłócające.

Interpretacje modelowo-symulacyjne kładą akcent na obserwację i przewidywanie zachowania systemu w określonych (zadanych) warunkach działania. Symulacje dają możliwość przewidywania hipotetycznych konsekwencji działania systemu, a tym samym weryfikacji i wyboru analizowanych wariantów działania systemu.

Tak więc zgodnie z koncepcją 3-PRT - analizy ryzyka należy prowadzić na każdym z trzech poziomów:

1. poziomie struktury systemu transportowego;
2. poziomie procesów roboczych w systemie transportowym;
3. poziomie „zachowań” systemu transportowego, czyli de facto – poziomie negatywnych efektów transportu (ENT-ów).

Chodzi tutaj o: 1. *ryzyka strukturalne* – generowane przez elementy i relacje tworzące strukturę systemu; 2. *ryzyka funkcjonalne* – generowane przez procesy robocze systemu (zmiany własności systemu); 3. *ryzyka systemowe (behawioralne)* generowane przez system w dłuższym okresie czasu, a związane z zagrożeniem popadnięcia systemu w stany (sytuacje) niepożądane, czyli takie, które generują *straty*; są to na przykład wypadki transportowe

2.1. Ryzyka strukturalne (RS) – piętro 1

Gdyby zastosować definicję strukturalną do „systemu transportowego”, to na poziomie „elementów” oraz „relacji”, czyli na poziomie „struktury systemu” można analizować różne ryzyka; można je umownie nazwać „ryzykami strukturalnymi”. Ryzyka strukturalne trzeba zatem odnosić do niepożądanych zmian struktury systemu transportowego. Dokładniej „ryzyka strukturalne” pochodzą od zagrożeń „które są efektem takich zmian liczby i cech elementów oraz zmian struktury systemu, że w systemie i otoczeniu mogą być generowane straty”, [32, s. 68].

Ryzyka strukturalne to efekty wszystkich niepożądanych interakcji pomiędzy elementami struktury systemu transportowego, tzn. takich, które generują straty w tym systemie. Powstaje potrzeba logicznej klasyfikacji zagrożeń strukturalnych.

Przydatna jest tutaj klasyfikacja zaproponowana w nie publikowanym opracowaniu [32]. Po pewnej modyfikacji przedstawiono ją poniżej (tab.1) Oznaczenia: CR – czynnik ryzyka; CL – czynnik ludzki w transporcie; ŚT – środek transportu; IT – infrastruktura transportowa; N – normy, przepisy, procedury; W – wypadek transportowy; → - operator implikacji; □ - operator koniunkcji.

Poza dziesięcioma czynnikami mi ryzyka opisanymi w tabeli 1, można wyspecyfikować kolejnych dziewięć innych – czynników ryzyka będących implikacjami innych elementów struktury systemu transportowego: 11. C □ ŚT □ IT → W. 12. C □ ŚT □ N → W. 13. N □ ŚT □ ID → W. 14. C □ N □ IT. 15. C □ ŚT □ N □ IT → W. 16. C □ C → W.

17. $\acute{S}T \square \acute{S}T \rightarrow W$. 18. $ID \square ID \rightarrow W$ 19. $N \square N \rightarrow W$. Poza klasyfikacją znalazły się: relacje typu: $W \rightarrow S$, (S – skutek wypadku).

Tablica 1.

Klasyfikacja strukturalnych czynników ryzyka wypadku wraz z propozycjami metod analizy tego ryzyka

Ryzyko	$CR \rightarrow W$	czynnik ryzyka strukturalnego
RS1	$CL \rightarrow W$	czynnik ludzki
RS2	$\acute{S}T \rightarrow W$	uszkodzenie środka transportu
RS3	$IT \rightarrow W$	wada/uszkodzenie infrastruktury transportowej
RS4	$N \rightarrow W$	wadliwe normy, złe przepisy
RS5	$CL \square \acute{S}T \rightarrow W$	„złe dopasowanie środka transportu do człowieka-operatora”
RS6	$CL \square IT \rightarrow W$	„złe czytanie elementów infrastruktury transportowej”
RS7	$CL \square N \rightarrow W$	„łamanie norm i przepisów drogowych”
RS8	$\acute{S}T \square IT \rightarrow W$	efekty na „styku”: środek transportu – infrastruktura transportu
RS9	$\acute{S}T \square N \rightarrow W$	„normy dla środka transportu”
RS10	$IT \square N \rightarrow W$	„normy projektowania i eksploatacji IT”

2.2. Ryzyka procesowe (funkcjonalne) – piętro 2

Zagrożenia strukturalne mogą przekształcić się w zagrożenia drugiego poziomu, trudniejsze – jak sądzę – do identyfikacji i oceny. Zagrożenia 2 poziomu są efektem takich zmian własności systemowych, że w systemie i otoczeniu mogą być generowane straty. A ryzyka związane ze zmianami własności, to „ryzyka funkcjonalne” – czyli ryzyka niepożądanych (nie kontrolowanych) zmian ważnych dla bezpieczeństwa procesów roboczych w systemie (na przykład ruch drogowy jest takim procesem w systemach transportu drogowego). Teoretycznie, dla systemu ogólnego można wymieniać pięć takich zmian, a zatem pięć typów zagrożeń funkcjonalnych systemu, [32]:

1. zachwianie równowagi dynamicznej systemu;
2. zakłócenie procesów informacyjnych w systemie;
3. zakłócenia procesów sterowania;
4. zakłócenia samoregulacji systemu;
5. zachwianie integracji systemu.

Z każdym z tych zagrożeń stowarzyszone jest ryzyko nie spełnienia przez system pożądaných funkcji 1 – 5. Zapewne trudno byłoby tutaj zinterpretować zagrożenia 1-5 dla systemu transportowego. Potrzebny jest mniej ogólny poziom rozważań. Dlatego też skorzystano z interpretacji „procesowego podejścia do systemu transportowego” autorstwa W. Downara, [29]. Zgodnie z nią na działalność transportową składają się trzy procesy podstawowe:

1. proces kształtowania infrastruktury transportowej: a. planowanie infrastruktury; b. realizacja infrastruktury; c. eksploatacja infrastruktury.
2. proces realizacji usług transportowych, który można definiować następująco: proces transportowy obejmuje zespół działań organizacyjnych, wykonawczych i

administracyjnych, realizowanych przez wyspecjalizowanych pracowników w ściśle określonej kolejności, przy użyciu środków transportowych w celu przemieszczania konkretnych ładunków, w ściśle określonych relacjach, [33].

Samo przemieszczanie, czyli ruch jest jakby komponentem tak zdefiniowanego procesu, przy czym jego waga dla bezpieczeństwa transportu wynika stąd, że to podczas tego procesu generuje się najwięcej strat.

Ryzyka procesowe, inaczej ryzyka funkcjonalne są związane z trzema grupami procesów występujących w dowolnym systemie transportu:

- ryzyka strat w procesach ruchu – tutaj chodzi o ryzyka strat związanych ze zmniejszaniem sprawności ruchu lub efektywności przewozów;
- ryzyka strat w procesach początkowo-końcowych: tutaj chodzi przede wszystkim o ryzyka strat ważnych dla realizacji łańcuchów dostaw, a więc „strat logistycznych”; można je opisywać poprzez wskaźniki logistyczne;
- ryzyka strat w procesach sterowania transportem: przykładem są straty powodowane wadliwie wyznaczonymi cyklami sygnalizacji w ruchu drogowym, czy straty wynikające ze sterowania cyklami lądowań i startów samolotów pasażerskich, sterowania pociągami metra itp.

3. proces kreowania polityki transportowej; jest to proces o charakterze zarządczym, który zapewnia integrację oraz koordynację wszystkich elementów systemu transportowego, [29]. Proces ten polega na świadomym oddziaływaniu, tak by spowodować zachowania konkretnych instytucji, przedsiębiorstw, czy użytkowników transportu, ukierunkowane na realizację celu, [34, s. 9].

Współrealizacja tych trzech procesów składa się na funkcjonowanie systemu transportowego.

Ryzyka funkcjonalne w systemie transportowym są to ryzyka stowarzyszone z trzema powyższymi procesami; można je zdefiniować jako:

RF1. ryzyko wadliwego kształtowania infrastruktury; są tutaj ryzyka partykularne:

RF1-1: ryzyko wadliwego planowanie infrastruktury; możliwe zagrożenia:

- RF1-1a: błędna lokalizacja;
- RF1-1b: błędne prognozy ruchu;
- RF1-1c: wady planowania sposobów finansowania;
- RF1-1d: wady planowania sposobów zarządzania infrastrukturą;

RF1-2: ryzyko złej realizacji infrastruktury; możliwe zagrożenia:

- RF1-2a: nietrafny wybór wykonawców;
- RF1-2b: wadliwe prace budowlane;
- RF1-2c: błędy monitorowania prac;

RF1-3. ryzyko niewłaściwej eksploatacji infrastruktury transportowej; zagrożenia:

- RF1-3a: wadliwe remonty i modernizacje;
- RF1-3b: błędna analiza efektów inwestycji.

RF2: ryzyko wadliwych usług transportowych; są tutaj ryzyka partykularne:

R2-1. ryzyko wadliwej organizacji procesu transportowego;

R2-2. ryzyko wykonawcze w procesie transportu;

R2-3. ryzyko administracyjne w procesie transportu;

R2-4. ryzyko ładunku w procesie transportu;

R2-5. ryzyko ruchu (drogowego, kolejowego, morskiego, lotniczego)

RF3. ryzyko błędnej polityki transportowej; są tutaj są partykularne:

- RF3-1. ryzyko błędnych makro-prognoz rozwoju transportu;
RF3-2. ryzyko wadliwego zarządzania – rozumianego jako oddziaływanie organów publiczno-prawnych państwa na użytkowników transportu.

2.3. Ryzyka efektów negatywnych transportu (ryzyka ENT-ów) – piętro 3

Wydaje się, że zagrożenia II piętra, czyli zagrożenia funkcjonalne mogą „wyzwalać” niepożądane zachowania się systemu transportu obserwowane w dłuższej perspektywie czasowej. Te zachowania-zagrożenia systemowe nazwano efektami negatywnymi systemu (ENT-ami). Generują one straty zarówno w strukturze i otoczeniu systemu. To jakby III piętro zagrożeń i związanych z nimi ryzyk, które nazwiemy umownie „ryzykami ENT-ów”. Teoretycznie, czyli dla systemu ogólnego można wymieniać również pięć typów zagrożeń systemowych, [32, s.69]: 1. brak adaptacyjności; 2. zanik zdolności akomodacyjnych; 3. zakłócenia homeostazy; 4. zahamowania wzrostu (o ile wzrost systemu był pożądanym); 5. skokowe (nie ewolucyjne) zmiany parametrów systemu.

Z każdym z tych zagrożeń stowarzyszone jest ryzyko. Ale powstają pytania: 1. Co to jest „brak adaptacyjności” systemu transportowego?; 2. Co to jest „zanik zdolności akomodacyjnych systemu transportowego”? itd. To trudne pytania i trzeba szukać uproszczeń; są nimi właśnie ENT-y (efekty negatywne transportu). Można opisać tutaj, co najmniej trzy grupy:

1. niepożądane zdarzenia transportowe (niemal-incydenty, incydenty, konflikty ruchowe, kolizje, wypadki, katastrofy);
2. niepożądane skutki ekologiczne (straty w środowisku naturalnym, obniżenie jakości życia);
3. straty z powodu kongestii transportowej.

Najbardziej oczywiste i najczęściej badane są ryzyka niepożądanych zdarzeń transportowych, które definiują problematykę bezpieczeństwa transportu poprzez analizę ryzyka wypadku transportowego, ryzyka śmierci w wypadku transportowym, ryzyko urazu w wypadku transportowym, ryzyko katastrofy transportowej i innych.

Ryzyka wystąpienia takich zdarzeń można analizować poprzez:

- różne modele zdarzeń transportowych; na przykład modele wypadków drogowych;
- wyznaczanie wskaźników ryzyka w oparciu o dostępne dane empiryczne;
- metody symulacji sytuacji ruchowych.

3. METODY ANALIZY RYZYK TRANSPORTOWYCH

Metody analizy ryzyka należy pozwalać na obliczenie (oszacowanie) ryzyka w systemie C – T – Ś, przy czym na przykład wg normy PrPN-IEC 603000-3-9 oszacowanie ryzyka – to proces stosowany do stworzenia miary poziomu analizowanego ryzyka. Z tej normy oraz znanej multiplikatywnej formuły obliczania ryzyka wynika, że wybór metody analizy ryzyka sprowadza się do wyboru „najlepszej” metody, która pozwoli na:

1. identyfikację zagrożeń (zdarzeń niepożądanych);
2. oszacowanie częstości (prawdopodobieństw) zdarzeń niepożądanych;

3. oszacowanie konsekwencji (skutków) zdarzeń niepożądanych;
4. rekonstrukcję możliwych scenariuszy awaryjnych (wypadkowych).

Powyższe etapy analizy ryzyka determinują wybór metody analizy ryzyka i stanowią jakby pierwsze kryterium takiego wyboru.

Nie ma w zasadzie żadnych wytycznych, co do wyboru metod analizy ryzyka; dotyczy to również transportu. Dotychczas nie opracowano spójnego i precyzyjnego podejścia do analizy ryzyka w transporcie. Prace nad metodologią zintegrowanego zarządzania ryzykiem w transporcie trwają.

Przyjmując koncepcję 3-PRT można zaproponować ideę kolejnego kryterium doboru metod analizy ryzyka:

1. dla ryzyk strukturalnych właściwe będą metody analizy „zagrożeń przedmiotowych”, a więc pochodzących od elementów struktury;
2. dla ryzyk funkcjonalnych właściwe będą metody analizy „zagrożeń procesowych”, na przykład metody bezpieczeństwa procesów Process Safety Analysis, (PSA);
3. dla ryzyk systemowych – właściwe będą metody bazujące na modelach i wskaźnikach niepożądanych zdarzeń transportowych; przykładem są tutaj metody z grupy „Probabilistycznej Oceny Ryzyka”, PRA.

Wybór właściwej metody analizy ryzyka jest bardziej „sztuką” niż „nauką”. Poniżej w tabeli 1 przedstawiono pierwszą (dyskusyjną) wersję doboru wspólnych metod analizy ryzyka dla transportu. W innej wersji była ona publikowana w [2, s. 294-295]. Nie zamieszczono tutaj pomocniczych metod analizy ryzyka takich, jak: **MN**: modele następstw; **MD**: metoda delficka, **WZ**: wskaźniki zagrożeń; **TS**: techniki symulacyjne – np. symulacja Monte-Carlo, inne. Pominięto także normy (wybrane): ISO 28000: zarządzanie bezpieczeństwem w łańcuchach dostaw; ISO 31000: Risk Management Guidance Standard; nowy standard ISO, obecnie na etapie projektu, zawierający wytyczne w zakresie ogólnego implementowania procesu zarządzania ryzykiem. ISO 17799: "Praktyczne zasady zarządzania bezpieczeństwem informacji" została wydana w styczniu 2007 jako PN-ISO/IEC 17799:2007. Przez praktyków uważana za najlepsze opracowanie dotyczące systemowego podejścia do zarządzania bezpieczeństwem informacji. Przyjęto następujące skróty nazw metod:

Metody podstawowe:

- SR - przegląd cech bezpieczeństwa (Safety Review)
- RR - klasyfikacja względna (Relative Ranking)
- PHA - wstępna analiza zagrożeń (Preliminary Hazard Analysis)
- WI - analiza „co - jeśli” (“What -if” Analysis)
- HAZOP - analizy zagrożeń i zdolności działania (Hazard and Operability Analysis)
- FMEA - sposoby uszkodzeń i analiza skutków (Failure Modes and Effect Analysis)
- ETA - analiza drzewa zdarzeń (Event Tree Analysis)
- FTA - analiza drzewa uszkodzeń (Fault Tree Analysis)
- CCA - analiza przyczyn i skutków (Cause Consequence Analysis)
- HRA - analiza błędów ludzkich (Human Reliability Analysis)
- QRA - ilościowe oceny ryzyka (Quantitative Risk Assessment)

Metody inne:

BA: Barrier Analysis - metoda wprowadzona przez sektor energetyczny, identyfikująca bariery przeciwdziałające powstawaniu wypadków, uszkodzeń i obrażeń. Analiza barierowa jest metodą jakościową dla analizowania wypadków. Połączona z MORT

BSA: Black Spot Analysis - metoda analizy czarnego punktu; filozofia metody polega na przydzielaniu zasobów tam gdzie są one najbardziej obniżone.

B-TA: Bow-Tie Analysis (zawiązana kokarda) - węzeł Bow-Tie: lewe boczne skrzydło pokazuje zagrożenia dla tych czynników które pozwalają uniknąć wejścia w łańcuch wypadkowy; prawe boczne skrzydło wskazuje konsekwencje. Bow-Tie konstruuje się tak, by „zbliżenie do ryzyka” był minimalne lub niemożliwe

Bs: Brainstorming (burza mózgów)

ChA: Change Analysis - analiza zmian - technika zaprojektowana do identyfikacji niebezpieczeństwa, które powstaje w wyniku wystąpienia planowanych lub nie planowanych zmian; używana m. innymi w śledztwie powypadkowym

SChM: Swiss Cheese Model.

CL – czynnik ludzki; ŚT – środek transportu; IT – infrastruktura transportowa; O – otoczenie; CZ – czynniki zewnętrzne (powódzie, akty terrorystyczne); BW – badanie wypadków; WC – władze centralne; SA – samorządy; ZD – zarządy transportowe; PRZ – przewoźnicy; PP – przedsiębiorstwa produkujące na rzecz transportu.

Tablica 2.

Koncepcja doboru metod analizy ryzyka w ogólnym systemie transportu

Metoda analizy ryzyka	SYSTEM TRANSPORTOWY																							
	Obszary przedmiotowe ryzyka *									Poziomy/warstwy systemu transportu *									Ryzyka ENT-ów					
	CL	ŚT	Dr	O	CZ	BW	WC	SA	ZD	Prz	FP													
	Ryzyka strukturalne (1-10, tab.1)									Ryzyka funkcjonalne														
	RS									RF1			RF2			RF3								
Zob. podrozdz. 3.1, 3.2, 3.3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	3-1	3-2	1	2	3	4	5
metody podstawowe - jakościowe																								
WI										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHL														X	X	X	X	X	X					
SR														X	X	X	X							
RR																X	X	X	X					
PHA														X	X									
HAZOP																				X	X	X	X	X
FMEA																				X	X	X	X	X
metody podstawowe - ilościowe																								
PRA/OSA/PSA													X	X	X	X	X							
FTA	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X								X	X	X	X	X
ETA	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X								X	X	X	X	X
CCA	X	X	X		X	X	X	X												X	X	X	X	X
HRA	X				X	X	X																	
inne metody																								
BA: Barrier Analysis										X	X	X	X	X	X									
BSA: Black Spot Analysis										X	X	X	X	X	X	X	X							
B-TA: Bow-Tie Analysis														X	X	X	X							
Bs: Brainstorming										X	X	X	X	X	X	X	X							
ChA: Change Analysis														X	X	X	X							
SChM: Swiss Cheese Model													X	X	X	X	X	X	X					

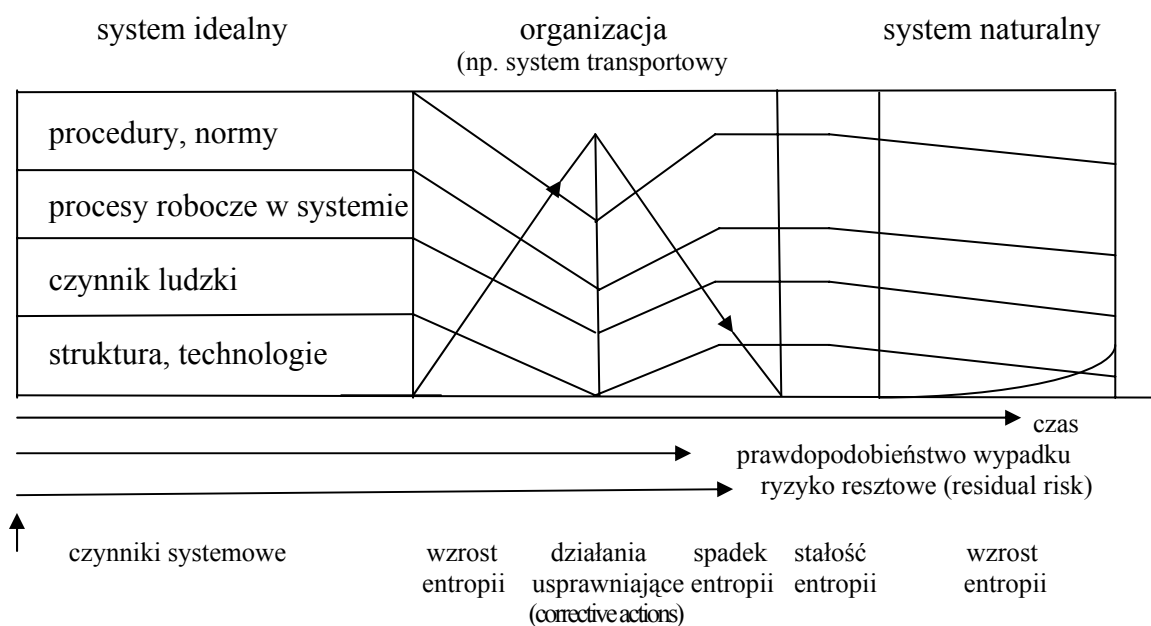
* Obszary przedmiotowe ryzyka oraz warstw systemu transportowego wg [27, Tab. 7.1, s. 281]

Źródło: [27]

4. MODEL ENTROPOWY RYZYKA W TRANSPORCIE

Interesującym podejściem do modelowania ryzyka 3-go poziomu, czyli ryzyka ENT-ów w systemach transportowych może być model entropowy ryzyka (the entropy model of risk, EMR), [35].

W systemach typu „organizacje”, a zatem dużych i złożonych systemach hierarchicznych rozpatruje się m. innymi ryzyko entropowe, czyli ryzyko strat w systemie, powodowanych degradacją systemu lub dezorganizacją systemu. Ten proces – znany przede wszystkim dla systemów naturalnych może być opisywany pewnymi współczynnikami systemowymi (system factors). Współczynniki takie opisują zmiany systemu na poziomie struktury i procesów systemu oraz jego otoczenia (środowiska). Model entropowy ryzyka pokazuje zależność ryzyka systemowego od zmian entropii systemu oraz zależność tego fenomenu od degradacji współczynników systemowych. Adaptację modelu entropowego ryzyka dla transportu pokazano na rys. 1. Przedstawiono tutaj zmiany wartości czterech współczynników systemowych dla trzech systemów: idealnego, organizacyjnego (np. transportu), naturalnego.



Rys. 1. Ilustracja modelu entropowego ryzyka
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [35, p. 12]

Komentując model entropowy ryzyka trzeba stwierdzić, że zarządzanie ryzykiem w systemach złożonych musi polegać na:

- standaryzowaniu i normowaniu działań praktycznych (standard work practices)
- sterowaniu procesami roboczymi w systemie;
- monitorowaniu zarządzaniu czynnikiem ludzkim;
- kontrolowaniu technologii używanych w systemie (controlling technology);

Model entropowy ryzyka pokazuje, że w przypadku degradacji współczynników systemowych, pierwszym krokiem jest podjęcie działań usprawniających (corrective action), a następnie działań prewencyjnych ryzyka (prevent future recurrences of this risk). Uruchamiany jest wtedy odpowiedni „program utrzymania” (program of maintenance), który ma przeciwdziałać pogarszaniu się każdego współczynnika systemowego.

Modyfikując entropowy model ryzyka dla potrzeb „konceptji 3 pięter” zarządzania ryzykami transportowymi – można pokazać zależności pomiędzy ryzykiem entropowym, a współczynnikami systemowymi w postaci prostej multiplikatywnej formuły:

$$RE = R_S \times R_P \times R_{ENT} \times R_{CL} \quad (1)$$

gdzie: RE – ryzyko entropowe systemu transportowego; R_S - ryzyka strukturalne, technologiczne, czyli ryzyka piętra 1 - dotyczące elementów struktury sytemu transportowego; tutaj ze względu na wagę problemu wyróżnić można ryzyka R_{CL} związane z czynnikiem ludzkim; R_P – ryzyka pochodzące od procesów roboczych w systemie transportu, czyli ryzyka piętra 2; R_{ENT} - ryzyka efektów negatywnych transportu, czyli ryzyka piętra 3.

Formuła (1) pokazuje m. innymi jak wielką wagę dla minimalizowania ryzyka w systemie ma minimalizacja wartości współczynników systemowych. Jeżeli bowiem trzy z czterech współczynników systemowych mają małe wartości, lecz jeden z nich jest wysoki, to prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku i tak pozostaje stosunkowo wysokie. Działa tutaj „prawo iloczynu” znane na przykład z ogólnej teorii niezawodności.

Model entropowy ryzyka jest metodologicznym przykładem zapisu „wielowymiarowości” ryzyka. W odniesieniu do systemów transportowych może to być nowe narzędzie opisu problematyki zarządzania ryzykiem.

6. PODSUMOWANIE

Potrzeba zarządzania ryzykiem transportowym na „trzech piętrach” każdego systemu transportowego wydaje się naturalna – wynika bowiem z trzech możliwych podejść badawczych do każdego systemu, w tym także systemu transportu. Z przedstawionej tutaj koncepcji 3-PRT wynika konieczność analiz ryzyk strukturalnych, funkcjonalnych (procesowych) i ryzyk systemowych (behawioralnych). Takie podejście pokazuje, że nie ma jednego ryzyka transportowego, ale co najmniej trzy jego postacie. Kolejną kwestią w pracach nad tworzeniem metodologii zarządzania ryzykiem transportu byłoby znacznie szersze niż dotychczas wykorzystywanie rezultatów z dziedziny modelowania bezpieczeństwa i ryzyka w systemach typu „organizacje”. Przykładem - wspomniany tutaj entropowy model ryzyka, który może zostać adaptowany do modelowania ryzyk w systemach transportu. We współczesnych badaniach bezpieczeństwa transportu potrzebne jest znacznie szersze spojrzenie na problemy interpretacji, modelowania i analizy ryzyka. Potrzeba poszukiwania analogii oraz koncepcji integracyjnych w badaniach bezpieczeństwa różnych systemów techniki jest dzisiaj koniecznością wynikającą z mającej już 20 lat znanej tezy Geysena: „(...) *problemy bezpieczeństwa w różnych*

dziedzinach są bardzo często tej samej natury i mogą zostać sformalizowane w ten sam sposób”, [36].

Bibliografia

1. Szymanek A.: Sterowanie ruchem w transporcie. Koncepcja podstaw teoretycznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, Seria: Transport z. 35, 1996
2. Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom II. Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu. Praca zbiorowa, red. R. Krystek. 7.3.3. Szymanek A, Integracja metod analizy ryzyka, WKŁ, Warszawa, 2009, s. 289
3. Szymanek A.: Bezpieczeństwo i ryzyko w technice /Safety and risk in technology/. Technical University of Radom, 2006; monograph – ISSN 1642-5278
4. Kuhlman A.: Introduction to Safety Science. Springer-Verlag, New York – Berlin – Heidelberg – Tokyo 1986
5. Hauptmanns U., Werner W: Engineering Risks. Springer-Verlag, 1991
6. Carter R L et al: Handbook of Risk Management, Kluwer Publishing Ltd, Kingston-upon-Thames (1992)
7. Reason J. :Managing the Risks of Organizational Accidents. Aldershot: Ashgate, 1997
8. SMS Task Team. Safety Management Systems: SRG Policy and Guidelines. Gatwick: CAA, 1998
9. Maarten G.H. Bijl, Robbert J. Hamann: Risk Management Literature Survey. An overview of the process, tools used and their outcomes. Delft University of Technology, Aerospace Engineering. August 2002. /Report to: Dutch Space Stork Product Engineering TNO/TPD Verhaert/
10. Suokas J.:The role of safety analysis in accident prevention. Accident Analysis and Prevention, Vol. 20, No. 1, 1988, pp. 67 – 85
11. Kemp R.V.: Risk tolerance and safety management. Reliability Engineering and System Safety, 31, 1991
12. Terje Aven and Bjørnar Heide: Reliability and validity of risk analysis. Reliability Engineering and System Safety Volume 94, Issue 11, November 2009, Pages 1862-1868
13. Jussi K. Vaurio: Ideas and developments in importance measures and fault-tree techniques for reliability and risk analysis. Reliability Engineering and System Safety. Volume 95, Issue 2, February 2010, Pages 99-107
14. EC-JRC International Workshop on Promotion of Technical Harmonisation on Risk-Based Decision Making. Stresa & Ispra, Italy, 2000
15. Assessing risk and setting targets in transport safety programmes. Brussels, 2003
16. Transport Safety Performance in EU-2003. European Transport Safety Council, 2003
17. Assessing Risk and Setting Targets in Transport Safety Programmes. ETSC Report, Brussels 2003
18. Szymanek A.: Risk acceptance principles in transport. Journal of KONBiN, No 2(5), 2008I: Safety and Reliability Systems, vol. II, pp. 271-281; ISSN 1895-8281 (Materiały Międzynarodowej Konferencji KONBiN, Wrocław, 3rd – 6th June, 2008
19. Haight, F.A.: Risk, especially risk of traffic accident. Accident Analysis and Prevention, 1986, 18, pp. 359-366
20. Poortvliet, A. van: Risks, disasters and management - A comparative study of three passenger transport systems. Ph.D. thesis, Technical University Delft, the Netherlands, 1999
21. Hakkert A.S., L. Braimaister: The uses of exposure and risk in road safety studies. Number: R-2002-12, SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands. Leidschendam, 2002
22. Elvik R., Vaa T.: The Handbook of Road safety Measures. Elsevier Science, Oxford 2004
23. Study on risk management for roads. World Road Association. PIARC Technical Committee on Risk Management for Roads (C18), 2005
24. Szymanek A.: Selected problems of risk management in transport systems. The Present and Future of Modern Transport. International Conference Held on the Occasion of the 15th Anniversary of the Foundation of the Faculty of Transportation Science, Czech Technical University in Prague, May 12 – 13, 2008, Prague. Proceedings of the Conference, pp. 279-284
25. Szymanek A: Potencjałowa koncepcja bezpieczeństwa w modelowaniu ryzyka i niezawodności łańcucha dostaw. Logistyka 2/2010, s. 121-125

26. Ram Narasimhan and Srinivas Talluri: Perspectives on risk management in supply chains. *Journal of Operations Management*. Volume 27, Issue 2, April 2009, Pages 114-118 /Special Issue: Perspectives on Risk Management in Supply Chains/
27. Szymanek A., Identyfikacja i dobór metod zarządzania ryzykiem na poszczególnych poziomach zadań transportu drogowego. Zadanie 017386: Analiza i propozycje zastosowania metod analizy ryzyka dla poszczególnych warstw systemu transportu drogowego. Projekt „Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu” /PBZ-MEiN-7/2/2006, ZEUS/. Radom-Gdańsk, wrzesień 2009
28. Sadowski W.: Podstawy ogólnej teorii systemów, PWN, Warszawa 1978
29. Downar W.: Założenia procesowego podejścia do systemu transportowego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Transport* z. 58, nr kol. 1688, 2005
30. von Bertalanffy L.: Ogólna teoria systemów, Warszawa 1984
31. Mesarović M., Matematyczna teoria systemów ogólnych. W: *Ogólna teoria systemów*, red. Klir G.J., Warszawa 1976, s. 249
32. Szymanek A.: Bezpieczeństwo i ryzyko w technice. Radom 2006; zob. też: Projekt badawczy zamawiany Nr PBZ-MEiN-7/2/2006. Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Moduł/Zadanie: 1.3. Teorie bezpieczeństwa i ich zastosowania w transporcie drogowym - SŁOWNIK pojęć. Raport, 2008, oprac. A. Szymanek
33. Mindur L. (red.): *Współczesne technologie transportowe*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2004, s. 69
34. Grzywacz W., Wojewódzka-Król K., Rydzkowski W.: *Polityka transportowa*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1994
35. Mol T.: *Productive safety management*. Publisher: Butterworth-Heinemann 2003, p. 12; ISBN-13:978-0-7506-5922-2
36. Geysen W. J.: *The Structure of Safety Science: Definitions, Goals and Instruments*. Proceedings of 1st World Congress on Safety Science. Köln 1990. Teil 1, pp. 44 – 80

„THREE STAGES” CONCEPTION OF RISK MANAGEMENT IN TRANSPORT

Abstract: „Three stages” conception of risk management in transport comes out from triple interpretation the notion of system and from process approach to transport system interpretation. The title of the lecture suggests hierarchical risk management, but it is not so obvious and that is why is better saying about risk management at three levels of transport system: 1. level of system structure elements; 2. level of processes which realize system purposes; 3. level of system “attitude”. In presented conception risk is a “multidimensional” constructor and relates all negative transport effects (NETs). It is, among the others, about risks: life loss (safety aspect), natural environment degradation, transport congestion arising.

Keywords: transport, risk management, negative transport effects