

Krzysztof Ficoń
Akademia Marynarki Wojennej

ELEMENTY POTENCJAŁOWEJ TEORII BEZPIECZEŃSTWA WIELKICH SYSTEMÓW PRAKSEOLOGICZNYCH

STRESZCZENIE

W artykule podjęto nowatorską próbę ilościowego wyrażenia stanu bezpieczeństwa modelowanego systemu prakseologicznego za pomocą syntetycznego wskaźnika jakości, wyrażonego w postaci umownego potencjału bezpieczeństwa. Wypadkowy potencjał bezpieczeństwa jest złożonym funkcjonałem dwóch niejawnych funkcji — potencjału realnych zagrożeń systemowych i potencjału rzeczywistych zdolności operacyjnych systemu przeciwdziałania kryzysowego. Każdy z powyższych potencjałów składowych jest superpozycją potencjału dwóch rozłącznych kategorii — potencjału hipotetycznego i potencjału rzeczywistego, odpowiednio systemu zagrożeń bezpieczeństwa i systemu reagowania kryzysowego.

Słowa kluczowe:

bezpieczeństwo, kryzys, operacja, potencjał, ryzyko, strategia, superpozycja, system, zagrożenia.

POJĘCIE I ATRYBUTY BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMÓW PRAKSEOLOGICZNYCH

Bezpieczeństwo prakseologicznych systemów działania jest jednym z najważniejszych kryteriów ich funkcjonalności, sprawności i użyteczności w obszarze rozległych zastosowań praktycznych¹. Prakseologiczne systemy sprawnego działania to takie systemy, które realizują określoną misję, najczęściej utylitarną, w sferze praktycznych aplikacji, dla której zostały one powołane. Do kategorii systemów

¹ Prakseologia — nauka o sprawnym, skutecznym i racjonalnym działaniu. Prakseologia opisuje różne formy działalności człowieka z punktu widzenia ich ekonomiczności i celowości. A. Markowski, R. Pawelec, *Słownik wyrazów obcych i trudnych*, Wilga, Warszawa 2002, s. 696.

prakseologicznych zaliczamy tzw. systemy sztuczne — teoretyczne i praktyczne, zaprojektowane i skonstruowane przez człowieka do wykonywania określonych funkcji i zadań przy założonej sprawności i funkcjonalności działania. Oddzielną klasę stanowią systemy naturalne, wytwarzane w procesach ewolucji przez siły natury i kierujące się odrębnymi prawami przyrodniczymi, których poznanie jest jednym z celów każdej ludzkiej cywilizacji. Opanowanie i wykorzystanie praw przyrody prowadzi często do budowy sztucznych, coraz bardziej doskonałych systemów prakseologicznych sprzyjających racjonalnej działalności ludzkiej².

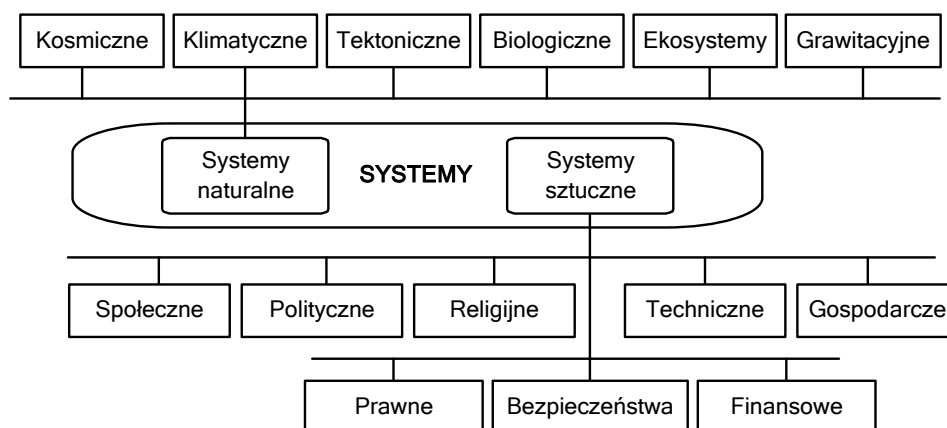
W grupie systemów sztucznych najbardziej przydatne człowiekowi są systemy prakseologiczne realizujące określone, z reguły praktyczne, funkcje i konkretne zadania podnoszące standardy życia społeczeństw w danej epoce cywilizacyjnej. Sprawność i praktyczna użyteczność prakseologicznych systemów działania były zawsze wyznacznikiem zaawansowania cywilizacyjnego i stanowiły o jakości życia danej epoki. Najbardziej reprezentatywne przykłady systemów prakseologicznych dotyczą takich kategorii, jak systemy społeczne, polityczne, ekonomiczne, gospodarcze, techniczne, ekologiczne czy chociażby wtórne, usługowe systemy (podsystemy) bezpieczeństwa. Większość złożonych systemów prakseologicznych³ funkcjonuje z udziałem człowieka, przyrody, nauki, techniki, gospodarki czy technologii, dlatego zaliczane są one do odrębnej kategorii, tzw. wielkich systemów społeczno-ekonomiczno-technicznych (rys. 1.).

Typowymi reprezentantami wielkich systemów są zarówno subsystemy społeczno-polityczne, gospodarczo-ekonomiczne, techniczno-technologiczne, jak i wielkie światowe programy naukowo-badawcze służące do rozwiązywania tzw. problemów globalnych, dotyczących najczęściej różnych sfer bezpieczeństwa, na przykład technicznego, ekologicznego, demograficznego, surowcowego, militarnego, epidemiologicznego, i wiele innych. Kryteria i wymagania bezpieczeństwa zdają się obecnie dominować w przesłankach i koncepcjach budowy wielkich systemów oraz technologiach ich wykorzystania⁴.

² Matematyczne podstawy modelowania systemów prakseologicznych szczególnie intensywnie rozwinął J. Konieczny w takich pracach, jak *Sterowanie eksploatacją urządzeń*, PWN, Warszawa 1975; *Modele prakseologiczne systemów*, WAT, Warszawa 1982; *Podejście systemowe*, WAT, Warszawa 1983; *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa 1983.

³ System złożony jest to taki system otwarty, którego integralną częścią składową jest człowiek kreujący świadome i celowe działania tej wyodrębnionej z otoczenia całości. Zob. Z. Gomółka, *Cybernetyka w zarządzaniu. Modelowanie cybernetyczne. Sterowanie systemami*, AW Placet, Warszawa 2000, s. 41.

⁴ Doskonałym potwierdzeniem tej tezy jest jedna z bardziej precyzyjnych definicji bezpieczeństwa w brzmieniu: „Bezpieczeństwo jest to brak nieakceptowanego ryzyka”, wprowadzona międzynarodową normą IEC 61508, dotycząca bezpieczeństwa funkcjonalnego maszyn i urządzeń. Norma ta definiuje cztery poziomy nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (*Safety Integrity Level*), przy czym SIL/1 oznacza najniższy poziom bezpieczeństwa, a SIL/4 — najwyższy poziom bezpieczeństwa. Polskim odpowiednikiem normy IEC 61508 jest norma PN-EN 61508.



Rys. 1. Topologiczna klasyfikacja wielkich systemów

Źródło: opracowanie własne.

Pojęcie systemu stanowi uniwersalny paradygmat niemal każdej dyscypliny czy dziedziny naukowej, a także jest przedmiotem badań i analiz teoretycznych oraz obiektem prac projektowo-konstrukcyjnych w sferze praktycznej działalności człowieka. Najogólniejsza definicja systemu pod tym pojęciem określa celowo wyodrębniony z rzeczywistości zbiór elementów organizacyjno-funkcjonalnych realizujących pewne zadania. Tak wyodrębnione elementy (składniki) pozostają między sobą w określonych relacjach i zależnościach systemowych, co umożliwia im realizację wspólnej misji, dla której został powołany dany system⁵.

$$S = \langle E^S, R^S \subseteq E^S \times E^S \rangle \rightarrow U^S \quad (1)$$

gdzie:

S — prakseologiczny system sprawnego działania;

E^S — zbiór elementów systemu;

R^S — zbiór relacji systemowych;

U^S — użyteczność systemu.

Systemy prakseologiczne muszą cechować się określonymi właściwościami użytkowymi, które determinują takie atrybuty, jak funkcjonalność, celowość, racjonalność, sprawność, efektywność, a przede wszystkim niezawodność i bezpieczeństwo

⁵ Zob. K. Ficoń, *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2006, s. 76.

działania w określonych warunkach środowiskowych i funkcjonalnych. Nadrzędna użyteczność jest złożoną funkcją poszczególnych argumentów i cech prakseologicznych:

$$U^S = f(U_C^S, U_F^S, U_R^S, U_S^S, U_E^S, U_N^S, U_B^S) \quad (2)$$

gdzie:

- U_C^S — celowość działań systemowych;
- U_F^S — funkcjonalność systemu;
- U_R^S — racjonalność działań systemowych;
- U_S^S — sprawność działania systemu;
- U_E^S — efektywność działania systemu;
- U_N^S — niezawodność działań systemu;
- U_B^S — bezpieczeństwo funkcjonowania systemu.

Przedmiotem dalszych analiz będzie wybrana, szczególna cecha użyteczności, jaką jest bezpieczeństwo funkcjonowania systemu U_B^S , które jest osiągnięte przy jednoczesnym spełnieniu pozostałych właściwości występujących we wzorze (1). Dość powszechnie stosowana definicja bezpieczeństwa określa jako stan braku zagrożeń, co gwarantuje stabilną realizację celów i misji danego systemu. Z uwagi na ogromną dynamikę oraz ciągłość i bardzo szerokie spektrum różnorodnych zagrożeń systemowych definicja orzekająca „zero zagrożeń” jest mało wiarygodna i wybitnie życzeniowa. Bardziej adekwatna wydaje się być definicja odnosząca bezpieczeństwo systemu do stanu, w którym poziom systemowych zagrożeń jest względnie niski i akceptowalny przez użytkownika. Z reguły oznacza to, że poziom systemowych zagrożeń jest monitorowany i kontrolowany przez pewne organa odpowiedzialne za stan bezpieczeństwa, a ich ewentualne oddziaływanie może być zrekompensowane przez odpowiednie reagowanie obronne, prewencyjne i zapobiegawcze, zwane powszechnie reagowaniem kryzysowym. Ostatecznie bezpieczeństwo systemu prakseologicznego (B^S) możemy zdefiniować za pomocą wyrażenia:

$$B^S = B^S(Z^S \parallel Z^S \leq \bar{Z}) \quad (3)$$

gdzie:

- B^S — stan bezpieczeństwa prakseologicznego systemu działania;
- Z^S — zbiór (spektrum) zagrożeń bezpieczeństwa;
- \bar{Z} — akceptowalny poziom zagrożeń bezpieczeństwa systemowego.

Bezpieczeństwo prakseologicznego systemu działania B^S kształtuje z jednej strony szeroki, najczęściej obiektywny zbiór zagrożeń, głównie zewnętrznych Z^S , z drugiej jego odporność, czyli zdolność przeciwstawiania się destrukcyjnym skutkom tych zagrożeń, w pewnym horyzoncie czasowym, utożsamiane z własnym systemem reagowania kryzysowego. W aspekcie prakseologicznym możemy więc mówić o potencjale zagrożeń generowanym przez otoczenie systemowe, zwane też systemem zagrożeń bezpieczeństwa oraz o potencjale przeciwdziałania i racjonalnego reagowania kryzysowego w zaistniałej sytuacji, destabilizującej dotychczasowy poziom bezpieczeństwa badanego systemu prakseologicznego.

Bezpieczeństwo systemów prakseologicznych powinno być badane w aspekcie dynamicznym, uwzględniającym czynnik czasowy, gdyż tylko wówczas możemy realnie szacować aktualne zagrożenia i przygotowywać adekwatne do stanu tych zagrożeń procedury czy systemy obronne, czyli przeciwdziałania lub reagowania kryzysowego. Na gruncie prakseologicznych systemów działania stan bezpieczeństwa systemów dynamicznych możemy zdefiniować za pomocą następującego wyrażenia⁶:

$$B(t) = f(Z(t), Q(t+T)) \quad (4)$$

gdzie:

- $B(t)$ — aktualny stan bezpieczeństwa systemu w chwili t ;
- $Z(t)$ — rzeczywisty poziom zagrożeń bezpieczeństwa systemu w chwili t ;
- $Q(t+T)$ — rzeczywiste możliwości przeciwdziałania zagrożeniom w chwili t ;
- T — horyzont planistyczny reagowania kryzysowego.

Z uwagi na duże trudności badania dynamicznych systemów kształtowania bezpieczeństwa z uwzględnieniem czynnika czasowego w dalszych rozważaniach zmienna czasowa (t) zostanie zastąpiona uogólnionymi stanami zagrożeń potencjalnych (hipotetycznych) i realnych (rzeczywistych):

$$\mathcal{R}: Z^P \xrightarrow{t \in T} Z^R(t) \equiv Z^R \quad (5)$$

gdzie:

- \mathcal{R} — funkcja transformacji zagrożeń potencjalnych w zagrożenia realne;
- Z^P — statyczny zbiór zagrożeń potencjalnych;
- $Z^R(t)$ — dynamiczny zbiór zagrożeń realnych.

⁶ W ogólności stanem systemu nazywać będziemy wektor określający: stan wewnętrzny systemu, stan wejść i stan wyjść w danej chwili czasu systemowego, któremu przyporządkowano liczbę naturalną (numer stanu). Zob. P. Sienkiewicz, *Teoria efektywności systemów*, Ossolineum, Wrocław 1987, s. 21.

Praktycznie dopiero zagrożenia realne Z^R determinują stopień bezpieczeństwa (niebezpieczeństwa) danego systemu prakseologicznego w określonych warunkach środowiskowych i w konkretnej chwili czasowej. W tym sensie zbiór zagrożeń realnych jest jedynie pewnym podzbiorem zagrożeń potencjalnych, których prawdopodobieństwo wystąpienia jest relatywnie wysokie, a negatywne skutki i następstwa tych zdarzeń są szacowane na wysokim poziomie start czy zniszczeń⁷.

W ogólności bezpieczeństwo prakseologicznego systemu działania zaprojektowanego do utrzymania określonych standardów bezpieczeństwa jest funkcją dwóch funkcji $Z(S)$ oraz $Q(S)$ (rys. 2.):

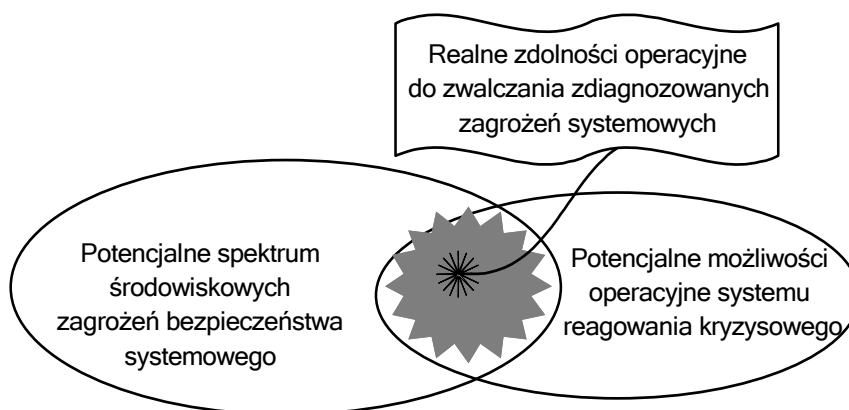
$$B(S) = f(Z(S), Q(S)) \quad (6)$$

gdzie:

$B(S)$ — bezpieczeństwo prakseologicznego systemu działania;

$Z(S)$ — zbiór zagrożeń bezpieczeństwa systemowego;

$Q(S)$ — systemowe możliwości przeciwdziałania i reagowania kryzysowego.



Rys. 2. Obszar współdziałania antagonistycznego systemu zagrożeń bezpieczeństwa i systemu reagowania kryzysowego

Źródło: opracowanie własne.

⁷ Dobrym przykładem zagrożeń potencjalnych jest rozległe spektrum współczesnych zagrożeń bezpieczeństwa narodowego, które obejmuje siedem zasadniczych kategorii: zagrożenia polityczne, militarne, ekonomiczne, społeczne, ekologiczne i terroryzm. Zob. R. Jakubczak, J. Flis, *Bezpieczeństwo narodowe Polski w XXI wieku. Wyzwania i strategie*, Bellona, Warszawa 2006, s. 111–114.

Zbiór zagrożeń bezpieczeństwa systemowego $Z(S)$ można podzielić na dwie zasadnicze kategorie — zagrożenia potencjalne (hipotetyczne) i realne (rzeczywiste), które spełniają następujące warunki:

$$Z(S) = \{Z^R, Z^P\}; \quad (Z^R \cup Z^P \neq \emptyset) \wedge (Z^R \supseteq Z^P) \wedge (Z^P \neq \emptyset) \quad (7)$$

gdzie:

Z^P — pierwotny zbiór zagrożeń potencjalnych (hipotetycznych);

Z^R — wtórny zbiór zagrożeń realnych (rzeczywistych).

Prawdopodobieństwo wystąpienia naturalnych zagrożeń potencjalnych $p(Z^P)$ jest relatywnie wysokie, a ich spektrum i intensywność dość powszechna, natomiast prawdopodobieństwo urealnienia się tych zagrożeń, czyli transformacji do kategorii zagrożeń realnych $p(Z^R)$, jest odpowiednio mniejsze⁸:

$$(p(Z^P) > p(Z^R)) \in \langle 0, 1 \rangle \quad (8)$$

gdzie:

$p(Z^P)$ — prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń potencjalnych;

$p(Z^R)$ — prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń realnych.

Systemowe zdolności i możliwości obronne w zakresie skutecznego reagowania kryzysowego $Q(S)$ zostaną także podzielone na dwie zasadnicze kategorie rozumiane jako: zdolności potencjalne (hipotetyczne, instytucjonalne) (Q^R) i realne (rzeczywiste, funkcjonalne) (Q^P), które spełniają następujące warunki:

$$Q(S) = \{Q^R, Q^P\}; \quad (Q^R \cup Q^P \neq \emptyset) \wedge (Q^R \supseteq Q^P) \wedge (Q^P \neq \emptyset) \quad (9)$$

gdzie:

Q^P — potencjalne zdolności do działań antykryzysowych;

Q^R — realne zdolności do bieżących działań operacyjnych.

Prawdopodobieństwo utrzymania przez dany system pewnych zdolności potencjalnych $p(Q^P)$ jest relatywnie wysokie, albowiem zachowanie tych zdolności

⁸ Potencjalny charakter zagrożeń bardzo ostro akcentuje J. Wolanin, definiując zagrożenie jako „możliwość, która potencjalnie może spowodować zakłócenia lub starty odnosząca się do ludzi, środowiska naturalnego i cywilizacyjnego po wystąpieniu zdarzenia niekorzystnego”. Zob. J. Wolanin, *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli. Ochrona ludności na czas pokoju*, DANMAR, Warszawa 2005, s. 191.

jest warunkiem funkcjonowania każdego systemu reagowania kryzysowego. Z kolei prawdopodobieństwo osiągnięcia realnych (rzeczywistych) zdolności do działań kryzysowych $p(Q^R)$ jest z reguły mniejsze od hipotetycznego potencjału operacyjnego tego systemu:

$$(p(Q^P) > p(Q^R)) \in < 0,1 > \quad (10)$$

gdzie:

$p(Q^P)$ — prawdopodobieństwo potencjalnych zdolności antykryzysowych;

$p(Q^R)$ — prawdopodobieństwo wystąpienia realnych zdolności operacyjnych.

Proces kształtowania bezpieczeństwa będzie badany w pewnej konwencji systemowej, polegającej na modelowaniu stanu bezpieczeństwa jako pewnego systemu bezpieczeństwa, na który składa się system (podsystem) zagrożeń bezpieczeństwa (SZB), czyli destrukcji dotychczasowego poziomu bezpieczeństwa i system (podsystem) przeciwdziałania (SRK), czyli reagowania kryzysowego pracujący na rzecz rekonstrukcji tego bezpieczeństwa. W efekcie występuje „współdziałanie” konfliktowe, a raczej przeciwdziałanie dwóch systemów o charakterze antagonistycznym (SZB) i (SRK), których cele są sprzeczne i wzajemnie wykluczające.

POTENCJAŁ SYSTEMU ZAGROŻEŃ BEZPIECZEŃSTWA

Pierwotnym systemem jest system zagrożeń bezpieczeństwa SZB , który generuje różne stany niebezpieczeństwa i dla potrzeb badań modelowych można go będzie opisać za pomocą następującego wyrażenia⁹:

$$SZB = < Z^P, Z^R, R > \quad (11)$$

gdzie:

Z^P — zbiór zagrożeń potencjalnych (hipotetycznych);

Z^R — zbiór zagrożeń realnych i aktualnych w danym momencie;

R — ryzyko wystąpienia zagrożeń realnych Z^R .

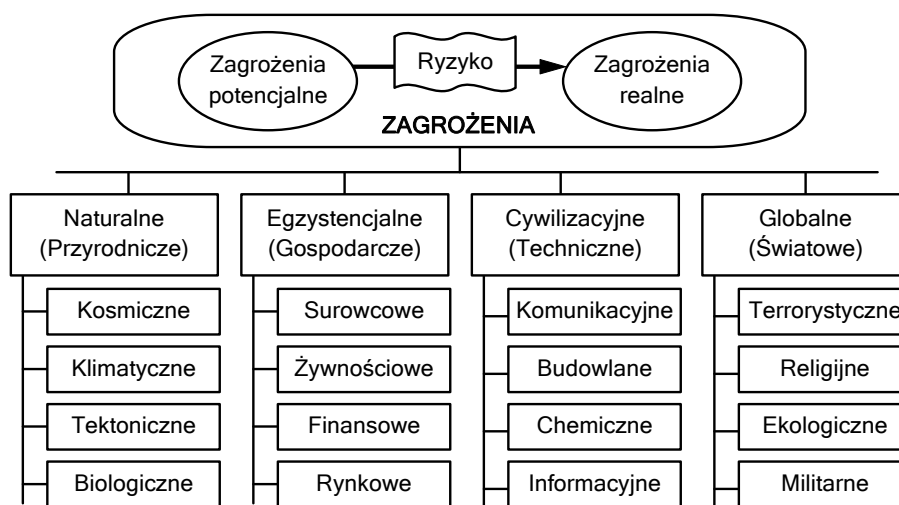
⁹ Potencjałem systemu S w chwili t nazywać będziemy całokształt możliwości działania systemu zgodnie z jego przeznaczeniem. Zob. P. Sienkiewicz, *Teoria efektywności systemów*, Ossolineum, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, Łódź 1987, s. 48.

Celem urealnienia dalszych rozważań i przybliżenia ich do przykładowych aplikacji prakseologicznych zbiorów zagrożeń potencjalnych Z^P zostanie wstępnie podzielony na cztery kategorie, dotyczące odpowiednio (rys. 3.):

$$Z^P = \{Z_i^P; \quad i = \overline{1, I}\} \quad (12)$$

gdzie:

- Z_1^P — zagrożenia naturalne (przyrodniczo-klimatyczne);
- Z_2^P — zagrożenia egzystencjalne (ekonomiczno-gospodarcze);
- Z_3^P — zagrożenia cywilizacyjne (techniczno-technologiczne);
- Z_4^P — zagrożenia globalne (społeczno-polityczne).



Rys. 3. Topologia modelowego zbioru zagrożeń bezpieczeństwa

Źródło: opracowanie własne.

Poszczególne kategorie dzielą się na różne podkategorie, klasy i rodzaje, których przykładowa specyfikacja została przedstawiona poniżej:

$$Z_i^P = \{Z_{ij}^P; \quad j = \overline{1, J}\}; \quad Z_i^P \supseteq Z_{ij}^P(Z_i^P) \quad (13)$$

gdzie:

- Z_{11}^P — zagrożenia kosmiczne;
- Z_{12}^P — zagrożenia klimatyczne;
- Z_{13}^P — zagrożenia tektoniczne;
- Z_{14}^P — zagrożenia biologiczne.

$$Z_2^P = \{Z_{2j}^P; \quad j = \overline{1, J}\}; \quad Z_2^R \supseteq Z_2^R(Z_2^P) \quad (14)$$

gdzie:

- Z_{21}^P — zagrożenia surowcowe;
- Z_{22}^P — zagrożenia żywnościowe;
- Z_{23}^P — zagrożenia finansowe;
- Z_{24}^P — zagrożenia rynkowe.

$$Z_3^P = \{Z_{3j}^P; \quad j = \overline{1, J}\}; \quad Z_3^R \supseteq Z_3^R(Z_3^P) \quad (15)$$

gdzie:

- Z_{31}^P zagrożenia komunikacyjne;
- Z_{32}^P zagrożenia budowlane;
- Z_{33}^P zagrożenia chemiczne;
- Z_{34}^P zagrożenia informacyjne.

$$Z_4^P = \{Z_{4j}^P; \quad j = \overline{1, J}\}; \quad Z_4^R \supseteq Z_4^R(Z_4^P) \quad (16)$$

gdzie:

- Z_{41}^P — zagrożenia terrorystyczne;
- Z_{42}^P — zagrożenia religijne;
- Z_{43}^P — zagrożenia ekologiczne;
- Z_{44}^P — zagrożenia militarne.

Transformacja statycznego zbioru zagrożeń potencjalnych Z^P do kategorii dynamicznych (kinematycznych) zagrożeń realnych Z^R godzących bezpośrednio w stan bezpieczeństwa danego systemu prakseologicznego odbywa się za pomocą funkcji ryzyka systemowego (\mathcal{R}), które w literaturze definiowane jest najczęściej w sposób opisowy jako losowy atrybut podejmowania decyzji. W teorii ryzyka dominuje podejście jakościowe, dzięki któremu włączane są elementy niepewności i losowości do procesu decyzyjnego. Próby ilościowego definiowania ryzyka (\mathcal{R}) należą do rzadkości, a najbardziej powszechne w teorii bezpieczeństwa podejście ilościowe ryzyko ujmuje w postaci iloczynu:

$$\mathcal{R} = p(z) \times \$ (z) \quad (17)$$

gdzie:

- $p(z)$ — prawdopodobieństwo wystąpienia z-tego zdarzenia (zagrożenia);
- $\$(z)$ — szacowane negatywne skutki i następstwa z-tego zdarzenia.

Analityczna definicja ryzyka (17), choć jest atrakcyjna i byłaby bardzo użyteczna w teorii bezpieczeństwa, jest trudna do praktycznego wykorzystania, gdyż wymaga znajomości a priori prawdopodobieństwa wystąpienia danego zdarzenia oraz oszacowania negatywnych skutków i następstw, czyli ilościowego prognozowanych strat i szkód, jakie niesie ze sobą dane zdarzenie¹⁰.

Na użytek budowanego modelu pojęcie ryzyka zostanie zdefiniowane za pomocą funkcji, która zbiór zagrożeń potencjalnych Z^P transformuje do zbioru zagrożeń realnych Z^R , w określonych warunkach środowiskowych, stanowiących bezpośrednio zagrożenie konkretnych sfer bezpieczeństwa prakseologicznego systemu działania:

$$\mathcal{R} = f(Z^P, Z^R) \quad (18)$$

Formalnie pojęcie ryzyka (\mathcal{R}) zapiszemy za pomocą następującej funkcji:

$$Z^R = \mathcal{R}(Z^P); \quad \mathcal{R}: Z^P \rightarrow Z^R \quad (19)$$

gdzie:

\mathcal{R} — ryzyko transformacji zbioru zagrożeń potencjalnych do realnych;

Z^P — zbiór statycznych zagrożeń potencjalnych (biernych);

Z^R — zbiór dynamicznych zagrożeń realnych (aktywnych, czynnych).

Tak zdefiniowane ryzyko (\mathcal{R}) to nic innego jak „operacyjna sprawność” systemu zagrożeń bezpieczeństwa, którego organiczną funkcją jest generowanie niebezpieczeństw, czyli przekształcanie pewnego zbioru zagrożeń potencjalnych i hipotetycznych Z^P w zbiór zagrożeń realnych Z^R , wpływających w sposób destrukcyjny na stan bezpieczeństwa nadrzędnego systemu prakseologicznego. Ryzyko \mathcal{R} charakteryzuje zdolności ofensywne systemu zagrożeń SEB , któremu w celu zachowania pożądanych standardów bezpieczeństwa musi skutecznie przeciwdziałać system reagowania SRK ukierunkowany na działania defensywne w zakresie zwalczania negatywnych skutków zagrożeń.

¹⁰ Iloczynowa definicja ryzyka, którego czynnikami są prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niekorzystnego w określonym przedziale czasu oraz negatywne skutki tego zdarzenia nazywana jest tzw. definicją obliczeniową (inżynierską). Ze względu na fakt, że najczęściej określenie a priori skutków zdarzenia jest bardzo trudne do jego szacowania, stosuje się dziś różne modele matematyczno-fizyczne i programy symulacyjne. Zob. J. Wolanin, *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli...*, wyd. cyt., s. 25–26.

Scharakteryzowany powyżej zbiór zagrożeń potencjalnych (hipotetycznych) (Z^P) dysponuje pewnym potencjałem destrukcji, który w określonych warunkach, definiowanych za pomocą funkcji ryzyka, podlega transformacji do postaci potencjału realnego (Π^P) , stanowiącego aktualne zagrożenie bezpieczeństwa badanego systemu prakseologicznego. Potencjał zagrożeń hipotetycznych (Π^P) będziemy wyznaczać na podstawie wybranych parametrów operacyjnych tych zagrożeń za pomocą pewnej funkcji analitycznej o ogólnej postaci:

$$\Pi_i^P = f(Z_i^P; \quad i = 1, 2, 3, 4) \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (20)$$

gdzie:

- Π_1^P — potencjał hipotetyczny zagrożeń naturalnych;
- Π_2^P — potencjał hipotetyczny zagrożeń egzystencjalnych;
- Π_3^P — potencjał hipotetyczny zagrożeń cywilizacyjnych;
- Π_4^P — potencjał hipotetyczny zagrożeń globalnych;
- Z_1^P — zbiór parametrów i zmiennych opisujących zagrożenia naturalne;
- Z_2^P — zbiór parametrów i zmiennych opisujących zagrożenia egzystencjalne;
- Z_3^P — zbiór parametrów i zmiennych opisujących zagrożenia cywilizacyjne;
- Z_4^P — zbiór parametrów i zmiennych opisujących zagrożenia globalne.

Całkowity potencjał zagrożeń hipotetycznych (Π^P) przypisanych teoretycznie danemu systemowi prakseologicznemu będziemy obliczać jako pewną funkcję wszystkich wyodrębnionych kategorii zagrożeń cząstkowych Π_i^P , które formalnie zostały wyznaczone na podstawie wzoru (21):

$$\Pi^P = f(\Pi_i^P; \quad i = \overline{1, I}) \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (21)$$

gdzie:

- Π^P — całkowity potencjał zagrożeń hipotetycznych oddziałujących na badany system prakseologiczny.

Jeśli wszystkie potencjały zagrożeń cząstkowych Π_i^P będziemy mogli wyrazić w pewnej unormowanej przestrzeni liczbowej $\mathfrak{R}_R^+ \in \mathfrak{R}_R^+$ to całkowity potencjał zagrożeń hipotetycznych (22) można będzie wyznaczyć jako ważoną funkcję addytywną potencjałów cząstkowych, czyli:

$$\Pi^P = \sum_{i=1}^4 W_i \Pi_i^P \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (22)$$

gdzie:

- W_i — współczynniki wagowe składowych potencjałów cząstkowych Π_i^P .

Potencjał zagrożeń realnych (rzeczywistych) Π^R zostanie wyznaczony jako funkcja zagrożeń hipotetycznych Π_i^P i przypisanego im wskaźnika ryzyka \mathcal{R}_i , które transformuje zagrożenia hipotetyczne do kategorii zagrożeń realnych.

W pierwszej kolejności należy wyznaczyć cząstkowe potencjały zagrożeń realnych, na przykład za pomocą multiplikatywnej formuły typu:

$$\Pi_i^R = \mathcal{R}_i \times \Pi_i^P \rightarrow \mathfrak{R}_{P_i}^+ \quad (i = \overline{1, I}) \quad (23)$$

gdzie:

\mathcal{R}_1 — ryzyko wystąpienia zagrożeń naturalnych;

\mathcal{R}_2 — ryzyko wystąpienia zagrożeń egzystencjalnych;

\mathcal{R}_3 — ryzyko wystąpienia zagrożeń cywilizacyjnych;

\mathcal{R}_4 — ryzyko wystąpienia zagrożeń globalnych.

Tak wyznaczone cząstkowe potencjały zagrożeń realnych Π_i^R zostaną wykorzystane do wyznaczenia globalnego potencjału zagrożeń realnych Π^R na przykład za pomocą ogólnej formuły typu:

$$\Pi^R = f(\Pi_i^R; \quad i = 1, 2, 3, 4) \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (24)$$

Podobnie jak w przypadku agregacji potencjału hipotetycznego (22), także w tym przypadku, jeśli wszystkie potencjały zagrożeń realnych Π_i^R będziemy mogli wyrazić w pewnej unormowanej przestrzeni liczbowej $\mathfrak{R}_{P_i}^+ \in \mathfrak{R}_P^+$, to całkowity potencjał zagrożeń realnych (24) będzie można wyznaczyć jako ważoną funkcję addytywną potencjałów składowych, czyli:

$$\Pi^R = \sum_{i=1}^4 W_i \Pi_i^R \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (25)$$

gdzie:

W_i — współczynniki wagowe potencjałów składowych Π_i^R .

Potencjał zagrożeń realnych Π^R stanowi rodzaj jednostkowego wskaźnika jakości (destrukcji) systemu zagrożeń, który obrazuje ilościowy poziom zagrożeń bezpieczeństwa badanego systemu prakseologicznego. Globalny potencjał zagrożeń realnych Π^R reprezentuje ilościowy poziom wyzwań, jakim musi sprostać system reagowania kryzysowego, a zwłaszcza jego rzeczywisty potencjał reagowania Q^R utożsamiany z realnymi zdolnościami do przeciwdziałania zaistniałym zagrożeniom.

POTENCJAŁ SYSTEMU REAGOWANIA KRYZYSOWEGO

W strukturze bezpieczeństwa systemowego poniekąd wtórnym systemem jest system reagowania **SRK**, który jest logicznym następnikiem obiektywnie istniejących zagrożeń potencjalnych Z^P , przechodzących w pewnych warunkach w stan aktywnych zagrożeń realnych Z^R , wpływających destruktywnie na poziom bezpieczeństwa danego systemu. System reagowania **SRK** stanowi tarczę ochroną prakseologicznego systemu działania wobec ofensywnych zamierzeń systemu zagrożeń. Zostanie on opisany w analogicznej konwencji jak system zagrożeń **SZB** za pomocą trójelementowego zbioru:

$$SRK = \langle SR^P, SR^R, N \rangle \quad (26)$$

gdzie:

SR^P — potencjalne możliwości systemu **SRK** do działań antykryzysowych;

SR^R — realne zdolności systemu **SRK** do aktywnego przeciwdziałania;

N — funkcja gotowości (sprawności) operacyjnej systemu **SRK**.

Transformacja potencjalnych zdolności podsystemu reagowania kryzysowego **SRK** dla potrzeb dynamicznych wymagań sytuacji kryzysowej odbywa się za pomocą funkcji gotowości operacyjnej N , która dokonuje formalnego przekształcenia statycznych możliwości potencjałowych do dynamicznych i realnych zdolności operacyjnych, warunkujących skuteczne działania defensywne:

$$SRK^R = N(SRK^P); \quad N: SRK^P \rightarrow SRK^R \quad (27)$$

Funkcja gotowości operacyjnej (27) obrazuje rzeczywistą sprawność organizacyjno-funkcjonalną systemu reagowania **SRK** do wykonywania konkretnych zadań w warunkach najwyższych wymagań i dynamicznych wyzwań sytuacji kryzysowej. Oczywiście podstawowym argumentem funkcji N jest czynnik czasowy, a zasadniczym kryterium jej działania jest postulat minimalizacji czasu osiągnięcia wymaganej gotowości operacyjnej:

$$N = f(N(t)) \rightarrow \min \quad (28)$$

Rzeczywiste zdolności systemu **SRK** do działań operacyjnych w sytuacjach kryzysowych spowodowanych przez aktywny strumień zagrożeń realnych Z^R ,

wpływających destruktywnie na poziom bezpieczeństwa systemowego zależą od wielu czynników, takich jak strategia zwalczania zagrożeń, struktura organizacyjno-funkcjonalna systemu reagowania kryzysowego, wyposażenie techniczne i infrastrukturalne, umiejętności i doświadczenie personelu, sprawność ogólnooorganizacyjna, stan ukompletowania i mobilność zasobów do działań operacyjnych oraz wiele innych¹¹.

Dla potrzeb badań modelowych w strukturze systemu **SRK** zostały przykładowo wyodrębnione cztery zasadnicze moduły (podsystemy) organizacyjno-funkcjonalne, które realizują nakreśloną strategię bezpieczeństwa w sposób kompleksowy i skuteczny. Tradycyjnie w strukturze systemów reagowania **SRK** występują następujące podsystemy (moduły) funkcjonalne¹²:

$$\mathbf{SRK} = \langle \mathbf{M1}, \mathbf{M2}, \mathbf{M3}, \mathbf{M4} \rangle \quad (29)$$

gdzie:

- M1** — moduł monitorowania przestrzeni zagrożeń, głównie realnych;
- M2** — moduł prognozowania i planowania skutków zagrożeń;
- M3** — moduł działań operacyjnych (reagowania kryzysowego);
- M4** — moduł odbudowy i stabilizacji bezpieczeństwa.

Statutowe i potencjalne (formalno-prawne) cele i zadania wyodrębnionych modułów funkcjonalnych $\langle \mathbf{M1}, \mathbf{M2}, \mathbf{M3}, \mathbf{M4} \rangle$ można zdekomponować na szczegółowe procesy informacyjno-decyzyjne i energetyczno-operacyjne.

Przykładowe statutowe (potencjalne) zadania $E_{M1i}^P \in M_{M1}^P$ modułu monitorowania przestrzeni zagrożeń **M1** mogą zawierać następujące przedsięwzięcia:

$$E_{M1}^P = \{E_{M1i}^P; i = \overline{1, j}\}; \quad E_{M1i}^P \supseteq E_{M1i}^R \quad (30)$$

gdzie:

- E_{M1i}^P — monitorowanie stanu zagrożeń potencjalnych;
- E_{M1i}^R — identyfikowanie zagrożeń potencjalnych;

¹¹ Jeśli za J. Wolaninem bezpieczeństwo zdefiniujemy jako „stan otoczenia cywilizacyjnego i naturalnego określonego przez poziom jego całkowitego ryzyka”, to badanie poziomu bezpieczeństwa można sprowadzić do analizy i sterowania ryzykiem. Zob. J. Wolanin, *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli...*, wyd. cyt., s. 35.

¹² W innej pracy autora w modelowej strukturze prakseologicznego systemu reagowania kryzysowego zostały wyodrębnione cztery główne systemy obejmujące: system monitoringu i rozpoznania, system kierowania operacyjnego, system zabezpieczenia i wsparcia oraz system ratownictwa i ewakuacji. Zob. K. Ficoń, *Inżynieria zarządzania kryzysowego. Podejście systemowe*, BEL Studio, Warszawa 2007, s. 244.

E_{M13}^P — prognozowanie zagrożeń realnych;

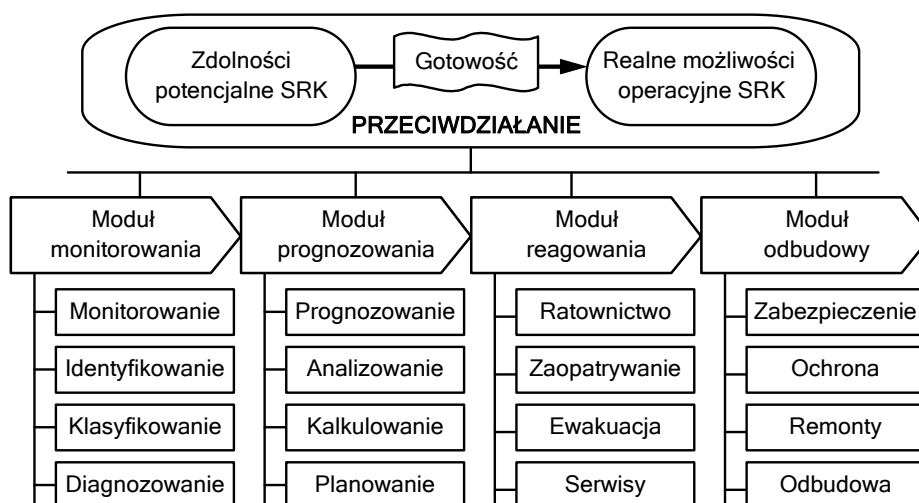
E_{M14}^P — diagnozowanie stanu bezpieczeństwa systemu.

Zadania (30) są podstawą wyznaczenia potencjalnych zdolności modułu $M1^P$ do monitorowania przestrzeni zagrożeń, co symbolicznie przedstawia następujące wyrażenie:

$$M1^P = f(E_{M11}^P, E_{M12}^P, E_{M13}^P, E_{M14}^P) \rightarrow |M1^P| = Q_{M1}^P \quad (31)$$

gdzie:

Q_{M1}^P — teoretyczny potencjał operacyjny modułu monitorowania $M1^P$ do realizacji statutowych zadań z zakresu badania przestrzeni zagrożeń.



Rys. 4. Struktura organizacyjno-funkcyjna systemu reagowania

Źródło: opracowanie własne.

Przykładowe statutowe (potencjalne) zadania $E_{M2i}^P \in SR_{M2}^P$ modułu prognozowania skutków $M2$ mogą zawierać takie czynności jak:

$$E_{M2}^P = \{E_{M2i}^P; i = \overline{1, J}\}; \quad E_{M2i}^P \supseteq E_{M2i}^R \quad (32)$$

gdzie:

E_{M21}^P — prognozowanie negatywnych skutków zagrożeń realnych;

E_{M22}^P — analizowanie potrzeb sytuacji kryzysowych;

E_{M23}^P — kalkulowanie dostępnych i niezbędnych sił i środków;

E_{M24}^P — planowanie antykrzysowych działań operacyjnych.

Specyfikacja zadań (32) jest podstawą wyznaczenia potencjalnych zdolności modułu $M2^P$ do prognozowania skutków i planowania działań operacyjnych, co symbolicznie przedstawia następujące wyrażenie:

$$M2^P = f(E_{G1}^P, E_{G2}^P, E_{G3}^P, E_{G4}^P) \rightarrow |M2^P| = Q_{M2}^P \quad (33)$$

gdzie:

Q_{M2}^P — teoretyczny potencjał operacyjny modułu prognozowania $M2^P$ do realizacji statutowych zadań z zakresu prognozowania skutków i planowania przeciwdziałania.

Przykładowe statutowe (potencjalne) zadania $E_{M3i}^P \in SR_{M3}^P$ modułu reagowania $M3$ w zakresie zwalczania zagrożeń przedstawia wyrażenie:

$$E_{M3}^P = \{E_{M3i}^P \quad i = \overline{1, j}\}; \quad E_{M3i}^P \supset E_{M3i}^R \quad (34)$$

gdzie:

E_{M31}^P — powadzenie procedur ratunkowych;

E_{M32}^P — organizacja transportu i dostaw zaopatrzeniowych;

E_{M33}^P — kontynuowanie procedur leczniczo-ewakuacyjnych;

E_{M34}^P — wykonywanie działań techniczno-ratowniczych.

Specyfikacja zadań (34) jest podstawą wyznaczenia potencjalnych zdolności modułu $M3^P$ do działań operacyjnych w zakresie zwalczania skutków negatywnych zagrożeń, co symbolicznie przedstawia następujące wyrażenie:

$$M3^P = f(E_{M31}^P, E_{M32}^P, E_{M33}^P, E_{M34}^P) \rightarrow |M3^P| \equiv Q_{M3}^P \quad (35)$$

gdzie:

Q_{M3}^P — teoretyczny potencjał operacyjny modułu reagowania $M3^P$ do realizacji statutowych zadań z zakresu bezpośredniego zwalczania zagrożeń.

Przykładowe zadania $E_{M4i}^P \in SR_{M4}^P$ modułu odbudowy i stabilizacji bezpieczeństwa $M4$ przedstawia wyrażenie:

$$E_{M4}^P = \{E_{M4i}^P; \quad i = \overline{1, J}\}; \quad E_{M4i}^P \supseteq E_{M4i}^R \quad (36)$$

gdzie:

E_{M41}^P — ewakuacja i zabezpieczenie ludności;

E_{M42}^P — ochrona mienia, dobytku i dóbr przyrody;

E_{M43}^P — odbudowa infrastruktury krytycznej;

E_{M44}^P — odbudowa infrastruktury technicznej i społecznej.

Specyfikacja zadań (36) jest podstawą wyznaczenia potencjalnych zdolności modułu $M4^P$ do realizacji procesu odbudowy i stabilizacji bezpieczeństwa na wymaganym poziomie, co symbolicznie przedstawia następujące wyrażenie:

$$M4^P = f(E_{M41}^P, E_{M42}^P, E_{M43}^P, E_{M44}^P) \rightarrow |M4^P| \equiv Q_{M4}^P \quad (37)$$

gdzie:

Q_{M4}^P — teoretyczny potencjał operacyjny modułu odbudowy do realizacji statutowych zadań z zakresu odbudowy standardów bezpieczeństwa.

Transformacja potencjalnych zdolności poszczególnych modułów organizacyjno-funkcyjnych $\langle M1, M2, M3, M4 \rangle$ do specyficznych działań operacyjnych w trybie reagowania kryzysowego odbywa się za pomocą funkcji gotowości operacyjnej $\mathcal{N}_i \subset \mathcal{N}$, która dokonuje formalnej transformacji możliwości potencjałowych Q_i^P do realnych zdolności operacyjnych Q_i^R w aspekcie zwalczania zagrożeń i utrzymania żadanego poziomu bezpieczeństwa.

$$\mathcal{N}_i: \Pi_i^P \rightarrow \Pi_i^R; \quad i = M1, M2, M3, M4 \quad (38)$$

W efekcie transformacji (38) każdy z wyodrębnionych statutowych potencjałów cząstkowych $\langle Q_i^P; \quad i = M1, M2, M3, M4 \rangle$ przekształcony zostaje do postaci realnego potencjału operacyjnego $\langle Q_i^R; \quad i = M1, M2, M3, M4 \rangle$, który jest wykorzystywany bezpośrednio w działaniach kryzysowych. Podstawowe funkcje operacyjne poszczególne moduły realizują za pomocą rzeczywistych działań w konkretnych sytuacjach kryzysowych, wykorzystując do tego celu realny potencjał operacyjny $\langle Q_i^R; \quad i = M1, M2, M3, M4 \rangle$.

Przypisana systemowi reagowania SR funkcja gotowości operacyjnej $\mathcal{N}(SR)$ pełni analogiczne zadania jak funkcja ryzyka $\mathcal{R}(SZ)$ w systemie zagrożeń.

Za jej pomocą wyrażany jest aktualny potencjał operacyjny poszczególnych modułów $\langle Q_{Mi}^R; i = M1, M2, M3, M4 \rangle$ do rzeczywistych działań antykryzysowych w obliczu realnych niebezpieczeństw generowanych przez spektrum systemu zagrożeń. Charakteryzuje ona realne zdolności poszczególnych modułów do skutecznego zwalczania spektrum zagrożeń realnych.

Zasadniczym kryterium jakości funkcji gotowości operacyjnej (38) jest postulat minimalizacji czasu potrzebnego na osiągnięcie przez dany moduł $\langle M1, M2, M3, M4 \rangle$ wymaganej zdolności operacyjnej do działań w trybie reagowania kryzysowego.

$$N_{Mi} = f_{Mi}(N(t)) \rightarrow \min; \quad i = M1, M2, M3, M4 \quad (39)$$

Faktyczny czas osiągnięcia wymaganej gotowości operacyjnej, czyli zdolności poszczególnych modułów, a w konsekwencji całego systemu reagowania do skutecznych działań w konkretnej sytuacji kryzysowej jest naczelnym kryterium jego oceny i przydatności funkcjonalnej.

Dla kompleksowej oceny stanu bezpieczeństwa modelowanego systemu prakseologicznego wymagana jest znajomość globalnego potencjału operacyjnego całego systemu reagowania Q^R . Realny potencjał operacyjny systemu reagowania można wyznaczyć na dwa sposoby.

Pierwszy sposób polega na zastosowaniu niejawnej formuły funkcyjnej opartej na superpozycji potencjałów cząstkowych poszczególnych modułów Q_{Mi}^R ($i = M1, M2, M3, M4$):

$$Q^R = f(Q_{Mi}^R; i = M1, M2, M3, M4) \quad (40)$$

Drugi sposób polega na uprzednim wyznaczeniu uogólnionego wskaźnika gotowości operacyjnej N systemu reagowania na podstawie cząstkowych wskaźników gotowości operacyjnej N_i ($i = M1, M2, M3, M4$):

$$N = f(N_i; i = M1, M2, M3, M4) \quad (41)$$

Tak wyznaczony wskaźnik uogólniony (41) może być wykorzystany do analitycznego wyznaczenia rzeczywistego potencjału operacyjnego na przykład za pomocą formuły:

$$Q^R = f(N, Q^P) \quad (42)$$

Podstawą wyznaczania potencjału operacyjnego systemu reagowania Q^R mogą być albo cząstkowe potencjały operacyjne poszczególnych modułów składowych,

sprowadzone do jednostkowego wskaźnika jakości typu (40), albo analitycznie wprowadzona miara uogólniona według wzoru (42).

Dla potrzeb budowanego modelu komplementarny do systemu zagrożeń (SZB) system reagowania (SRK) musi być także zrekapitulowany za pomocą pewnych miar ilościowych, które pozwolą na przeniesienie ich do przestrzeni wektorowych. Badany system reagowania dysponuje pewnym potencjałem operacyjnym do zwalczania zagrożeń bezpieczeństwa (Q), który został podzielony na dwie zasadnicze kategorie rozpatrywane jako potencjał hipotetyczny (Q^P) i potencjał realny (Q^R). Wielkość tego ostatniego potencjału stanowi o rzeczywistych zdolnościach do skutecznego przeciwdziałania wobec realnego spektrum zagrożeń.

Potencjał hipotetyczny systemu reagowania będziemy wyznaczać na podstawie wybranych parametrów operacyjnych tego systemu, który w modelu został zdekomponowany na cztery moduły organizacyjno-funkcjonalne. Każdy z wyodrębnionych modułów można scharakteryzować za pomocą pewnego zbioru parametrów i zmiennych opisujących ich potencjalne (hipotetyczne) zdolności do działań antykrzysowych, co symbolicznie przedstawia wzór:

$$Q_{M_i}^P = f(A_{M_i}^P; \quad i = M1, M2, M3, M4) \rightarrow \mathfrak{R}_{P_i}^+ \quad (43)$$

gdzie:

Q_{M1}^P — potencjał hipotetyczny modułu monitoringu;

Q_{M2}^P — potencjał hipotetyczny modułu prognozowania;

Q_{M3}^P — potencjał hipotetyczny modułu reagowania;

Q_{M4}^P — potencjał hipotetyczny modułu odbudowy;

A_{M1}^P — zbiór parametrów charakteryzujących moduł monitoringu;

A_{M2}^P — zbiór parametrów charakteryzujących moduł prognozowania;

A_{M3}^P — zbiór parametrów charakteryzujących moduł reagowania;

A_{M4}^P — zbiór parametrów charakteryzujących moduł odbudowy.

Całkowity potencjał hipotetycznych zdolności operacyjnych badanego systemu reagowania będziemy obliczać jako pewną funkcję cząstkowych potencjałów hipotetycznych poszczególnych modułów organizacyjno-funkcjonalnych Q_i^P , czyli:

$$Q^P = f(Q_i^P; \quad i = \overline{1, T}) \rightarrow \mathfrak{R}_P^+ \quad (44)$$

gdzie:

Q^P — całkowity potencjał hipotetyczny zdolności operacyjnych systemu reagowania.

Jeśli wszystkie hipotetyczne potencjały cząstkowe Q_i^P będziemy mogli wyrazić w pewnej unormowanej przestrzeni liczbowej $\mathfrak{R}_P^1 \in \mathfrak{R}_P^1$, to całkowity potencjał hipotetyczny (44) można będzie wyznaczyć jako ważoną funkcję addytywną potencjałów cząstkowych, czyli:

$$Q^P = \sum_{i=1}^4 W_{Mi} Q_{Mi}^P \rightarrow \mathfrak{R}_P^1 \quad (45)$$

gdzie:

W_{Mi} — współczynniki wagowe składowych potencjałów cząstkowych Q_i^P .

Rzeczywisty potencjał operacyjny systemu reagowania, rozumiany jako aktualna zdolność do zwalczania realnych zagrożeń bezpieczeństwa Q^R , zostanie wyznaczony jako funkcja hipotetycznych potencjałów operacyjnych poszczególnych modułów Q_{Mi}^P i przypisanych im wskaźników sprawności operacyjnej N_i , które dokonują transformacji zdolności hipotetycznych do rzeczywistych możliwości działań antykrzysowych tych modułów.

W pierwszej kolejności dla poszczególnych modułów $\langle M1, M2, M3, M4 \rangle$ należy wyznaczyć ich realne potencjały zdolności operacyjnych na przykład za pomocą multiplikatywnej formuły typu:

$$Q_{Mi}^R = N_{Mi} \times Q_{Mi}^P \rightarrow \mathfrak{R}_P^1; \quad i = M1, M2, M3, M4 \quad (46)$$

gdzie:

N_{M1} — wskaźnik sprawności operacyjnej modułu monitoringu;

N_{M2} — wskaźnik sprawności operacyjnej modułu prognozowania;

N_{M3} — wskaźnik sprawności operacyjnej modułu reagowania;

N_{M4} — wskaźnik sprawności operacyjnej modułu odbudowy.

Tak wyznaczone realne potencjały zdolności operacyjnych poszczególnych modułów Q_{Mi}^R zostaną wykorzystane do wyznaczenia globalnego potencjału rzeczywistych zdolności operacyjnych całego systemu do działań antykrzysowych Q^R na przykład za pomocą ogólnej formuły typu:

$$Q^R = f(Q_{Mi}^R; \quad i = M1, M2, M3, M4) \rightarrow \mathfrak{R}_R^1 \quad (47)$$

Podobnie jak w przypadku agregacji zdolności hipotetycznych (44), także w tym przypadku, jeśli wszystkie potencjały operacyjnych zdolności rzeczywistych Q_{Mi}^R będziemy mogli wyrazić w pewnej unormowanej przestrzeni liczbowej $\mathfrak{R}_R^1 \in \mathfrak{R}_R^1$, całkowity potencjał do operacyjnych działań antykrzysowych (47) można będzie wyznaczyć jako ważoną funkcję addytywną potencjałów składowych, czyli:

$$Q^R = \sum_{i=1}^4 W_{Mi} Q_{Mi}^R \rightarrow \mathfrak{R}_R^+ \quad (48)$$

gdzie:

W_{Mi} — współczynniki wagowe potencjałów składowych Q_{Mi}^R .

Potencjał reagowania kryzysowego Q^R reprezentuje aktualne zdolności macierzystego systemu reagowania do zwalczania rzeczywistych zagrożeń Π^R , jakie generuje otoczenie systemowe wobec badanego systemu prakseologicznego. Rzeczywiste zdolności do działań operacyjnych w zakresie przeciwdziałania kryzysowego zostały wyznaczone w sposób analityczny za pomocą syntetycznego wskaźnika jakości, którym jest realny potencjał reagowania. Może on być obliczany na podstawie różnych formuł analitycznych, które wymagają głębszych analiz, celem oceny ich przydatności do bieżących potrzeb i wymagań sytuacji kryzysowych¹³.

WYPADKOWY POTENCJAŁ BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMU PRAKSEOLOGICZNEGO

Zgodnie z przeprowadzonymi rozważaniami wypadkowy potencjał bezpieczeństwa systemu prakseologicznego \mathbb{B} jest funkcjonalem dwóch wysoce zagregowanych funkcji, tj. realnego potencjału zagrożeń Π^R i realnego potencjału reagowania Q^R :

$$\mathbb{B} = F(\Pi^R, Q^R) \quad (49)$$

gdzie:

\mathbb{B} — potencjał bezpieczeństwa prakseologicznego systemu działania;

Π^R — potencjał zagrożeń rzeczywistych środowiska systemowego;

Q^R — realny potencjał macierzystego systemu reagowania kryzysowego.

Jeśli przyjmiemy założenie, że oba potencjały składowe Π^R i Q^R zostały wyskalowane w pewnej unormowanej przestrzeni, na przykład w przedziale $[0,1]$, to całkowity potencjał bezpieczeństwa będzie można wyrazić za pomocą unormowanej formuły ilorazowej lub różnicowej.

¹³ Na ogromne trudności i problemy metodologiczne oraz narzędziowe modelowania wielkich systemów prakseologicznych, w których obok przyrody i techniki występują ludzie jako pojedyncze jednostki i jednocześnie jako zorganizowane grupy społeczne, zwracają uwagę autorzy oryginalnej pracy: I. Białynicka-Birula, I. Białynicki-Birula, *Modelowanie rzeczywistości. Jak w komputerze przegląda się świat*, WNT, Warszawa 2007, s. 161–167.

Formuła ilorazowa potencjału bezpieczeństwa \mathbb{B} może być zapisana w dwóch postaciach, odpowiednio jako:

$$\mathbb{B}_z = \frac{\Pi^R}{Q^R}; \quad Q^R \neq 0 \quad (50)$$

$$\mathbb{B}_Q = \frac{Q^R}{\Pi^R}; \quad \Pi^R \neq 0 \quad (51)$$

W zależności od liczbowych wartości potencjału Π^R i Q^R dla zapisu ilorazowego (50) i (51) spełnione są następujące warunki:

$$\Pi^R > Q^R \Leftrightarrow \mathbb{B}_z > 1 \wedge \mathbb{B}_Q < 1 \quad (52)$$

$$\Pi^R < Q^R \Leftrightarrow \mathbb{B}_z < 1 \wedge \mathbb{B}_Q > 1 \quad (53)$$

Formuła różnicowa potencjału bezpieczeństwa \mathbb{B} może występować w dwóch zasadniczych postaciach:

$$\mathbb{B}_z = \Pi^R - Q^R \quad (54)$$

$$\mathbb{B}_Q = Q^R - \Pi^R \quad (55)$$

W zależności od liczbowych wartości potencjału Π^R i Q^R dla zapisu różnicowego (54) i (55) spełnione są następujące warunki:

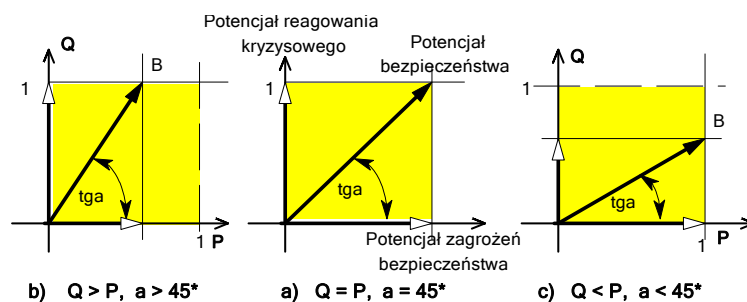
$$\Pi^R > Q^R \Leftrightarrow \mathbb{B}_z > 0 \wedge \mathbb{B}_Q < 0 \quad (56)$$

$$\Pi^R < Q^R \Leftrightarrow \mathbb{B}_z < 0 \wedge \mathbb{B}_Q > 0 \quad (57)$$

Przekształcając skalarne potencjały Π^R, Q^R do miary wektorowej $\overline{\Pi^R}, \overline{Q^R}$, w prostokątnym kartezjańskim układzie współrzędnych $X \perp Y$ otrzymamy możliwość geometrycznej interpretacji potencjału bezpieczeństwa \mathbb{B} w postaci wypadkowego wektora potencjału bezpieczeństwa $\overline{\mathbb{B}}$. Zakładając ortogonalność wektorów składowych $\overline{\Pi^R}, \overline{Q^R}$, możemy posługiwać się ich geometryczną interpretacją w przestrzeni kartezjańskiej, co pozwala operować elementami rachunku wektorowego:

$$\overline{\mathbb{B}} = \overline{\Pi^R} \perp \overline{Q^R} \quad (58)$$

Moduł wektora bezpieczeństwa $|\overline{\mathbb{B}}|$ określa bezwzględną wielkość potencjału bezpieczeństwa, natomiast tangens kąta nachylenia do osi OX jego charakter, a tym samym sygnalizuje dominację albo wektora zagrożeń $\overline{\Pi^R}$, albo wektora reagowania $\overline{Q^R}$, co graficznie zostało zobrazowane na rysunku 5.

Rys. 5. Wektorowa dekompozycja potencjału bezpieczeństwa \vec{B}

Źródło: opracowanie własne.

Wektorowa reprezentacja potencjału bezpieczeństwa \vec{B} w prostokątnym układzie kartezjańskim $\vec{P} \perp \vec{Q}$ umożliwia także analityczne wyznaczenie wartości bezwzględnej potencjału bezpieczeństwa oraz charakteryzujący jego charakter kąt nachylenia do osi OX . W tym celu należy posłużyć się następującymi wzorami:

$$|\vec{B}| = \sqrt{|\vec{P}^R|^2 + |\vec{Q}^R|^2} \quad (59)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{|\vec{P}^R|}{|\vec{Q}^R|} \quad (60)$$

Znajomość modułu (59) oraz kąta nachylenia (60) jednoznacznie determinuje wartość i charakter wypadkowego potencjału bezpieczeństwa \vec{B} badanego systemu prakseologicznego¹⁴.

Jak wynika z zaproponowanych formuł obliczeniowych, jeśli potrafimy analitycznie wyznaczyć wielkość potencjału realnych zagrożeń \vec{P}^R i rzeczywisty potencjał reagowania kryzysowego \vec{Q}^R , to istnieje cała gama różnych sposobów wyznaczenia analitycznego lub geometrycznego wypadkowego potencjału bezpieczeństwa \vec{B} . Posługiwanie się odpowiednimi miarami liczbowymi wymaga normalizacji poszczególnych procedur obliczeniowych względem ustalonego układu odniesienia.

PODSUMOWANIE

Proces modelowania potencjału bezpieczeństwa zdekomponowano na dwa systemy funkcjonalne — system generujący zagrożenia i system przygotowujący

¹⁴ Podobną interpretacją geometryczną w przestrzeni wektorowej przy ocenie siły systemu posługuje się: J. Konieczny, *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa 1983, s. 175.

potencjał operacyjny do skutecznego zwalczania tych zagrożeń. Każdy z wyodrębnionych systemów został scharakteryzowany za pomocą dwóch komplementarnych potencjałów — potencjału hipotetycznego (teoretycznego) i potencjału realnego (rzeczywistego). Zasadniczym, wyjściowym potencjałem jest potencjał hipotetyczny, który obliczany jest analitycznie na podstawie szczegółowych danych i parametrów liczbowych, charakteryzujących system zagrożeń bezpieczeństwa i system reagowania kryzysowego. Tak wyznaczony potencjał hipotetyczny systemu zagrożeń i systemu reagowania jest wykorzystywany do skalowania rzeczywistego (bieżącego) potencjału operacyjnego każdego z obu systemów. Współczynnikiem skali są odpowiednio: wielkości szacowanego ryzyka wystąpienia zagrożeń realnych i aktualne wskaźniki gotowości operacyjnej systemu reagowania.

Rzeczywiste (aktualne) potencjały zagrożeń i reagowania stanowią podstawę do wyznaczenia wypadkowego potencjału bezpieczeństwa modelowanego systemu prakseologicznego. W tym celu zostały zaproponowane dwie grupy metod: analityczne i geometryczne. Przydatność tych metod musi być oceniona pod kątem wymagań konkretnej sytuacji kryzysowej i praktycznych oczekiwań decydentów.

Z uwagi na ograniczenia redakcyjne większość trudnych problemów analitycznych została jedynie zasygnalizowana za pomocą ogólnych funkcji i formuł obliczeniowych. Praktyczne ich stosowanie wymaga dalszych badań teoretycznych i weryfikacji statystycznej. Do tego celu proponuje się wykorzystać przede wszystkim metody i narzędzia taksonomii numerycznej, której komputerowe aplikacje zasadniczo zwiększają ich praktyczną użyteczność. Próby ilościowego wyrażenia różnych aspektów bezpieczeństwa podejmowane są przez wielu autorów i w różnych ośrodkach badawczych, co dobitnie świadczy o ich wielkiej użyteczności, a jednocześnie, z uwagi na ogromne trudności i dużą złożoność badanej materii, o konieczności intensyfikacji prac na różnych kierunkach badawczych, czego skromnym przykładem jest niniejsza publikacja.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Białynicka-Birula I., Białynicki-Birula I., *Modelowanie rzeczywistości. Jak w komputerze przegląda się świat*, WNT, Warszawa 2007.
- [2] Ficoń K., *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2006.
- [3] Ficoń K., *Identyfikacja i zwalczanie zagrożeń i czynników ryzyka w projektach innowacyjnych*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2008, nr 175B.
- [4] Ficoń K., *Ilościowy model optymalizacyjny systemu reagowania kryzysowego*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2008, nr 1.
- [5] Ficoń K., *Inżynieria zarządzania kryzysowego. Podejście systemowe*, BEL Studio, Warszawa 2007.

- [6] Ficoń K., *Jakościowy model identyfikacyjny systemu reagowania kryzysowego*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2007, nr 4.
- [7] Ficoń K., *Model operatorowy zautomatyzowanego systemu kierowania reagowaniem kryzysowym*, Konferencja „Zarządzanie kryzysowe”, AM ZUW, Szczecin 2005.
- [8] Ficoń K., *Stosunki międzynarodowe jako cybernetyczny układ ze sprzężeniem zwrotnym*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2004, nr 4.
- [9] Ficoń K., *Wykorzystanie funkcji potęgowo-wykładniczej w procesie zarządzania bezpieczeństwem*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2009, nr 1.
- [10] Gomółka Z., *Cybernetyka w zarządzaniu. Modelowanie cybernetyczne. Sterowanie systemami*, AW Placet, Warszawa 2000.
- [11] Jakubczak R., Flis J., *Bezpieczeństwo narodowe Polski w XXI wieku. Wyzwania i strategie*, Bellona, Warszawa 2006.
- [12] Konieczny J., *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa 1983.
- [13] Pszczołowski T., *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*, Ossolineum, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk 1978.
- [14] Rasiowa H., *Wstęp do matematyki współczesnej*, PWN, Warszawa 2004.
- [15] Sienkiewicz P., *Teoria efektywności systemów*, Ossolineum, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, Łódź 1987.
- [16] Wolanin J., *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli. Ochrona ludności na czas pokoju*, DANMAR, Warszawa 2005.

ELEMENTS OF THE THEORY OF POTENTIALS OF LARGE SYSTEMS SECURITY PRAXEOLOGICAL

ABSTRACT

The study is an innovative attempt to quantify the safety of the modeled praxeological system using synthetic performance index, expressed in terms of contractual security capabilities. The resultant potential for security is a complex functional of two functions — the real potential systemic risks and the potential of actual operational capabilities of the system for crisis prevention. Each of these potential components is a superposition of two discrete categories of potential — the hypothetical potential and the actual potential of the threat to security system and of the emergency response system respectively.

Keywords:

safety, crisis, operation, potential, risk, strategy, superposition, system, hazard.