

Krzysztof Ficoń
Akademia Marynarki Wojennej

WYKORZYSTANIE FUNKCJI POTĘGOWO-WYKŁADNICZEJ W PROCESIE ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono propozycję wykorzystania analitycznej funkcji potęgowo-wykładniczej do badania dynamiki procesu zarządzania bezpieczeństwem na etapie reagowania kryzysowego (zwalczania negatywnych skutków kryzysu). Człon potęgowy funkcji zinterpretowano jako czynnik symbolizujący destrukcję spowodowaną sytuacją kryzysową. Człon wykładniczy reprezentuje czynnik hamujący, czyli skuteczność i sprawność reagowania kryzysowego. Asymptotyczne wygaszanie funkcji potęgowo-wykładniczej to etap odbudowy i przywracania pierwotnego stanu bezpieczeństwa. Szczególnej interpretacji poddano parametry stałe funkcji, odnosząc je do ryzyka, potencjału destrukcyjnego kryzysu i potencjału reagowania kryzysowego.

Słowa kluczowe:

bezpieczeństwo, destrukcja, funkcja, konstrukcja, kryzys, odbudowa, reagowanie kryzysowe, parametry stałe, ryzyko, zagrożenia, zarządzanie, zdarzenia.

BEZPIECZEŃSTWO JAKO PROCES LOSOWY

Intuicyjnie definiowane pojęcie bezpieczeństwa jest praktycznie odnoszone do pewnego stanu braku zagrożeń, w którym dany system może planowo realizować swoją misję (cele, zadania, rozwój). Pomimo dość powszechnej akceptacji tej definicji nie spełnia ona waloru prakseologicznej przydatności i dlatego bardziej właściwa wydaje się być definicja, która pojęcie bezpieczeństwa odnosi do takiego stanu, w którym poziom potencjalnych i realnych zagrożeń tego bezpieczeństwa jest kontrolowany i spełnia kryterium ich akceptowalności. Kategoria bezpieczeństwa musi być relatywizowana względem pewnego standardu społecznie (technicznie,

politycznie) uznanego za dopuszczalny. Wynika to z faktu, że bezpieczeństwo jest procesem losowym i cechuje się dużą niepewnością oraz zmiennością zarówno w czasie, jak i w stanach. Na poziom bezpieczeństwa oddziałuje zbyt dużo czynników, zmiennych i zakłóceń, aby można było w porę wszystkie eliminować i skutecznie zredukować ich negatywne skutki oraz konsekwencje.

Spektrum rozmaitych zmiennych, zagrożeń i zakłóceń jest praktycznie nieskończone, a jego źródłem jest przede wszystkim dalsze i bliższe otoczenie zewnętrzne i w mniejszym stopniu otoczenie wewnętrzne badanego systemu czy podmiotu. Dlatego niepewność i losowość są permanentnymi cechami każdej rzeczywistości, każdego bytu czy też każdego wielkiego systemu. To ostatnie pojęcie dotyczy zorganizowanej i celowo działającej zbiorowości, w której występują zarówno podmioty, jak i przedmioty, w szczególności ludzie, społeczeństwo, przyroda a także technika, technologia i określone standardy cywilizacyjne.

W celu uściślenia pojęcia bezpieczeństwa posłużymy się pierwotnym terminem, którym jest zdarzenie. Samego pojęcia zdarzenie nie będziemy formalnie definiować, a skupimy się na rozłącznej klasyfikacji zdarzeń, która w kontekście teorii bezpieczeństwa dzieli je na zdarzenia korzystne (pozytywne) i niekorzystne (negatywne). Dla ścisłości należy odnotować także kategorię zdarzeń obojętnych (neutralnych), które nie wpływają na poziom bezpieczeństwa. Zdarzenia korzystne zwiększają poziom bezpieczeństwa, a niekorzystne obniżają ten poziom, aż do pewnego krytycznego stanu, zwanego kryzysem, który w zależności od rozpatrywanej dziedziny może przekształcić się przykładowo w awarię, rozruchy, klęskę, katastrofę, kataklizm czy wojnę. Wykorzystując pojęcie zdarzenia, znacznie bardziej adekwatna wydaje się nowa definicja bezpieczeństwa mówiąca o tym, że bezpieczeństwo jako proces losowy jest sumą (superpozycją, funkcją) pewnych zdarzeń losowych, zarówno korzystnych, jak i niekorzystnych, co symbolicznie przedstawia następujące wyrażenie:

$$B = f(ZK, ZN, ZU, V), \quad (1)$$

gdzie: B — kategoria (stan) bezpieczeństwa;

ZK — zbiór zdarzeń korzystnych, zwiększających stan bezpieczeństwa;

ZN — zbiór zdarzeń niekorzystnych, zmniejszających stan bezpieczeństwa;

ZU — zbiór zdarzeń neutralnych, bez wpływu na stan bezpieczeństwa;

V — akceptowany (dopuszczalny) poziom zdarzeń niekorzystnych, które nie zmieniają stanu bezpieczeństwa w stan niebezpieczeństwa.

Formalnie zbiór zdarzeń korzystnych (ZK) zwiększa stan bezpieczeństwa (B) i podnosi go na coraz wyższy poziom. Praktycznie nie istnieje kres górny stanu bezpieczeństwa i nigdy nie może być on osiągnięty, a tym bardziej przekroczony. W aspekcie ilościowym bezpieczeństwo nigdy nie osiągnie poziomu nasycenia i w każdym stanie może być dowolnie zwiększane. Jedynym ograniczeniem dla wzrostu bezpieczeństwa jest kryterium ponoszonych na ten cel nakładów, zasobów czy kosztów. Skończoność i ograniczoność będących w dyspozycji kosztów jest fizycznym wyznacznikiem jego poziomu. Stan bezpieczeństwa zwiększają więc zdarzenia korzystne i świadomie prowadzone działania stymulujące limitowane najczęściej dostępnością określonych zasobów i nakładów materialnych i niematerialnych:

$$(ZK = \{Zk_i; i = \overline{1, I}\} \cup DS.) \xrightarrow{\overline{N}} \max B, \quad (2)$$

gdzie: Zk_i — i-te zdarzenie korzystne, zwiększające bezpieczeństwo;
 DS — zbiór podejmowanych działań stymulujących bezpieczeństwo;
 \overline{N} — nakłady ponoszone na prowadzenie działań stymulujących.

Zbiór zdarzeń niekorzystnych (ZN) redukuje poziom bezpieczeństwa (B) do pewnego stanu krytycznego (BK), który może przekształcić się w stan kryzysu (KB) i eskalować w kolejne stany kryzysowe — klęski, katastrofy, kataklizmy. W przeciwieństwie do kresu górnego kres dolny bezpieczeństwa jest bardzo oczywisty i wyjątkowo jednoznaczny. Tempo osiągnięcia krytycznego stanu bezpieczeństwa (BK) jest zależne także od skuteczności działań stymulujących (DS), które w pewnych przypadkach, np. zaniechania takich działań, mogą przekształcić się w działania destymulujące (DD). Niekorzystną redukcję i zmniejszanie poziomu bezpieczeństwa powodują więc zdarzenia niekorzystne (niebezpieczne) oraz działania destymulujące lub nieskuteczne działania stymulujące.

$$(ZN = \{Zn_i; i = \overline{1, I}\} \cup DD) \rightarrow \min B \xrightarrow{QK} BK \xrightarrow{RK} KB, \quad (3)$$

gdzie: Zk_i — i-te zdarzenie niekorzystne, zmniejszające bezpieczeństwo;
 DD — zbiór działań destymulujących bezpieczeństwo;
 BK — krytyczny stan bezpieczeństwa;
 KB — sytuacja kryzysowa w systemie bezpieczeństwa;
 QK — zarządzanie kryzysowe;
 RK — reagowanie kryzysowe.

Dotychczas był konstruowany jakościowy model bezpieczeństwa, który opierał się na systemie pewnej hierarchii budowanej na aparacie pojęciowym teorii bezpieczeństwa wielkich systemów. W tym sensie mówiliśmy o umownych stanach bezpieczeństwa, takich jak duże i małe, dopuszczalne i krytyczne. Redukcja poziomu bezpieczeństwa poniżej umownej wielkości krytycznej prowadzi do nowego jakościowo stanu niebezpieczeństwa, którego skale są wyznaczane przez intensywność i skutki poszczególnych zagrożeń. W sensie jakościowym kategoria bezpieczeństwa danego systemu może przybierać dwie zasadnicze formy: bezpieczeństwa i niebezpieczeństwa. Bezpieczeństwo systemu może być wartościowane za pomocą binarnego, rozłącznego układu stanów: stan bezpieczeństwa i stan niebezpieczeństwa. Z punktu widzenia teorii bezpieczeństwa każdy system może znajdować się albo w stanie bezpieczeństwa, albo w stanie niebezpieczeństwa. Oba stany mogą być dodatkowo wartościowane według pewnej umownej skali. O ile stan bezpieczeństwa (BP) jest zwykle stopniowany za pomocą odpowiednich przymiotników, np. niewielkie, małe, średnie, duże, wielkie, o tyle stan niebezpieczeństwa (BN) ma określoną gradację i bardzo specyficzną terminologię, np. kryzys, katastrofa, klęska, kataklizm.

$$BS = \begin{cases} BP(.) - \text{stan bezpieczeństwa} \\ BN(.) - \text{stan niebezpieczeństwa} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie: BS — bezpieczeństwo systemowe;
 BP(.) — stan bezpieczeństwa;
 BN(.) — stan niebezpieczeństwa.

Badany system może pozostawać w dwóch przeciwstawnych i rozłącznych stanach: bezpieczeństwa (BP) i niebezpieczeństwa (BN). Sytuacja kryzysowa (BK) jest jedynie stanem chwilowym pomiędzy stanem bezpieczeństwa (BP) i niebezpieczeństwa (BN) i sygnalizuje wystąpienie poważnych zdarzeń niekorzystnych (zagrożeń) mogących wprowadzić system w sytuację, w której realizacja jego misji czy strategii rozwojowej jest znacznie zakłócona. Procedury reagowania kryzysowego mają za zadanie przywrócić pierwotnego stanu bezpieczeństwa gwarantującego harmonijny i planowany rozwój systemu.

Spotykana w literaturze specyfikacja zarówno stanów bezpieczeństwa (BP), jak i niebezpieczeństwa (BN) jest niezwykle rozbudowana i wielce skomplikowana, gdyż sporządzana jest na użytek różnych teorii, aplikacji i poszczególnych decydentów. Najbardziej ogólny system klasyfikacyjny bezpieczeństwa (BP(.)) i niebezpieczeństwa (BN(.)) zapiszemy:

$$BP(.) = \{BP_{ij}; i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}\}, \quad (5)$$

gdzie: BP_{ij} — ij -ty stan bezpieczeństwa;
 $i = \overline{1, I}$ — kategoria społeczna (techniczna, polityczna) bezpieczeństwa;
 $j = \overline{1, J}$ — stopniowanie bezpieczeństwa w ramach i -tej kategorii.

$$BN(.) = \{BN_{ij}; i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}\}, \quad (6)$$

gdzie: BN_{ij} — ij -ty stan niebezpieczeństwa;
 $i = \overline{1, I}$ — kategoria społeczna (techniczna, polityczna) niebezpieczeństwa;
 $j = \overline{1, J}$ — stopniowanie niebezpieczeństwa w ramach i -tej kategorii.

Tradycyjnie kategoryzacja stanów niebezpieczeństwa (BN_{ij}) prowadzona jest za pomocą powszechnie używanych kategorii zagrożeń (niebezpieczeństw), które mają dość precyzyjny układ klasyfikacyjny¹.

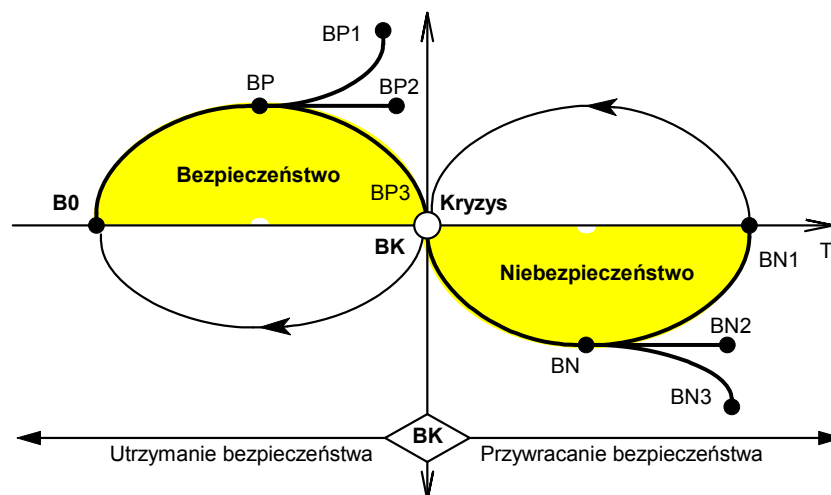
W świetle powyższych rozważań uniwersalne bezpieczeństwo systemowe (BS) zapiszemy za pomocą następującej uporządkowanej trójki:

$$BS = \langle BP(.) \prec BK \prec BN(.) \rangle, \quad (7)$$

gdzie: BK — bezpieczeństwo krytyczne (sytuacja kryzysowa).

Bezpieczeństwo krytyczne (BK), zwane też kryzysowym, jest stanem chwilowym i przejściowym, który zmienia status bezpieczeństwa systemowego (BS) ze stanu bezpieczeństwa (BP) na stan niebezpieczeństwa (BN). Chronologicznie proces transformacji losowego bezpieczeństwa systemowego (BS) w kolejne stany bezpieczeństwa (BP), kryzysu (BK) i niebezpieczeństwa (BN) przedstawia graficznie rysunek 1.

¹ Autorski wielokryterialny system klasyfikacji zagrożeń został przedstawiony między innymi w: K. Ficoń, *Inżynieria zarządzania kryzysowego*, BEL Studio, Warszawa 2007, s. 76–106.



Rys. 1. Modelowy graf stanów bezpieczeństwa i niebezpieczeństwa

Z uwagi na losowość zdarzeń korzystnych (ZK) i niekorzystnych (ZN) każdy ze stanów bezpieczeństwa systemowego (\circ) jest stanem quasi-stabilnym, w którym system pozostaje zgodnie z pewnym, nieznanym rozkładem prawdopodobieństwa stanów. Najbardziej pożądanym i docelowym stanem bezpieczeństwa jest oczywiście stanem quasi-stabilnym, co na rysunku 1. obrazuje punkt BP, który jest pochodną bezpieczeństwa początkowego B0. W punkcie ekstremalnym BP bezpieczeństwo może podążać w jednym z trzech kierunków:

$$BP = \begin{cases} BP1 - \text{wzrost bezpieczeństwa} \\ BP2 - \text{stabilizacja bezpieczeństwa} \\ BP3 = BK - \text{degradacja bezpieczeństwa} \end{cases}$$

Oczywiście najbardziej pożądanym jest kierunek BP1 oznaczający potęgowanie dotychczasowego stanu bezpieczeństwa, czyli bardzo korzystny trend, który należy świadomie stymulować. Utrzymywanie bezpieczeństwa co najmniej na dotychczasowym poziomie BP2 to również korzystna tendencja jego kształtowania. Przypadek destrukcji bezpieczeństwa BP3 prowadzi z reguły do sytuacji kryzysowej, która jako stan kryzysu może przybierać różne formy eskalacji niebezpieczeństwa. W porę nie zażegnany kryzys (BK) zmienia dotychczasowy stan bezpieczeństwa (BP) na przeciwny stan niebezpieczeństwa (BN). Jest to zmiana jakościowa, która wynika z nagromadzonych zmian ilościowych, obniżających dotychczasowy stan bezpieczeństwa.

Stan niebezpieczeństwa (BN) jest również stanem quasi-stabilnym, z którego należy jak najprędzej wyjść i powrócić do pierwotnego stanu bezpieczeństwa (BP). W punkcie ekstremalnym BN stan niebezpieczeństwa może potoczyć się w trzech możliwych kierunkach:

$$BN = \begin{cases} BN1 = BP - \text{redukcja niebezpieczeństwa} \\ BN2 - \text{stabilizacja niebezpieczeństwa} \\ BN3 - \text{wzrost niebezpieczeństwa} \end{cases}$$

Stan niebezpieczeństwa (BN) oznacza formalnie zwalczanie zaistniałej sytuacji niekorzystnej (kryzysowej), czyli prowadzenie procedur reagowania kryzysowego. Pożądanym kierunkiem jest redukcja aktualnych niebezpieczeństw (zagrożeń), czyli zdążanie do pierwotnego stanu bezpieczeństwa (BP). Trajektoria $BN \rightarrow BN1$ powinna docelowo przywrócić pożądany poziom bezpieczeństwa BP. Kierunek $BN2$ oznacza stabilizację aktualnego stanu niebezpieczeństw i utrzymywanie się zagrożeń na dotychczasowym poziomie. Zdecydowanie najgorsza jest trajektoria $BN \rightarrow BN3$, która prowadzi do eskalacji zagrożeń i potęgowania dotychczasowego stanu niebezpieczeństwa.

Granica między binarnymi stanami bezpieczeństwa (BP) i niebezpieczeństwa (BN) jest często bardzo umowna i rozmyta, co wynika z niepewności sytuacyjnej (decyzyjnej) dodatkowych uwarunkowań, w jakich funkcjonuje dany system. Precyzyjne ustalenie tej granicy jest istotą modelowania ilościowego, które na gruncie teorii bezpieczeństwa napotyka liczne trudności i problemy metodologiczne, instrumentalne czy nawet pojęciowe. Z reguły jest ona utożsamiana z wystąpieniem sytuacji kryzysowej, która oznacza gwałtowne załamanie się dotychczasowego trendu i niezdolność do prowadzenia planowanej i stabilnej strategii rozwojowej. Próba ilościowej analizy stanu niebezpieczeństwa (BN) zostanie przedstawiona w dalszej części artykułu przy wykorzystaniu analitycznej funkcji potęgowo-wykładniczej.

ETAPY PROCESU ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM

Utrzymanie odpowiedniego stanu bezpieczeństwa ($BP \geq BP^*$) przez pożądany czas (T) na określonym poziomie (BP^*) wymaga posługiwania się odpowiednimi metodami zarządzania bezpieczeństwem, gwarantującymi wymaganą skuteczność i niezawodność tej strategii. Na gruncie teorii bezpieczeństwa zarządzanie rozumiane jako podklasa kierowania polega na dysponowaniu strumieniami informacyjnymi

i podejmowaniu adekwatnych do sytuacji decyzji, najlepiej optymalnych. W przeciwieństwie do zarządzania gospodarczego (QG), w którym dominującym kryterium jest maksymalizacja efektywności ekonomicznej, odnoszonej do relacji koszt — efekt, zasadniczym kryterium zarządzania bezpieczeństwem jest zagwarantowanie najwyższej skuteczności, sprawności i niezawodności działań operacyjnych. W przypadku zarządzania bezpieczeństwem (QB) kryterium efektywności ekonomicznej przyjmuje z reguły postać warunków brzegowych, limitujących rozmach i intensywność działań operacyjnych. Postulaty te symbolicznie można zapisać za pomocą następujących wyrażeń:

$$\text{QG: } \max(Z\$=D\$-K\$); G \in \text{GR}, \quad (8)$$

gdzie: QG — zarządzanie gospodarcze;
 Z\$ — zysk z działalności gospodarczej;
 D\$ — dochody ze sprzedaży;
 K\$ — koszty działalności gospodarczej;
 G — zbiór ograniczeń i warunków brzegowych;
 GR — standardy gospodarki rynkowej.

$$\text{QB: } \max (S \cap R \cap N); G \leq G\$ \wedge \text{JiT}, \quad (9)$$

gdzie: QB — zarządzanie bezpieczeństwem;
 S — skuteczność działań operacyjnych;
 R — sprawność prowadzonych działań;
 N — niezawodność stosowanych procedur;
 G\$ — ograniczenia ekonomiczno-finansowe;
 JiT — zasada Just in Time.

Niematerialne procesy informacyjno-decyzyjne stanowią istotę zarządzania, choć jego konsekwencje dotyczą najczęściej użycia i wykorzystania zasobów materialnych, takich jak personel, środki finansowe, zasoby logistyczne, sprzęt i wyposażenie techniczne oraz zasoby infrastrukturalne, w tym infrastruktury krytycznej. Optymalne dysponowanie materialnymi zasobami we właściwym miejscu i we właściwym czasie to istota nie tylko logistycznej zasady Just in Time, lecz także naczelną dewiza skutecznego reagowania kryzysowego, w sytuacji bardzo deficytowych zasobów i najczęściej ogromnych potrzeb operacyjnych i logistycznych.

Proces zarządzania bezpieczeństwem jest procesem losowym, w którym występuje wiele zmiennych decyzyjnych, a przede wszystkim ogromne spektrum różnych oddziaływań zewnętrznych, zakwalifikowanych do zbioru zdarzeń korzystnych (ZK)

lub niekorzystnych (ZN). Jak wiadomo, pozytywne efekty zdarzeń korzystnych (ZN^+) należy pobudzać i stymulować, gdyż zwiększają bezpieczeństwo ($ZK \rightarrow \max BP$), natomiast skutki zdarzeń niekorzystnych (ZN^-) należy redukować, gdyż zmniejszają bezpieczeństwo ($ZN \rightarrow \min BP$). Poprzez odpowiednie zarządzanie bezpieczeństwem systemowym można wpływać na rozwój zdarzeń korzystnych — stymulując ich bieg oraz na intensywność zdarzeń niekorzystnych — ograniczając ich rozwój i redukując ewentualne negatywne skutki. Formalnie cel zarządzania bezpieczeństwem (QB) możemy wyrazić za pomocą wyrażenia:

$$QB_{\max}^{\min} : \max \rightarrow ZK \wedge \min \rightarrow ZN. \quad (10)$$

Zarządzanie bezpieczeństwem polega na realizacji strategii minimaksowej (Min/Max), co wymaga posługiwania się skomplikowanymi metodami optymalizacji wielokryterialnej. W praktyce problem ten rozwiązuje się za pomocą klasycznego cyklu zarządzania obejmującego sześć charakterystycznych etapów:

$$QZ = \langle QPR \prec QPL \prec QOR \prec QST \prec QKT \prec QOD \rangle, \quad (11)$$

gdzie: QPR — monitorowanie sytuacyjne i prognozowanie zdarzeń;
 QPL — podejmowanie decyzji i planowanie działań operacyjnych;
 QOR — organizowanie i realizowanie działań operacyjnych;
 QST — wsparcie i zabezpieczanie wykonawców;
 QKT — kontrolowanie i ocenianie działań operacyjnych;
 QOD — odbudowa i rekonstrukcja do stanu wyjściowego.

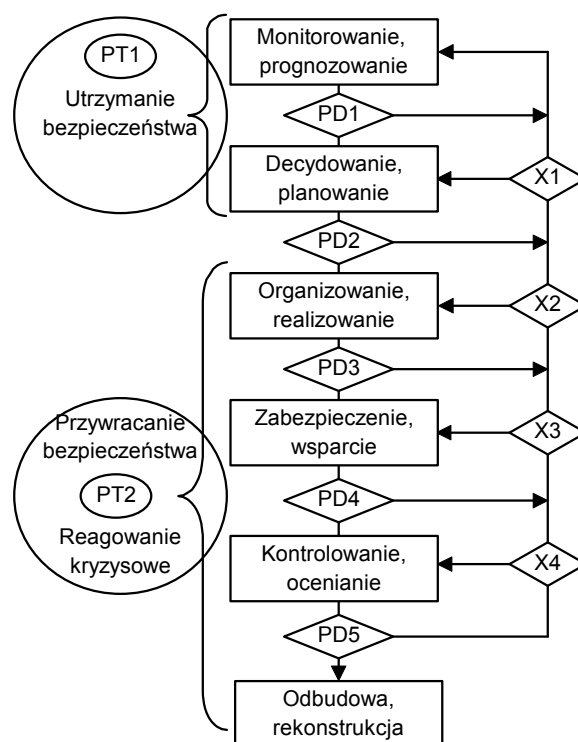
W zależności od stanu bezpieczeństwa i intensywności zdarzeń korzystnych i niekorzystnych cykl (11) realizowany jest najczęściej w ograniczonym wymiarze sekwencji i zawsze obejmuje pierwsze dwa etapy: monitorowania i prognozowania (QPR) oraz podejmowania decyzji i planowania działań (QPL). W wyjątkowych przypadkach, gdy zaczynają dominować zdarzenia niekorzystne (ZN), uruchamiane są dalsze etapy: organizowania działań operacyjnych (QOR), wsparcia i zabezpieczenia tych działań (QST) oraz kontrolowania i oceniania ich skuteczności (QKT). W przypadku eskalacji stanu niebezpieczeństwa i znacznej destrukcji, zwłaszcza tzw. infrastruktury krytycznej, uruchamiany jest ostatni etap odbudowy i rekonstrukcji (QOD), którego zadaniem jest powrót systemu do wymaganego stanu bezpieczeństwa (BP), głównie poprzez odbudowę zniszczonej infrastruktury krytycznej. Ogólny schemat zarządzania bezpieczeństwem systemowym przedstawia rysunek 2.

Występujące na rysunku 2. symbole PT oznaczają odpowiednio: PT1 — mała pętla zarządzania bezpieczeństwem, PT2 — duża pętla zarządzania kryzysowego.

Punkty decyzyjne PD obrazują sytuacje, w których podejmowane są decyzje wykonawcze do realizacji lub zaniechania dalszych działań operacyjnych:

- PD1 — czy wyniki monitoringu i prognozowania sytuacyjnego wymagają uruchamiania dalszych procedur decyzyjno-planistycznych?
- PD2 — czy działania decyzyjno-planistyczne są wystarczające na danym poziomie rozwoju sytuacji?
- PD3 — czy procesy organizacyjno-techniczne gwarantują realizację celu reagowania kryzysowego w danej sytuacji kryzysowej?
- PD4 — czy zabezpieczenie logistyczne i wsparcie operacyjne jest dostateczne do wykonania postawionych zadań?
- PD5 — czy wyniki kontroli i bieżące oceny sytuacyjne są satysfakcjonujące, a działania operacyjne prowadzą do wyznaczonego celu?

Węzły decyzyjne X przedstawiają alternatywy podjęcia określonych działań operacyjnych z dowolnego poziomu zarządzania, w zależności od aktualnych potrzeb i wymagań sytuacyjnych.



Rys. 2. Sieć działań algorytmu zarządzania bezpieczeństwem

Jak wynika z zaproponowanej metodyki zarządzania bezpieczeństwem (11) jako kategorią uniwersalną, obejmuje ona zarządzanie zarówno bezpieczeństwem *sensu stricto*, jak i zarządzanie niebezpieczeństwem, powszechnie odnoszonym do zarządzania kryzysowego. Ostatecznie zarządzanie bezpieczeństwem (QZ) można podzielić na dwa etapy:

$$QZ = QBP \cup QBN = PT1 \cup PT2, \quad (12)$$

gdzie: QBP — zarządzanie procesem utrzymania bezpieczeństwa;
QBN — zarządzanie procesem przywracania bezpieczeństwa,

przy czym:
$$QBP = \langle QPR, QPL \rangle; \quad (13.1)$$

$$QBN = \langle QOR, QST, QKT, QOD \rangle, \quad (13.2)$$

gdzie: QPR — monitorowanie sytuacyjne i prognozowanie zdarzeń;
QPL — podejmowanie decyzji i planowanie działań operacyjnych;
QOR — organizowanie i realizowanie działań operacyjnych;
QST — wsparcie i zabezpieczanie wykonawców;
QKT — kontrolowanie i ocenianie działań operacyjnych;
QOD — odbudowa i rekonstrukcja do stanu wyjściowego.

Tradycyjnie zarządzanie procesem przywracania bezpieczeństwa (niebezpieczeństwem) odnoszone jest do zarządzania kryzysowego i ma bogatą teorię oraz praktykę działań kryzysowych. W dalszej części artykułu zajmiemy się właśnie zarządzaniem niebezpieczeństwem, proponując wykorzystać do tego celu pewne właściwości funkcji potęgowo-wykładniczej.

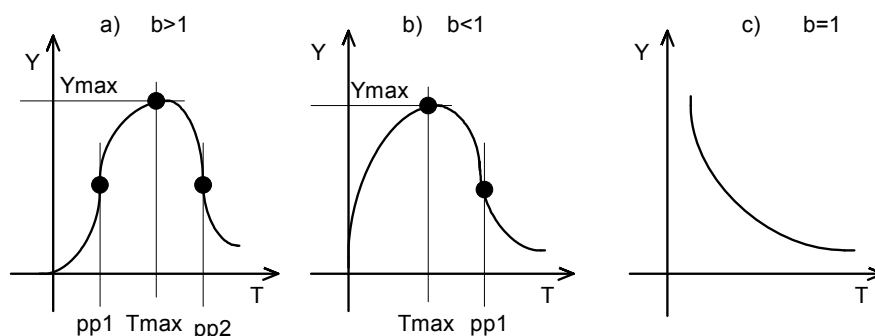
WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJI POTĘGOWO-WYKŁADNICZEJ

Do modelowania istoty i dynamiki zarządzania kryzysowego zostanie wykorzystana bardzo specyficzna funkcja występująca w literaturze pod nazwą funkcji potęgowo-wykładniczej. Odznacza się ona ciekawymi właściwościami, które przy odpowiedniej interpretacji fizycznej mogą być wykorzystane w badaniach różnych aspektów zarządzania kryzysowego. Ogólną postać funkcji potęgowo-wykładniczej przedstawia następujące wyrażenie:

$$Y = a T^b \exp^{cT}, \quad (14)$$

gdzie: T — zmienna niezależna, np. czas;
 a, b, c — parametry stałe funkcji.

Graficzny przebieg funkcji potęgowo-wykładniczej zależy bardzo wyraźnie od wartości poszczególnych parametrów a, b, c . Przykładowe przebiegi zmienności funkcji (14), w zależności od wielkości parametrów a, b, c , przedstawia rysunek 3:



Rys. 3. Wpływ parametru b na przebieg zmienności funkcji Y dla $a>0$ i $c<0$

Najbardziej przydatny dla dalszych badań jest wariant b), który po odpowiedniej modyfikacji, zakładającej $a<1$, posłuży do modelowania procesu zarządzania kryzysowego. Istotnymi parametrami tej funkcji są punkty osobliwe²:

$T_1 = T_{\max}$ — odcięta ekstremum (maksimum) funkcji;
 $T_2 = pp1$ — odcięta punktu przegięcia funkcji.

$$T_1 = \frac{-b}{c}; \quad (15.1)$$

$$T_2 = \frac{-b - \sqrt{b}}{c}. \quad (15.2)$$

Ogólna analiza przebiegu zmienności funkcji (14), zilustrowana graficznie na rysunku 4., pozwala stwierdzić, że w formule tej funkcji występują dwa zasadnicze czynniki składowe narzucające jej taki kształt:

² Punkty osobliwe T_1 i T_2 funkcji potęgowo-wykładniczej zostały wyznaczone przy założeniu ciągłości funkcji (14) jako wynik klasycznego procesu badania przebiegu zmienności funkcji.

- T^b — czynnik powodujący zmniejszanie jej wartości do pewnego poziomu krytycznego, zwany dalej czynnikiem destrukcji (degradacji);
- \exp^{cT} — czynnik hamujący tendencję spadkową funkcji i powodujący wzrost jej wartości liczbowej, zwany dalej czynnikiem konstrukcji (odbudowy).

Wszystkie trzy parametry (stałe) funkcji potęgowo-wykładniczej odgrywają bardzo istotną rolę w kształtowaniu jej przebiegu. Dla przyjętego wariantu b) i założenia $a < 0$ wpływ tych parametrów jest następujący. Parametr a wyznacza kierunek i rodzaj przyjmowanych wartości — dodatnie lub ujemne. Parametr b determinuje tempo spadku wartości bezwzględnych, a parametr c tempo wzrostu tych wartości. Jeszcze inaczej można powiedzieć, że parametr b odpowiada za gradient destrukcji, a parametr c za gradient konstrukcji procesu zarządzania (reagowania kryzysowego).

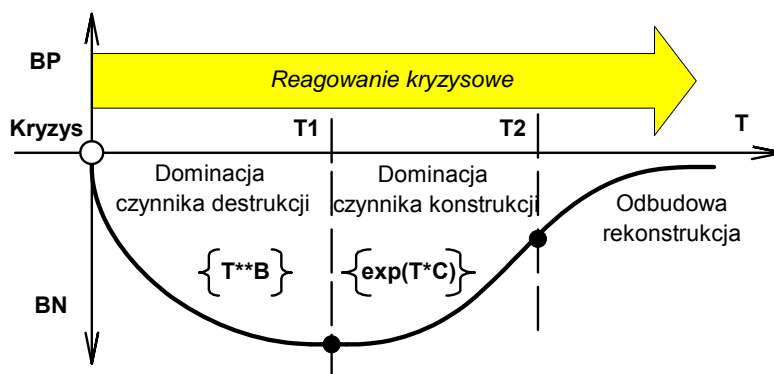
Jak wynika z rysunku 4., przebieg zmienności funkcji (14) dla ustalonych wartości parametrów: $a < 0$, $0 < b < 1$ i $c < 0$ składa się z trzech charakterystycznych etapów:

- 0– T_1 — zmniejszania wartości funkcji do poziomu BN_{\min} ;
- T_1 – T_2 — gwałtownego wzrostu wartości funkcji do poziomu BN_{pp} ;
- T_2 – T — asymptotycznego wzrostu do wartości $BN=BP$.

$$T \in (0, T_1) \Rightarrow Y(T) \downarrow (0, Y(T_1)); \quad (16.1)$$

$$T \in (T_1, T_2) \Rightarrow Y(T) \uparrow (Y(T_1), Y(T_2)); \quad (16.2)$$

$$T \in (T_2, T) \Rightarrow Y(T) \uparrow (Y(T_2), Y(T)). \quad (16.3)$$



Rys. 4. Graficzna interpretacja funkcji potęgowo-wykładniczej dla potrzeb zarządzania kryzysowego

Ciąg wzorów (16.1), (16.2), (16.3) wyraża pewien naturalny proces świadomego zarządzania w sytuacjach kryzysowych. Punktem startowym reagowania kryzysowego jest pojawienie się stanu krytycznego w historii bezpieczeństwa wywołanego sytuacją kryzysową, która szybko przeistacza się w stan kryzysu (BK). Stan krytyczny (BK) powoduje przejście systemu ze stanu bezpieczeństwa (BP) w stan niebezpieczeństwa (BN), który ma określoną historię rozwoju, składającą się ogólnie z trzech etapów:

- Etap 1. — gwałtowny, często niekontrolowany rozwój sytuacji kryzysowej połączony z intensywną destrukcją bezpieczeństwa, będący efektem dominacji zdarzeń niekorzystnych i niskiej skuteczności procedur reagowania kryzysowego.
- Etap 2. — stopniowe opanowanie kryzysu poprzez wyhamowanie zdarzeń niekorzystnych i wzrost skuteczności stosowanych procedur reagowania kryzysowego.
- Etap 3. — całkowite opanowanie kryzysu (zdarzeń niekorzystnych) i przejście kontroli przez ustalone procedury reagowania kryzysowego, utożsamiane w tym przypadku z dobudową i rekonstrukcją bezpieczeństwa do stanu pierwotnego.

Punktem zwrotnym inicjującym etap 1° (kryzys) jest bezpieczeństwo krytyczne (BK), etap 2° (skuteczne reagowanie kryzysowe) rozpoczyna punkt ekstremalny (T_1), natomiast etap 3° (odbudowę) sygnalizuje punkt przegięcia (T_2). W zależności od rodzaju i intensywności kryzysu oraz skali zniszczeń proces odbudowy ma charakter ciągły i systematyczny i może trwać dostatecznie długo, co obrazuje asymptotyczne zbliżanie się funkcji do rzędnej (B_0)³.

BADANIE PRZEBIEGU ZMIENNOŚCI FUNKCJI REAGOWANIA KRYZYSOWEGO

Wykorzystanie funkcji potęgowo-wykładniczej (14) do symulacji reagowania kryzysowego było możliwe dzięki dużej analogii przebiegu jej zmienności do rzeczywistych procesów i procedur realizowanych podczas reagowania kryzysowego. Zmienną niezależną funkcji (14) jest czas (T), dzięki któremu zobrazowana jest dynamika reagowania kryzysowego w określonym horyzoncie działania. Im głębszy i silniejszy kryzys, tym dłuższy będzie czas skutecznego reagowania i odbudowy bezpieczeństwa

³ Inny empiryczny przykład wykorzystania funkcji potęgowo-wykładniczej typu (14) dotyczący modelowania procesów degradacji technicznej złożonych systemów broni w: K. Ficoń, *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio Warszawa 2006, s. 172–181.

do poziomu pierwotnego. Jak wynika chociażby z rysunku 4., funkcja (14) może mieć bardzo różne przebiegi, w zależności od wartości parametrów stałych a , b i c . Pożądany (kryzysowy) przebieg funkcji (14) gwarantuje zestaw parametrów:

$$a < 0, 0 < b < 1, c < 0, T \in (T_0, \infty). \quad (17)$$

Praktyczne wykorzystanie funkcji (14) wraz z zestawem parametrów (17) do badania procedur reagowania kryzysowego wymaga nadania tym parametrom odpowiedniej interpretacji „kryzysowej” i w dalszej kolejności przypisania im adekwatnych do sytuacji kryzysowej wartości liczbowych. We wzorze (14) parametr „ a ” określa amplitudę, czyli punkt ekstremalny funkcji (14), co odpowiada głębokości kryzysu, a tym samym destrukcyjnej skuteczności zdarzeń niekorzystnych.

Parametr „ b ” występujący w wykładniku funkcji potęgowej (14) wyznacza gradient procesu destrukcji, czyli wielkość i skalę ewentualnych zniszczeń i strat będących następstwem zaistniałej sytuacji kryzysowej. Im większą wartość przyjmuje parametr „ b ”, tym większe jest pole powierzchni między odciętymi (T_0 , T_1). Wielkość powierzchni $P(T_0, T_1)$ obrazuje skalę i zakres destruktywnych działań kryzysowych (zniszczeń, strat, negatywnych skutków).

Parametr „ c ” występujący w wykładniku funkcji wykładniczej (\exp^{cT}) symbolizuje skuteczność działania procedur reagowania kryzysowego, począwszy od momentu „złamania kryzysu” (T_1) aż do chwili zakończenia reagowania kryzysowego (T_X). Szczególnym punktem zwrotnym jest punkt przegięcia (T_2), który formalnie rozpoczyna etap odbudowy i rekonstrukcji bezpieczeństwa systemowego do stanu pierwotnego.

W założonym programie badawczym wszystkie parametry stałe a , b , c muszą spełniać warunek (17) i dlatego ich bezwzględne wartości liczbowe powinny być odpowiednio normowane i standaryzowane. Jedyne parametry „ a ” nie ma żadnego ograniczenia, poza tym, iż należy do zbioru liczb ujemnych, gdyż symbolizuje destruktywne zjawisko działań kryzysowych.

W szczególnych przypadkach liczbowe parametry stałe a , b , c mogą być realizacjami dowolnie złożonych funkcji zawierających wiele stałych i zmiennych cząstkowych, wprowadzonych stosownie do potrzeb budowanego modelu reagowania kryzysowego, na przykład:

$$a = f(a_i; i = \overline{1, I}) \in \mathbb{R}^+; \quad (18.1)$$

$$b = f(b_i; i = \overline{1, I}) \in \mathbb{R}^+; \quad (18.2)$$

$$c = f(c_i; i = \overline{1, I}) \in \mathbb{R}^+. \quad (18.3)$$

Komplet wyrażen (18.1), (18.2), (18.3) pozwala na elastyczne modelowanie procesu reagowania kryzysowego i posługiwanie się wieloma zmiennymi i stałymi przy opisie różnych zjawisk i właściwości danego systemu reagowania kryzysowego. Liczbowe wartości poszczególnych parametrów a , b , c funkcji wykładniczo-potęgowej (14) mogą być efektem innych analiz i mogą wynikać z różnych badań i rozwiązań modelowych. Spostrzeżenie to zasadniczo podnosi praktyczną użyteczność funkcji potęgowo-wykładniczej w zakresie narzędziowej obsługi zarządzania bezpieczeństwem. Dla potrzeb dalszych badań poszczególnym parametrom stałym a , b , c nadamy następującą interpretację fizyczną.

Parametr „ a ” wyraża umownie poziom globalnych strat i szkód, jakie zostały wyrządzone w wyniku zaistniałej sytuacji kryzysowej. Do szacowania wielkości strat i poziomu zagrożeń proponuje się wykorzystać powszechnie używane pojęcie ryzyka. Formalnie ryzyko definiowane jest jako potencjalna strata (lub korzyść) wyrażona za pomocą iloczynu prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia i przypisywanych mu materialnych wielkości strat (lub korzyści). Tak rozumiane ryzyko najczęściej wyraża się w jednostkach finansowych w liczbach bezwzględnych, np. 150 000 000 PLN. Bezpośrednie operowanie mianowanymi wartościami rzeczywistymi jest w modelu niecelowe i dlatego proponuje się przeprowadzić normalizację tych liczb względem umownej skali zawartej np. w przedziale $(0, 10)$.

Parametr „ b ” występujący w członie kształtującym dynamikę sytuacji kryzysowej (T^b) determinuje czas narastania danego kryzysu i horyzont jego potencjalnego rozwoju. Im większa jest jego wartość bezwzględna, tym dłuższy jest okres rozprzestrzeniania się sytuacji kryzysowej ze wszystkimi negatywnymi następstwami. Parametr „ b ” obrazuje negatywny potencjał zagrożeń kryzysowych, który bezpośrednio degraduje bezpieczeństwo danego systemu. Przykładowo może to być siła niszczycielska katastrofy naturalnej lub liczba ofiar danego zdarzenia rozpatrywana w pewnym horyzoncie czasowym.

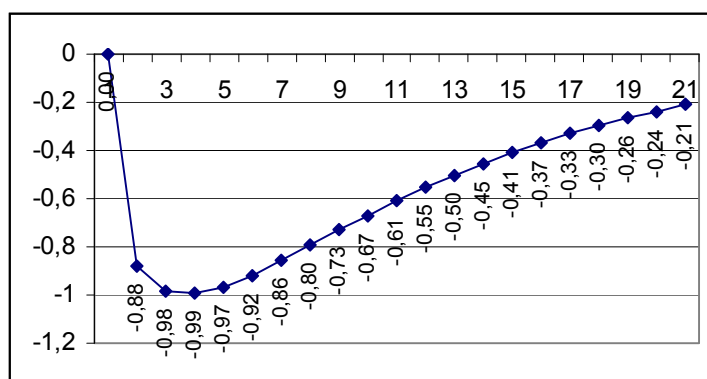
Parametr „ c ” formalnie określa niezbędny czas trwania procedur reagowania kryzysowego, gwarantujący odbudowę bezpieczeństwa do poziomu pierwotnego. Czas ten jest odwrotnie proporcjonalny do potencjału reagowania kryzysowego, jakim dysponuje dany system w celu przeciwstawienia się zaistniałej sytuacji kryzysowej. Ogólnie są to wydzielone siły i środki zwalczania negatywnych następstw kryzysu oraz aktualny system zarządzania nimi, czyli nadrzędne organa kierownicze i lokalne jednostki wykonawcze, zabezpieczające i kontrolne. Parametr „ c ” symbolizuje pozytywny i realny potencjał zwalczania negatywnych następstw kryzysu, jakim dysponuje badany system.

Przykładowe przebiegi funkcji reagowania kryzysowego typu (14) dla różnych wartości parametrów stałych a , b , c zostaną zaprezentowane poniżej jako warianty badania przebiegu zmienności funkcji⁴. Prezentowane poniżej wykresy zostały wygenerowane za pomocą pakietu Excel dla zmiennej niezależnej T należącej do przedziału $(0,21)$ umownych jednostek czasowych. Na prezentowanych wykresach zwraca uwagę silna zależność odciętej wartości ekstremum (T_1) i punktu przegięcia (T_2) od liczbowych wartości odpowiednio: parametru b (dynamika kryzysu) i c (skuteczność reagowania kryzysowego).

a	b	c	T_1	T_2
Ryzyko sytuacji kryzysowej	Potencjał zagrożeń kryzysowych	Potencjał reagowania kryzysowego	Termin skutecznej reakcji	Termin rozpoczęcia odbudowy

Wariant badawczy 1.

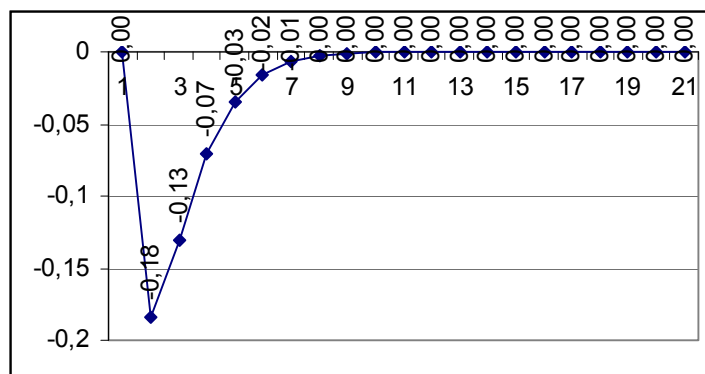
a	b	c	T_1	T_2
-1,0	0,35	-0,1	2,69	7,24



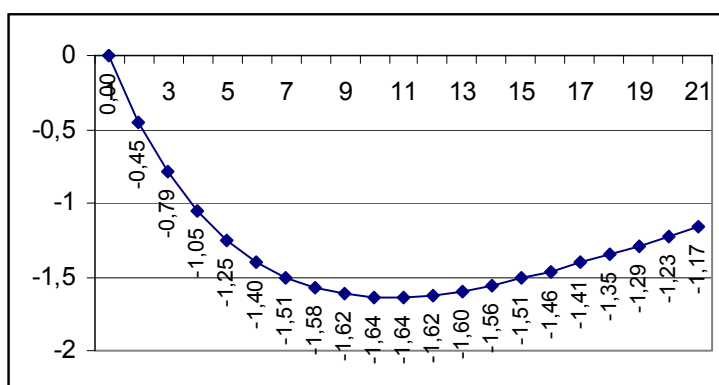
⁴ Procedura dobierania wzoru analitycznego do ustalonej empirycznie zależności funkcyjnej, np. postaci (14), składa się z dwóch zasadniczych etapów: najpierw dobieramy postać wzoru, a potem szacujemy wartości liczbowe istotnych parametrów (współczynników), przy których przybliżenie danej funkcji jest najbliższe do oczekiwanego przebiegu. Szukane wartości współczynników liczbowych (w tym przypadku a , b , c) można wyznaczyć na podstawie zgromadzonych statystycznie danych liczbowych. Do tego celu wykorzystuje się szereg metod aproksymacyjnych, np. logarytmiczną metodę przeciętnych lub klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Zob. także: T. Grabiński, S. Wydymus, A. Zeliaś, *Metody doboru zmiennych w modelach ekonometrycznych*, PWN, Warszawa 1998.

Wariant badawczy 2.

a	b	c	T_1	T_2
-0,5	0,95	-1,0	0,95	1,92

Wariant badawczy 3.

a	b	c	T_1	T_2
-0,5	0,95	-0,1	9,5	19,25



Wyrażenie tak skomplikowanych wielkości, jak ryzyko sytuacji kryzysowej (a), globalny potencjał zagrożeń kryzysowych (b) i realny potencjał reagowania kryzysowego (c) za pomocą jednej liczby — $a \in \mathbb{R}^+$, $b \in \mathbb{R}^+$ i $c \in \mathbb{R}^+$, jest zadaniem niezwykle trudnym i złożonym, stąd wymaga posłużenia się zaawansowanymi modelami taksonomicznymi i specjalnymi procedurami normalizacyjnymi. Dzięki

normalizacji (standaryzacji) następuje uwolnienie wielkości fizycznych od jednostek miary i miana, co czyni dany model bardziej uniwersalnym i przydatnym w badaniach ogólnych, a nie tylko szczegółowych⁵.

Także wyznaczone terminy: T_1 — rozpoczęcia skutecznych działań anty-kryzysowych i T_2 — rozpoczęcia etapu odbudowy i rekonstrukcji bezpieczeństwa wymagają dodatkowej interpretacji i odrębnych procedur skalowania względem rzeczywistego czasu kalendarzowego. Są to jednak operacje pomocnicze i drugorzędne, które w dobie komputerów mogą być bardzo sprawnie i efektywnie rozwiązane. Należy jednocześnie zauważyć, że ta konieczność otwiera nowy kierunek ilościowych badań teoretycznych w nurcie ogólnej teorii bezpieczeństwa.

WNIOSKI

1. Z uwagi na ogromną rangę i społeczne oraz cywilizacyjne znaczenie problematyki zarządzania bezpieczeństwem istnieje pilna potrzeba rozwijania ogólnej teorii bezpieczeństwa w aspekcie wykorzystania wymiernych metod badawczych i narzędzi analitycznych.
2. Zaproponowana w artykule funkcja potęgowo-wykładnicza może być wykorzystana do precyzyjnego badania dynamiki zjawisk losowych, do których zaliczany jest na przykład proces przywracania bezpieczeństwa (reagowania kryzysowego).
3. W strukturze tej funkcji występują dwa człony (czynniki) — potęgowy i wykładniczy, które doskonale odzwierciedlają skomplikowane procesy przywracania bezpieczeństwa w różnych sytuacjach kryzysowych.
4. Czynniki potęgowy reprezentuje rosnącą dynamikę zagrożeń w początkowej fazie rozwoju kryzysu, w której dominują zdarzenia niekorzystne, a ich skutki i następstwa gwałtownie obniżają poziom bezpieczeństwa.
5. Czynniki wykładniczy jest czynnikiem hamującym, który będziemy utożsamiać z procedurami przeciwdziałania, czyli zorganizowanym reagowaniem kryzysowym, prowadzącym do zahamowania destrukcji i rozpoczęcia procesu odbudowy i rekonstrukcji bezpieczeństwa do poziomu pierwotnego.

⁵ Ogólna koncepcja badań taksonomicznych obiektów wielocechowych oraz wybrane metody normalizacji i standaryzacji cech diagnostycznych zostały przedstawione w: K. Ficoń, *Badania operacyjne i stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2006, s. 337–358.

6. Posługiwanie się funkcją potęgowo-wykładniczą na gruncie teorii bezpieczeństwa wymaga odpowiedniej normalizacji i standaryzacji parametrów stałych celem dostosowania ich wartości bezwzględnych do wymagań określonego wariantu badawczego.
7. Przeprowadzone badania symulacyjne i uzyskane wyniki analityczne potwierdziły dużą przydatność i realne perspektywy badawcze wykorzystania ilościowych metod matematycznych, między innymi w rozwoju aparatu narzędziowego teorii i praktyki bezpieczeństwa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ficoń K., *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2006.
- [2] Ficoń K., *Ilościowy model optymalizacyjny systemu reagowania kryzysowego*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2008, nr 1.
- [3] Ficoń K., *Inżynieria zarządzania kryzysowego. Podejście systemowe*, BEL Studio, Warszawa 2007.
- [4] Ficoń K., *Jakościowy model identyfikacyjny systemu reagowania kryzysowego*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2007, nr 4.
- [5] Ficoń K., *Metodologiczne aspekty modelowania systemu reagowania kryzysowego*, konferencja „Zarządzanie kryzysowe”, AMW, Gdynia 2007.
- [6] Ficoń K., *Model operatorowy zautomatyzowanego systemu kierowania reagowaniem kryzysowym*, konferencja „Zarządzanie kryzysowe”, AM, ZUW, Szczecin 2005.
- [7] Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A., *Metody doboru zmiennych w modelach ekonometrycznych*, PWN, Warszawa 1998.
- [8] Grabski F., Jaźwiński J., *Metody bayesowskie w niezawodności i diagnostyce*, WKiŁ, Warszawa 2001.
- [9] Grabski F., *Semi-markowskie modele niezawodności i eksploatacji*, PAN-IBS, Warszawa 2002.
- [10] Kaczmarek T., *Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie dyscyplinarne*, Difin, Warszawa 2005.
- [11] Kaczmarek T., *Zarządzanie ryzykiem handlowym, finansowym, produkcyjnym dla praktyków*, ODDK, Gdańsk 2002.

- [12] Kendall R., *Zarządzanie ryzykiem dla menadżerów*, KE Liber, Warszawa 2000.
- [13] Matuszewska H., Matuszewski W., *Elementy logiki i teorii mnogości dla informatyków*, BEL Studio, Warszawa 2005.
- [14] Rasiowa H., *Wstęp do matematyki współczesnej*, PWN, Warszawa 2004.
- [15] Sienkiewicz P., Górny P., *Analiza systemowa sytuacji kryzysowych*, „Zeszyty Naukowe” AON, 2001, nr 4.
- [16] Sienkiewicz P., *Teoria efektywności systemów*, Ossolineum, Wrocław 1987.
- [17] Sułek M., *Podstawy potęgonomii i potęgotetrii*, WSEiA, Kielce 2001.
- [18] Tyrała P., *Zarządzanie kryzysowe. Ryzyko — bezpieczeństwo — obronność*, A. Marszałek Toruń 2003.
- [19] Zimmiewicz K., *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*, PWE, Warszawa 2000.

THE USE OF EXPONENT-EXPONENTIAL FUNCTION IN THE SECURITY MANAGEMENT PROCESS

ABSTRACT

The paper presents a proposal for using analytical exponent-exponential function to examine security management effectiveness at the stage of crisis response (coping with negative effects of crisis situation). The exponent part of the function is interpreted as a factor which represents destruction caused by a crisis situation. The exponential part of the function presents an inhibitor which expresses the effectiveness and efficiency of response to crises situation. The asymptomatic suppression of the exponent-exponential function represents the phase of reconstruction and restoration of the original security situation.

Recenzent prof. dr hab. inż. Czesław Flanek