

*Model cybernetyczny
zarządzania bezpieczeństwem
aglomeracji*

Abstract. Cybernetic model of urban safety management. The article examines the issue of ensuring the safety of the agglomeration of subject functioning. Therefore the System of Subject Security Agglomeration is being created. The effectiveness and efficiency of this system depends on the properties of its components - services and inspections. The necessary condition for the possibility of determining the desired value is the availability of a measure of the effectiveness of the System of Subject Security Agglomeration and tools in the form of a software simulator to conduct experimental research on the influence of parameters of these elements to question the effectiveness and efficiency.

1) Dr hab. inż. Edward Kołodziński, prof. SGSP Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie.

Wprowadzenie

Aglomeracja (łac. *agglomeratio* – nagromadzenie), to obszar o intensywnej zabudowie, charakteryzujący się również dużym zagęszczeniem ludności przebywającej na danym terenie okresowo (np. w ciągu dnia) lub stale. Aglomeracje charakteryzują się dużym przepływem osób i towarów oraz znaczną wymianą usług.

Potocznie aglomeracja jest skupiskiem sąsiadujących ze sobą miast i wsi, które stanowią wspólny organizm, poprzez zintegrowanie lub uzupełnianie się rozmaitych form infrastruktury tych miejscowości oraz wzajemne wykorzystywanie potencjałów, którymi te miejscowości dysponują [13].

Aglomeracja to zatem:

- budynki mieszkalne,
- przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, których celem jest zaspokajanie potrzeb ludności przez wytwarzanie lub świadczenie usług i dóbr publicznych w zakresie:

- inżynierii sanitarnej (wodociągi, kanalizacja, oczyszczanie),
- komunikacji miejskiej,
- zaopatrzenia w energię elektryczną, gazową i ciepłą,
- zaopatrzenia w żywność, sprzęt domowy, meble itp.,
- bankowości,
- ubezpieczeń,
- usług pogrzebowych i utrzymania urządzeń cmentarnych,
- usług kulturalnych,
- usług medycznych,
- edukacji i szkolnictwa,
- produkcji różnych wyrobów, np. samochodów, mebli, sprzętu itp.

Funkcjonowanie każdego z elementów składowych aglomeracji może być zakłócanie przez:

- zagrożenia naturalne: powódzie, warunki pogodowe, huragany itp.;
- awarie techniczne urządzeń i systemów: energetycznych, informatycznych itp.;
- zagrożenia cywilizacyjne: chemiczne, radiacyjne, komunikacyjne itp.;
- zagrożenia wynikające z położenia i specyfiki regionalnej, między innymi takie jak, np.: przemysł, pobieranie haraczy, poziom bezrobocia, uwarunkowania narodowościowe, religijne itp.;
- destrukcyjne działanie człowieka.

Poszczególne rodzaje zagrożeń mogą występować jednocześnie i oddziaływać destrukcyjnie na elementy składowe aglomeracji. Ponadto może występować efekt ich *synergii*, która w analizie globalnego bezpieczeństwa aglomeracji nie powinna być pomijana.

Bezpieczeństwo funkcjonowania aglomeracji zapewnia się poprzez:

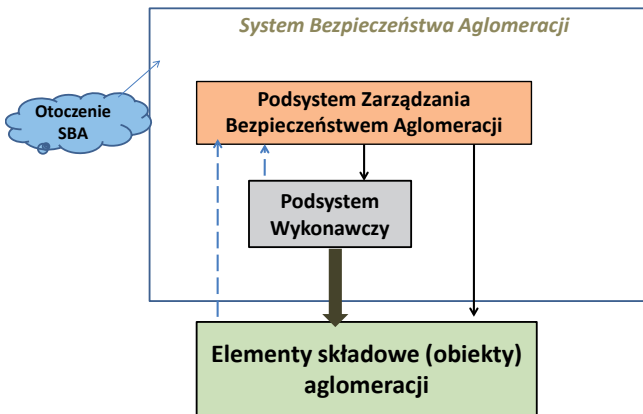
- **permanentne zapobieganie** powstawaniu poszczególnych rodzajów zagrożeń funkcjonowania elementów składowych aglomeracji (obiektów);
- **stałe przygotowanie** obiektów i służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo dziedziczne aglomeracji na ewentualność wystąpienia określonych rodzajów zagrożeń;
- **przewodzenie skutecznych działań ratowniczych** w przypadku ich wystąpienia;
- **odtworzenie zdolności funkcjonalnych obiektów** dotkniętych zagrożeniami, po ich wyeliminowaniu.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji tworzony jest **System Bezpieczeństwa Aglomeracji (SBA)**, rozumiany jako zespół sił i środków oraz powiązań pomiędzy nimi zapewniających pożądany poziom bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji, a w szczególności jej elementów składowych.

2. Model Systemu Bezpieczeństwa Aglomeracji

W ujęciu modelowym w Systemie Bezpieczeństwa Aglomeracji wyróżniamy dwa podsystemy (rys.1.):

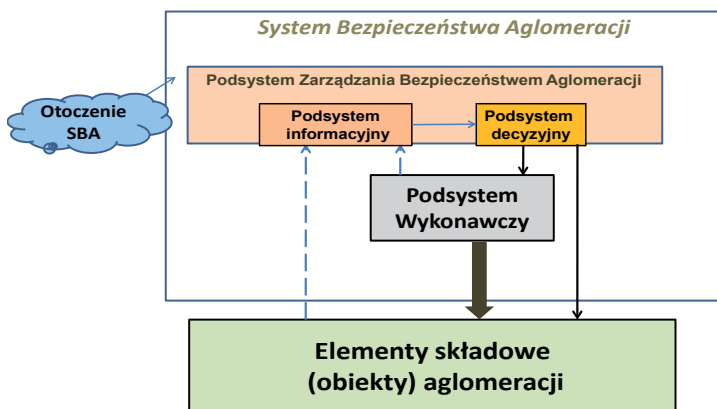
- **wykonawczy**, który stanowi siły i środki realizujące procesy wykonawcze;
- **zarządzania**, który realizuje procesy informacyjno-decyzyjne, decydujące o sposobie zapewniania bezpieczeństwa poszczególnym obiektom przez podsystem wykonawczy.



Rys. 1. Struktura funkcjonalna Systemu Bezpieczeństwa Aglomeracji

W skład *Podsystemu Zarządzania Bezpieczeństwem Aglomeracji (PZBA)* wchodzi dwa podsystemy (rys.2.):

- *podsystem informacyjny* – odpowiedzialny za permanentne opracowanie informacji niezbędnej do podejmowania decyzji związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa funkcjonowania obiektów aglomeracji;
- *podsystem decyzyjny* – podejmujący decyzje o sposobie zapewniania bezpieczeństwa poszczególnym obiektom przez podsystem wykonawczy.



Rys.2. Elementy składowe Podsystem Zarządzania Bezpieczeństwem Aglomeracji

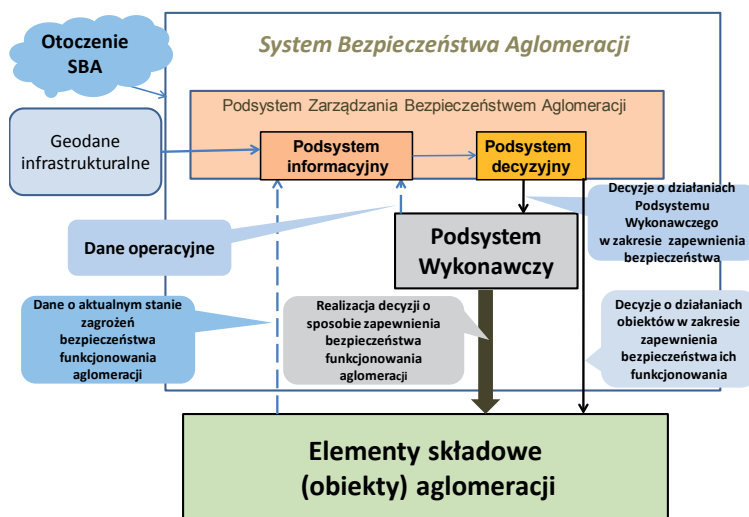
Do podejmowania decyzji związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa podmiotu niezbędne są następujące rodzaje informacji (rys.3.):

- *geodane infrastrukturalne* obszaru aglomeracji i jej otoczenia – istotne z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa jej funkcjonowania;
- *dane operacyjne* o siłach i środkach możliwych do użycia w przypadku wystąpienia określonego rodzaju zagrożenia bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji;
- *dane o aktualnym stanie zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji.*

Geodane infrastrukturalne SBA- to dane o rzeźbie terenu i elementach składowych aglomeracji oraz jej otoczenia, infrastrukturze podziemnej i naziemnej oraz obiektach terenowych o istotnym znaczeniu dla zapewnienia bezpieczeństwa aglomeracji poprzez: zapobieganie wystąpienia zagrożeń, przygotowanie aglomeracji i SBA na wypadek ich wystąpienia oraz reagowania (przeciwdziałania), gdy one wystąpią. Na geodane infrastrukturalne składają się: dane graficzne zawarte w mapie obszaru oraz dane opisowe

charakteryzujące wyróżnione na niej obiekty, istotne z punktu widzenia podsystemu decyzyjnego, stanowiącego o przedsięwzięciach zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowania aglomeracji [5].

Dane operacyjne o siłach i środkach dysponowanych przez SBA - to dane o stanie sił i środków, które potencjalnie mogą być przez niego użyte w działaniach związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa funkcjonowania elementów składowych aglomeracji w zapobieganiu zagrożeniom, działaniach ratowniczych oraz w eliminowaniu skutków wyzwolonego zagrożenia. Przykładowymi elementami tego zasobu mogą być dane o: stanach osobowych jednostek organizacyjnych, np. PSP, Ratownictwa Medycznego, Pogotowia Wodociągowego itd.; ich wyposażeniu technicznym, parametrach sprzętu, infrastrukturze obiektów własnych, a ponadto dokumentacje jednostek, zakresy obowiązków osób funkcyjnych, procedury postępowania w określonych sytuacjach, plany ratownicze itp.



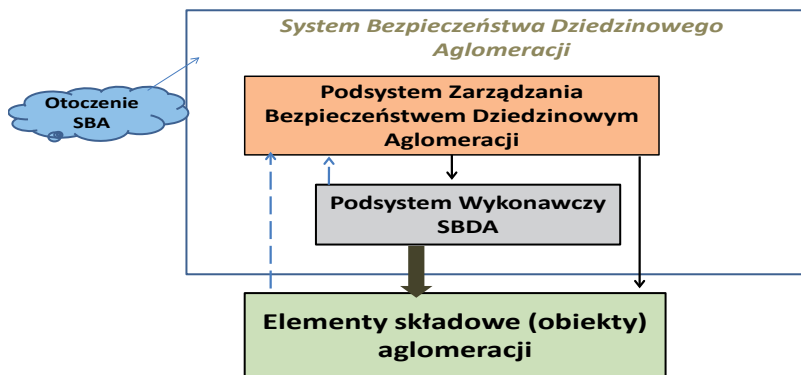
Rys. 3. Przepływy informacyjne w zarządzaniu bezpieczeństwem aglomeracji

Dane o aktualnym stanie zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji – to dane pochodzące z szeroko rozumianego monitoringu lokalnego oraz nadrzędnych systemów bezpieczeństwa, np. ostrzeżenia meteorologiczne, epidemiologiczne itp. Warunkiem koniecznym przeciwdziałania zdarzeniom, powodującym zagrożenia bezpieczeństwa funkcjonowania obiektów, jest przewidywanie ich wystąpienia, wykrywanie i identyfikacja (rozpoznanie). Dotyczy to zarówno rodzaju, jak i wielkości zdarzeń. Od informacji o aktualnym stanie

możliwych zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji, uzyskiwanej z systemów monitoringu, zależy rodzaj i ilość środków użytych do przeciwdziałania ich skutkom, a także sposób prowadzenia działań ratowniczych. Sposób monitorowania rodzaju i stopnia zagrożeń oraz wykrywania i identyfikacji zdarzeń przez nie spowodowanych zależy od ich natury, tj. fizyko – chemicznych objawów i skutków. Abstrahujemy tu od przyczyn czy są to zagrożenia naturalne, czy też cywilizacyjne, a wśród nich celowo powodowane przez określone grupy ludzi, np. terrorystów. Na podstawie informacji z monitoringu zagrożeń funkcjonowania aglomeracji podsystem informacyjny posługując się modelami matematycznymi i programowymi symulatorami, opracowuje prognozy i scenariusze możliwego rozwoju zdarzeń.

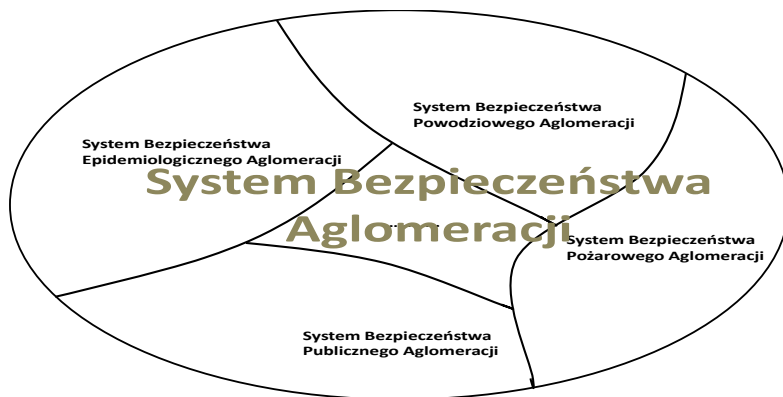
Jakość danych infrastrukturalnych, operacyjnych i o zagrożeniach – ich kompletność, aktualność i komunikatywność udostępniania podsystemowi decyzyjnemu ma istotny wpływ na trafność podejmowanych przez niego decyzji o sposobie zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji.

Każdy rodzaj zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji ma swoją specyfikę w zakresie niepożądanego oddziaływania na jej elementy składowe - poszczególne rodzaje jej obiektów. Odmienne jest też zapobieganie, przygotowanie i reagowanie na wystąpienie każdego z nich. Stąd SBA to zespół *Systemów Bezpieczeństwa Dziedzinnego Aglomeracji* (SBDA), np. pożarowego, chemicznego, epidemiologicznego, publicznego itp. (rys. 4.).



Rys.4. Dekompozycja Systemu Bezpieczeństwa Aglomeracji na podsystemy dziedzinnowe

Pod pojęciem SBDA będziemy rozumieli wirtualny system bezpieczeństwa, składający się ze służb i inspekcji (np. PSP, Policji, PRM, PISE itp.), którego zadaniem jest zapewnienie wyróżnionym elementom składowym aglomeracji pożądanego poziomu dziedzinowego bezpieczeństwa funkcjonowania poprzez zapobieganie powstawaniu danego rodzaju zagrożenia oraz przeciwdziałanie, gdy mimo wszystko ono wystąpi. Struktura funkcjonalna SBDA jest analogiczna do struktury SBA (rys. 5.).



Rys. 5. Struktura funkcjonalna Systemu Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji

3. Skuteczność działania Systemów Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji

3.1. Miara skuteczności działania Systemu Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji

Bezpieczeństwo funkcjonowania aglomeracji jest wypadkową bezpieczeństwa funkcjonowania jej elementów składowych. O poziomie bezpieczeństwa funkcjonowania elementów składowych aglomeracji stanowią poziomy ich bezpieczeństwa dziedzinowego. Zapewnienie im pożądanego poziomu bezpieczeństwa dziedzinowego spoczywa na *Systemach Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji*.

Celem działania SBA jest zapewnienie wyróżnionym obiektom aglomeracji możliwości realizacji przypisanych im zadań w uwarunkowaniu zakłóceń ich funkcjonowania przez zagrożenia. Stopień realizacji tak określonego celu SBA zależy od stopnia realizacji celów przez jego podsystemy dziedzinowe, którymi są SBDA.

Stopień realizacji celu (zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania

aglomeracji) przez SBA oraz SBDA będziemy nazywać odpowiednio *skutecznością działania SBA* oraz *skutecznością działania SBDA*. Skuteczność działania SBA i SBDA rozumiana jest zatem jako pozytywnie oceniana zgodność uzyskiwanych wyników z celem działania danego systemu bezpieczeństwa.

Ogólnie, w sensie opisowym, określa się, że dany system bezpieczeństwa działa skutecznie, jeżeli osiąga cel - realizuje postawione mu zadania. Jednakże, aby można było w kategoriach wymiernych określać: pożądany zakres działań zapobiegawczych, przygotowawczych oraz sił i środków niezbędnych do skutecznego reagowania na wystąpienia danego rodzaju zagrożenia, tj. skutecznego zapewnienia aglomeracji pożądanego poziomu bezpieczeństwa dziedzinowego jej funkcjonowania - niezbędne jest przyjęcie *miary (wskaźnika) skuteczności*. Pozwoli to oceniać i analizować możliwości przyjęcia i koszt proponowanych rozwiązań (koncepcji) zapewnienia aglomeracji (w szczególności jej elementom składowym) pożądanego poziomu bezpieczeństwa funkcjonowania.

W pracach dotyczących teorii oceny skuteczności i efektywności, a w szczególności w odniesieniu do systemów bezpieczeństwa [8, 9,10], jako pożądane właściwości miary skuteczności podaje się:

- zgodność z celem działania systemu,
- zgodność ze wskaźnikiem skuteczności działania systemu nadrzędnego,
- wrażliwość na zmiany wartości wielkości charakteryzujących istotne właściwości użytkowe systemu i jego elementów składowych,
- możliwość wyznaczenia jej wartości,
- możliwość interpretacji zmian jej wartości.

Istotę proponowanego podejścia do ilościowej analizy skuteczności działania SBDA przedstawimy niżej z uwzględnieniem pozycji [4,9,10].

Oznaczmy przez:

W - miarę skuteczności działania SBDA,

W - zbiór możliwych wartości miary W,

I- zbiór numerów etapów działania SBDA, zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowania aglomeracji,

$I = \{ 1, 2, 3\}$, przy czym:

$i = 1$ – numer etapu zapobiegania zagrożeniom,

$i = 2$ - numer etapu przygotowania aglomeracji i SBDA na wystąpienie zagrożenia,

$i = 3$ - numer etapu reagowania SBDA na wystąpienie zagrożenia,

J - zbiór numerów służb wchodzących w skład SBDA,

J = $\{j: j=1,J\}$, przy czym J- liczba służb wchodzących w skład SBDA,

W_i – wielkość charakteryzująca skuteczność działań i-tego etapu w zapewnieniu aglomeracji bezpiecznego funkcjonowania,

w_i – realizacja wielkości W_i przy czym $w_i \in W$

$W_{i,j}$ - wielkość charakteryzująca skuteczność działań j-tej służby SBDA w i-tym etapie zapewnienia aglomeracji rozpatrywanego bezpiecznego dziedzinowego funkcjonowania,

$w_{i,j}$ - realizacja wielkości $W_{i,j}$, przy czym $w_{i,j} \in \mathbf{W}$,
 „Udział” w skuteczności działania j-tej służby w i-tym etapie zapewnienia bezpieczeństwa aglomeracji przed ustalonym rodzajem zagrożeń określać będziemy za pomocą zależności:

$$W_{i,j} = W - W_{i,j}^-, \quad (1)$$

przy czym $W_{i,j}^-$ - skuteczności działania SBDA w i-tym etapie bez udziału j-tej służby.

Zwraca się uwagę, że przy przyjętym sposobie oceny „udziału” j-tej służby SBDA w skuteczności działania w i-tym etapie zachodzą zależności:

$$W_i \neq \sum_{j \in J} W_{i,j} \quad (2)$$

$$W \neq \sum_{i \in I} W_i. \quad (3)$$

Powyższe wynika zarówno z możliwości występowania synergii efektów współdziałania służb w prowadzeniu działania ratowniczego na danym etapie, jak i różnych ról poszczególnych służb w nim uczestniczących.

Skuteczność działania poszczególnych służb SBDA w zapewnieniu bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji będziemy zatem określać poprzez wpływ ich uczestnictwa w przedmiotowym przedsięwzięciu na wartość miary skuteczności tego systemu, tj. uzyskany poziom dziedzinowego bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji.

Analogiczne podejście proponuje się zastosować do oceny efektów doskonalenia jakości działania poszczególnych służb. Będziemy analizować zakres wpływu zmiany ich właściwości (odzwierciedlanych zmianami wartości parametrów je charakteryzujących) na zakres zmian wartości miary skuteczności działania SBDA, a w efekcie na poziom dziedzinowego bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji po ewentualnym dokonaniu tych zmian.

Zaproponowane powyżej podejście do oceny skuteczności działania SBDA i jego elementów składowych pozwala określać użyteczność (rolę i wagę) tych służb w zapewnieniu bezpieczeństwa dziedzinowego funkcjonowania aglomeracji.

3.2. Podstawowe czynniki wpływające na skuteczność działania Systemu Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji

Skuteczność działania Systemu Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji zależy od dwóch składowych:

- potencjału wykonawczego tego systemu,
- jego potencjału informacyjno – decyzyjnego.

O *potencjale wykonawczym SBDA* stanowi przede wszystkim:

- *stan sił podsystemu wykonawczego*: liczebność, sprawność, poziom wykształcenia, motywacja działania itp.;

- *stan środków* – wyposażenia technicznego podsystemu wykonawczego oraz jego dostosowanie do potrzeb wynikających z potencjalnych zagrożeń i zadań postawionych systemowi;

- *dyslokacja sił i środków* własnych i możliwych do zadysponowania na podstawie porozumień z zakładami, uwzględniająca rodzaj i miejsce prognozowanych zdarzeń, ich skalę oraz pożądaną szybkość reakcji na zaistniałe zdarzenie. Możliwa do uzyskania szybkość reagowania na zaistniałe zdarzenia zadysponowanych sił i środków wykonawczych (zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowania aglomeracji) zależy od: odległości ich dyslokacji od miejsca zdarzeń, przejezdności dróg do miejsca ich wystąpienia, właściwości dysponowanych środków itp.

Dla ustalonych sił i środków wykonawczych SBDA można dysponować różnym *potencjałem wykonawczym do przeciwdziałania skutkom możliwych do wystąpienia zdarzeń*. Należy je zatem tak rozmieszczać, aby zapewnić pożądane bezpieczeństwo funkcjonowania wyróżnionych obiektów aglomeracji, z uwzględnieniem ich wagi dla aglomeracji, w przypadku wystąpienia prognozowanych zagrożeń.

Zapewniając, odpowiednio do *prognozowanych zagrożeń* bezpieczeństwa:

- ilościowy i jakościowy dobór sił i środków logistycznego zabezpieczenia [12] podsystemu wykonawczego SBDA;

- rozmieszczenie sił i środków tego podsystemu względem źródeł zagrożeń i obiektów osłanianych;

- permanentne doskonalenie sił w zakresie racjonalnego wykorzystania techniczno – taktycznych właściwości wyposażenia technicznego podsystemu wykonawczego SBDA;

- możemy uzyskać pożądaną poziom jej bezpieczeństwa.

Możliwy do uzyskania poziom bezpieczeństwa aglomeracji za pomocą danego potencjału wykonawczego systemu bezpieczeństwa zależy, między innymi, od szybkości oraz poprawności zadysponowania sił i środków oraz kierowania (bądź koordynowania) ich działalnością w czasie prowadzenia działań ratowniczych. Decyzja o siłach i środkach użytych do prze-

ciwdziałania skutkom danego zdarzenia musi być poprzedzona zrealizowaniem szeregu czynności informacyjno – decyzyjnych, związanych z:

- przyjęciem i weryfikacją informacji o zajściu zdarzenia;
- analizą powstałej sytuacji;
- możliwymi sposobami i uwarunkowaniami prowadzenia działań ratowniczych.

Szybkość, a także poprawność zadysponowania sił i środków oraz kierowania (koordynowania) nimi w czasie prowadzenia działań ratowniczych zależy od całokształtu czynników określanych ogólnie mianem **potencjału informacyjno – decyzyjnego systemu bezpieczeństwa**, na który składają się:

- *zasób informacyjny* (infrastrukturalny, operacyjny i uzyskiwany z monitoringu zagrożeń) wykorzystywany w realizacji tego procesu;
- *techniczno – programowe wspomaganie realizacji procesów informacyjno – decyzyjnych* analizy informacji i podjęcia decyzji;
- *techniczno – programowe wspomaganie kierowania* akcją ratowniczą.

W aktualnych podsystemach zarządzania bezpieczeństwem podstawowym realizatorem procesów informacyjno – decyzyjnych jest człowiek wspomagany środkami techniczno - programowymi. Stąd na jakość realizacji procesów informacyjno-decyzyjnych, a zatem i na potencjał informacyjno – decyzyjny systemu bezpieczeństwa, istotny wpływ mają przede wszystkim [3]:

- *wiedza osób funkcyjnych* (podsystemu zarządzania) o możliwych zagrożeniach i ich skutkach;
- *wiedza osób funkcyjnych* o siłach i środkach możliwych do użycia w przypadku wystąpienia określonego rodzaju zagrożenia;
- *zakres teleinformatycznego wspomagania osób funkcyjnych* w realizacji ich zadań;
- *predyspozycje psychofizyczne i umiejętności stosowania środków techniczno - programowych* do realizacji przypisanych im zadań;
- *ergonomiczno – organizacyjne uwarunkowania* działania osób funkcyjnych.

W miarę wzrostu poziomu i zakresu automatyzacji zarządzania bezpieczeństwem, a zwłaszcza kierowania ratownictwem, człowiek w coraz większym stopniu pełni rolę operatora, od którego wymaga się nie tylko dobrej znajomości mechanizmów zjawisk zachodzących w procesie roboczym, lecz również znajomości i umiejętności sprawnej obsługi wspomagających go środków techniczno – programowych. Środki te, to przede wszystkim komputery wraz ze stosownym oprogramowaniem wyposażone w urządzenia zewnętrzne, umożliwiające operatorowi uzyskiwanie informacji niezbędnych do wykonywania przyporządkowanych mu zadań oraz przekazywanie decyzji do elementów wykonawczych systemu. Powyższe implikuje określone następstwa w zakresie przygotowania i potrzeby permanentnego

doskonalenia umiejętności korzystania ze środków teleinformatycznych, przez osoby funkcyjne podsystemów kierowania ratownictwem, w zakresie realizacji przydzielonych im zadań.

4. Efektywność działania Dziedzinowego Systemu Bezpieczeństwa Aglomeracji i jego elementów składowych

Rozpatrując dotychczas zagadnienie zapewnienia aglomeracji bezpieczeństwa jej funkcjonowania, abstrahowaliśmy od:

- kosztów zapobiegania zagrożeniom bezpieczeństwa,
- kosztów przygotowania aglomeracji i SBDA na wypadek wystąpienia zagrożenia,
- kosztów reagowania SBDA na wystąpienia zagrożeń,
- strat powodowanych każdorazowym wystąpieniem zagrożenia,
- częstotliwości występowania zagrożeń.

Zauważmy, że częste wystąpienia danego rodzaju zagrożeń bezpieczeństwa aglomeracji, nawet niekatastroficznego rozmiarów (strat jednorazowych), mogą być przyczyną dużych strat w dłuższym przedziale czasu. Natomiast nawet bardzo duże jednorazowe straty spowodowane wyjątkowo rzadko zachodzącymi zdarzeniami zagrożeń danego rodzaju mogą być niewspółmiernie niższe od kosztów zapobiegania ich zjawiskom oraz utrzymywania stałej gotowości aglomeracji i SBDA na wypadek wystąpienia zagrożeń w analogicznym przedziale czasu. Stąd rozpatrywanie skuteczności działania SBDA jedynie poprzez pryzmat zapewnienia pożądanego poziomu bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji może nie w pełni oddawać istotę zagadnienia z ekonomicznego punktu widzenia.

Racjonalnym wydaje się zatem rozpatrywanie zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa aglomeracji w określonym przedziale czasu, w aspekcie efektywnościowym - jako określonej relacji (np. różnicy, ilorazu, sumy) [10] między możliwymi stratami, jakie może powodować jej ustalony rodzaj zagrożeń a nakładami (poniesionymi kosztami) na: zapobieganie, przygotowanie i przeciwdziałanie.

Przykład

Rozpatrzmy zagadnienie optymalizacji efektywności zapewnienia bezpieczeństwa powodziowego aglomeracji. Z zapewnieniem bezpieczeństwa powodziowego związane są dwa rodzaje strat:

- straty (S_{pow}) poniesione przez obiekty aglomeracji w przypadku wystąpienia powodzi;
- koszty (K_{zpr}) zapewnienia bezpieczeństwa powodziowego, tj. nakłady poniesione na:

- zapobieganie jej powstaniu,
- ukompletowanie SBDA o właściwościach umożliwiających pożądaną skuteczność reagowania na wystąpienie powodzi o prognozowanych rozmiarach,
- przygotowanie aglomeracji i SBDA na ewentualność jej wystąpienia,
- prowadzenie działań ratowniczych po wystąpieniu powodzi.

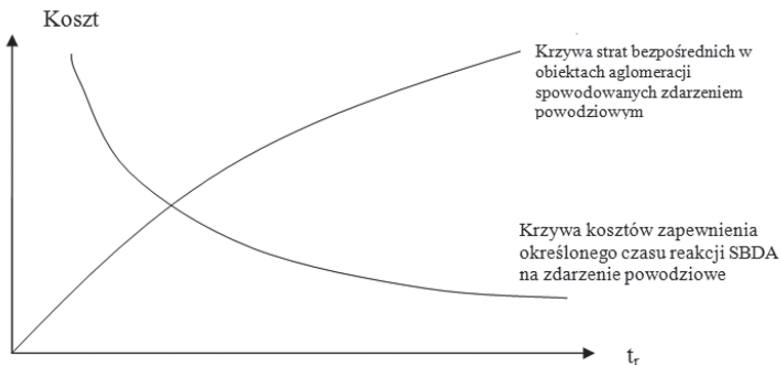
Wyróżnione koszty, dla organu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo powodziowe aglomeracji, mają analogiczne znaczenie do strat poniesionych przez jej obiekty w przypadku wystąpieniem powodzi.

Regresję (warunkową wartość przeciętną) wypadkowych nakładów powodowanych przez zagrożenia powodziowe aglomeracji względem parametru charakteryzującego działania SBDA z tym związane ujmuje wzór:

$$E(S_{\text{wyp}}/\underline{p}) = E(S_{\text{pow}}/\underline{p}) + E(K_{\text{zpr}}/\underline{p}). \quad (4)$$

Celem działania SBDA jest minimalizacja wypadkowych nakładów związanych z bezpieczeństwem powodziowym aglomeracji miejskiej. Zatem zadaniem analityka bezpieczeństwa aglomeracji jest wyznaczenie wartości parametru \underline{p} , dla którego zależność (4) przyjmuje wartość minimalną. Jest to zagadnienie optymalizacji wielokryterialnej [1]. Należy jednak zauważyć, że praktycznie niemożliwością jest uzyskanie analitycznej postaci zależności (4). Jediną metodą stwarzającą realne możliwości wyznaczenia optymalnej wartości parametru \underline{p} w rozpatrywanym przykładzie jest metoda symulacyjna [2]. Niżej zostanie przedstawiona jedynie istota zagadnienia optymalizacji wypadkowych nakładów związanych z bezpieczeństwem powodziowym aglomeracji.

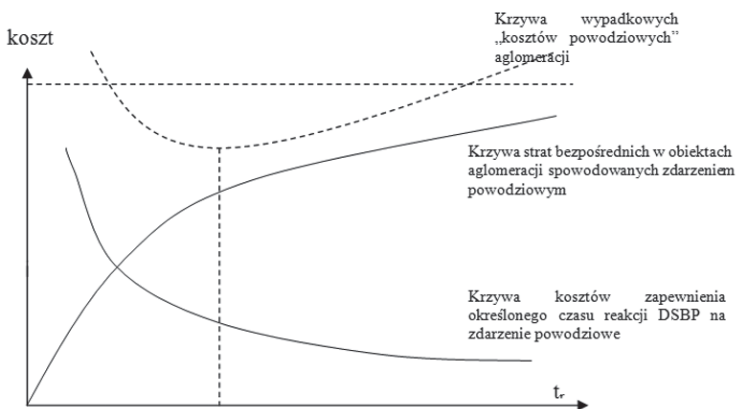
W ogólnym przypadku można przyjąć, że regresja strat $E(S_{\text{pow}}/\underline{p})$ poniesionych przez obiekty aglomeracji w przypadku wystąpieniem powodzi, jest niemalejącą funkcją „poprawy” składników parametru \underline{p} . Przyjmując przykładowo za zmienny jeden ze składników tego parametru, tj. czas reakcji (t_r) (pozostałe bez zmian) SBDA na zdarzenie powodziowe, na rys.6. przedstawiono zależności strat bezpośrednich w obiektach aglomeracji i kosztów zapewnienia określonego czasu reakcji na zdarzenie powodzi.



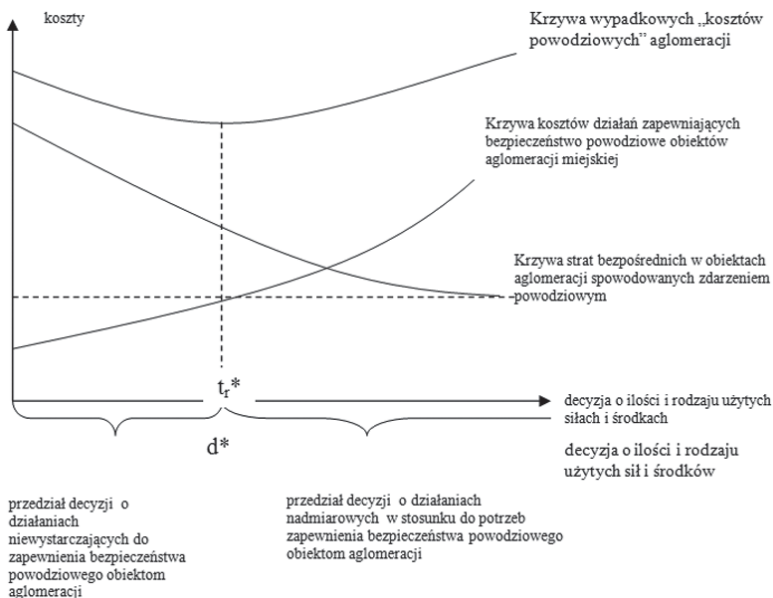
Rys. 6. Ilustracja strat bezpośrednich w obiektach aglomeracji i kosztów zapewnienia określonego czasu reakcji SBDA na zdarzenie powodziowe

Dla przedstawionych na rys. 6. strat bezpośrednich w obiektach aglomeracji i kosztów zapewnienia określonego czasu reakcji SBDA na zdarzenie powodziowe, na rys.7. zilustrowano wypadkowe „koszty powodziowe”. Dla czasu reakcji SBDA na zdarzenie powodzi $t_r = t_r^*$ wypadkowe „koszty powodziowe” aglomeracji przyjmują wartość minimalną.

Drugim czynnikiem determinującym wielkość strat spowodowanych zdarzeniem powodziowym jest jakość (poprawność) decyzji odnośnie przedsięwzięć: zapobiegania, przygotowania i reagowania. Przyjmując założenie o racjonalności decyzji odnośnie użycia środków, w sensie przydatności do działań ratowniczych związanych z ustalonym zdarzeniem, charakter wpływu poprawności decyzji na straty i koszty przedstawiono na rys.8.



Rys. 7. Ilustracja wypadkowych „kosztów powodziowych” aglomeracji



Rys. 8. Ilustracja strat bezpośrednich w obiektach aglomeracji spowodowanych zdarzeniem powodziowym i kosztów działań zapewniających bezpieczeństwo powodziowe obiektów aglomeracji

Dla decyzji $d = d^*$ (rys.8.) wypadkowe koszty zapewnienia bezpieczeństwa powodziowego aglomeracji są minimalne - decyzja jest optymalna.

5. Podsumowanie

Bezpieczeństwo globalne aglomeracji jest wypadkową wyróżnionych rodzajów bezpieczeństwa dziedzinowego – odnoszących się do wyróżnionych rodzajów zagrożeń. Pożądany jego poziom można uzyskać, dobierając odpowiednie wartości poziomów tych rodzajów bezpieczeństwa dziedzinowego. Te z kolei można osiągnąć:

- wykonując określone działania zapobiegające powstawaniu danego rodzaju zagrożenia,
- przygotowując aglomerację na wypadek jego wystąpienia,
- tworząc Systemy Bezpieczeństwa Dziedzinowego Aglomeracji o określonych właściwościach (parametrach), które będą w stanie skutecznie reagować na wystąpienie danego rodzaju zagrożenia. Oznacza to, że w przypadku ich wystąpienia SBDA powinien posiadać siły i środki niezbędne do zapewnienia aglomeracji zgodnych z oczekiwaniami możliwości funkcjonowania.

W skład tak tworzonych SBDA wchodzi siły i środki różnych służb i inspekcji: Straży Pożarnej, Policji, Ratownictwa Medycznego itd. Rodzaj służb i inspekcji wchodzących w skład SBDA oraz ich ilość zależy od specyfiki aglomeracji (rodzaju obiektów, ich wielkości, znaczenia dla gospodarki itp.) oraz uwarunkowań środowiskowych, z których to przede wszystkim wynikają zagrożenia dla jego funkcjonowania.

Realizując zadanie zapewnienia danej aglomeracji pożądanego poziomu bezpieczeństwa dziedzinowego funkcjonowania, musimy mieć stosowną wiedzę, umiejętności oraz narzędzia do analizy, w kategoriach wymiernych, sposobów osiągnięcia celu i niezbędnych nakładów ich uzyskania.

Warunkiem koniecznym możliwości wyznaczenia, w kategoriach wymiernych wymaganych: przedsięwzięć zapobiegających powstaniu danego rodzaju zdarzeń, przedsięwzięć przygotowawczych aglomerację na przypadek ich wystąpienia oraz wartości parametrów charakteryzujących pożądane właściwości elementów składowych SBDA jest:

- ujęcie w kategoriach wymiernych pożądanego poziomu dziedzinowego bezpieczeństwa funkcjonowania elementów składowych aglomeracji;
- opracowanie modelu matematycznego umożliwiającego analizę wpływu zapobiegania zagrożeniu i przygotowania aglomeracji na jego wystąpienie na poziom dziedzinowego bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji;
- opracowanie miary skuteczności jego działania - niezbędnej do wyznaczenia pożądaných parametrów elementów składowych tego systemu;
- opracowanie narzędzia programowego w postaci symulatora do prowadzenia badań eksperymentalnych [2], mających na celu wyznaczenie pożądaných parametrów elementów składowych tego systemu.

Powyższe ukierunkowuje dalsze prace nad modelem cybernetycznym zarządzania bezpieczeństwem aglomeracji.

Bibliografia:

1. Kaliszewski I., *Wielokryterialne podejmowanie decyzji*, WNT, Warszawa, 2008.
2. Kołodziński E., *Symulacyjne metody badania systemów*, PWN, Warszawa, 2002.
3. Kołodziński E., *Komputerowe wspomaganie procesów informacyjno – decyzyjnych ratownictwa*, [w:] *Ratownictwo w sytuacjach kryzysowych*, Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin 18.06.2004, ISBN 83-86494-95-6, s. 155 - 164.
4. Kołodziński E., Piasecki F., *Problemy zapewnienia pożądanego poziomu bezpieczeństwa podmiotu*, V Międzynarodowa Konferencja naukowa *Zarządzanie Kryzysowe nt. Inżynieria bezpieczeństwa- standardy kształcenia*, Gdynia, 25-26 maja 2007.
5. Kłodziński E., *O problemie oceny bezpieczeństwa podmiotu oraz skuteczności i efektywności działania Dziedzinowego Systemu Bezpieczeństwa Podmiotu*, *Bezpieczeństwo, wymiar współczesny oraz perspektywy badań*, Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Kraków 12-13 października 2008.
6. Kłodziński E., *Wprowadzenie do zarządzania bezpieczeństwem podmiotu*, *Czasopismo Internetowe Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa*, 2009 <http://www.ptib.pl/component/remository/?func=fileinfo&id=102>.
7. Kłodziński E., *Model podstawowej jednostki organizacyjnej systemu bezpieczeństwa kraju*, *Czasopismo Internetowe Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa*, 2009, <http://www.ptib.pl/component/remository/?func=fileinfo&id=103>.
8. Kłodziński E., *Skuteczność i efektywność działania Dziedzinowego Systemu Bezpieczeństwa Podmiotu*, *Czasopismo Internetowe Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa* 2009, <http://www.ptib.pl/component/remository/?func=fileinfo&id=104>.
9. Kłodziński E., *Doskonalenie efektywności działania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w przypadku zdarzeń masowych*, Konferencja Naukowa nt. *Współczesny wymiar bezpieczeństwa w aspekcie zmienności zagrożeń*, Katowice 28 maja 2010.
10. Kłodziński E., *Doskonalenie skuteczności działania dziedzinowego systemu bezpieczeństwa podmiotu*, *Czasopismo Internetowe Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa*, 2010, <http://www.ptib.pl/component/remository/?func=fileinfo&id=287>.

11. Piasecki S., *Uwagi o problemach konstruowania miary poziomu bezpieczeństwa obiektu*, VI Międzynarodowa Konferencja naukowa Zarządzanie Kryzysowe nt. *Problemy zapewnienia bezpieczeństwa regionalnego*, Olsztyn, 19-21 czerwca 2008.

12. Szymonik A., *Logistyka w bezpieczeństwie*, Difin 2010.

13. Wikipedia, <http://pl.wikipedia.org/wiki/Aglomeracja>

Uwaga - Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy własny nr 0 N516313938.