
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

WNOSKOWANIE STATYSTYCZNE WARTOŚCI SKŁADOWYCH WSKAŹNIKA OCENY ROZMIESZCZENIA ELEMENTÓW AKTYWNYCH REJONOWEGO SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA

Edward KOŁODZIŃSKI,
Piotr ZAPERT
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Abstract

Elaboration discusses the issue of computer support for optimising the deployment of active elements of an Domain Security System. It presents method of determining values of index of quality evaluation of the deployment in case of statistic reasoning using J2EE application based on MATLAB. An example task of optimising the deployment of active elements protecting two entities has been formulated and solved using developed application.

Słowa kluczowe: system bezpieczeństwa, aplikacja J2EE, środowisko MATLAB.

Streszczenie

W pracy rozpatrzono zagadnienie komputerowego wspomaganie optymalizacji dyslokacji elementów aktywnych Dzielnicowego Systemu Bezpieczeństwa (DSB). Przedstawiono metodę wyznaczania wartości wskaźnika oceny jakości dyslokacji w przypadku wniosku statystycznego za pomocą aplikacji J2EE wykorzystującej środowisko MATLAB. Sformułowano przykładowe zadanie optymalizacji dyslokacji elementów aktywnych ochraniających dwa podmioty i podano sposób jego rozwiązania za pomocą opracowanej aplikacji.

Key words: security system, J2EE application, MATLAB environment

1. WPROWADZENIE

We wszystkich etapach zarządzania bezpieczeństwem decyzje podejmowane są w warunkach dużej złożoności uwarunkowań funkcjonowania podmiotu, a także niepewności [5]:

- wystąpienia zagrożeń,
- strat jakie zagrożenia spowodują,
- warunków w jakich decyzje będą realizowane- mogą być inne od zakładanych przez decydenta.

Implikuje to konieczność zastosowania aparatu wniosku statystycznego przy rozwiązywaniu problemów związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotu.

Niniejsza praca przedstawia wyniki kolejnego etapu pracy autorów nad wytworzeniem uniwersalnego narzędzia do wspomagania wyznaczania optymalnego rozmieszczenia sił i środków (elementów aktywnych) służb odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa w regionie. Zaproponowano w niej metodę wyznaczania rozmieszczenia elementów aktywnych bezpieczeństwa z zastosowaniem wnioskowania statystycznego. Opracowanie metody i jej modelu matematycznego umożliwiło wytworzenie modułu programowego systemu wspomaganie analityka bezpieczeństwa (oznaczanego dalej jako *SWAB*), wyznaczającego wartości składowe wskaźnika oceny dopuszczalnych rozmieszczeń elementów aktywnych DSB przy użyciu wnioskowania statystycznego.

2. SFORMUŁOWANIE ZADANIA BADAWCZEGO

2.1. Przyjęte oznaczenia

W celu przedstawienia zagadnienia optymalizacji dyslokacji elementów aktywnych DSB przyjęto następujące oznaczenia [2]:

- $\mathbf{R} = \{r: r = \overline{1, R}\}$ - zbiór numerów podmiotów dyslokowanych na obszarze odpowiedzialności DSB, którym należy zapewnić pożądany poziom bezpieczeństwa funkcjonowania,

gdzie:

R - liczba wyróżnionych podmiotów dyslokowanych na obszarze odpowiedzialności DSB;

- $\mathbf{Z} = \{z: z = \overline{0, Z}\}$ - zbiór numerów rodzajów zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów dyslokowanych na obszarze odpowiedzialności DSB,

gdzie:

Z - liczba wyróżnionych rodzajów zagrożeń bezpieczeństwa podmiotów znajdujących się na obszarze odpowiedzialności DSB;

- $\mathbf{E} = \{e: e = \overline{1, E}\}$ - zbiór numerów elementów aktywnych DSB, zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowania podmiotów dyslokowanym na obszarze odpowiedzialności DSB,

✓ gdzie: E - liczba elementów aktywnych DSB;

- $\mathbf{A}^{\text{dop}}_e$ - zbiór dopuszczalnych położeń e -tego elementu aktywnego:

$$\mathbf{A}_e^{\text{dop}} = \{a_{e,1}^{\text{dop}}, \dots, a_{e,b}^{\text{dop}}, \dots, a_{e,B^e}^{\text{dop}}\} \quad (2.1)$$

gdzie:

✓ $a_{e,b}^{\text{dop}}$ - współrzędne b - tego dopuszczalnego położenia e - tego elementu aktywnego DSB,

✓ B^e - liczba dozwolonych położeń e - tego elementu aktywnego DSB;

- \mathbf{A} - zbiór możliwych dyslokacji elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$ DSB na pewnym obszarze:

$$\mathbf{A} = \prod_{e = \overline{1, E}} \mathbf{A}_e^{\text{dop}} = \{a_k = (a_k(1), \dots, a_k(e), \dots, a_k(E)): k = \overline{1, K}\}, \quad (2.2)$$

gdzie:

✓ k - wariant dyslokacji elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$,

✓ K - liczba wyróżnionych wariantów dyslokacji elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$:

$$K = \prod_{e = \overline{1, E}} B^e, \quad (2.3)$$

✓ $a_k(e)$ – współrzędne położenia elementu aktywnego o numerze $e \in \mathbf{E}, a_k(e) \in \mathbf{A}_e^{dop}$;

- $\mathbf{I} = \{i: i=1, \overline{I}\}$ zbiór numerów źródeł zagrożeń, gdzie:
 I – liczba źródeł zagrożeń w rozpatrywanym regionie;
- $q: \mathbf{Z} \times \mathbf{I} \rightarrow \{0,1\}$,
 przy czym:

$$q(z, i) = \begin{cases} 1 - \text{gdy źródło o numerze } i \in \mathbf{I} \text{ ma} \\ \text{możliwość generowania zagrożeń } z \in \mathbf{Z}, \\ 0 - \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases}$$

- $\mathbf{I}_z = \{i: q(z, i)=1, i \in \mathbf{I}\}$ - zbiór numerów źródeł zagrożenia $z \in \mathbf{Z}$ bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów dyslokowanych na obszarze odpowiedzialności DSB.

W doskonaleniu skuteczności i efektywności działania systemów bezpieczeństwa [3] szukana jest zazwyczaj zależność ich wartości oczekiwanych od właściwości tych systemów, np. stanu sił i środków, ich dyslokacji, szybkości reagowania na zgłoszenie o zdarzeniu itp. W statystyce matematycznej warunkowa wartość oczekiwana pewnej zmiennej losowej Y (może ona reprezentować dowolną charakterystykę jakości funkcjonowania systemu bezpieczeństwa) względem ustalonej wartości zmiennej X (może reprezentować dowolną właściwość systemu, rozpatrywana w badaniu jako czynnik) nazywana jest regresją pierwszego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$. Określona jest ona za pomocą wzoru:

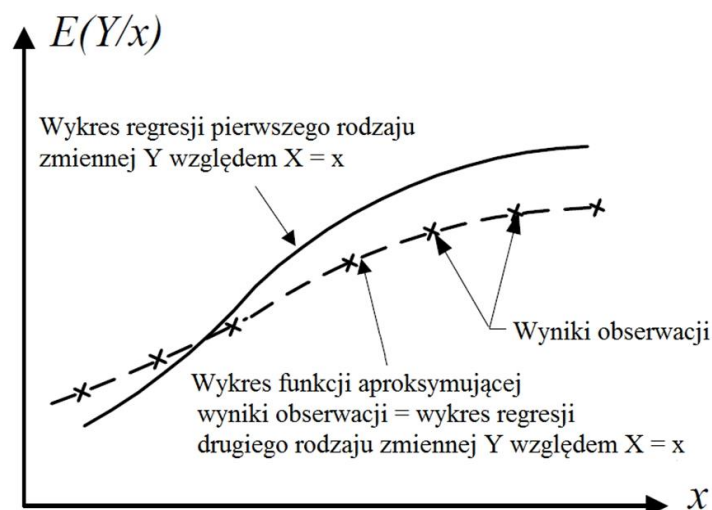
$$E(Y/x) = \int_{-\infty}^{\infty} y dF(y/x), \text{ gdzie:} \quad (2.4)$$

$F(y/x)$ – dystrybuanta warunkowego rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej Y przy ustalonej wartości zmiennej $X=x$,

Y – oznaczenie wyznaczonej charakterystyki jakości funkcjonowania systemu,

X – oznaczenie czynnika (właściwości systemu) ze względu na który dokonywana jest analiza funkcjonowania systemu.

W praktyce nieznana jest postać analityczna dystrybuanty $F(y/x)$. Zatem nie można też wyznaczyć postaci analitycznej regresji (2.4). Jej postać przybliżana jest za pomocą regresji drugiego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$, tj. funkcji, której postać analityczna jest określana na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Jest nią funkcja aproksymująca wyniki badań (rys. 1.).



Rys. 1. Ilustracje: regresji pierwszego rodzaju, wyników obserwacji oraz regresji drugiego rodzaju (źródło: rys. 4.4. [3])

Etapy wyznaczania postaci analitycznej regresji drugiego rodzaju zmiennej Y względem $X=x$ stanowiącej model regresji pierwszego rodzaju zmiennej Y względem $X=x$ opisano w [3].

Przyjęte zostały kolejne oznaczenia:

- \mathbf{Y}^{los} - zbiór zmiennych losowych zależnych, używanych do oceny rozwiązania zagadnienia optymalizacji:

$$\mathbf{Y}^{los} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_g, \dots, Y_G\} \quad (2.5)$$

gdzie Y_g oznacza g -tą zmienną losową używaną do obliczenia g -tego wskaźnika jakości;

- \mathbf{X}^g - zbiór zmiennych losowych niezależnych używanych do statystycznego wnioskowania warunkowej wartości oczekiwanej zmiennej losowej $Y_g \in \mathbf{Y}^{los}$ będącej wskaźnikiem jakości rozwiązania zagadnienia optymalizacji.

$\mathbf{X}^g = \{X^g_1, X^g_2, \dots, X^g_d, \dots, X^g_D\}$, gdzie:

- ✓ X^g_d oznacza d -tą, niezależną zmienną losową używaną do wnioskowania wartości g -tego wskaźnika jakości;
- ✓ D oznacza liczbę zmiennych losowych użytych do wnioskowania wartości g -tego wskaźnika jakości rozwiązania;

- W - wskaźnik oceny jakości wyróżnionych wariantów dyslokacji elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$ - rozwiązań dopuszczalnych rozmieszczenia elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$:

$$\mathbf{W}: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{Y} \subset \mathbf{R}^G, \quad (2.6)$$

gdzie:

\mathbf{Y} - zbiór wartości ocen jakości dopuszczalnych rozmieszczeń elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$ - rozwiązań dopuszczalnych,

\mathbf{R} - zbiór liczb rzeczywistych,

G - liczba wskaźników oceny jakości dopuszczalnych rozmieszczeń elementów aktywnych $e \in \mathbf{E}$ - rozwiązań dopuszczalnych,

A zatem:

$$\mathbf{W} = (W_1, \dots, W_g, \dots, W_G), \quad (2.7)$$

gdzie:

W_g - g -ta składowa wskaźnika oceny jakości ustalonego wariantu dyslokacji elementów aktywnych DSB. Jest to warunkowa wartość oczekiwania

zmiennej losowej Y_g względem ustalonych wartości zmiennych losowych ze zbioru \mathbf{X}^g .

2.2. Sformułowanie problemu

Zadanie optymalizacji dyslokacji elementów aktywnych DSB określa się jako trójkę:

$$(\mathbf{A}, \mathbf{W}, M(P)), \quad (2.8)$$

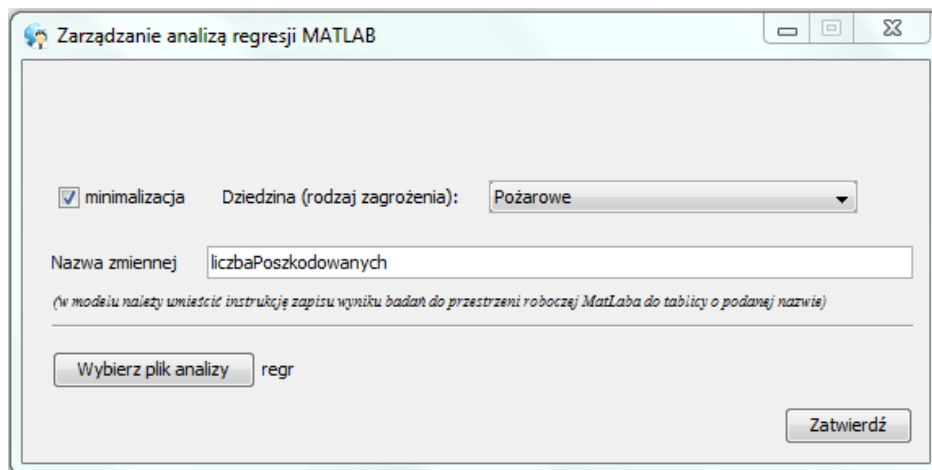
gdzie:

- \mathbf{A} – zbiór rozwiązań dopuszczalnych (2.2),
- \mathbf{W} – funkcja ocen rozwiązań dopuszczalnych (2.7),
- $M(P)$ – model preferencji- strategia wyboru rozwiązań optymalnych.

3. METODA ROZWIĄZANIA

Systemy wnioskowania statystycznego pozwalają na uwzględnianie losowości zjawisk przy podejmowaniu decyzji przez osoby funkcyjne zarządzania bezpieczeństwem i kierowania ratownictwem. Jedną z takich osób jest analityk bezpieczeństwa w regionie. System wspomagający analityka bezpieczeństwa, wykorzystywany jest między innymi do wyznaczania optymalnej dyslokacji sił i środków (elementów aktywnych) systemu bezpieczeństwa. Zadaniem inżyniera systemu jest:

- określenie zbioru zmiennych losowych zależnych \mathbf{Y}^{los} (2.5), używanych do wyznaczania wartości składowych wskaźnika jakości rozmieszczeń elementów aktywnych DSB,
- opracowanie komponentów wnioskowania statystycznego wartości składowych wskaźnika \mathbf{W} (2.7) oceny dyslokacji elementów aktywnych systemu bezpieczeństwa. Komponenty powinny być opracowane w środowisku MATLAB, a następnie zaimportowane do SWAB (rys. 2.).



Rys. 2. Ekran dodawania wnioskowanej statystycznie składowej wskaźnika oceny rozwiązań dopuszczalnych (źródło: opracowanie własne)

Przy dodawaniu zmiennej losowej należy określić:

- unikalną w systemie nazwę zmiennej,
- dziedzinę, której dotyczy składowa wskaźnika przypisana do zmiennej,
- informację o kierunku ekstremalizacji składowej wskaźnika oceny jakości rozmieszczenia elementów aktywnych DSB,
- plik MATLAB wnioskowania statystycznego wartości oczekiwanej zmiennej losowej.

g-ty plik wnioskowania statystycznego służy do wyznaczenia wartości oczekiwanej zmiennej losowej Y_g (2.5), względem ustalonych wartości zmiennych niezależnych ze zbioru X^g . Obecnie SWAB umożliwia wykorzystanie niezależnych zmiennych losowych, będących charakterystykami rozmieszczeń elementów aktywnych, zestawionych w tabeli 1.

TABELA 1

Predefiniowane zmienne losowe, możliwe do wykorzystania w plikach MATLAB statystycznego wnioskowania wartości składowych wskaźnika oceny jakości dyslokacji elementów aktywnych

	Nazwa zmiennej	Opis
1	<i>Minimalna odległość elementu aktywnego od źródła zagrożenia</i>	Minimalna odległość pomiędzy źródłem zagrożenia a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
2	<i>Minimalny czas dojazdu od elementu aktywnego do źródła zagrożenia</i>	Minimalny czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do źródła zagrożenia w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
3	<i>Maksymalna odległość od elementu aktywnego do źródła zagrożenia</i>	Maksymalna odległość pomiędzy źródłem zagrożenia a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
4	<i>Maksymalny czas dojazdu od elementu aktywnego do źródła zagrożenia</i>	Maksymalny czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do źródła zagrożenia w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
5	<i>Minimalna odległość od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Minimalna długość trasy pomiędzy obiektem chronionym a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
6	<i>Minimalny czas dojazdu od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Minimalny czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do obiektu chronionego w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
7	<i>Maksymalna odległość od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Maksymalna odległość pomiędzy obiektem chronionym a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariacie dyslokacji elementów aktywnych (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej)

8	<i>Maksymalny czas dojazdu od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Maksymalny czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do obiektu chronionego w danym wariancie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
9	<i>Średnia odległość od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Średnia odległość (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej) pomiędzy obiektem chronionym a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariancie dyslokacji elementów aktywnych
10	<i>Średni czas dojazdu od elementu aktywnego do obiektu chronionego</i>	Średni czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do obiektu chronionego w danym wariancie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)
11	<i>Średnia odległość od elementu aktywnego do źródła zagrożenia</i>	Średnia odległość (w kilometrach, z uwzględnieniem sieci drogowej) pomiędzy źródłem zagrożenia a najbliższym mu elementem aktywnym w danym wariancie dyslokacji elementów aktywnych
12	<i>Średni czas dojazdu od elementu aktywnego do źródła zagrożenia</i>	Średni czas dojazdu od najbliższego elementu aktywnego do źródła zagrożenia w danym wariancie dyslokacji elementów aktywnych (w minutach, z uwzględnieniem sieci drogowej)

Przy użyciu dodanych komponentów wniosku statystycznego, *SWAB* jest w stanie ocenić dozwolone dyslokacje elementów aktywnych, a następnie zaproponować analitykowi bezpieczeństwa najlepsze rozmieszczenie z dopuszczalnych.

SWAB to aplikacja typu klient-serwer omówiona w poprzednich publikacjach autorów, m.in. w [4].

4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA ROZMYTYCH SYSTEMÓW EKSPERTOWYCH DO ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ ANALITYKA BEZPIECZEŃSTWA

4.1. Dane do zadania optymalizacyjnego

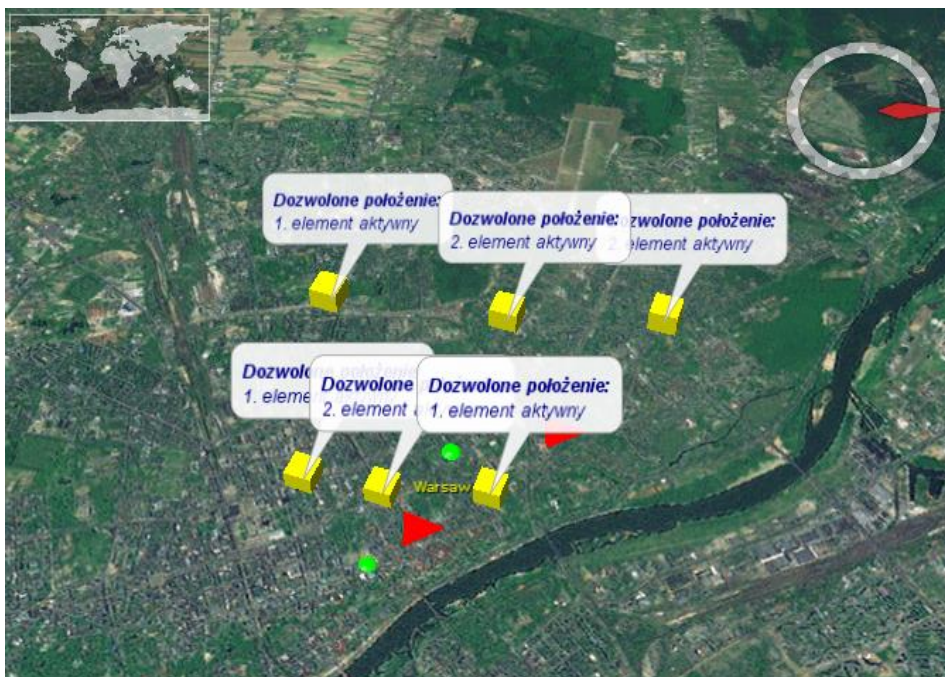
W przykładzie przyjmuje się, że [5, 6]:

- $\mathbf{R}=\{1, 2\}$ - w regionie odpowiedzialności DSB znajdują się dwa obiekty ochraniające (oznaczone kołami koloru zielonego na rys. 3.);
- $\mathbf{Z}=\{1\}$ - występuje jeden rodzaj zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów- zagrożenie pożarowe;
- $\mathbf{E}=\{1, 2\}$ - podmioty będą chronione przed zagrożeniami przez dwa elementy aktywne;
- $\mathbf{A}_1^{dop} = \{a_{1,1}^{dop}, a_{1,2}^{dop}, a_{1,3}^{dop}\}$ - pierwszy element aktywny może być dyslokowany w trzech miejscach (sześciiany na rys. 3.);
- $\mathbf{A}_2^{dop} = \{a_{2,1}^{dop}, a_{2,2}^{dop}, a_{2,3}^{dop}\}$ - drugi element aktywny może być dyslokowany w trzech miejscach (sześciiany na rys. 3.);

- **A**- zbiór dopuszczalnych rozmieszczeń elementów aktywnych. Jest to 9-elementowy (2.3) zbiór, będący iloczynem kartezjańskim zbiorów możliwych położzeń \mathbf{A}_1^{dop} oraz \mathbf{A}_2^{dop} elementów aktywnych DSB (2.2):

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_1^{dop} \times \mathbf{A}_2^{dop} = \{a_1, \dots, a_9\}, \quad (4.1)$$

- $\mathbf{I}_1 = \{1, 2\}$ - w regionie odpowiedzialności DSB znajdują się dwa jednorodne źródła zagrożeń o numerze $z=1$ (czerwone trójkąty na rys. 3.);
- $\mathbf{Y}^{los} = \{Y_1, Y_2\}$, gdzie:
 - Y_1 – zmienna losowa reprezentująca prawdopodobieństwo przeżycia osób poszkodowanych w zdarzeniu. Przyjmuje ona wartości ze zbioru $[0, 1]$,
 - Y_2 – zmienna losowa reprezentująca przewidywane straty w płonącym obiekcie. Zmienna przyjmuje wartości ze zbioru $[0, 1]$;
- $\mathbf{W} = (W_1, W_2)$ - wskaźnik oceny dyslokacji elementów aktywnych to dwuelementowy wektor,
 - gdzie:
 - W_1 – *prawdopodobieństwo przeżycia*- maksymalizowane prawdopodobieństwo, że osoby uwięzione w płonącym budynku zostaną uratowane. Jest to warunkowa wartość oczekiwana zmiennej losowej Y_1 ,
 - W_2 – *przewidywane straty*- minimalizowane straty w płonącym obiekcie. Jest to warunkowa wartość oczekiwana zmiennej losowej Y_2 ;
- $\mathbf{X}^1 = \{X^1_1\}$, przy czym X^1_1 - niezależna zmienna losowa reprezentująca maksymalny czas dojazdu pomiędzy obiektem ochranianym a najbliższym mu elementem aktywnym,
- $\mathbf{X}^2 = \{X^2_1\}$, przy czym X^2_1 - niezależna zmienna losowa reprezentująca średni czas dojazdu pomiędzy obiektem ochranianym a najbliższym mu elementem aktywnym
- lokalizacje podmiotów $r \in \mathbf{R}$ oraz źródeł $i \in \mathbf{I}_1$ zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów są stałe;
- możliwe dyslokacje elementów aktywnych DSB naniesiono na rys. 3. (sześciiany).



Rys. 3. Ilustracja rozmieszczenia obiektów regionu oraz dopuszczalnych dyslokacji elementów aktywnych (źródło: opracowanie własne)

4.2. Sformułowanie zadania optymalizacyjnego

Dla danych określonych w punkcie 4.1. należy wyznaczyć optymalną dyslokację elementów aktywnych DSB. Zadanie to zgodnie z punktem 2.2. należy zapisać jako trójkę (2.8):

$$(\mathbf{A}, \mathbf{W}, M(P)), \quad (4.3)$$

której elementy składowe mają następującą interpretację:

- \mathbf{A} – zbiór dopuszczalnych dyslokacji elementów aktywnych (4.1),
- \mathbf{W} – funkcja ocen rozwiązań dopuszczalnych (4.2),
- $M(P)$ – strategia wyboru rozwiązań optymalnych. System SWAB przyjmuje model preferencji minimalizujący sumę znormalizowanych wskaźników jakości oceny rozwiązania. Zastępcza funkcja oceny uwzględniająca przyjęty model preferencji oraz standaryzację wskaźników przedstawia się następująco:

$$\tilde{F}^z(a_k) = (-1) \cdot \left(\frac{W_1(a_k) - W_1^{\min}}{W_1^{\max} - W_1^{\min}} \right) + \frac{W_2(a_k) - W_2^{\min}}{W_2^{\max} - W_2^{\min}} \rightarrow \min, \quad (4.4)$$

gdzie:

W_1^{\max} oznacza maksymalną ostrą wartość zmiennej losowej Y_1 :

$$W_1^{\max} = \max_{a_k \in \mathbf{A}} W_1(a_k) = 1,$$

W_1^{\min} to minimalna wartość zmiennej losowej Y_1 :

$$W_1^{\min} = \min_{a_k \in \mathbf{A}} W_1(a_k) = 0,$$

W_2^{\max} oznacza maksymalną ostrą wartość zmiennej losowej Y_2 :

$$W_2^{\max} = \max_{a_k \in \mathbf{A}} W_2(a_k) = 1,$$

W_2^{\min} to minimalna wartość zmiennej losowej Y_2 :

$$W_2^{\min} = \min_{a_k \in \mathbf{A}} W_2(a_k) = 0.$$

4.3. Metoda rozwiązania zadania optymalizacyjnego

a) Charakterystyka metody

Przyjęto, że na podstawie danych historycznych ustalono zależność zmiennej losowej Y_1 reprezentującej *prawdopodobieństwo przeżycia* od niezależnej zmiennej losowej X_1^1 - *maksymalnego czasu dojazdu od elementu aktywnego do obiektu ochraniającego* (wartość 8. tabeli 1.). Zadaniem inżyniera obsługującego SWAB jest wytworzenie pliku MATLAB, służącego do wnioskowania wartości oczekiwanej zmiennej zależnej Y_1 , w zależności od wartości zmiennej niezależnej X_1^1 (rys. 4.), a następnie zarejestrowanie pliku w SWAB (rys. 2.).

```

3 %Aproksymacja wielomianem 3. stopnia
4 wspReg=polyfit(dziedzinaTreningowa, wynikiTreningowe, 3);
5 dziedzinaWykAproks=0:0.01:5;
6 wynikiAproksymacji=polyval(wspReg, dziedzinaWykAproks);
7 %Szacowanie wartości zmiennej losowej PRAWDOPODOBIEŃSTWO_PRZEŻYCIA
8 prawdopodobienstwoPrzezycia=polyval(wspReg, cell2mat(maxOdlegloscEl
9 trybWyjasnienTab=cell2mat(czyTrybWyjasnienTAB);
10 if trybWyjasnienTab(1)>0
11     figure;
12     hold on;
13     plot(dziedzinaTreningowa, wynikiTreningowe, 'rx');
14     %plot(cell2mat(maxOdlegloscElementAktywnyObiektChronionyTAB), p
15     plot(dziedzinaWykAproks, wynikiAproksymacji, 'b-');
16     %W trybie wyjaśnień dostępne są również dane wybranej dyslokacji
17     wartWybDys=polyval(wspReg, maxOdlegloscElementAktywnyObiektChrc
18     plot(maxOdlegloscElementAktywnyObiektChroniony, wartWybDys, 'gs
19     %PL
20     xlabel('Maksymalna odległość do miejsca zdarzenia');
21     ylabel('Prawdopodobieństwo przeżycia');
22     legend('Dane treningowe', 'Wykres funkcji aproksymującej', 'War
23     %FM

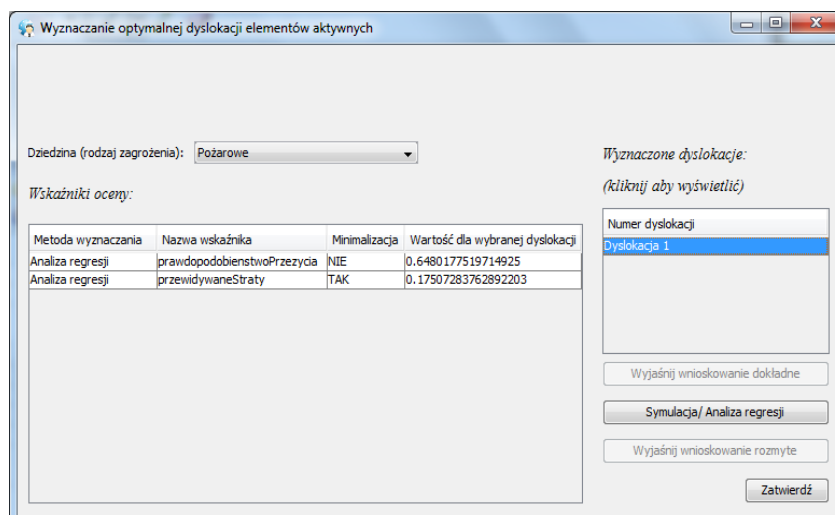
```

Rys. 4. Ekran MATLAB tworzenia pliku wniosku wartości oczekiwanej zmiennej losowej *prawdopodobieństwo przeżycia* (źródło: opracowanie własne)

W analogiczny sposób inżynier musi zdefiniować w *SWAB* zmienną losową Y_2 , której warunkowa wartość oczekiwana jest składową W_2 wskaźnika W (4.2) oceny jakości dyslokacji elementów aktywnych.

b) Wyznaczenie rozwiązania zadania optymalizacyjnego

Po uruchomieniu procesu wyznaczania optymalnych dyslokacji, *SWAB* wyznacza wartości wskaźników oceny dla każdego z możliwych rozwiązań (4.1), a następnie, przy użyciu zastępczej funkcji oceny rozwiązań dopuszczalnych (4.4), wyznacza rozwiązania optymalne. Po wyświetleniu listy rozwiązań optymalnych (rys. 5.) analityk bezpieczeństwa regionu ma możliwość wyświetlenia optymalnego rozmieszczenia (rys. 6.), poprzez zaznaczenie wybranej dyslokacji.

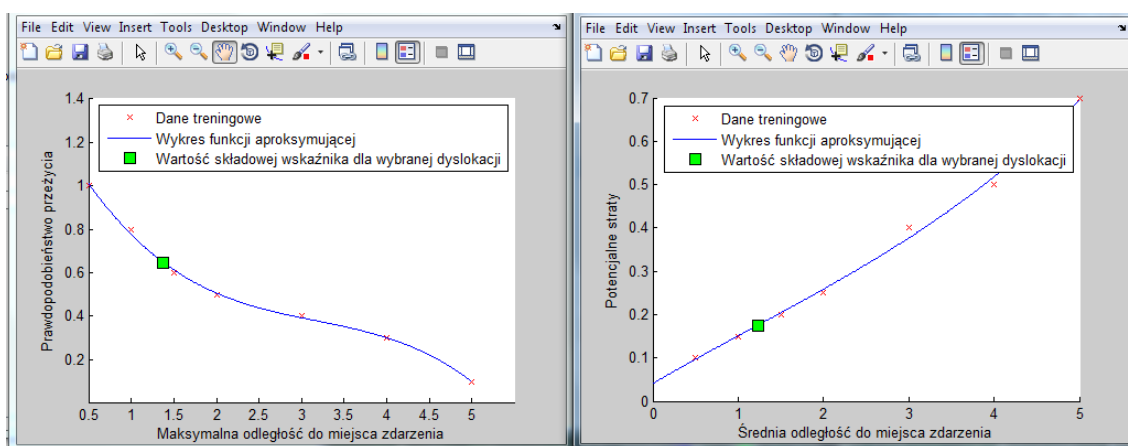


Rys. 5. Okno optymalizacji rozmieszczenia elementów aktywnych DSB (źródło: opracowanie własne)



Rys. 6. Okno optymalnego rozmieszczenia elementów aktywnych DSB (źródło: opracowanie własne)

Po wyborze optymalnej dyslokacji analityk bezpieczeństwa ma możliwość zapoznania się ze sposobem wyznaczania warunkowych wartości oczekiwanych zmiennych ze zbioru Y^{los} . Po wciśnięciu przycisku *Symulacja/ Analiza regresji* (rys. 5.) aplikacja wyświetla okna *MATLAB* z wynikami wnioskowania statystycznego wartości składowych wskaźnika W (rys. 7.).



Rys. 7. Wyniki wnioskowania statystycznego wartości składowych wskaźnika oceny rozmieszczenia elementów aktywnych DSB (źródło: opracowanie własne)

5. PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki wskazują na użyteczność wnioskowania statystycznego przy optymalizacji rozmieszczenia sił i środków służb odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa w rejonie. Wskazują potrzebę dogłębnego badania zależności

statystycznej zmiennych losowych, które mogą być wykorzystane do opisanie rozmieszczenia elementów aktywnych DSB.

Wyznaczenie optymalnej dyslokacji elementów aktywnych jest trudne obliczeniowo- praktycznie niewykonalna, w warunkach rzeczywistych (duża liczba rozmieszczanych elementów aktywnych i duża liczba ich możliwych położeń), jest ocena wszystkich dopuszczalnych rozwiązań problemu. Jak wskazują przedmiotowe badania [1, 7], użytecznym może być zastosowanie metody niepełnego przeglądu zbioru rozwiązań dopuszczalnych- algorytmu genetycznego. Zagadnienie to jest przedmiotem aktualnych prac.

Literatura

1. Aytug H., Saydam C.: Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study, *European Journal of Operational Research* 159, str. 219-238, 2002
2. Kołodziński E.: Model Podstawowej Jednostki Organizacyjnej Systemu Bezpieczeństwa Kraju, Czasopismo internetowe "Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa", <http://www.ptib.pl/component/remository/?func=fileinfo&id=103> (dostęp 10 maja 2014)
3. Kołodziński E., Lachowicz T., Romaniec P., Zapert P.: Wspomaganie decyzji w bezpieczeństwie, monografia pod redakcją naukową Edwarda Kołodzińskiego, Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa 2014
4. Kołodziński E., Zapert P.: Optymalizacja wypadkowej dyslokacji elementów aktywnych Rejonowego Systemu Bezpieczeństwa, monografia Metodologia badań bezpieczeństwa narodowego, tom V, Wydawnictwo AON, Warszawa 2013, str. 112-125
5. Kołodziński E., Zapert P.: Symulacyjna metoda wyznaczania optymalnej dyslokacji elementów aktywnych dziedzinowego systemu bezpieczeństwa, XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna EKOMILITARIS 2012, "Inżynieria Bezpieczeństwa - Ochrona przed Skutkami Nadzwyczajnych Zagrożeń", BEL Studio Sp. z o. o., Warszawa 2012, str. 329-340
6. Kołodziński E., Zapert P.: System ekspertowy wspomagający analityka bezpieczeństwa regionu, Praca zbiorowa pod redakcją Zygmunta Mierczyka i Romana Ostrowskiego pt. "Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń" Tom 3., Warszawa 2012, w druku
7. Shavandi H., Mahlooji H.: A fuzzy queuing location model with a genetic algorithm for congested systems, *Applied Mathematics and Computation* 181, str. 440-456, 2006