Biuletyn WAT
Vol. LXVI, Nr 4, 2017

Usługi informatycznego wsparcia analiz zagrożeń skażeniami i ostrzegania ludności w systemie WAZkA na potrzeby KSWSiA

ZBIGNIEW TARAPATA, RYSZARD ANTKIEWICZ, MARIUSZ CHMIELEWSKI, MICHAŁ DYK, RAFAŁ KASPRZYK, WOJCIECH KULAS, ANDRZEJ NAJGEBAUER, DARIUSZ PIERZCHAŁA, JAROSŁAW RULKA

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki, Instytut Systemów Informatycznych, ul. Gen. W. Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, zbigniew.tarapata@wat.edu.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję oraz aktualny stan realizacji prototypu informatycznego systemu wsparcia analiz zagrożeń skażeniami, prognozowania ich skutków i alarmowania ludności (WAZkA) na potrzeby Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KSWSiA). Opisano wybrane moduły (usługi informatycznego wsparcia) wchodzące w skład systemu: analizator drzewa zdarzeń, moduł wizualizacji COP, moduł integracji z istniejącymi symulatorami rozwoju zagrożeń (Aloha, SI Promień) oraz emulatory systemów monitorowania zagrożeń.
Słowa kluczowe: zagrożenia CBRN, system wsparcia analiz zagrożeń skażeniami i alarmowania, integracja systemów monitorowania zagrożeń CBRN, integracja systemów alarmowania i ostrzegania, drzewa zdarzeń
DOI: 10.5604/01.3001.0010.8178

1. Wprowadzenie

W Polsce, na mocy odpowiednich przepisów [1], funkcjonuje Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KSWSiA) [2]. Zasadniczymi elementami KSWSiA są podsystemy funkcjonalne przeznaczone do wykrywania skażeń CBRN (ang. *Chemical*, *Biological*, *Radiological*, *Nuclear*) i alarmowania o nich oraz organy i jednostki organizacyjne, które dokonują analizy skażeń i oceny sytuacji oraz opracowują, ogłaszają i wprowadzają działania interwencyjne. Do podsystemów funkcjonalnych stanowiących główny trzon systemu zalicza się:

— System Wykrywania Skażeń Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej — nadzorowany przez Ministra Obrony Narodowej;
— sieci i systemy nadzoru epidemiologicznego i kontroli chorób zakaźnych w kraju oraz krajowe punkty kontaktowe dla międzynarodowych systemów nadzoru nad zagrożeniami zdrowia lub życia dużych grup ludności — nadzorowane przez ministra właściwego do spraw zdrowia;
— system stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych [3, 4], których działania koordynuje prezes Państwowej Agencji Atomistyki;
— nadzorowane przez wojewodów wojewódzkie systemy wykrywania i alarmowania oraz wojewódzkie systemy wczesnego ostrzegania o zagrożeniach [5];
— system nadzoru epizootycznego, fitosanitarnego, nadzoru nad bezpieczeństwem produktów pochodzenia zwierzęcego i paszami oraz nadzoru nad produktami rolno-spożywczymi nadzorowany przez ministrów właściwych do spraw rolnictwa i rynków rolnych oraz zdrowia.

Rolę koordynatora w KSWSiA pełni Centralny Ośrodek Analizy Skażeń (COAS) w Warszawie.

Wymienione wcześniej podmioty wchodzące w skład KSWSiA wykorzystują różne źródła danych o skażeniach oraz systemy do przetwarzania tych danych. Brakuje systemu, który integrowałby dane pochodzące z różnych źródeł (tzw. systemów monitorowania zagrożeń), umożliwiał wymianę informacji między elementami systemu KSWSiA oraz wspomagał organy decyzyjne w: (a) przygotowaniu ocen i analiz eksperckich dotyczących sytuacji zagrożeń skażeniami oraz (b) ostrzeganiu i alarmowaniu ludności o zagrożeniach skażeniami.

Dlatego też w artykule przedstawiono koncepcję oraz zaimplementowane wybrane usługi prototypu systemu **W**sparcia **A**naliz **Z**agrożeń S**k**ażeniami i **A**larmowania (WAZkA). Prezentowana koncepcja mieści się w obszarze tematyki projektu badawczo-rozwojowego pt. *Integracja i wsparcie procesów zarządzania informacją i optymalizacji decyzji systemu ostrzegania i alarmowania* realizowanego w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju BiO 7/2015 przez konsorcjum naukowo-przemysłowe w składzie: Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie — lider, HTRC sp. z o.o., Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie.

Głównym celem projektu WAZkA [6] było opracowanie i wykonanie na potrzeby podmiotów wchodzących w skład KSWSiA wysoko zaawansowanego narzędzia teleinformatycznego wspierającego procesy: wymiany informacji pomiędzy elementami systemu, koordynacji jego działania oraz przygotowania dla organów decyzyjnych ocen i analiz eksperckich dotyczących sytuacji zagrożeń podczas katastrof naturalnych, awarii technicznych lub innych zdarzeń skutkujących skażeniami biologicznymi, chemicznymi lub promieniotwórczymi. Więcej o projekcie można przeczytać na stronie www pod adresem: http://wazka.wat.edu.pl.

2. Architektura prototypu systemu WAZkA

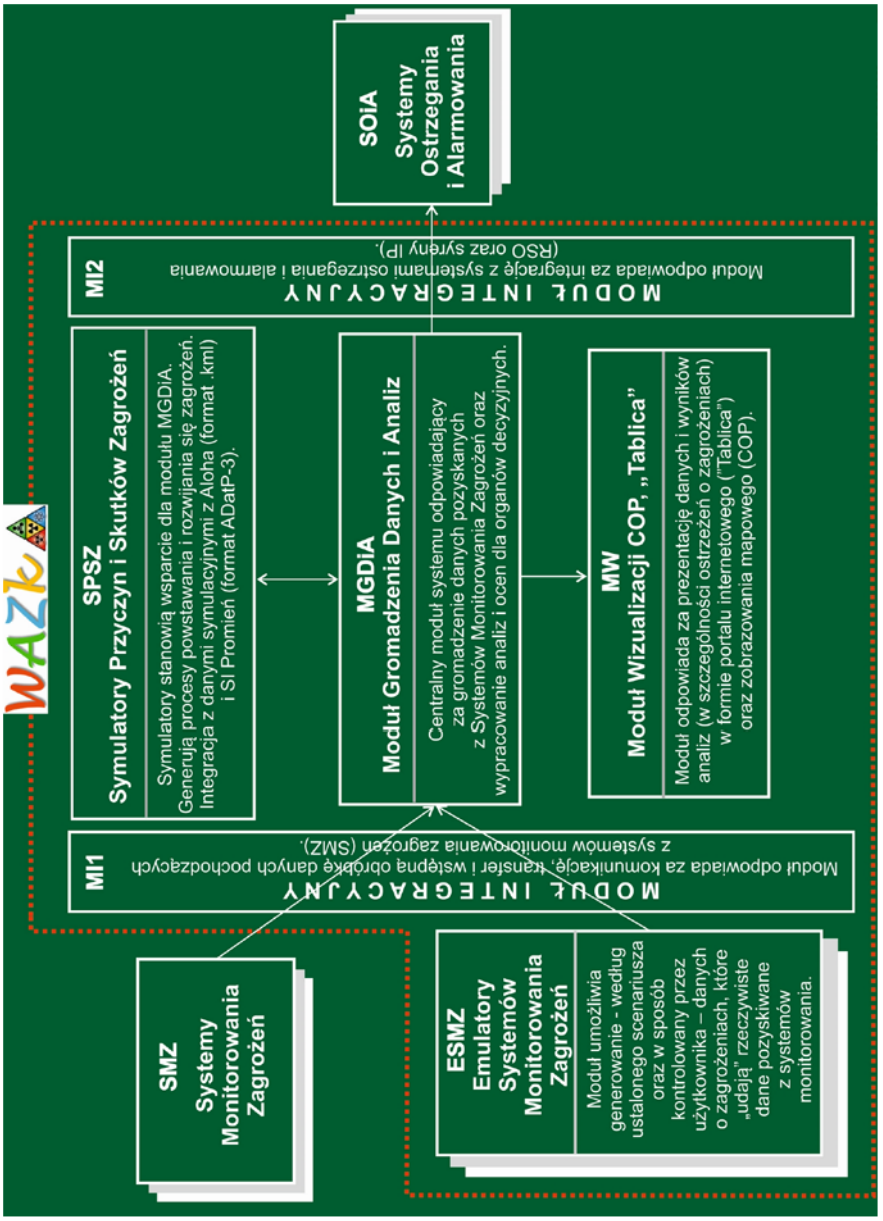
W skład prototypu systemu WAZkA wchodzą następujące moduły [6] (patrz rys. 1):

— *Moduł Gromadzenia Danych i Analiz* (*MGDiA*) — centralny moduł prototypu systemu odpowiadający za analizę danych pozyskanych z systemów monitorowania (za pośrednictwem *Modułu Integracyjnego MI1*). Na ich podstawie dokonywana jest ocena, hierarchizacja i prognoza rozwoju zagrożeń. W razie ich zaistnienia generowany jest alarm przesyłany do systemów ostrzegania i alarmowania (*SOiA*) (za pośrednictwem *Modułu Integracyjnego MI2*). Do takich systemów należy Regionalny System Ostrzegania (RSO) [7], czy też syreny alarmowe IP [8].

— *Moduły Wizualizacji* (*MW*) — odpowiadają za prezentację danych i wyników analiz (w szczególności ostrzeżeń o zagrożeniach) na potrzeby podmiotów KSWSiA. Proponowane są dwa moduły wizualizacji [9]:
  - *Tablica* — ma postać portalu internetowego, który umożliwia szybki dostęp do informacji o aktualnych i najważniejszych zagrożeniach. Jest to centralny punkt komunikacji pomiędzy podmiotami KSWSiA. Zakres prezentowanych informacji zależny jest od uprawnień zalogowanego użytkownika.
  - *COP* (ang. *Common Operational Picture*) — podobnie jak moduł *Tablica* jest dostępny za pośrednictwem sieci Internet. Moduł ten prezentuje informacje o zagrożeniach na podkładzie mapowym.

— *Symulatory Przyczyn i Skutków Zagrożeń* (*SPSZ*) — symulatory stanowią wsparcie dla modułu *MGDiA*. Pozwalają na symulowanie procesów powstawania i rozwijania się zagrożeń, dzięki czemu możliwe jest generowanie ostrzeżeń i przygotowanie działań wyprzedzających. Symulatory pozwalają również na rozgrywanie różnych wariantów rozwoju zagrożeń, co wpływa na szybsze i obarczone mniejszym ryzykiem podejmowanie decyzji o sposobie przeciwdziałania tym zagrożeniom. Prototyp systemu WAZkA korzysta z wyników analiz symulacyjnych wykonanych z użyciem symulatorów Aloha [10] (oprogramowanie do modelowania i symulacji zagrożeń) oraz SI Promień [11], integrując się z nimi za pomocą opracowanych narzędzi do gromadzenia, archiwizowania i przede wszystkim semantycznego przetwarzania danych zapisanych w formatach przyjętych w SI Promień (NATO ADatP-3 — CBRN) oraz Aloha (format KML).

— *Emulatory Systemów Monitorowania Zagrożeń* (*ESMZ*) — pozwalają na generowanie, w sposób kontrolowany przez użytkownika, danych o zagrożeniach, które „udają" rzeczywiste dane pozyskiwane z systemów monitorowania. Ułatwi to istotnie prowadzenie szkoleń oraz zapoznanie się z sytuacjami rzadkimi lub wręcz takimi, które jeszcze nie wystąpiły, ale są potencjalnie groźne.



Rys. 1. Architektura prototypu systemu WAZkA [6]

— *Moduł Integracyjny* (*MI1*) — odpowiada za komunikację, transfer i wstępną obróbkę danych pochodzących z istniejących systemów monitorowania zagrożeń (*SMZ*). Dane pozyskiwane są w sposób automatyczny z wybranych systemów i podmiotów, które posiadają systemy informatyczne przetwarzające informacje o zagrożeniach (np. SAPOS — wojskowy system automatycznego pomiaru skażeń). Na potrzeby pozostałych podmiotów udostępniony został interfejs do półautomatycznego przesyłania danych (np. seryjna wysyłka maili) oraz ręcznego ich uzupełniania.
— *Moduł Integracyjny* (*MI2*) — odpowiada za integrację z istniejącymi systemami ostrzegania i alarmowania. Tą drogą przesyłane są alerty o zagrożeniach pochodzące z prototypu systemu WAZkA. Alerty generowane z prototypu systemu WAZkA dotyczą przede wszystkim analiz związanych z tzw. zagrożeniami trwającymi (zdarzenia CBRN, które się zrealizowały i aktualnie trwają) umieszczanymi w Module Wizualizacji Tablica i w konsekwencji informacja o nich w postaci ostrzeżenia przekazywana jest do RSO (jeśli uznamy to zagrożenie za istotne; istotność oceniana jest na podstawie oszacowanych oczekiwanych strat wynikających z rozwoju zagrożenia, wyliczonych przez opracowany element systemu eksperckiego). W przypadku przesyłania komunikatów ostrzegawczych do RSO realizowane czynności w prototypie systemu WAZkA są następujące: (1) zakwalifikowanie zdarzenia do przesłania (na podstawie oszacowanych oczekiwanych strat wynikających z rozwoju zagrożenia, wyliczonych przez element podsystemu eksperckiego), (2) wygenerowanie komunikatu w formacie .xml zgodnym ze strukturą wymaganą przez RSO [12], (3) automatyczne przesłanie wiadomości e-mail z załącznikiem w postaci wygenerowanego pliku .xml do RSO celem publikacji (po ewentualnej modyfikacji treści) przez operatora RSO (tylko operator RSO ma uprawnienia do umieszczania komunikatów ostrzegawczych, stąd taki sposób wysyłania komunikatów ostrzegawczych z systemu WAZkA do RSO).

3. Wybrane narzędzia analizy zagrożeń skażeniami oraz wizualizacji w prototypie systemu WAZkA

Określone w tytule artykułu usługi informatycznego wsparcia analiz zagrożeń skażeniami i ostrzegania ludności w prototypie systemu WAZkA opisane są w kolejnych podrozdziałach. Należą do nich: usługi tworzenia, modyfikowania, przeliczania drzew zdarzeń związane z analizą ryzyka oraz symulacją scenariuszową „co-jeśli", zestaw usług związanych ze zobrazowaniem (COP), usługa emulacji systemów monitorowania zagrożeń. Należy podkreślić, że opisano jedynie wybrane z usług zaimplementowanych w prototypie systemu WAZkA. Więcej o zaprojektowanych i zrealizowanych usługach można przeczytać na stronie projektu: http://wazka.wat.edu.pl/pl/wyniki.

3.1. Analizator drzewa zdarzeń (*Event Tree Analyser*)

Drzewo zdarzeń (ang. *Event Tree*) [13] to graficzne przedstawienie chronologicznego ciągu zdarzeń istotnych ze względu na funkcjonowanie obiektu, występujących po wybranym zdarzeniu inicjującym ten ciąg (rys. 2). Jest to jeden z rodzajów grafów decyzyjnych (jak np. stochastyczny model PERT [14]). Może być wykorzystywane m.in. w czasie planowania transportu niebezpiecznych materiałów ([15], rozdz. 3, rozdz. 6) do analizy ryzyka.

Analizator drzewa zdarzeń (ang. *Event Tree Analyser*) jest aplikacją zbudowaną w architekturze klient–serwer i poza przeglądarką internetową nie wymaga żadnego dodatkowego oprogramowania instalowanego przez użytkownika. Umożliwia on:

- wyznaczanie prawdopodobieństwa wystąpienia określonego scenariusza zdarzeń;
- ocenę skutków wystąpienia zdarzenia końcowego;
- obliczanie częstości wstępowania poszczególnych scenariuszy zdarzeń;
- modyfikację charakterystyk *Event Tree* w sytuacji wystąpienia określonych zdarzeń.

Drzewo zdarzeń, implementowane w *analizatorze drzewa zdarzeń*, jest matematycznym modelem ciągu zdarzeń, które mogą wystąpić na skutek wystąpienia zdarzenia inicjującego. Kolejne zdarzenia oznaczają wystąpienie pewnych zjawisk lub nie, będących konsekwencją zdarzeń poprzedzających oraz zdarzenia inicjującego (czarne kółko na rysunku 2). Zdarzenia mogą wynikać z pewnych procesów naturalnych, niezależnych od człowieka, lub być zdarzeniami wynikającymi z czynności podejmowanych przez człowieka. Czynności te mogą stanowić działania mające na celu zapobieżenie negatywnym konsekwencjom wystąpienia zdarzenia inicjującego.

Oznaczmy przez $A^{(i)}$ dla $i = 1,2,..,I$ zdefiniowany zbiór zdarzeń inicjujących. Dalej przyjmijmy, że ciąg zdarzeń będący konsekwencją wystąpienia zdarzenia inicjującego $A^{(i)}$ opiszemy jako ciąg zmiennych losowych:

$$\overline{X}(A^{(i)}) = (X_0\left(A^{(i)}\right), X_1\left(A^{(i)}\right), X_1\left(A^{(i)}\right), \ldots X_{n_i}\left(A^{(i)}\right)), \tag{1}$$

gdzie:

$$X_k\left(A^{(i)}\right) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli zdarzenie } k\text{-te wystąpi} \\ 0 & \text{jeśli zdarzenie } k\text{-te nie wystąpi} \end{cases}$$

n_i – liczba zdarzeń będących następstwem zdarzenia inicjującego $A^{(i)}$.

Przyjmujemy, że $X_0\left(A^{(i)}\right) \equiv 1$, co oznacza, że zdarzenie inicjujące o indeksie „0" zawsze wystąpi. Dla zdarzenia inicjującego $X_0\left(A^{(i)}\right)$ określa się częstość występowania, czyli oczekiwaną liczbę wystąpień takiego zdarzenia w ciągu określonego odcinka czasu. Dla dużych instalacji przemysłowych tym przedziałem czasu jest w wielu przypadkach rok.

Zbiór możliwych realizacji wektora $\overline{X}(A^{(i)})$ jest zbiorem ciągów zerojedynkowych. Jednak nie wszystkie ciągi muszą być dopuszczalne, ze względu na fakt, że wystąpienie niektórych zdarzeń wcześniejszych może powodować fizyczną niemożność wystąpienia zdarzenia o wyższym indeksie.

Opis probabilistyczny modelu zdarzeń jest znany, jeśli znane są następujące funkcje:

$$P\left\{X_k\left(A^{(i)}\right)=x_k \mid X_{k-1}\left(A^{(i)}\right)=x_{k-1}, X_{k-2}\left(A^{(i)}\right)=x_{k-2},..X_1\left(A^{(i)}\right)=x_1\right\}=$$

$$=\begin{cases} p\left(x_k|x_{k-1},x_{k-2}..,x_1\right) & \text{jeśli zajście zdarzenia } k\text{-tego zależy od wszystkich zdarzeń poprzedzających} \\ \cdots & \cdots \\ p\left(x_k|x_{k-1}\right) & \text{jeśli zajście zdarzenia } k\text{-tego zależy od zdarzenia } (k-1) \\ p(x_k) & \text{jeśli zajście zdarzenia } k\text{-tego jest niezależne od zdarzeń poprzedzających.} \end{cases} \quad (2)$$

dla $k = 1,\ldots, n_i$ oraz $i = 1, 2, I$, gdzie I oznacza liczbę rozpatrywanych zdarzeń inicjujących.

Prawdopodobieństwo wystąpienia konkretnego scenariusza zdarzeń wyznacza się z następującej zależności:

$$P\left\{X_1\left(A^{(i)}\right)=x_1^r, X_2\left(A^{(i)}\right)=x_2^r,\ldots,X_{n_i}\left(A^{(i)}\right)=x_{n_i}^r\right\}=q^r_{A^{(i)}}(x_1^r, x_2^r,..,x_{n_i}^r)=$$

$$=\prod_{k=1}^{n_i} p\left(x_k^r|x_{k-1}^r,x_{k-2}^r..,x_1^r\right) \text{ dla } r=1,2,..R(A^{(i)}). \quad (3)$$

W przypadku, kiedy poszczególne zdarzenia są zależne od zdarzeń bezpośrednio poprzedzających, zależność powyższa uzyskuje postać:

$$P\left\{X_1\left(A^{(i)}\right)=x_1^r, X_2\left(A^{(i)}\right)=x_2^r,\ldots,X_{n_i}\left(A^{(i)}\right)=x_{n_i}^r\right\}=q^r_{A^{(i)}}(x_1^r, x_2^r,..,x_{n_i}^r)=$$

$$=\prod_{k=1}^{n_i} p\left(x_k^r|x_{k-1}^r\right) \quad \text{dla } r=1,2,..R(A^{(i)}). \quad (4)$$

Dla przypadku, kiedy zajście poszczególnych zdarzeń nie zależy od zdarzeń poprzedzających, zależność powyższa uzyskuje postać:

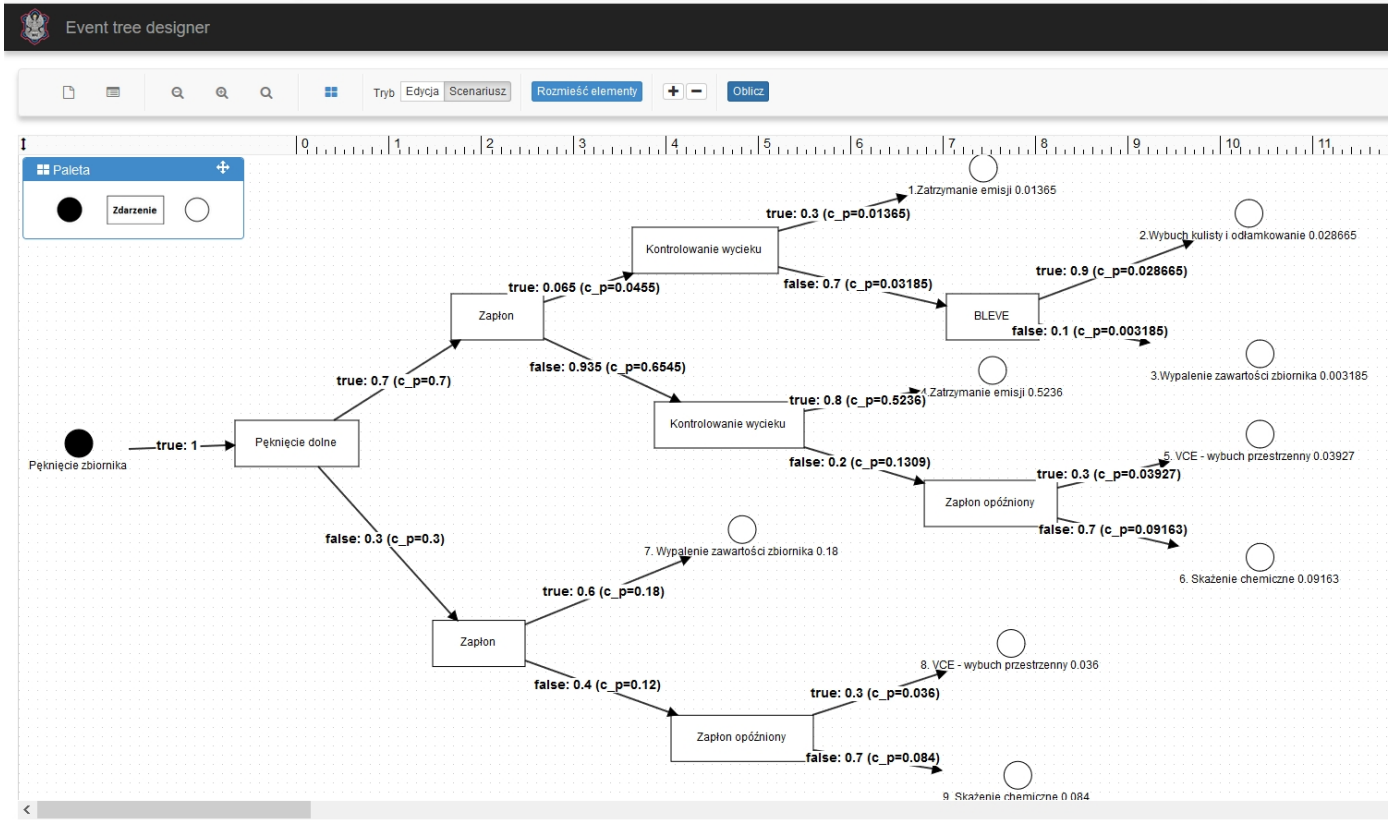
$$P\left\{X_1\left(A^{(i)}\right)=x_1^r, X_2\left(A^{(i)}\right)=x_2^r,\ldots,X_{n_i}\left(A^{(i)}\right)=x_{n_i}^r\right\}=q^r_{A^{(i)}}(x_1^r, x_2^r,..,x_{n_i}^r)=$$

$$=\prod_{k=1}^{n_i} p\left(x_k^r\right) \text{ dla } r=1,2,..R(A^{(i)}). \quad (5)$$

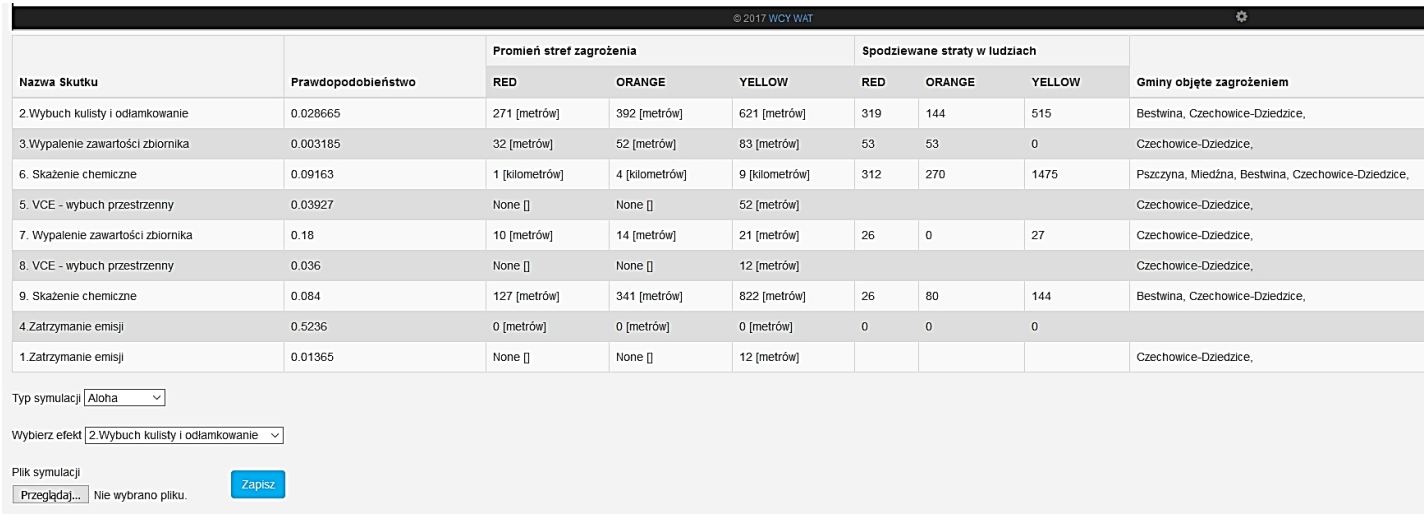
Rysunek 2 przedstawia przykład drzewa zdarzeń wykonanego w aplikacji *Analizator drzewa zdarzeń*. Aplikacja ta jest elementem modułu *MGDiA*. Drzewo składa się z elementu początkowego (czarne koło), zdarzeń (prostokąty z nazwami zapisanymi wewnątrz), elementów końcowych, czyli skutków (białe koła) oraz łuków łączących elementy drzewa. Z każdego zdarzenia zawsze wychodzą dwa łuki opisane prawdopodobieństwem. Jeden z nich określa konsekwencje tego, że zdarzenie zaszło, drugi konsekwencje tego, że zdarzenie nie zaszło. Prezentowana aplikacja stanowi alternatywę dla podobnych rozwiązań do analiz drzew zdarzeń, jak np. Logan [16]. Istotną różnicą jest to, że aplikacja *Analizator drzewa zdarzeń* nie wymaga budowania w każdym przypadku zdarzeń komplementarnych, choć daje taką możliwość. Pozwala to uniknąć pewnych sztuczności w budowanych drzewach. Dodatkowo, poza wyznaczaniem prawdopodobieństwa zajścia skutków, wyliczane jest również prawdopodobieństwo zajścia każdego ze zdarzeń pośrednich, pod warunkiem zajścia jego poprzedników.

Jeśli drzewo zdarzeń związane jest ze zdarzeniem inicjującym, które ma swoją lokalizację, to prototyp systemu WAZkA umożliwia wyliczenie tzw. tabeli strat (patrz rys. 3). Każdy wiersz w tabeli strat odpowiada pojedynczemu skutkowi w drzewie zdarzeń (białe kółka, tzw. liście drzewa, na rysunku 2). Aby wyliczyć spodziewane straty w ludziach, postępujemy następująco: (1) najpierw użytkownik prototypu systemu WAZkA musi przeprowadzić symulację każdego ze skutków w drzewie zdarzeń (liście drzewa), wykorzystując do tego jeden z symulatorów przyczyn i skutków zagrożeń, np. Aloha (format danych wyjściowych — KML) lub SI Promień (format danych wyjściowych — meldunek ADatP-3); (2) po załadowaniu wyników symulacji do odpowiedniego wiersza tabeli strat (automatycznie uruchamiane jest narzędzie programowe, tzw. „parser", który wyniki symulacji wpisuje do struktury tabeli w Module gromadzenia danych i analiz) automatycznie uzupełniane są kolumny *Promień stref zagrożenia* w tabeli strat (na podstawie wyników symulacji); (3) mając strefy zagrożeń, uruchamiany jest specjalizowany algorytm ekspercki, który korzystając ze współrzędnych geograficznych obwiedni stref, klasyfikuje te strefy do gmin (określając, jaka część każdej z gmin objętych strefą się w niej znajduje, granice gmin pobierane są z bazy TERYT [17]) i znając oszacowanie liczby mieszkańców gmin [18] oraz biorąc pod uwagę porę dnia, wylicza potencjalne straty w ludziach w każdej ze stref oraz wpisuje je do tabeli strat.

Analizator drzew zdarzeń umożliwia również przeprowadzenie symulacji przyczyn i skutków zagrożeń w postaci analizy scenariuszowej typu „co-jeśli".



Rys. 2. Drzewo zdarzeń modelujące rozwój zagrożenia związanego z uwolnieniem amoniaku ze zbiornika (widziane z poziomu interfejsu prototypu systemu WAZkA)



Nazwa Skutku	Prawdopodobieństwo	Promień stref zagrożenia			Spodziewane straty w ludziach			Gminy objęte zagrożeniem
		RED	ORANGE	YELLOW	RED	ORANGE	YELLOW	
2.Wybuch kulisty i odłamkowanie	0.028665	271 [metrów]	392 [metrów]	621 [metrów]	319	144	515	Bestwina, Czechowice-Dziedzice,
3.Wypalenie zawartości zbiornika	0.003185	32 [metrów]	52 [metrów]	83 [metrów]	53	53	0	Czechowice-Dziedzice,
6. Skażenie chemiczne	0.09163	1 [kilometrów]	4 [kilometrów]	9 [kilometrów]	312	270	1475	Pszczyna, Miedźna, Bestwina, Czechowice-Dziedzice,
5. VCE - wybuch przestrzenny	0.03927	None []	None []	52 [metrów]				Czechowice-Dziedzice,
7. Wypalenie zawartości zbiornika	0.18	10 [metrów]	14 [metrów]	21 [metrów]	26	0	27	Czechowice-Dziedzice,
8. VCE - wybuch przestrzenny	0.036	None []	None []	12 [metrów]				Czechowice-Dziedzice,
9. Skażenie chemiczne	0.084	127 [metrów]	341 [metrów]	822 [metrów]	26	80	144	Bestwina, Czechowice-Dziedzice,
4.Zatrzymanie emisji	0.5236	0 [metrów]	0 [metrów]	0 [metrów]	0	0	0	
1.Zatrzymanie emisji	0.01365	None []	None []	12 [metrów]				Czechowice-Dziedzice,

Rys. 3. Tabela strat dla drzewa zdarzeń z rysunku 2 (lokalizacja zdarzenia inicjującego: walcownia w Czechowicach-Dziedzicach)

3.2. Moduł wizualizacji COP (*Common Operational Picture*)

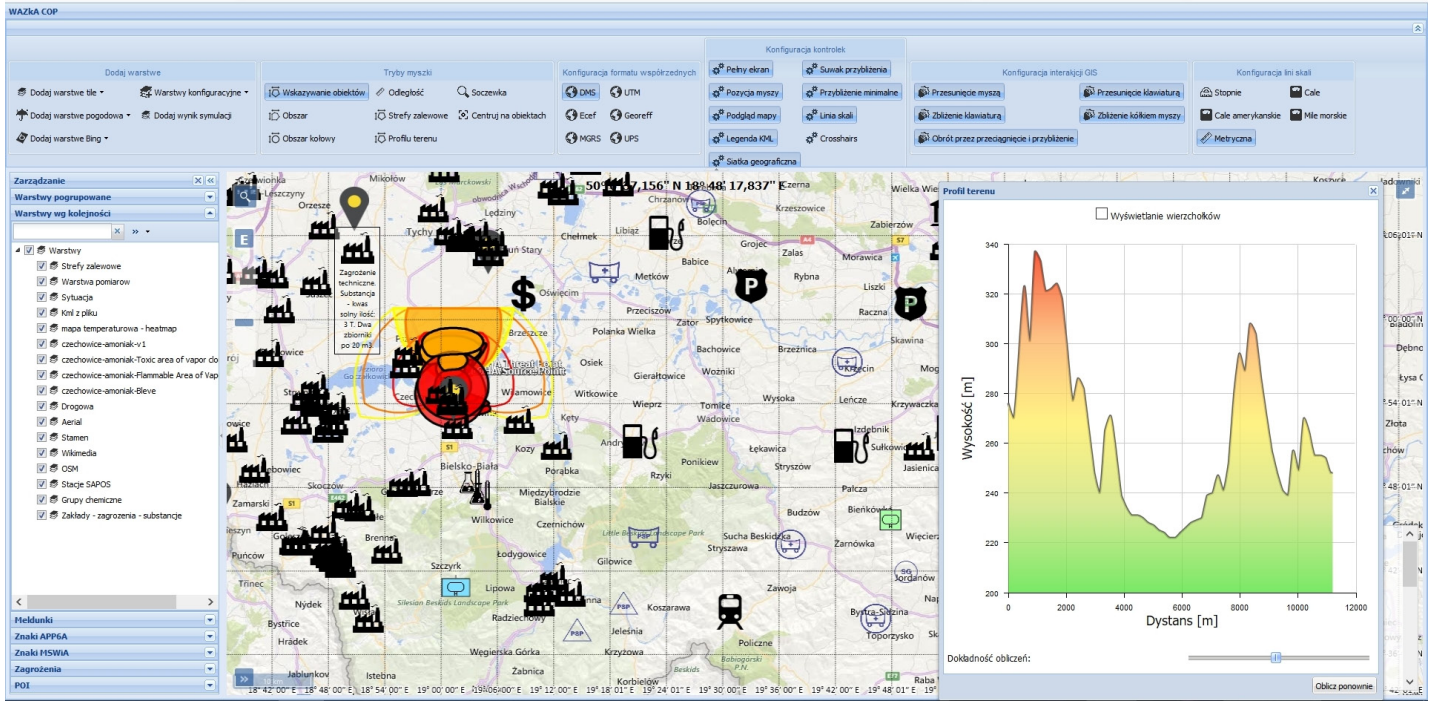
COP jest elementem modułu wizualizacji *MW*. Jest to narzędzie GIS umożliwiające prezentację sytuacji operacyjnej na tle podkładów mapowych (patrz rys. 4). Aplikacja oferuje możliwość wzbogacania prezentowanej sytuacji operacyjnej o dane zagrożeń przekazywane w postaci meldunków NATO *ADat-P3* (CBRN). Moduł pozwala na wykonywanie pomiarów mapowych wskazywanych tras, obszarów oraz dostarcza funkcje wspomagania decyzji w postaci wyznaczenia stref zalewowych i profili terenu. *COP* prezentuje obiekty na podkładzie mapowym zgodnie z symboliką standardów NATO *APP-6A* i MSWiA. Wykorzystując tę własność, można odwzorować sytuacje operacyjne, w tym położenie jednostek wojskowych i sił wspierających (policji, straży pożarnej, straży granicznej itd.) oraz elementów infrastruktury krytycznej.

Istotną funkcjonalnością budowy obrazu prowadzonej operacji (reakcji na zagrożenia) jest zarządzanie informacją o samych zagrożeniach. Dane o zagrożeniach mogą być wprowadzane z wykorzystaniem dedykowanego formatu danych prototypu systemu WAZkA lub z wykorzystaniem meldunków CBRN standardu *ADat-P3*. Wykorzystanie mechanizmów mapowych komponentu *OpenLayers* pozwoliło na integrację wielu źródeł dostarczanych danych mapowych.

Wizualizacja *COP* dostarczana jest jako aplikacja stanowa (komunikująca się asynchronicznie z usługami zasilania danych) wytworzona w technologii *Sencha GXT* wspieranej po stronie usług przez *Java Spring*. *COP* dostarczany jest jako dwie usługi: pierwsza odpowiada za utworzenie i napełnienie danymi analizowanego scenariusza zagrożenia, natomiast druga odpowiedzialna jest za wygenerowanie wizualizacji danego scenariusza na mapie przy zadanych parametrach projekcji geograficznej. *COP* wykorzystuje możliwość wizualizacji dowolnych usług WMS (ang. *Web Map Service*), pozwalając na wzbogacenie obrazu operacji o dane satelitarne, mapy analityczne, modele wysokościowe terenu i inne dane analityczne związane np. z danymi pogodowymi. Funkcje wspomagania decyzji dostarczane są w postaci dodatkowych konfigurowalnych warstw GIS i mogą być nanoszone na dane o zagrożeniach, co znacząco ułatwia analizę sytuacji kryzysowej.

Podsumowując, moduł mapowy realizuje następujące główne funkcje:

- prezentacja obiektów na podkładach mapowych zgodnie z symboliką APP-6A i MSWiA;
- wspomaganie decyzji, m.in. w postaci wyznaczenia stref zalewowych i profili terenu; mogą być one nanoszone na rozpatrywane dane zagrożeń, co znacząco ułatwia analizę rozpatrywanej sytuacji kryzysowej;
- wykonywanie pomiarów mapowych wskazywanych tras, obszarów;
- zarządzanie warstwami danych zgodnych z WMS (*Web Map Service*), pozwalające na wzbogacenie obrazu operacji o dane satelitarne, mapy



Rys. 4. Zintegrowany obraz operacji (COP) w prototypie systemu WAZkA prezentujący zarówno dane symulacyjne rozwoju zagrożenia, jak i elementy statycznej sytuacji (infrastruktury) oraz jednostek uczestniczących w zarządzaniu kryzysowym MSWiA i SZ RP

analityczne, modele wysokościowe terenu i inne dane analityczne związane np. z danymi pogodowymi;
— wyświetlanie 30 predefiniowanych warstw GIS, z następujących źródeł danych: Geoportal.pl, Bing Maps, OpenStreetMap, Wikimedia, OpenWeatherMap;
— wyświetlanie wektorowych warstw danych GIS w postaci KML, GeoJSON, TopoJSON, MVT;
— zarządzanie geograficznymi informacjami punktowymi POI (uzupełnionymi o dane stref zagrożenia) i mechanizmy wyszukiwania (ograniczenia widoczności danych) punktów POI (*Point of Interest*);
— wyszukiwarka danych adresowych i funkcje wskazywania lokalizacji na mapie;
— kopiowanie współrzędnych geograficznych i przygotowanie ich w wielu formatach akceptowalnych w pozostałej części aplikacji WAZkA;
— zarządzanie danymi raportowanych (rejestrowanych, analizowanych) danych zagrożeń;
— wizualizacja danych z symulacji rozwoju zagrożeń przekazywanych w postaci danych wektorowych warstw KML.

3.3. Emulatory systemów monitorowania zagrożeń

Emulatory systemów monitorowania zagrożeń są elementem modułu *ESMZ*. Propozycja ich budowy wynikała z jednego z celów projektowanego prototypu systemu WAZkA, którym była możliwość wykorzystania go do szkoleń. Do realizacji tego celu konieczne było opracowanie emulowanego *środowiska pracy systemu.* Jego zadaniem powinno być jak najwierniejsze „podgrywanie" otoczenia, najlepiej na takim poziomie wierności, aby uczestnicy szkolenia mieli wrażenie, że działają w rzeczywistym środowisku. Do odwzorowania systemów dostarczających dane (w tym przypadku systemów monitorowania zagrożeń) zaproponowane zostały emulatory, czyli narzędzia uruchomione w innym środowisku niż systemy rzeczywiste, a mające na celu dostarczanie danych w taki sposób, jak to robi rzeczywiste otoczenie.

Emulatory zostały zaproponowane jako narzędzia czysto informatyczne, uruchamiane w tym samym lub takim samym środowisku sprzętowym co budowany prototyp systemu WAZkA (patrz rys. 5). Jako metodę emulacji wybrano symulację konstruktywną, jednak zredukowaną do prostego, zdeterminowanego dostarczania danych, zgodnie z wcześniej przygotowanym scenariuszem. Emulatory zostały zintegrowane z całym systemem w ten sam sposób co systemy rzeczywiste. Dzięki temu będą one „przezroczyste" dla pozostałych modułów systemu. Stąd też stanowią niezależny podsystem, korzystający z typowych interfejsów budowanego prototypu systemu WAZkA.

Emulacja systemów monitorowania jest funkcją dostępną dla użytkownika o specjalizowanej roli *operatora emulatorów*. Użytkownik ten ma możliwość

Rys. 5. Ekran uruchomienia emulacji prototypu podsystemu emulacji (źródło: opracowanie własne)

wpływania na proces emulacji przez sterowanie procesami symulacji oraz przez możliwość opracowywania scenariuszy emulacji (w tym przypadku scenariuszy symulacji). Emulacja wykorzystuje funkcję systemu *wymiana informacji*, która służy integracji całego systemu z rzeczywistym otoczeniem. Natomiast *emulacja systemów monitorowania* jest elementem szkoleniowej konfiguracji prototypu systemu WAZkA.

4. Podsumowanie

W pracy przedstawiona została architektura prototypu systemu wsparcia analiz zagrożeń skażeniami i alarmowania (WAZkA) na potrzeby Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania w Polsce. Zaprezentowano opis wybranych

narzędzi programowych wytwarzanych na potrzeby prototypu systemu WAZkA. Praktyczne wykorzystanie wyników projektu w obszarze obronności i bezpieczeństwa państwa polegać może na wdrożeniu docelowego systemu WAZkA w odpowiednich instytucjach (np. PSP, RCB, WCZK, COAS, inne) odpowiedzialnych za monitorowanie skażeń oraz ostrzeganie i alarmowanie ludności. Wynikające z tego korzyści społeczne można porównać do wdrożenia np. Regionalnego Systemu Ostrzegania (RSO), którego rozszerzeniem może być prototyp systemu WAZkA w zakresie ostrzegania o zagrożeniach skażeniami.

Ważnym i trudnym problemem jest pozyskanie dostępu do źródeł danych pochodzących z istniejących systemów monitorowania zagrożeń, którymi zarządzają/dysponują różne instytucje (COAS, IMGW, GIS, GIOŚ, RCB, PAA, inne). Jednocześnie jakość pozyskiwanych danych, jak w każdym systemie informatycznym, będzie warunkowała jego przydatność i adekwatność opracowywanych analiz i decyzji. Nie bez znaczenia jest również fakt, że w wyniku realizacji projektu zostaną wskazane nowe rozwiązania legislacyjne oraz organizacyjne pozwalające na skrócenie czasu reakcji na zagrożenie — od chwili pozyskania informacji o zdarzeniu do podjęcia stosownych działań przez podmioty KSWSiA (w tym dotyczących alarmowania i ostrzegania ludności), co może być rozwiązaniem innowacyjnym w skali Unii Europejskiej.

Praca częściowo finansowana w ramach projektu badawczo-rozwojowego o numerze DOB-BIO7/12/01/2015 pt. *Integracja* i *wsparcie procesów zarządzania informacją* i *optymalizacji decyzji systemu ostrzegania* i *alarmowania* realizowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Artykuł wpłynął do redakcji 2.11.2017 r. Zweryfikowaną wersję po recenzjach otrzymano 15.12.2017 r.

LITERATURA

[1] *Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach* z *dnia 16.10.2006* (Dz.U. 2006 nr 191, poz. 1415), 2006.

[2] Binek T., Czepiel J., *The National System of Contamination Detection and Alarm, Currently Operating in Poland*, BiTP, vol. 36, issue 4, 2014, 15-24.

[3] Grabowski D., Kurowski W., Muszyński W., Rubel B., Smagała G., Świętochowska J., *Radiation monitoring network in Poland*, Nukleonika, 46, 4, 2001, 147-149.

[4] Lipiński P., Isajenko K., Biernacka M., Żak A., *Integration of Polish Monitoring Networks (ASS-500 and PMS systems)*, Nukleonika, vol. 46, 4, 2001, 143-146.

[5] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. Dz.U. nr 89, poz. 590, z późn. zm. i Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Szefa Obrony Cywilnej Kraju, szefów obrony cywilnej województw, powiatów i gmin, Dz.U. nr 96, poz. 850, 2007.

[6] Tarapata Z., Kasprzyk R., Dyk M., *Koncepcja informatycznego systemu wsparcia monitorowania zagrożeń CBRN, prognozowania ich skutków* i *alarmowania*, [w:] B. Kot, J. Barański (red.), *Funkcjonowanie krajowego systemu wykrywania skażeń* i *alarmowania* w świetle *aktualnych zagrożeń skażeniami*, Warszawa, 2016, 213-224.

[7] https://mazowieckie.pl/pl/dla-klienta/zarzadzanie-kryzysowe/regionalny-system-ostrz/29573,Regionalny-System-Ostrzegania.html (dostęp 10.11.2017).

[8] https://www.publicalerting.com/products/public-warning- system/advantages-of-digitexczkip/ (dostęp 10.11.2017).

[9] Tarapata Z., Kasprzyk R., Dyk M., Kulas W., Pierzchała D., Kołdej J., *Koncepcja szkoleniowej konfiguracji systemu wsparcia analiz zagrożeń skażeniami* i *alarmowania (WAZkA)*, [w:] A. Gil, U. Nowacka, J. Kołdej (red.), Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne. Zagrożenia CBRNE, Częstochowa, 2016, 123-136.

[10] https://www.epa.gov/cameo/aloha-software (dostęp 10.11.2017)

[11] Młynarczyk M., Maciejewski P., Szerszeń M., *CBRN Analysis and SI Promień — Comparison of the Functionality of the Software for the Assessment of Contamination*, BiTP, vol. 40, issue 4, 2015, 133-138.

[12] http://komunikaty.tvp.pl/integracja?theme=default (dostęp 10.11.2017).

[13] Pate-Cornell M.E., *Fault Trees vs. Event Trees in Reliability Analysis*, Risk Analysis, vol. 4, issue 3, 1984, 177-186.

[14] Antkiewicz R., Gąsecki A., Najgebauer A., Pierzchała D., Tarapata Z., *Stochastic PERT and CAST Logic Approach for Computer Support of Complex Operation Planning*, ASMTA'2010, Lecture Notes in Computer Science, 6148, 2010, 159-173.

[15] Tarapata Z., *Models and algorithms for knowledge-based decision support and simulation in defence and transport applications*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2011.

[16] http://loganfta.com (dostęp 10.11.2017).

[17] http://gis-support.pl/baza-wiedzy/dane-do-pobrania/ (dostęp 10.11.2017).

[18] *Powierzchnia* i *ludność* w *przekroju terytorialnym* w *2016 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2016 (http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2016-r-,7,13.html).

Z. TARAPATA, R. ANTKIEWICZ, M. CHMIELEWSKI, M. DYK,
R. KASPRZYK, W. KULAS, A. NAJGEBAUER, D. PIERZCHAŁA, J. RULKA

Computer support services of contamination threats analysis and alarming in WAZkA system for Polish KSWSiA

Abstract. The article outlines a concept for the system supporting analyses of threats related to contamination and alarming (WAZkA), for the purpose of the National System for Detection of Contamination and Alarming (Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania, KSWSiA) in Poland. The selected modules included in the WAZkA system: Event Tree Analyzer, visualization module and emulators of the threats monitoring systems, were described as well as the idea of using the system for the purpose of training, including the designed emulators of the risk monitoring systems together with the scenario editor.

Keywords: CBRN threats, contamination hazard analysis and alerting support system, CBRN threats monitoring systems integration, alerting and warning systems integration, event trees
DOI: 10.5604/01.3001.0010.8178