

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII GIS DO MONITOROWANIA ZAGROZEŃ BEZPIECZEŃSTWA

Marek Ogryzek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. GIS jest systemem pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych użytkownikom systemu, które umożliwiają analizowanie zmieniających się w czasie i przestrzeni zjawisk społeczno-gospodarczych, budowanie scenariuszy i prognoz oraz podejmowanie na ich podstawie decyzji. Celem monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa jest podejmowanie decyzji prewencyjnych, zapobiegawczych skutkom zdarzeń niebezpiecznych. Prognoza oceny stopnia zagrożenia i typowanie obszarów zagrożonych polega na prognozowaniu natężenia zmian wielu cech i skutków zagrożeń. Uwzględnienie wielu zmiennych wymaga czasochłonnego i kosztownego opracowania modeli wielostanowych. Na podstawie przeprowadzonych badań literatury proponuje się dopełnienie modelu prognozy o formuły statystyczne, uwzględniające elementy niepewności (czynnik losowy) wykorzystując, jako narzędzie symulator (program) oceny stopnia zagrożenia. Artykuł zawiera opis zastosowania macierzy zagrożeń w celu tworzenia map zagrożeń dla atraktorów zdarzeń o charakterze terrorystycznym. Głównym celem badania jest opracowanie narzędzia do monitoringu i wizualizacja wyników stopnia zagrożenia atakiem terrorystycznym w technologii GIS. Integralnym komponentem tego narzędzia, może być (napisany w języku Python) program (symulator) uruchamiany jako narzędzie toolbox w ArcGIS.

Słowa kluczowe: GIS, zarządzanie bezpieczeństwem, zagrożenia naturalne i cywilizacyjne, atraktor, macierz zagrożeń, mapa zagrożeń.

WPROWADZENIE

Najczęściej bezpieczeństwo określa się jako stan wolny od niepokoju, tworzący poczucie pewności, stan „bez pieczy” od łacińskiego *sine cura-securitas* [Zięba, 2005]. Natomiast według „Słownika nauk społecznych” bezpieczeństwo jest synonimem pewności (ang. *safety*) i oznacza brak zagrożenia (ang. *danger*) fizycznego albo ochronę przed nim. Bezpieczeństwo jest więc rozumiane jako stan braku zmartwień i strachu, jest terminem

Adres do korespondencji – Corresponding author: Ogryzek Marek, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Planowania i Inżynierii Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, e-mail: marek.ogryzek@uwm.edu.pl

interdyscyplinarnym dlatego badaniem jego aspektów zajmuje się wiele różnych dziedzin nauki. Zdaniem E. Klodzkiego [2011] w najogólniejszym znaczeniu obejmuje ono zaspokojenie takich potrzeb, jak: istnienie, przetrwanie, całość, tożsamość, niezależność, spokój i pewność rozwoju. I chociaż nie występuje tu *explicite* termin „podmiot”, to bez wątplenia jest tu on domyślny, gdyż można mówić tylko o bezpieczeństwie konkretnego podmiotu, np. osoby, grupy ludzi, jednostki organizacyjnej, państwa, narodu, zakładu, miasta, regionu itp. Z pojęciem „bezpieczeństwo” podmiotu ściśle związane jest pojęcie „zagrożenie” podmiotu, które jest jego antonimem. Zagrożenia bezpieczeństwa podmiotu, ze względu na ich źródło powstawania, możemy podzielić na dwie grupy:

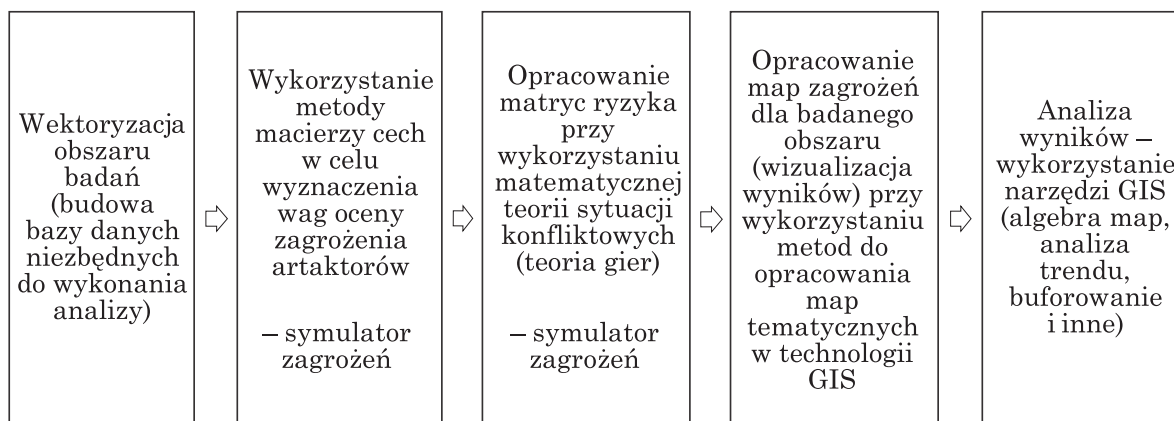
1. zagrożenia naturalne – związane z działaniami sił przyrody, mogące być przyczyną powstania katastrof;
2. zagrożenia cywilizacyjne – związane z działalnością człowieka, mogące być przyczyną powstania katastrof i awarii technicznych.

W pierwszych latach XXI w. odnotowano dużą ilość niebezpiecznych zjawisk ekstremalnych o ogromnej skali, takich jak np. ataki terrorystyczne. Istnieje, zatem zagadnienie ochrony ludności przed zjawiskami ekstremalnymi, które możemy pojmować, jako zespół działań podejmowanych przez właściwe organy władzy publicznej, podmioty ratownicze i komponent humanitarny oraz pojedynczych obywateli, których działania zmierzają do zapewnienia bezpieczeństwa społeczeństwu [W. Karbowski, Ł. Karbowski 2010]. Współczesna mapa to systemy GIS, które oprócz tradycyjnych informacji kartograficznych, zawierają wszystkie niezbędne dane do analiz. Te dane nazywane geodanymi lub danymi geoprzestrzennymi to w istocie geoinformacje, czyli wszystkie informacje, którym możemy przyporządkować współrzędne geograficzne. Jeśli każde miejsce jest zarejestrowane w systemach GIS i możemy mu przyporządkować każde interesujące nas dodatkowe informacje, to analizy zdarzeń losowych w tym zdarzeń terrorystycznych, powinny umożliwiać i ułatwiać wnioskowanie o zależnościach i uwarunkowaniach przestrzennych tych zjawisk. Możemy zatem wnioskować o typowych korelacjach, zależnościach, uwarunkowaniach a w istocie typować miejsca (atraktory), które przez swoje atrybuty przestrzenne przyciągają uwagę terrorystów. Będą, ponieważ w przyszłości w miejscach o podobnej charakterystyce mogą one zagwarantować im osiągnięcie zakładanego celu [Bajerowski, Kowalczyk 2013].

PRZEDMIOT, CEL, ZAKRES I METODOLOGIA BADAŃ

Przedmiotem badania jest analiza sposobu typowania obszarów zagrożonych w których istnieje największe prawdopodobieństwo wystąpienia czynników ryzyka. Głównym celem opracowanego narzędzia jest ocena poziomu zagrożenia oraz neutralizacja zagrożenia. Realizacja tego celu będzie możliwa poprzez określenie funkcji maksymalizacji wyrządzonych szkód oraz funkcji minimalizacji poniesionych strat przez terrorystów. Dodatkowym zaś atrybutem jest możliwość opracowania mapy zagrożeń i porównywania poziomów stopnia zagrożenia poszczególnych miast, gmin, powiatów, województwa głównie w celu określenia ilości jednostek antyterrorystycznych i ich alokacji koniecznej dla bezpieczeństwa.

Opracowanie zawiera opis metody do typowania miejsc zagrożonych na przykładzie ataków terrorystycznych z wykorzystaniem geoinformacji, które mogą okazać się użyteczne w prognozowaniu prawdopodobnych miejsc potencjalnych ataków, koncentrując się na prognozowaniu miejsca zdarzenia. Procedura badawcza powinna przebiegać według etapów:

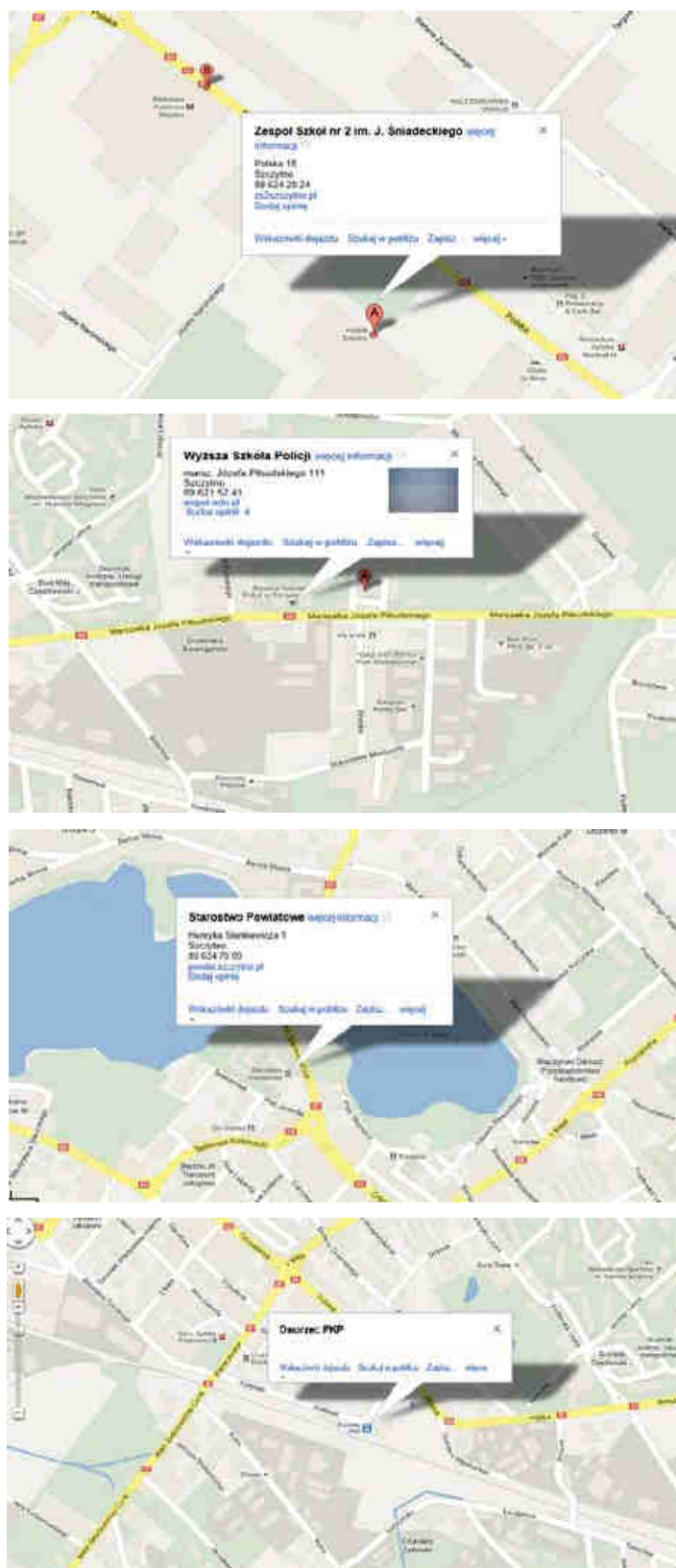


METODYKA BADAWCZA

ETAP 1 – Wektoryzacja obszaru badań

W oprogramowaniu GIS (np. ArcGis) należy wektoryzować obszar badań i zbudować bazę danych niezbędnych do wykonania analizy. Zdaniem T. Bajerowskiego i A. Kowalczyk [2013], terroryści w planowaniu swoich przedsięwzięć również korzystają z informacji zawartych w systemach GIS. Zapewne korzystają z otwartych, (ale nie tylko) źródeł informacji. Komercjalizacja systemów GIS doprowadziła do tego, że są one wszechobecne w Internecie. Najbardziej znaną wyszukiwarką i nazywaną przez autorów, jako kultową jest wyszukiwarka Google Maps. Proponowana, zatem metoda zastosowana w niniejszym opracowaniu bazuje na ogólnodostępnych geoinformacjach oraz wykorzystuje do wizualizacji wyników podkłady mapowe z Google Maps.

Zdaniem, Bajerowskiego [2003], dobór odpowiedniego kształtu i wielkość oraz sposób odpowiedniego nałożenia na mapę pól podstawowych jest istotny ze względu na charakter rozmyty wielu zjawisk przestrzennych. Na potrzeby niniejszego opracowania jako centrum ataku wybrano miejsca (w większości są to budynki) użyteczności publicznej. Terroryści korzystają najczęściej z otwartych źródeł informacji. Bazując na podkładach mapowych z Google Maps, wskazano potencjalne centra (atraktory) ataku rysunek 1.



Rys. 1. Przykładowa identyfikacja pól podstawowych

Fig. 1. Sample identification field of basic

Źródło: opracowanie własne

Source: own resources

Etap II – Budowa macierzy cech zagrożeń

Każda właściwość identyfikowalna kartograficznie i występująca na danym obszarze, (czyli informacja geoprzestrzenna) z różną siłą „wymusza” przyjęcie na tym obszarze jednego, najlepszego z punktu widzenia występowania tej cechy oraz aktualnego popytu na pewne sposoby użytkowania przestrzeni, stanu użytkowania. Ta wyżej wymieniona siła maksymalizuje prawdopodobieństwo ujawnienia się optymalnego stanu użytkowania przestrzeni w określonym czasie [Bajerowski, 1996]. Analogicznie do zbudowanej przez Bajerowskiego macierzy cech do optymalizacji przestrzeni, których występowanie wpływa korzystnie lub niekorzystnie na tzw. atrakcyjność dla planujących atak terrorystyczny.

W trakcie typowania obszarów zagrożonych należy ustalić, jakie cechy terenu wpływają na tzw. atrakcyjność dla planujących atak terrorystyczny. Należy wnikać w strukturę sposobu myślenia tak, aby wyznaczyć hierarchię tych cech. Dana cecha wpływa korzystnie lub niekorzystnie, co ma swój obraz w postaci punktów plus i minus. Przyznawanie konkretnych wag dla cech przestrzeni powinni ustalić eksperci w temacie zagrożeń. Proponowany zbiór cech, których wybór determinuje ilość punktów, musi zostać potwierdzony na podstawie geoinformacji występujących w terenie i wpływających na tzw. atrakcyjność dla terrorystów, a mianowicie:

1. **Funkcja budynku** (pole podstawowe – liczba punktów zależy od: liczby potencjalnych ofiar, liczby potencjalnych strat finansowych, struktury zagrożenia itd.)

- Administracja Państwowa (30 pkt + współczynnik szkód*0,1pkt)
- Biznesowa (30 pkt + współczynnik szkód*0,1pkt)
- Użyteczności publicznej (basen, stadion, kościół, bank, szkoła itd.) (30 pkt + współczynnik szkód*0,1pkt)

2. **Dostęp od ulicy**

- Łatwy (+ 5 pkt)
- Średni (0 pkt)
- Trudny (-5 pkt)

3. **Ochrona**

- Tak (-5 pkt)
- Nie (+ 5 pkt)

4. **Brama wjazdowa**

- Tak (-5 pkt)
- Nie (+ 5 pkt)

5. **Dodatkowa ochrona**

- Bliskość posterunku Policji (-5 pkt)
- Oddział AT (-30 pkt)
- System szybkiego zawiadamiania o ataku (-5 pkt)

6. **Monitoring**

- Tak (-5 pkt)
- Nie (+ 5 pkt)

Na podstawie macierzy cech symulator opracowuje macierz z wagami dla każdego z pól. Przykładowy wygląd z macierzy został przedstawiony w tabeli 1. Dane z tabeli można przedstawić również w postaci graficznej w celu łatwiejszego identyfikowania miejsc zagrożonych. Otrzymana macierz może posłużyć do opracowania mapy zagrożeń atakiem terrorystycznym (rys. 5.).

Tabela 1. Macierz pól podstawowych z wagami (Oдноśniki do identyfikatorów punktów na mapie)

Table 1. Matrix primary fields with weights



12	22	39
8	7	32
10	5	36
12	24	11

Źródło: opracowanie własne

Source: own resources

Etap 3 – Opracowanie matryc ryzyka

Proces zarządzania ryzykiem w zarządzaniu kryzysowym możemy podzielić na trzy fazy: planowania, analizy i podejmowania decyzji. Etap analizy jest rezultatem etapu identyfikacji i określone na tym etapie ryzyko zagrożenia jest prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia. Dodatkowo możliwy jest do wyznaczenia drugi parametr charakteryzujący ryzyko zdarzeń, a mianowicie prognozowanie skutków wystąpienia zdarzenia. Pierwszy z parametrów można ocenić na podstawie danych historycznych a drugi za pomocą taksonomii strat. Wynikiem graficznym takich analiz mogą być matryce ryzyka, w których określa się poziom ryzyka akceptowalny [R. Grocki 2012]. Jeżeli przyjmiemy, za T. Bajerowskim, A. Kowalczyk [2013], że kumulacja pewnych cech przestrzeni w danym miejscu, nie tyle typuje jako atrakcyjne, ale aktywnie przyciąga pewne zdarzenia, to najprawdopodobniej przestrzeń przez charakterystykę cech występujących w określonych miejscach wywołuje różnorodne zagrożenia. W takim układzie taksonomia strat oraz geoinformacje powodują zdarzenia z pewnym potencjałem (prawdopodobieństwem). Do wyznaczenia prawdopodobieństwa tego zdarzenia można wykorzystać aparaty matematyczne z teorii gier. Decyzję o ataku podejmuje człowiek, więc możemy zastosować sprawdzone w innych dziedzinach teorie i narzędzia do rozwiązywania problemów odnośnie decyzji. Teoria ta nazywana jest również teorią podejmowania decyzji w warunkach interaktywnych lub matematyczną teorią sytuacji konfliktowych [Rostański, Drozd 2003]. Teoria gier jest częścią większej całości, tzw. teorii podejmowania decyzji, chociaż często jest traktowana, jako teoria nadrzędna. Charakterystyczną cechą teorii gier jest aparat

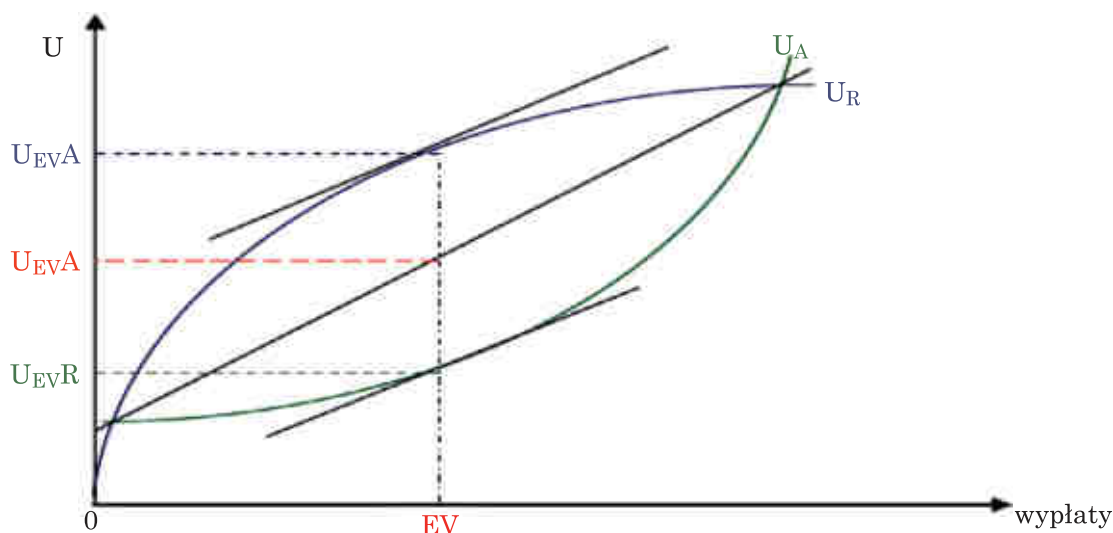
matematyczny, wykorzystywany do podejmowania decyzji w sytuacji konfliktu. Aparat matematyczny pozwala na zbadanie możliwych zachowań uczestników konfliktu i podjęcie decyzji optymalnych w danych warunkach. Teoria gier zaś nie bada przyczyn ani genezy konfliktów, a jedynie wyznacza optymalne ich rozwiązania. Teoria gier nie jest jednak uniwersalnym narzędziem do rozwiązywania wszelkiego typu konfliktów. Wiele z konfliktów jest zbyt skomplikowanych i złożonych, by stać się przedmiotem badań [Schelling 1960]. Teoria gier to dział matematyki zajmujący się badaniem optymalnego zachowania w przypadku konfliktu interesów i wywodzi się z badania gier hazardowych i taka jest też jej terminologia. Jednak zastosowanie znajduje głównie w ekonomii, biologii (szczególnie w socjobiologii), socjologii oraz informatyce (sztuczna inteligencja) [Malawski M., Wieczorek A., Sosnowska H 2004].

Na początku ustalimy charakter terrorysty (gracza z teorii gier), czyli na czym mu najbardziej zależy:

1. **Asekurant** – unikający ryzyka (minimalizacja strat)
2. **Neutralny wobec ryzyka** (punkt równowagi)
3. **Ryzykant – Skłonny do ryzyka** (maksymalizacja zysków)

Analizując zachowanie asekuranta, neutralnego i ryzykanta wnioskujemy, że biorą oni udział w grze nieodrodnej, czyli ich wartości oczekiwane są różne. Dodatkowym atrybutem takiej gry jest użyteczność z osiągnięcia korzyści:

- $U(w) = a w$ – dla osoby neutralnej wobec ryzyka
- $U(w) = a \sqrt{w}$ – dla asekuranta
- $U(w) = a w^2$ – dla ryzykanta



Rys. 2. Użyteczność z osiągnięcia korzyści źródło: Kamińska, 2006

Fig. 2. Usability of achieving benefits

Źródło: Kamińska, 2006

Source: Kamińska, 2006

Użyteczność ta (rys. 2) jest różna dla naszych graczy. W przypadku asekuranta jest ona wyższa niż w przypadku ryzykanta: $U_A(EV) > U_R(EV)$. Punkt równowagi gry, czyli ekwiwalent pewności CE (*certainty equivalent*) występuje na przecięciu się $EV = EU$. Celem gry dla asekuranta (tchórze) jest uzyskanie wartości oczekiwanej gry, natomiast dla ryzykanta (hazardzisty) jest przekroczenie tej wartości. Tchórze jest gotowy do zapłacenia za uniknięcie gry, natomiast ryzykant będzie dążył do przekroczenia wartości oczekiwanej. Punkt równowagi ukazuje cele i dążenia graczy, a także, jaką sumę wypłat gwarantuje gra [Kamińska 2006, Ogryzek 2008].

WYZNACZANIE WARTOŚĆ OCZEKIWANEJ

Suma wyników z pojedynczych gier i prawdopodobieństwo jego wystąpienia są wartością oczekiwaną (EV), czyli przeciętnym wynikiem wielu partii tej gry. Jest to jeden z najważniejszych atrybutów gry. Według kryterium wartość oczekiwanej gry możemy podzielić na korzystne, niekorzystne oraz sprawiedliwe. Do wyznaczenia EV z symulacji komputerowej program ustala na podstawie macierzy cech wagi pól podstawowych a do tego celu wykorzystuje w modyfikację wzoru na wartość oczekiwaną gry [Kamińska 2006].

$$EV = (C_{T1}, C_{T2}, p_1, p_2) = p_1 C_{T1} + p_2 C_{T2}$$

gdzie:

C_{T1} i C_{T2} – waga wybranego pola do ataku z (macierzy cech);

p_1, p_2 – prawdopodobieństwo, z jakim wystąpi wybór pola do ataku

Symulator wyznaczy wartość oczekiwaną ataku, a dla bardziej precyzyjnej miary ryzyka wariancję ataku. W wyniku symulacji wskazujemy dwa obszary szczególnie zagrożone atakiem terrorystycznym, w których ryzyko wystąpienia ataku jest największe ze względu na minimalizację i maksymalizację zysków i strat oraz punkt równowagi gry, czyli ekwiwalent pewności CE (*certainty equivalent*).

Wyznaczenie wariancji gry

Im większe jest odchylenie od wyników, tym gra jest bardziej ryzykowna. Jeśli pojawiają się wyniki skrajne, najbardziej oddalone od wartości oczekiwanej, wtedy gry są o dużym stopniu ryzyka. Porównywanie tych miar jest czasochłonne, jake i nieefektywne, dlatego też należy obliczyć wariancję gry dla bardziej precyzyjnej miary ryzyka. Program wybiera ten wskaźnik cenowy, którego ryzyko jest najniższe, uzyskane z modyfikacji wzoru na wariancję gry [Kamińska, 2006].

$$WG = \sum_{s=1}^n p_s (w_s - w_k)^2$$

gdzie:

w_s – wynik gry,

p_s – prawdopodobieństwo ich wystąpienia

Wyznaczenie prawdopodobieństwa wyboru pola podstawowego na podstawie macierzy cech i przedziałów postąpienia

Dla każdego charakteru gracza zostały określone przedziały liczbowe, przedziały postąpienia. Program losuje liczbę od 0–10. Jeżeli wylosuje liczbę od 0–5 przyjęte zostaje, że gracz jest asekurantem, jeżeli wylosuje liczbę od 6 do 10 wtedy gracz jest ryzykantem. Prawdopodobieństwo wystąpienia różnych charakterów jest takie same ($P=0,5$) w związku z tym przedziały są równe. Następnie program dzieli atraktory na grupę czerwoną i niebieską, przypisując je do kategorii zagrożonych atakiem ze względu na charakter gracza według kryterium punktowego (powyżej lub poniżej średniej z macierzy punktów). Dla danej strategii najbardziej prawdopodobny przedział postąpienia uzależniony jest od punktów, jakie przypisane są do pola podstawowego z macierzy cech. Symulator opracowuje przedziały według schematu:

$$P_1 = [1 - (W_1)], P_2 = [W_{1+1} - (W_2)] \dots\dots P_n = [W_{2+1} - (W_n)]$$

gdzie:

$P_1 P_2 P_3$ – przedział nr 1,2,n

W_1 – wartość z macierzy cech dla atraktora 1

Symulator dla każdej z tysiąca gier (dokonanie pojedynczego ataku terrorystycznego) dokonuje losowego wyboru parametru od 1 do W_n , i po każdym ataku przypisuje dla wybranego pola, że zostało wybrane a na podstawie wszystkich ataków (1000) określa prawdopodobieństwo wyboru pola podstawowego.

Wykorzystanie prototypu symulatora do typowania obszarów zagrożonych i oceny zagrożenia

Do realizacji celu głównego opracowano prototyp symulatora (rys. 3) umożliwiającego skalę stopnia zagrożenia i typowania obszarów zagrożonych.



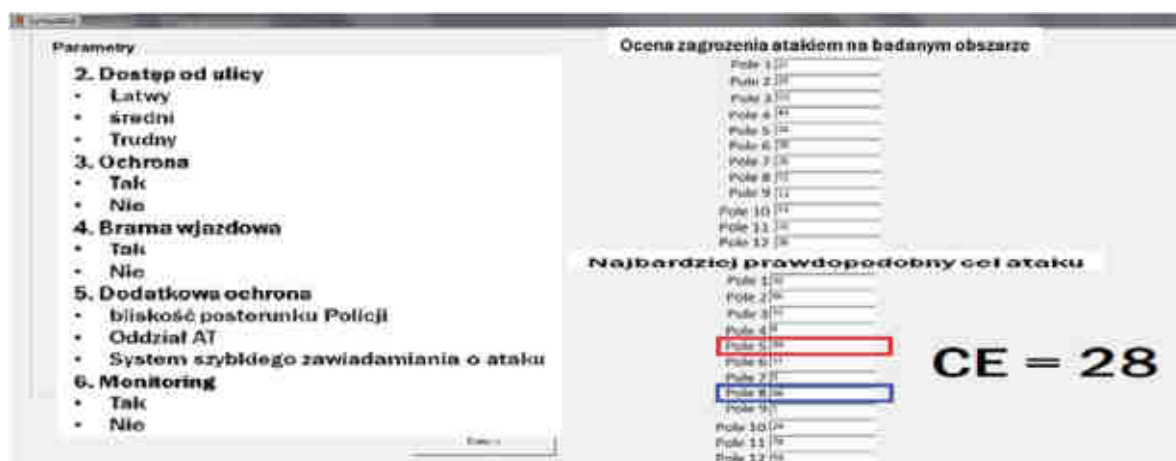
Rys. 3. Prototyp symulatora zagrożeń

Fig. 3. The prototype simulator threats

Źródło: opracowanie własne

Source: own resources

Pracę z symulatorem rozpoczynamy od wyboru typu zagrożenia (rys. 3). Struktura zastosowanego rozwiązania technologicznego została sprowadzona do pojedynczej gry (gry z naturą, z człowiekiem), dlatego opracowane rozwiązanie może stanowić uniwersalną bazę rozwiązań zadań decyzyjnych. Sposób i realizacja budowy modelu typowania obszarów zagrożonych jest analogiczny dla wszystkich typów zagrożeń. Następnie wprowadzamy geoinformacje z mapy do symulatora (rys. 4) lub należy opracować program integralny z ArcGis w języku Paython w celu automatyzacji procesu.



Rys. 4. Prototyp symulatora

Fig. 4. Prototype Simulator

Źródło: opracowanie własne

Source: own resources

Program wyznacza (hierarchizuje) na podstawie wprowadzonych cech stopień zagrożenia atakiem terrorystycznym. Następnie po wciśnięciu przycisku „dalej” poddaje analizie wybór najbardziej prawdopodobnych celów wykorzystując wartość oczekiwaną gry, wariancję gry, czynnik losowy oraz cel, do którego dążą zamachowcy. Symulator dokonuje wyboru centra w oparciu o punkty, charakter gracza i zadanie to powtarza 1000 razy. Za każdym pojedynczym polem ukryty jest przedział liczbowy, którego granicą jest liczba punktów z macierzy cech. Następny przedział, rozpoczynając od najniższych wartości, symulator wyznacza od granicy najniższego plus jeden. Przedziały przeliczane są na liczbę punktów 1000, a o wyborze pola decyduje wylosowana przez symulator liczba, którą po wylosowaniu jest przypisywana, jako pojedyncza wygrana.

Analiza najbardziej prawdopodobnego wyboru atraktora (centrum ataku) została przedstawiona na rys. 4, a mianowicie:

Czerwone Pole – obszar zagrożony, w którym ryzyko wystąpienia ataku terrorystycznego jest największe ze względu na łatwość ataku (małe szkody)

Niebieskie Pole – obszar zagrożony, w którym ryzyko wystąpienia ataku terrorystycznego jest największe ze względu na trudność (duże szkody)

CE – pole podstawowe, którego stosunek zysków i strat zaczyna być „atrakcyjny” dla potencjalnego terrorysty - poziom ryzyka akceptowalny.

Etap IV – Opracowanie map zagrożeń

Na podstawie wprowadzonych danych symulator określa ocenę zagrożenia atakiem na badanym obszarze, która przyjmuje postać macierzy ryzyka (macierzy matematycznej, tab. 1), czyli takiej, dzięki której będzie możliwość wykonywania działań liczbowych. Wyniki graficzne przeprowadzonej analizy (rys. 5) można przedstawić przy wykorzystaniu oprogramowania GIS, dzieląc je na jednostki administracyjne takie, jak miasto, gmina, powiat a nawet cały kraj. Mapy tematyczne to narzędzie do analizy i wizualizacji danych. Rozkłady i trendy, które trudno zauważyć na wykazach danych można łatwo wyśledzić na mapach tematycznych. Do tworzenia map tematycznych wykorzystać można siedem typów map: przedziały wartości, gęstości kropek, stopniowane symbole, indywidualne wartości, diagramy słupkowe i kołowe oraz rastrowe mapy tematyczne. Każda z nich ma określone zastosowanie i sobie właściwe cechy. Istotną cechą nakładek tematycznych jest ich dynamiczne odświeżanie podczas edycji wartości atrybutów. Pozwala to zachować bieżącą aktualność, przy ciągłej rozbudowie bazy danych.

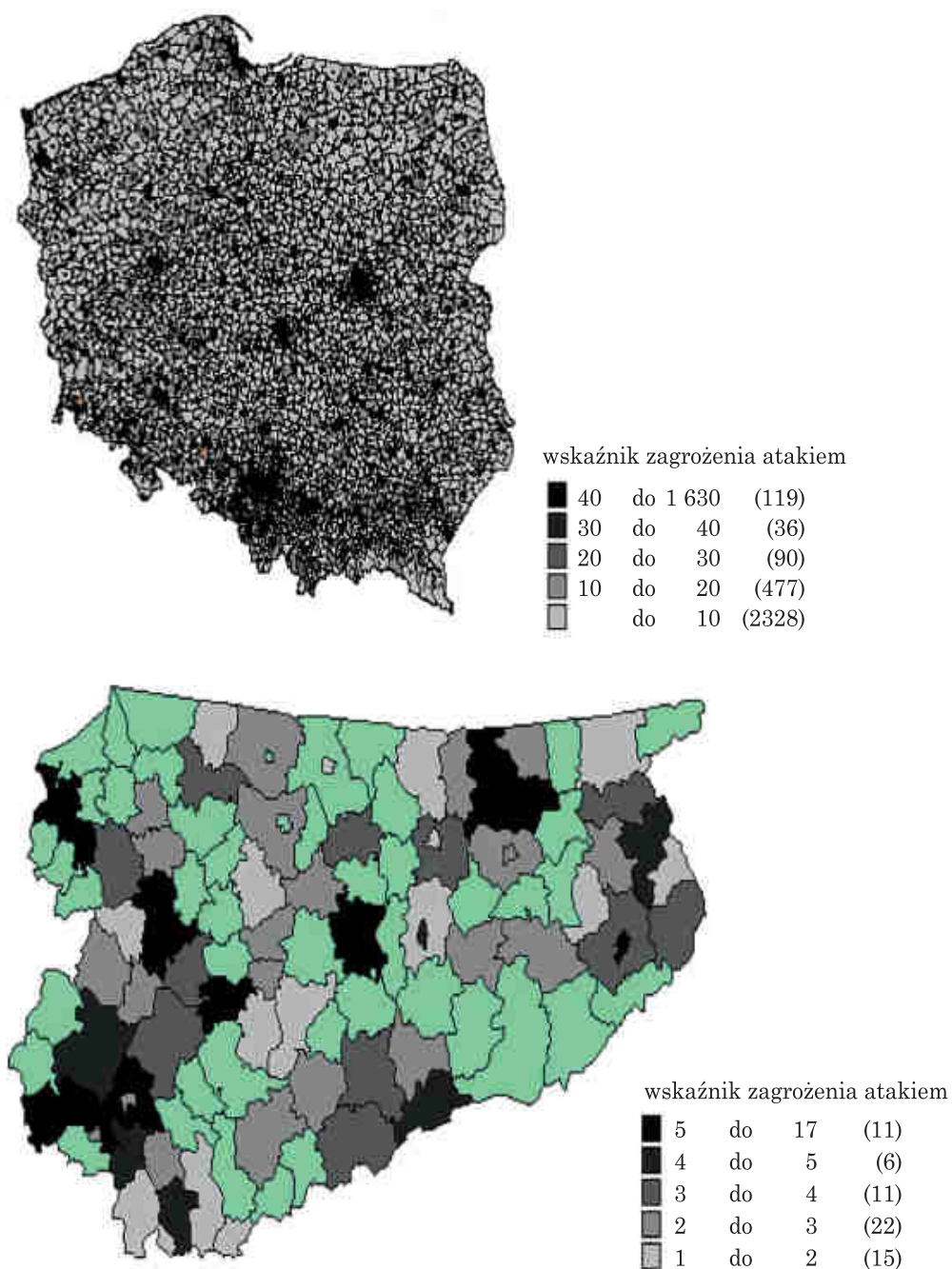
W województwie warmińsko-mazurskim tylko 11 powiatów jest realnie zagrożonych atakiem, choć w 6 innych powiatach województwa osiągnięto poziom ryzyka akceptowalny. W pozostałych powiatach ryzyko wystąpienia ataków jest znikome, dlatego utrzymywanie jednostek AT na tym obszarze z ekonomicznego punktu widzenia można uznać za zbędny koszt.

4. PODSUMOWANIE

Działania antyterrorystyczne polegają na rozpoznawaniu miejsc zagrożonych atakiem i pozwalają na optymalizację przygotowania sił i środków antyterrorystycznych. Skuteczne typowanie takich miejsc jest możliwe w przypadku, gdy dany obszar charakteryzuje się zróżnicowanym prawdopodobieństwem zaistnienia zagrożeń.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wydaje się zasadne i możliwe typowanie obszarów zagrożonych przy zastosowaniu teorii gier. Atrybutem różniącym niewątpliwie tę metodę od innych jest używanie czynnika losowego, którego wykorzystanie wydaje się być elementem decydującym. Innym, ale równie ważnym argumentem przemawiającym za użyciem tej metody jest to, iż wykonana aparatura badawcza jest łatwa w obsłudze, a wykonanie symulatora relatywnie tanie oraz nie wymaga od użytkownika znajomości formuł statystycznych, a jedynie wiedzy na temat cech terenu (geoinformacji). Wprowadzanie uzyskanych w symulatorze danych geoprzestrzennych umożliwi uzupełnienie systemów GIS o nowe warstwy tematyczne. Biorąc pod uwagę literaturę przedmiotu oraz przeprowadzone badania własne można sformułować następujące wnioski końcowe:

1. Odpowiednio wyselekcjonowane i zinterpretowane geoinformacje stanowią podstawę sprawnego zarządzania przestrzenią.
2. Głównym instrumentem sprawnego zarządzania przestrzenią jest proces diagnozowania obszarów zagrożonych.
3. Proces ten tylko wtedy jest uzasadniony, gdy na jego podstawie możliwe jest podejmowanie decyzji prewencyjnych, zapobiegawczych skutkom ataku terrorystycznego.



Rys. 5. Mapy zagrożenia atakiem terrorystycznym

Fig. 5. Maps the threat of a terrorist attack

Źródło: opracowanie własne

Source: own resources

4. Wynikiem wielokryterialnej analizy modelowych rozwiązań racjonalnego zarządzania przestrzenią jest przekształcenie geoinformacji w mapy tematyczne, które powinny zasilić systemy informacji przestrzennej.

5. Proponowany symulator ma wskazać miejsca, gdzie zagrożenie atakiem jest potencjalnie największe i uzasadnić wielkość i zasadność środków finansowych na zapewnienie bezpieczeństwa i konieczność utrzymywania jednostek antyterrorystycznych.

PIŚMIENNICTWO

- Bajerowski T., 1995. Macierz optymalnego sposobu użytkowania ziemi, jako instrument programowania przyszłego zagospodarowania obszarów wiejskich. *Geodezja i Kartografia t.XLIV*, z. 2–3, PWN Warszawa, s. 271–279.
- Bajerowski T., Kowalczyk A., 2013. Metody geoinformacyjnych analiz jawnoźródłowych w zwalczaniu terroryzmu, Wydawnictwo UWM.
- Bajerowski T., 2003. Niepewność w dynamicznych układach przestrzennych, Olsztyn.
- Grocki R., 2012. Zarządzanie Kryzysowe. *Dobre Praktyki*. Warszawa.
- Kamińska T., 2006. http://ekonom.univ.gda.pl/mikro/skladosobowy/Kaminska/SD/Teoria%20ryzyka_popr1.pdf.
- Karbowiak W., Karbowiak Ł., 2010. Zarządzanie kryzysowe innowacyjnym podejściem do rozwiązywania problemów bezpieczeństwa i ochrony ludności oraz środowiska w aspekcie występowania zjawisk ekstremalnych. *Zarządzanie Kryzysowe*, [red.] Wiatkewski M., Czarna W., Opole, s. 15–27.
- Kołodziński E., 2011. „Wprowadzenie do zarządzania bezpieczeństwem podmiotu”, Monografia pod redakcją Zygmunta Mierczyka i Romana Ostrowskiego pt. „Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń” Tom 2, Warszawa, s. 1–16.
- Malawski M., Wieczorek A., 2004. Sosnowska H. Konkurencja i kooperacja teorii gier w ekonomii i naukach społecznych, PWN.
- Ogryzek M., 2007. *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum* 6(2) 2007, 19–34. Weryfikacja metodyki wyboru optymalnego użytkowania ziemi wg Bajerowskiego dla potrzeb zarządzania przestrzenią planistyczną. Wydawnictwo UWM.
- Ogryzek M., 2008. *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum*. Weryfikacja metodyki wyboru optymalnego modelu prognozy rozwoju demograficznego dla potrzeb zarządzania przestrzenią planistyczną, Wydawnictwo UWM.
- Rostański T., Drozd M., 2003. Teoria gier, – publikacja internetowa – www.giaur.qs.pl.
- Schelling T., 1960. *Strategy of Conflict*, – publikacja internetowa, <http://home.uchicago.edu/~rmyerson/research/stratofc.pdf>.
- Zięba R., 2005. Kategoria bezpieczeństwa w nauce o stosunkach międzynarodowych, Wydawnictwo Naukowe Grado, Toruń, s. 33.

THE USE OF GIS TECHNOLOGY TO MONITOR SECURITY THREATS

Abstract. GIS are systems for gathering, processing and making data available to the system users and thus it allows analysing socioeconomic phenomena changing over time and in space, building scenarios and forecasts as well as taking decisions based on them. The aim of the threatened areas diagnose is to take decisions preventing consequences

of terrorist attack. The projection of the risk level and identification of threatened areas supporting the geoinformation system allows correlating them with the Earth surface. It involves forecasting changes in multiple characteristics and the consequences of the attack. Consideration of numerous variables requires time consuming and costly development of multistate models. Based on the conducted review of the literature it is proposed to complement the forecast model with statistical formulas taking into account the elements of uncertainty (random factor) by including the game theory for lotteries to determine the place of terrorist attack using the computer simulator as the tool. Proprietary solution is monitoring and visualization of the degree of risk in GIS technology, which can be an integral part of a program written in Python run as a tool in ArcGIS.

Key words: GIS, security management, natural hazards and civilization.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 11.01.2015