

Analiza geoinformacyjna procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych

Geospatial analysis in the process of safe evacuation at open-air mass events

Anna Kowalczyk, Michał Ogrodniczak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji,
Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa, Katedra Analiz Geoinformacyjnych i Katastru

Słowa kluczowe: plenerowa impreza masowa, ewakuacja, bezpieczeństwo, analiza przestrzenna, GIS

Keywords: open-air mass events, evacuation, safety, spatial analysis, GIS

Wstęp

Proces ewakuacji to działanie zmierzające do zbiorowej ochrony ludności, mające na celu zarówno ochronę życia i zdrowia ludzi, zwierząt oraz ratowanie mienia. Ewakuację przeprowadza się w ramach działań ratowniczych, podczas których powinno się określić:

- czas i miejsce wystąpienia zagrożenia (kryzysu),
- rodzaj i spektrum zagrożeń,
- dostępne siły i środki istotne z punktu widzenia przeprowadzenia ewakuacji,
- przewidywane scenariusze rozwoju sytuacji, w tym: dynamikę rozwoju i żywotności kryzysu, przestrzenny zasięg zagrożenia, ewakuację ludzi i mienia, możliwość wystąpienia dodatkowych zagrożeń i ich konsekwencji oraz metod postępowania.

Ewakuacja powinna być zorganizowana tak, aby była skuteczna i niezawodna oraz tak, aby prowadzone działania operacyjne związane z ewakuacją były bezpieczne zarówno dla służb, jak i ewakuowanych. W tym właśnie sensie operuje się pojęciem „bezpiecznej ewakuacji” – czyli świadomym działaniu opartym na szczegółowo przeprowadzonych analizach, w tym analizach przestrzennych. Analiza przestrzenna jest to proces badania danych przestrzennych, zmierzający do uzyskania na ich podstawie nowej wiarygodnej informacji przestrzennej w celu rozwiązania jakiejś sytuacji problemowej, odpowiedzi na postawione pytanie dotyczące obiektu, zjawiska bądź procesu zachodzącego w danej przestrzeni (Gaździcki, 2001). Dane przestrzenne dotyczą obiektów, zjawisk lub procesów, które znajdują się w przyjętym układzie współrzędnych. Dane te dotyczą (Bajerowski, Kowalczyk, 2013; Gaździcki, 2001):

- właściwości geometrycznych obiektu przestrzennego, a zwłaszcza jego położenia względem przyjętego dwuwymiarowego lub trójwymiarowego układu współrzędnych,
- charakterystyki obiektu pod względem czasu, na przykład daty jego utworzenia lub uszkodzenia,
- związków topologicznych (przestrzennych) danego obiektu z innymi obiektami znajdującymi się w przestrzeni,
- wyróżnionych atrybutów opisowych obiektu przestrzennego, służących do jego identyfikacji oraz określających jego podstawowe własności.

Analizy przestrzenne są podstawą do prowadzenia działań związanych z zarządzaniem kryzysowym w tym z ewakuacją, gdyż wszystko co się dzieje, dzieje się w przestrzeni i jest przestrzennie identyfikowalne (ma swoje współrzędne). Dlatego właśnie analiza geoinformacyjna jest niezwykle ważnym elementem w procesie planowania, jak i prowadzenia bezpiecznej ewakuacji imprez masowych (Bajerowski, Chojka i in., 2015; Kowalczyk, 2016).

W artykule przedstawiono analizy geoinformacyjne przeprowadzone w celu opracowania projektu bezpiecznej ewakuacji imprez masowych, na wybranym obszarze testowym oraz opracowanie na jej podstawie modelowego schematu przeprowadzenia analizy geoinformacyjnej procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych w podejściu uniwersalnym.

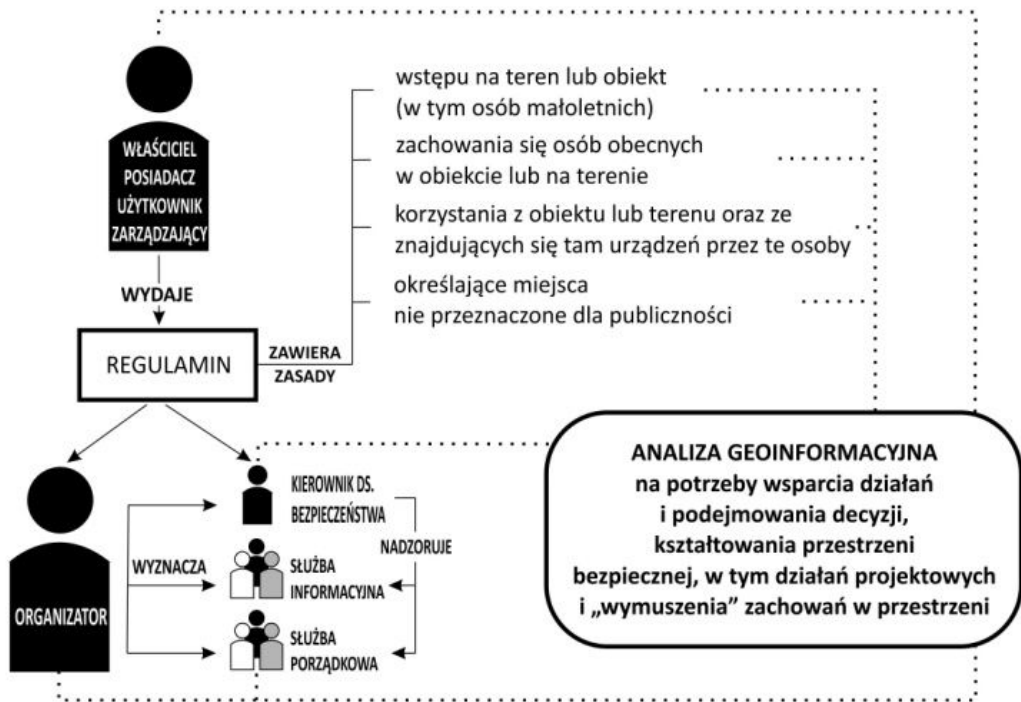
Proces ewakuacji a system bezpieczeństwa imprez masowych

Ustawa z dnia 20 marca 2009 roku o bezpieczeństwie imprez masowych jest podstawowym aktem prawnym określającym warunki bezpieczeństwa imprez masowych, określa między innymi zasady i tryb wydawania zezwoleń na przeprowadzanie imprez masowych. Według tego dokumentu impreza masowa, może być imprezą sportową (w tym mecz piłki nożnej) lub artystyczno-rozrywkową, spełniającą warunki opisane we wspomnianym dokumencie (Ustawa, 2009).

Imprezy artystyczno-rozrywkowe mogą się odbywać na stadionie lub w innym obiekcie niebędącym budynkiem, bądź na innym terenie umożliwiającym przeprowadzenie imprezy masowej.

Organizując imprezę masową: właściciel, posiadacz, użytkownik lub zarządzający obiektem opracowuje regulamin obiektu lub terenu, który zawiera przepisy regulujące zasady wstępu i korzystania z obiektu bądź terenu. Poniższy schemat prezentuje elementy, które powinien regulować ten dokument według ustawy o bezpieczeństwie imprez masowych (Ustawa, 2009) jak również ukazuje miejsce analizy geoinformacyjnej w ogólnym systemie mającym zapewnić bezpieczeństwo imprez masowych (rys. 1).

Oczywiste jest, iż regulamin powinien określać granice obszaru (terenu) imprezy masowej. Analiza geoinformacyjna może wspomóc również te działania na zasadzie wsparcia w optymalnym wyborze miejsca, jego wielkości bądź kształtu. Regulamin określa również zasady korzystania z obiektu lub terenu oraz ze znajdujących się tam urządzeń przez osoby obecne na imprezie masowej. W tym przypadku analiza geoinformacyjna jest narzędziem pomocnym w ustaleniu zagospodarowania terenu lub obiektu na czas trwania imprezy, a tym samym sposobu korzystania z tego terenu bądź obiektu. Rozmieszczenie poszczególnych cech przestrzeni (na przykład: ławek, toalet, sceny, stoisk z napojami) na podstawie wnikli-



Rysunek 1. Ogólny schemat systemu zapewniającego bezpieczeństwo imprez masowych według ustawy o bezpieczeństwie imprez masowych i jego związek z analizą geoinformacyjną (źródło: opracowanie własne)

wej analizy geoinformacyjnej pozwoli na optymalizację rozmieszczenia tych cech, czyli na bardziej właściwe korzystanie z terenu lub obiektu bez tworzenia konfliktów przestrzennych. Świadome rozmieszczenie i przeprojektowanie cech przestrzennych często pozwala na wymuszenie pożądanego sposobu korzystania z przestrzeni, również w przypadku ewakuacji. Dobrym przykładem może być analiza geoinformacyjna, na podstawie której ustalone zostaną miejsca, do których nie powinno być dostępu. W przestrzeni tych miejsc można umieścić cechy (obiekty przestrzenne), które spowodują pożądaną efekt, na przykład gęste posadzenie roślinności (żywoptot) spowoduje, że nikt nie będzie wchodził w te miejsca, a strumień ludzi skieruje się w konkretnym kierunku. Innym przykładem może być umieszczenie na przykład kul lub doniczek betonowych w określonych miejscach tak, aby uniemożliwić wjazd samochodem lub parkowanie.

Proces bezpiecznej ewakuacji

Ewakuacja jest definiowana jako jeden ze środków zbiorowej ochrony ludności. Celem ewakuacji jest: ochrona życia i zdrowia ludzi, zwierząt, ratowanie mienia, w przypadku wystąpienia wszelkiego rodzaju zagrożeń (Wielkopolski Urząd Wojewódzki w Poznaniu, 2016; Ogrodniczak, Ryba, 2015). Ewakuacja jest zatem działaniem zmierzającym *stricte* do usunięcia ze strefy zagrożonej: ludzi, zwierząt i mienia (PSP Piła, 2016). Jak już wspomniano na

wstępie, operowanie pojęciem bezpiecznej ewakuacji ma podkreślać aspekt bezpieczeństwa tego procesu, jako świadomych działań związanych z etapami planowania oraz przeprowadzania opartymi na szczegółowo wykonanych analizach, w tym analizach przestrzennych. Różne mogą być powody, dla których należy przeprowadzić ewakuację, jak również konieczność jej przeprowadzenia może mieć miejsce w różnych stadiach zaistniałego zdarzenia. Ewakuacja może mieć charakter doraźny (prewencyjny) co oznacza, że jest prowadzona z terenów i obiektów, w stosunku do których stwierdzono symptomy zbliżającego się zagrożenia.

Możemy wyróżnić trzy rodzaje ewakuacji (Wielkopolski Urząd Wojewódzki w Poznaniu, 2016):

- ewakuacja I stopnia – przeprowadza się ją, gdy wystąpi pożar lub inne niebezpieczne zdarzenie miejscowe. Jej celem jest ratowanie życia i zdrowia osób poszkodowanych lub znajdujących się w strefie bezpośredniego zagrożenia, ratowanie życia zwierząt oraz mienia, w tym zabytków i ważnej dokumentacji. Ewakuacja I stopnia ma najczęściej związek z działaniami w strefie bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia,
- ewakuacja II stopnia – przeprowadza się ją w momencie wystąpienia lub groźby wystąpienia zagrożeń wielkoobszarowych, aczkolwiek innych niż zagrożenia militarne. Działania te mogą dotyczyć takich zagrożeń jak na przykład: powódzie, poważne awarie przemysłowe, zagrożenia radiacyjne, pożary obszarów leśnych. To co jest charakterystyczne dla ewakuacji II stopnia to sytuacja, w której dostępna na co dzień ilość sił i środków jest niewystarczająca,
- ewakuacja III stopnia – przeprowadza się ją w związku z zagrożeniami związanymi z kryzysem polityczno-militarnym, czyli zewnętrznym zagrożeniem bezpieczeństwa państwa oraz wojną.

W części przypadków ewakuację przeprowadza się wtedy kiedy zdarzenie (na przykład: pożar, atak terrorystyczny) już nastąpił, a ewakuować trzeba osoby poszkodowane lub bezpośrednio zagrożone z obiektów, bądź z określonego obszaru. Na skutek zaistnienia zdarzenia wywołującego dany rodzaj zagrożenia możemy mieć do czynienia z procesem samoewakuacji. Proces ten polega na samodzielnym przemieszczaniu się ludności z obszarów, na których nastąpiło zagrożenie dla życia i zdrowia poza strefę zagrożenia. Proces ten charakteryzuje się tym, iż ewakuowani wykorzystują własne możliwości (w tym transportowe lub noclegowe). Kierowanie przebiegiem samoewakuacji przez odpowiednie jednostki ogranicza się do podawania zalecanych dróg, kierunków, jak i docelowych miejsc dotarcia ewakuowanych (Powiatowe CZK, Powiat Przeworski, 2016).

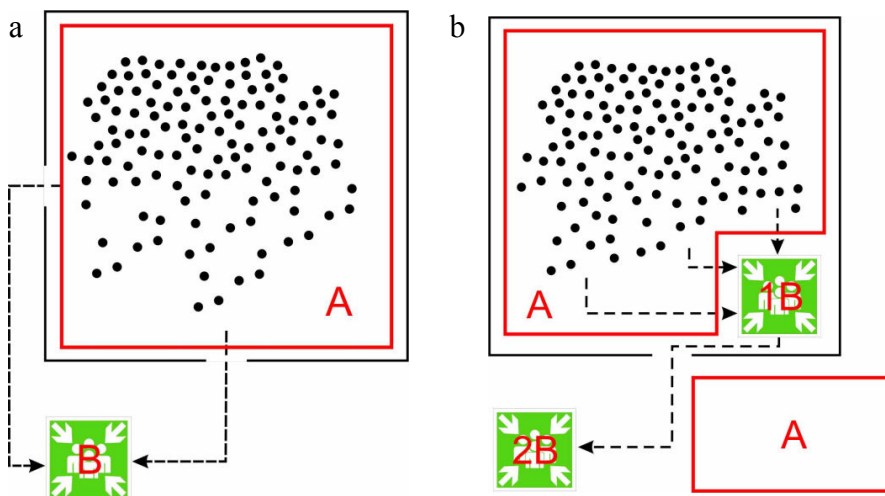
Zdarza się, że mamy również do czynienia z zaburzeniem procesu ewakuacji lub samoewakuacji przez jakieś zdarzenie dodatkowe, na przykład eksplozję gazu w budynku przylegającym do obszaru ewakuacji czy też symultaniczny atak terrorystyczny.

W praktyce najczęściej przeprowadza się ewakuację osób poszkodowanych lub bezpośrednio zagrożonych (także ich zagrożonego mienia) po wystąpieniu niebezpiecznego zdarzenia (przykładowo: pożaru, wybuchu lub innego miejscowego zagrożenia). Aby proces ten był bezpieczny, skuteczny i nie powodował eskalacji zdarzenia kryzysowego oraz jego skutków, należy w sposób optymalny wykorzystać warunki przestrzenne oraz informacje o ich stanie.

Podstawą odpowiednio przeprowadzonej analizy przestrzennej, i *stricte* wyciągnięcia poprawnych wniosków do podejmowania decyzji strategicznych, jest zidentyfikowanie i zebranie dobrych – potrzebnych i aktualnych, czyli użytecznych – danych do analizy. Kluczowym działaniem jest określenie, które cechy przestrzeni (definiowane jako dane przestrzenne – identyfikowalne przestrzennie) mają wpływ na poprawność i bezpieczeństwo przeprowadzenia procesu ewakuacji.

Aby określić jakie dane przestrzenne są niezbędne, należy opracować model bezpiecznej ewakuacji na każdym jej etapie oraz przy założeniu różnych scenariuszy zdarzeń, na przykład zaistnienia samoewakuacji czy zaburzenia tego procesu.

Ogólnie rzecz ujmując, ewakuacja to proces przemieszczania się określonej liczby osób czy mienia z obszaru A do obszaru B. Obszar A możemy zdefiniować jako strefę zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzi oraz mienia lub środowiska. Zagrożenia te mogą mieć charakter naturalny, przykładowo powódzie, lub antropogeniczny, na przykład zagrożenia techniczne lub terrorystyczne. Obszar B możemy określić jako obszar zbiórki dla ewakuowanych (punkt zborny), czyli miejsce do którego mają dotrzeć ewakuowani z obszaru A. Aby dotrzeć z A do B należy pokonać drogę ewakuacji (rys. 2). Ta droga powinna być wyznaczona – podobnie jak punkt zborny, na podstawie wnikliwej analizy geoinformacyjnej.



Rysunek 2. Model procesu bezpiecznej ewakuacji ludności z plenerowej imprezy masowej (odbywającej się na terenie umożliwiającym przeprowadzenie tej imprezy według ustawy o bezpieczeństwie imprez masowych); oznaczenia: A – obszar zagrożony, B – punkty zborny, - - - - - droga ewakuacji; a – ewakuacja jednoetapowa, b – ewakuacja dwuetapowa (źródło: opracowanie własne)

Analiza geoinformacyjna a proces bezpiecznej ewakuacji

Elementy występujące w przestrzeni mogą determinować lub generować jakieś zagrożenie, bądź je znacznie komplikować, na przykład ograniczenia przestrzenne przy ewakuacji rannych takie jak: bariery, elementy małej architektury, ogrodzenia, deniwelacje terenu. Należy zatem wnikliwie zinwentaryzować przestrzeń. Dane przestrzenne, które stanowią podstawę i warunkują jakość analizy geoinformacyjnej, można pozyskać w różny sposób. Obecnie jest wiele aplikacji internetowych, które umożliwiają przeglądanie danych przestrzennych oraz wyszukiwanie zbiorów i usług danych przestrzennych. Przykładem mogą być serwisy Geoportal, Open Street Map czy ArcGis Online, dające dodatkowe narzędzia analityczne.

Dane te można również pozyskać technikami fotogrametrycznymi. Zdjęcia lotnicze są doskonałym materiałem, źródłem danych przestrzennych, do przeprowadzenia tego typu analiz.

Na przykładowych zdjęciach obszaru testowego, wykonanych bezzałogowymi statkami powietrznymi, widocznych jest większość cech terenu, które są istotne z punktu przeprowadzenia procesu ewakuacji (rys. 3a).

Prowadzenie nalołów bezzałogowymi statkami powietrznymi podczas trwania plenerowej imprezy masowej pozwala na pozyskanie bardzo ważnych danych, mających wpływ na bezpieczeństwo procesu ewakuacji. Działania te mają polegać na zbieraniu danych przestrzennych mówiących o przesuwaniu się mas ludzi, ich kierunków, czasu przemieszczeń, przyrostu i spadku liczby uczestników, punktów zagęszczenia bądź zatorów (rys. 3b, 3c), czyli danych dotyczących interakcji: uczestnik – przestrzeń.



a

Rysunek 3. Obszar testowy badań – Juwenalia UWM w Olsztynie, Górka Kortowska teren artystyczno-rozrywkowej imprezy masowej; zdjęcia wykonane bezzałogowym statkiem powietrznym DronXSystem 20 maja 2016 roku:

a – o godzinie 19:07,

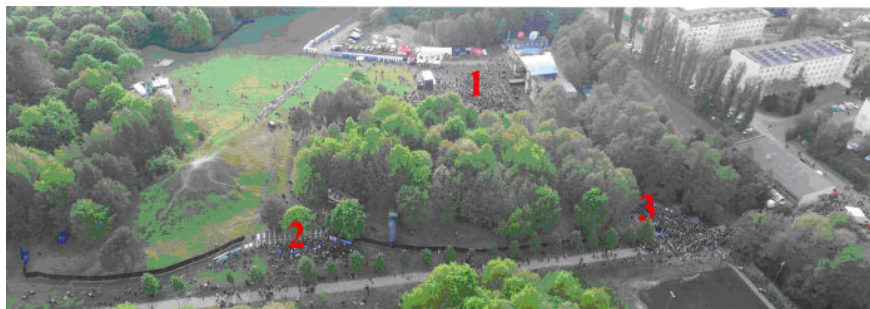
b – o godzinie 18:00,

c – o godzinie 19:00; oznaczenia:

1 tłum ludzi pod sceną,

2 zator ludzi przy pierwszej bramce (wejście-wyjście),

3 zator ludzi przy drugiej bramce (wejście-wyjście)



b



c

Stan zagęszczenia uczestnikami imprezy masowej może zmieniać się bardzo szybko, co wyraźnie widać na prezentowanych poniżej materiałach mapowych (rys. 4 i 5). Podczas analizy geoinformacyjnej, na cele bezpiecznej ewakuacji, można opracowywać różne rodzaje modeli do prezentacji zebranych danych w celu uzyskania konkretnej geoinformacji. Poniżej modele: punktowe (rys. 4a i 4b) oraz mapy skupień (rys. 5a i 5b), które są efektem przetworzenia danych zebranych z nalogu (modelu rastrowego) na użyteczną informację przestrzenną dotyczącą zagęszczenia ludności w poszczególnych godzinach trwania imprezy masowej. Modele pozwalają na jednoznaczną identyfikację miejsc, w których tworzą się zatory.

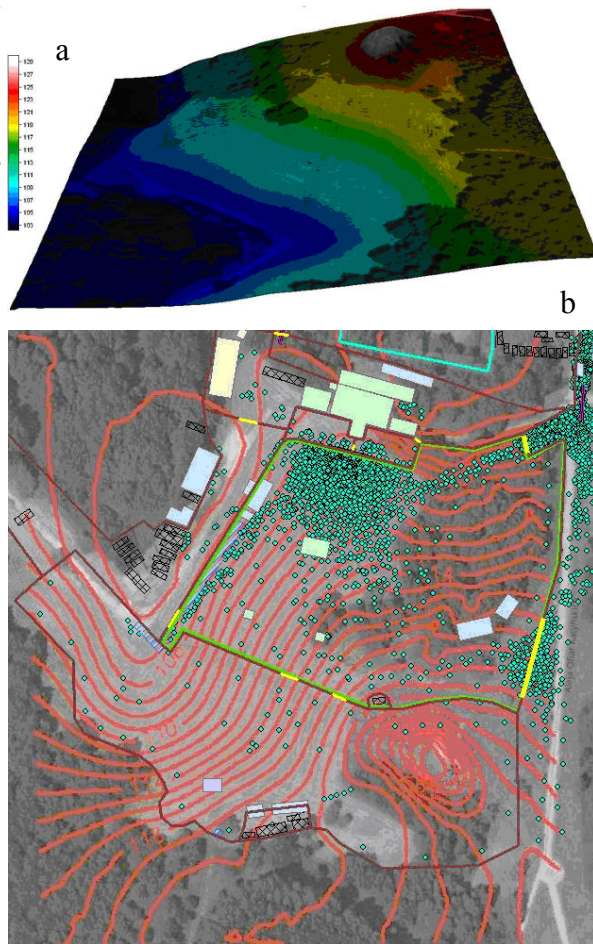
Prezentowana dokumentacja ikonograficzna zebrana została podczas trwania Juwenaliów na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, jako obszarze testowym do opracowania modelowego schematu przeprowadzenia analizy geoinformacyjnej procesu bezpiecznej ewakuacji imprez masowych w podejściu uniwersalnym.



Rysunek 4. Model punktowy zagęszczenia ludzi na obszarze testowym badań podczas juwenaliów UWM w Olsztynie (Górka Kortowska teren artystyczno-rozrywkowej imprezy masowej w dniu 20 maja 2016 roku): a – o godzinie 18:00, b – o godzinie 19:00 (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 5. Model skupień obrazujący zagęszczenie ludzi na obszarze testowym badań podczas juwenaliów UWM w Olsztynie (Górka Kortowska teren artystyczno-rozrywkowej imprezy masowej w dniu 20 maja 2016 roku): a – o godzinie 18:00, b – o godzinie 19:00 (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 6. Numeryczne modele terenu: a – model 3D efekt scalenia, b – NMT obszaru testowego (model konturów) wraz z modelem punktowym zagęszczenia ludzi, na którym odbywała się impreza masowa poddana analizie geoinformacyjnej na cele modelowania procesu bezpiecznej ewakuacji (źródło opracowanie własne)

opracowanie modeli przestrzennych, ich prezentację na warstwach, co pozwala na dokonanie analizy geoinformacyjnej, która w sposób optymalny pozwoli ustalić elementy procesu bezpiecznej ewakuacji. Planując ewakuację zwrócono uwagę na elementy w przestrzeni, które powinny zostać przeprojektowane lub usunięte, jak również zaproponowano dodanie cech przestrzeni mających pozytywny wpływ na płynność przeprowadzenia tego procesu, a tym samym zwiększenie bezpieczeństwa. Przedstawiony na rysunku 8 model dotyczy scenariusza, w którym należy ewakuować ludzi z imprezy masowej ponieważ stwierdzono wystąpienie zagrożenia na terenie imprezy masowej.

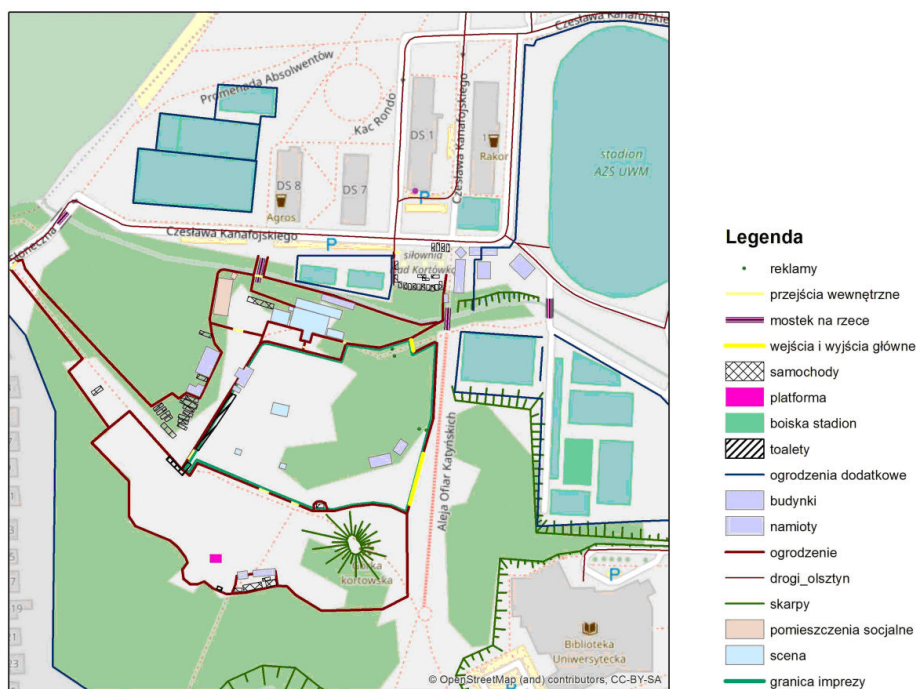
Analizowana przestrzeń jest ciekawym obiektem badań, ponieważ występuje w niej wiele cech, które należy wziąć pod uwagę przy planowaniu procesu bezpiecznej ewakuacji. Jak

Należy pamiętać, że loty bezzałogowymi statkami powietrznymi mogą wykonywać tylko osoby do tego uprawnione i stosujące się do zasad bezpieczeństwa, które wpływają bezpośrednio z uprawnień (Rozporządzenie, 2016).

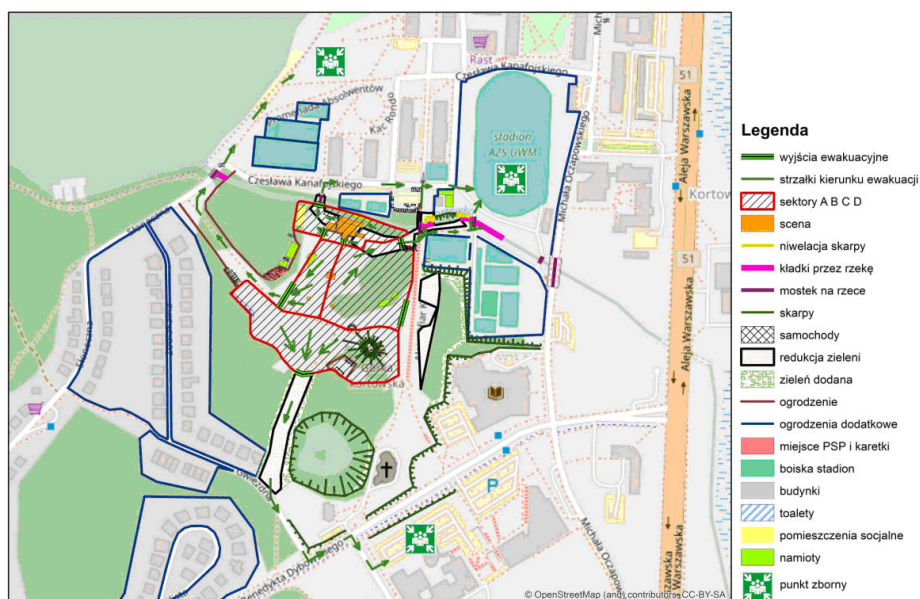
Dane przestrzenne prezentowane powyżej można uzupełnić o dane pozyskane podczas przeprowadzenia wizji terenowej oraz z pomiarów bezpośrednich, na przykład ukształtowania terenu w celu opracowania numerycznego modelu terenu (NMT, rys. 6). NMT jest istotnym elementem analizy ponieważ ważną informacją jest to czy tłum będzie się przemieszczał z górki czy pod górkę.

Równie ważnym elementem procesu analizy geoinformacyjnej na cele bezpieczeństwa jest proces weryfikacji i uzupełnienia danych przestrzennych istotnych z punktu takiej analizy. W przypadku analizy na cele przeprowadzenia bezpiecznej ewakuacji należy mapować cechy przestrzenne mające bezpośredni i pośredni wpływ na jej przebieg. Do cech tych możemy w szczególności zaliczyć takie elementy, które na co dzień w tej przestrzeni nie występują, na przykład: scena, ogrodzenia tymczasowe, namioty, toalety, jak również elementy stałe, które do tej pory nie były brane pod uwagę (rys. 7).

Zebrane dane, pozwoliły na opracowanie



Rysunek 7. Mapa obszaru testowego zawierająca cechy przestrzenne mające wpływ na planowanie procesu bezpiecznej ewakuacji w drodze analizy geoinformacyjnej (źródło: opracowanie własne na podstawie inwentaryzacji terenowej i zdjęć lotniczych DronXSystem)



Rysunek 8. Plan ewakuacji dla obszaru testowego na terenie plenerowej imprezy masowej Juwenaliów UWM w Olsztynie opracowany na podstawie analizy geoinformacyjnej (źródło: opracowanie własne)

widać na prezentowanych mapach teren imprezy masowej zlokalizowany jest w naturalnie ukształtowanym amfiteatrze. Obszar jest bardzo urozmaicony pod względem ukształtowania terenu (rys. 6). W momencie ewakuacji najlepiej, aby uczestnicy imprezy byli ewakuowani po w miarę płaskim terenie. Dlatego kierunki ewakuacji (prezentowane na rysunku 8 jako strzałki ewakuacji) zaprojektowana tak, aby tłum nie był ewakuowany pod górę i po skarpach. Z racji na dość duże ograniczenia przestrzenne wprowadzony został podział na sektory A, B, C i D. Takie rozwiązanie jest zasadne, ponieważ następuje podział ewakuowanego tłumu, co jednocześnie odciąża drogi ewakuacji, zwiększając bezpieczeństwo ewakuowanych. Tam gdzie wskazane jest zaprojektowanie dróg bezpiecznej ewakuacji należy zaproponować działania projektowe polegające na niwelacji skarp, usuwaniu zieleni, która może stanowić bariery przestrzenne podczas procesu ewakuacji bądź też działania polegające na sadzeniu specjalnych gatunków i odmian krzewów i drzew, które będą wymuszać określone zachowania w przestrzeni. Do tych działań zaliczyć można na przykład tworzenie żywopłotów jako naturalnej bariery przestrzennej nie pozwalającej na wejście na dany teren. Szczególnie przydatne jest to rozwiązanie, kiedy należy ochronić przemieszczający się tłum przed wtargnięciem na skarpe. W powyższym planie dokonano nieznacznego przeprojektowania granic imprezy masowej likwidując zbędne kąty oraz zakamarki, które mogły by powodować utrudnienia podczas ewakuacji. Na etapie planowania, podczas analizy materiałów ikonograficznych, należ również zwrócić uwagę na umiejscowienie samochodów obsługi ratowniczych oraz wozów straży pożarnej. Powinny one być zlokalizowane stosunkowo blisko imprezy masowej, ale w sposób nie powodujący kolizji w sytuacji ewakuacji uczestników imprezy. Plan ukazuje również konieczność rozmieszczenia kładek na rzece, która odgarnicza teren imprezy masowej od strony północy. Kładki te odciążą wąskie przejścia na mostkach, pozwalając na przemieszczanie się większej liczby osób. Zaproponowano również przeprojektowanie wejść na imprezę masową. Zmiany miałyby polegać na poszerzeniu tych wejść, usunięciu zieleni z ich obszaru oraz usunięciu reklam, które znajdują się w ich pobliżu. Dodatkowym elementem jest dodanie wyjścia ewakuacyjnego w sektorze C oraz organizacja drogi bezpiecznej ewakuacji tego sektora do punktu zbornego. W tym przypadku działania te opierać by się miały na usunięciu zieleni z drogi ewakuacji oraz obsadzeniu po obu jej stronach (w dogodnej odległości) żywopłotu, który kierowałby tłum w wybranym kierunku. Zaproponowano również zakaz umieszczania namiotów na drodze ewakuacji sektora B.

Punkty zborne zaproponowano na plaży kortowskiej (sektor A), stadionie (sektory B i D) oraz na parkingu przy Centrum Konferencyjnym UWM.

Model konceptualny analizy geoinformacyjnej na cele bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych

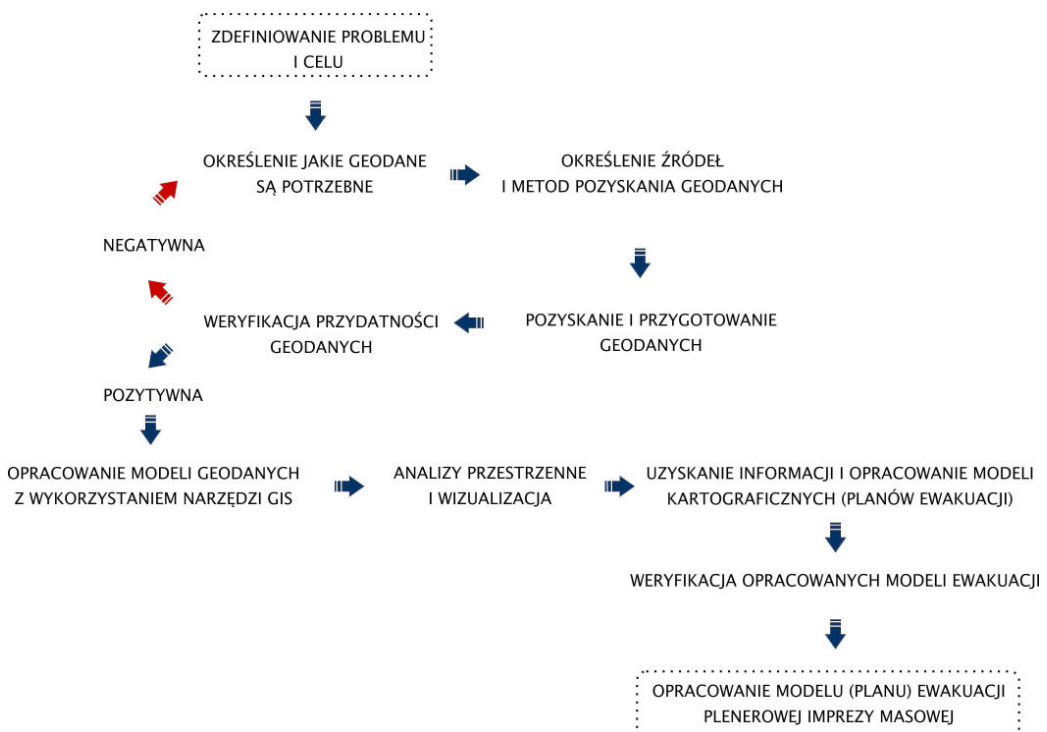
Przeprowadzone badania na obszarze testowym pozwoliły na jednoznaczne określenie elementów wymagających zdefiniowania przy tworzeniu planów ewakuacji plenerowych imprez masowych. Zaliczyć do nich można:

- rodzaj zagrożenia; od rodzaju zagrożenia zależy wybór rodzaju ewakuacji – jednoetapowa lub dwuetapowa (rys. 2),
- obszar z którego będzie przeprowadzana ewakuacja,

- szacunkową liczbę osób ewakuowanych oraz mienie,
- drogi bezpiecznej ewakuacji; ważne jest, aby zapewnić osobom ewakuowanym bezpieczeństwo na etapie przemieszczania się do miejsca ewakuacji (punkt zborny),
- punkty zborne,
- drogi dojazdu i wyjazdu jednostek ratowniczych,
- miejsca stacjonowania jednostek ratowniczych,
- elementy przestrzenne wspomagające ewakuację, na przykład dodatkowe mosty na rzekach, oznaczenia, roślinność, oświetlenie,
- elementy przestrzenne utrudniające proces ewakuacji, które należy usunąć lub zminimalizować ich wpływ, na przykład: niwelacja skarp, regulacja zieleni, które stanowią mogą bariery przestrzenne (przeszkody) podczas procesu ewakuacji.

Wszystkie te elementy niosą ze sobą informację „gdzie”, która jest sednem analizy geoinformacyjnej. Powyższe informacje powinny być brane pod uwagę przy wykonywaniu analizy geoinformacyjnej i powinny być efektem tej analizy, na podstawie której uzyska się wiedzę służącą optymalizacji podejmowanych decyzji.

Badania pozwoliły, na opracowanie schematu konceptualnego, przeprowadzenia analizy geoinformacyjnej procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych w podejściu uniwersalnym (rys. 9).



Rysunek 9. Schemat koncepcyjny analizy geoinformacyjnej procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych w podejściu uniwersalnym (źródło: opracowanie własne)

Analizę geoinformacyjną rozpoczyna określenie celu tej analizy. W rozpatrywanym przypadku celem jest opracowanie materiałów wspomagających proces bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych. Kolejnym krokiem jest określenie rodzaju geodanych (czyli danych posiadających jednoznaczny lokalizację przestrzenną w odniesieniu do Ziemi) niezbędnych do przeprowadzenia poszczególnych analiz przestrzennych. Różnice w charakterze danych przestrzennych (mogą to być elementy stałe przestrzeni lub tymczasowe) determinują pozyskanie tych danych oraz wykonywanie analiz przestrzennych na różnych etapach planowania imprezy oraz jej przebiegu.

Kolejny krok to pozyskanie danych przestrzennych oraz opracowanie bazy danych. W dalszej części dane te należy poddać weryfikacji pod kątem ich przydatności i eliminować szum informacyjny oraz sprawdzić realizację celu analizy. Odpowiedź negatywna powoduje, iż należy powrócić do etapu ustalania jakie dane są niezbędne do przeprowadzenia analizy. Jeżeli dane są właściwe, kolejnym etapem jest opracowanie modeli geodanych z wykorzystaniem narzędzi GIS, na przykład opracowanie modeli rastrowych i wektorowych w postaci warstw tematycznych. Tak przygotowane modele służą na następnym etapie do przeprowadzenia analiz przestrzennych geodanych i modelowania (wizualizacji). Do grupy działań związanych z analizami przestrzennymi i modelowaniem danych przestrzennych z wykorzystaniem GIS zalicza się między innymi (Gaździcki, 2001; Bielecka, 2006; Izdebski, 2009; Urbański, 1997; Felcenloben, 2011; Kowalczyk, 2011; Łyszkowicz, 2006): pomiary wielkości geometrycznych, nakładanie warstw tematycznych, wycinanie, agregację, generalizację, badanie sąsiedztwa, buforowanie, analizy sieciowe, interpolację, analizę gęstości, cyfrowe modelowanie powierzchni, wpasowanie rastra oraz przepróbkowanie, reklasyfikację, operacje asymetryczne, matematyczne i logiczne.

Przeprowadzenie powyższych działań powinno doprowadzić do uzyskania informacji oraz opracowania modeli kartograficznych optymalnego rozmieszczenia cech tymczasowych, w tym modeli dynamicznych związanych z różnym stanem gęstości uczestników imprezy oraz modeli (planów) ewakuacji. Na tym etapie wymagana jest dokładna konsultacja opracowywanych modeli z organizatorami imprezy i osobami odpowiedzialnymi za zapewnienie bezpieczeństwa.

Kolejny krok polega na weryfikacji opracowanych modeli ewakuacji (na podstawie wprowadzonych danych stałych i tymczasowych) oraz na konsultacji z organizatorami i jednostkami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo.

Ostatnim etapem jest opracowanie optymalnego modelu (planu) ewakuacji plenerowej imprezy masowej.

Podsumowanie i wnioski

Zapewnienie uczestnikom imprezy najwyższego poziomu standardów bezpieczeństwa wymaga opracowywania planów ewakuacji. Plany te mają za zadanie przewidzieć różne scenariusze ewakuacji, a w konsekwencji optymalne przygotowanie się do jej przebiegu. Modele kartograficzne (mapy) powinny być elementem scalającym działania zarówno organizatorów, jak i jednostek ratowniczych.

Kluczowym elementem jest określenie typów zagrożeń jakie mogą nastąpić i opracowanie dynamicznych modeli sytuacji, które pozwolą na wprowadzanie różnych zmiennych. Na tej podstawie można opracować plany ewakuacji określające takie elementy jak: drogi ewa-

kuacji, drogi dojazdu służb ratowniczych, punkty zborne, instrukcje postępowania bądź potrzebny sprzęt.

Dane przestrzenne służące do analiz geoinformacyjnych na cele bezpiecznej ewakuacji można pozyskiwać z wielu źródeł. Można do nich zaliczyć otwarte źródła informacji dostępne w Internecie, jak również pomiary i wizje terenowe. Naloty bezzałogowymi statkami powietrznymi podczas trwania imprezy masowej pozwalają na pozyskanie bardzo ważnych danych mających wpływ na bezpieczeństwo procesu ewakuacji, ale również dotyczących interakcji uczestnik – przestrzeń i to w czasie rzeczywistym, co pozwala na bieżącą reakcję w przypadku zaistnienia sytuacji kryzysowej. Zobrazowanie tak pozyskanych danych, ich wektoryzacja i opracowanie modeli tematycznych oraz ich analiza pozwalają na zidentyfikowanie źródła problemu podczas przeprowadzania ewakuacji, którym może być również nieprawidłowe rozmieszczenie cech, na przykład: bramek wejść i wyjść, barier, barów, jak również potrzeba doprojektowania niektórych elementów przestrzennych, które wymuszają zachowania ewakuowanego tłumu.

Analiza geoinformacyjna daje olbrzymie narzędzie badawcze. Dzięki narzędziom GIS można w optymalny sposób mapować te zagadnienia, jak również opracowywać plany ewakuacji określające w sposób prawidłowy obszary zagrożone, drogi bezpiecznej ewakuacji oraz obszary zbiórki osób ewakuowanych.

Konieczne jest zatem opracowanie dobrych modeli procesu ewakuacji (oraz samoewakuacji) uwzględniających uwarunkowania przestrzenne. Uwzględnienie typowych zachowań ludzi, którzy w sytuacji zagrożenia intuicyjnie dobierają drogę ewakuacji w zależności od napotkanych przeszkód i udogodnień terenowych (cech przestrzeni), które to zachowania muszą być następnie uwzględnione w opracowywanych modelach. Analiza tych modeli pozwoli z kolei na optymalizację zagospodarowania przestrzeni, w której organizowane są imprezy masowe, mającą na celu maksymalizację bezpieczeństwa uczestników tych imprez.

Opisane działania powinny stanowić ważny element opracowywania planów ewakuacyjnych. Plany te powinny być szczegółowo uzgadniane ze wszystkimi jednostkami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo, w tym Państwowa Strażą Pożarną, policją oraz obsługą medyczną, już na etapie planowania i działań projektowych.

Podziękowania: Autorzy artykułu składają serdeczne podziękowania Panu Wiesławowi Jackowskiemu oraz firmie Dron X System za wykonanie i udostępnienie zdjęć lotniczych z zastosowaniem UAV. Autorzy dziękują także dwóm Recenzentom za sporządzone w trybie dwustronnie anonimowym wnikliwe recenzje i trafne uwagi, dzięki którym w artykule wprowadzono zmiany i dodano rozdział *Model konceptualny analizy geoinformacyjnej na cele bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych*, co nadało artykułowi cech uniwersalnych.

Finansowanie: Badania i artykuł sfinansowane zostały z realizowanych w Katedrze Analiz Geoinformacyjnych i Katastru Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie badań statutowych nr 28.610.016-300.

Literatura

- Bajerowski T., Chojka A., Gerus-Gościewska M., Gościewski D., Kowalczyk A., Krajewska M., Parzyński Z., Szopińska K., Światała K., 2015: GIS and various approaches of safety management. Kowalczyk A. (red.). Wyd. Croatian Information Technology Society, Zagreb, Croatia.
- Bajerowski T., Kowalczyk A., 2013: Metody geoinformacyjnych analiz jawnoźródłowych w zwalczaniu terroryzmu. Monografia naukowa, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn.
- Bielecka E., 2006: Systemy Informacji Geograficznej. Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa.
- Felcenloben D., 2011: Geoinformacja. Wprowadzenie do systemów organizacji danych i wiedzy. Wydawnictwo Gall Olgierd Graca, Katowice.
- Gaździcki J., 2001: Leksykon geomatyczny. PTIP, Warszawa.
- Izdebski W., 2009: Wykłady z przedmiotu SIT rok 2009/2010. Katedra Geodezji i Astronomii Geodezyjnej Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, Warszawa. Dostęp: 14.03.2017 r. http://www.izdebski.edu.pl/wykladysit/wykladysit_01.pdf
- Kowalczyk A., 2016: Geospatial analysis according to CPTED concept for the safe space designing and management. Conference proceedings Geographic Information Systems Conference and Exhibition GIS Odyssey 2016. Wyd. Croatian Information Technology Society, Zagreb, Croatia.
- Kowalczyk K., 2011: Wybrane zagadnienia z rysunku map. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn.
- Łyszkowicz A., 2006: Geodezja czyli sztuka mierzenia Ziemi. Monografia naukowa, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn.
- Powiatowe CZK, Powiat Przeworski. Dostęp: 12.10.2016 r. <http://www.powiat.przeworsk.pl/index.php/powiatowe-czk/informacje/zasady-zachowania-sie-na-wypadek-ewakuacji>
- PSP Piła, Państwowa Straż Pożarna w Pile. Dostęp: 12.10.2016 r. http://www.pila.psp.wlkp.pl/?page_id=54
- Ogrodniczak M., Ryba J., 2015: Planowanie ewakuacji, jako element zarządzania kryzysowego. *Logistyka* nr 5: 1185-1190. Dostęp: 7.11.2016 r. <http://bazekon.icm.edu.pl/bazekon/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171427133>
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 8 sierpnia 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków. Dz.U. 2016 poz. 1317.
- Urbański J., 1997: Zrozumieć GIS. Analiza informacji przestrzennej. PWN, Warszawa.
- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej. Dz.U. 1991 nr 81 poz. 351.
- Ustawa z dnia 20 marca 2009 r. o bezpieczeństwie imprez masowych. Dz.U. 2009 nr 62 poz. 504.
- Wielkopolski Urząd Wojewódzki w Poznaniu, WBiZK. Dostęp: 12.10.2016 r. <http://wzk.poznan.uw.gov.pl/ewakuacja-ludnosci>

Streszczenie

Proces ewakuacji rozumiany jako działanie zmierzające do zbiorowej ochrony ludności, mające na celu ochronę życia i zdrowia ludzi, zwierząt oraz ratowanie mienia, powinien być przeprowadzony w sposób zapewniający maksymalne bezpieczeństwo ewakuowanych. Ważnym aspektem zapewnienia tego bezpieczeństwa jest określenie i analiza cech przestrzennych mających wpływ na proces bezpiecznej ewakuacji, tak aby ścieżki oraz obszary tej ewakuacji były zaprojektowane optymalnie (minimalizując ryzyko zagrożenia utraty zdrowia lub życia). Celem badań jest analiza geoinformacyjna przeprowadzona na potrzeby wsparcia procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych, na wybranym obszarze testowym, oraz opracowanie na jej podstawie modelowego schematu przeprowadzenia analizy geoinformacyjnej procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych w podejściu uniwersalnym. Autorzy określili, które elementy przestrzeni (cechy przestrzeni) należy zidentyfikować, jako cechy mające wpływ na przebieg procesu ewakuacji. Zaproponowane zostały techniki modelowania danych przestrzennych, aby uzyskać wiarygodną informację przestrzenną. Na

przykładzie autorzy dokonali analizy geoinformacyjnej na potrzeby wsparcia procesu bezpiecznej ewakuacji plenerowej imprezy masowej, wykorzystując narzędzia GIS. Opracowany został model konceptualny analizy geoinformacyjnej na cele bezpiecznej ewakuacji plenerowych imprez masowych.

Abstract

The process of evacuation, interpreted as collective operations aiming at protecting human health and life, as well as animals and property should be performed in a way which ensures the possible maximum safety of evacuated individuals. An important aspect of ensuring the safety is related to identification and analysis of spatial characteristics which may affect the process of safe evacuation; paths and areas of evacuation should be optimally configured and the risk to loose life or health should be minimised. The basic objective of research works was to perform geospatial analysis for the needs of supporting the safe evacuation from open-air mass events, for the selected test site, as well as to develop a universal model process of geospatial analyses, concerning safe evacuation of the public. The authors determined which spatial features should be inventoried, as they may affect the evacuation process. In order to acquire reliable spatial information the authors proposed techniques of spatial data modelling. Using GIS tools they performed geospatial analysis to support the process of safe evacuation from an open-air event, for the selected test site. A conceptual model of geoinformation analysis to support the process of safe evacuation at open-air mass events has been developed.

Dane autorów / Authors details:

dr inż. Anna Kowalczyk
<https://orcid.org/0000-0002-4580-7479>
anna.kowalczyk@uwm.edu.pl

mgr inż. Michał Ogrodniczak
<https://orcid.org/0000-0001-7207-877X>
michal.ogrodniczak@wp.pl

Przesłano / Received 17.11.2016

Zaakceptowano / Accepted 26.07.2017

Opublikowano / Published 30.09.2017

