

PROPOZYCJA ZINTEGROWANEJ PLATFORMY GIS DLA POTRZEB ZARZĄDZANIA KRYZYSOWEGO

Artykuł jest propozycją zastosowania oprogramowania MapInfo dla celów stworzenia Geograficznego Systemu Informacyjnego (GIS), dedykowanego zastosowaniom w ratownictwie i zarządzaniu kryzysowym. Omówiono zapotrzebowanie zarządzania kryzysowego we wszystkich fazach (przygotowania, reagowania i odbudowy) na informację przestrzenną. Przedstawiono gotowe narzędzia jako podstawę, na której może powstać GIS, z uwzględnieniem specyfiki zarządzania w stanach kryzysowych. Omówiono zastosowanie map wektorowych wraz z połączonymi do nich bazami danych. Przedstawiono przykłady analiz na mapach rastrowych, a szczególnie zastosowanie cyfrowego modelu terenu. W artykule opisano szereg przypadków wykorzystania oprogramowania MapInfo w zarządzaniu kryzysowym zarówno za granicą, jak i w Polsce.

Tragiczne wydarzenia ostatnich miesięcy dobitnie przypominają, że zagrożenie klęskami żywiołowymi, bez względu na szerokość geograficzną, jest częścią naszej codzienności. Oto kilka faktów: niemal pół miliona osób ucieka z rejonu zagrożonego przez erupcję wulkanu Nyiragongo w Afryce, tysiące strażaków miesiącami walczą z pożarami buszu w Australii, powodzie na południu Rosji zmuszają setki osób do opuszczenia swoich domów. W Polsce śnieżyce paraliżują komunikację, a stany alarmowe w dorzeczu Wisły i Odry mogą być w każdej chwili przekroczone. I choć w świadomości społecznej zagrożenia takie pojawiają się jedynie gdy o nich donoszą środki masowego przekazu, to jednak w rzeczywistości cały czas istnieją. Są to nie tylko zagrożenia naturalnymi żywiołami, lecz także wynikają one z rozwoju cywilizacyjnego. Przykładowo, na terenie Polski, w strefach zagrożenia toksycznymi środkami przemysłowymi (TŚP) wokół zakładów przemysłowych znajduje się łącznie około 3 milionów ludzi, w strefach zagrożonych podczas przewozu TŚP około 6,5 miliona, zaś katastrofalne zatopienia na skutek zerwania tam na zbiornikach wodnych mogą łącznie przynieść straty około 100 tysięcy ludzi i konieczność ewakuacji 500 tysięcy [1].

Powyższe liczby pokazują jak wiele zależy od sprawnego funkcjonowania służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne. Jednym z kluczowych czynników stanowiących o tej sprawności jest dostęp do wiarygodnej informacji. Stan kryzysowy, będący następstwem zdarzeń nagłych, charakteryzujący się zagrożeniem bezpieczeństwa ludzi i mienia, przy jednoczesnym ograniczeniu funkcjonowania organów i struktur administracji [2] jest sytuacją wysoce stresogenną, a jednocześnie wymaga działań szybkich i precyzyjnych. Dlatego wykorzystanie nowoczesnych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie kryzysowe jest bardzo ważne. Niniejszy artykuł omawia jeden z elementów tych systemów, odpowiedzialny za informację przestrzenną i proponuje zastosowanie oprogramowania amerykańskiej firmy MapInfo Corporation jako zintegrowanej platformy dla celów gromadzenia, aktualizacji i analiz informacji przestrzennej.

Znaczenie informacji przestrzennej dla zarządzania kryzysowego

Stan zorganizowania państwa pozwalający na podjęcie planowych i zorganizowanych działań w celu zapewnienia bezpieczeństwa ludności, mieniu i środowisku określa się mianem gotowości cywilnej [2]. Od niej uzależniona jest skuteczność zarządzania kryzysowego. Gotowość cywilna zakłada trzy główne fazy: przygotowania, reagowania i odbudowy [2].

Pierwsza faza jest stanem permanentnym. Zakłada działania pozwalające na takie przygotowanie ludzi i sprzętu, aby w momencie zaistnienia zdarzenia, a zatem przejścia do fazy reagowania, możliwe było podjęcie natychmiastowych i skoordynowanych czynności w celu minimalizacji skutków stanu kryzysowego. Z kolei faza odbudowy powinna zacząć się właściwie już w trakcie fazy reagowania i ma na celu zapewnienie podstawowych warunków życia osobom poszkodowanym oraz odbudowanie zniszczeń.

Skuteczność działania we wszystkich fazach gotowości cywilnej jest bardzo mocno uzależniona od dostępu do informacji na temat lokalizacji w przestrzeni geograficznej obiektów i zjawisk

bezpośrednio związanych z zaistniałym (lub mogącym zaistnieć) stanem kryzysowym. Dlatego jedną z bardzo ważnych czynności w fazie przygotowania jest gromadzenie danych zarówno opisowych jak i w formie map. Są to dane dotyczące:

- liczby ludności i jej przestrzennego rozmieszczenia,
- elementów środowiska naturalnego i infrastruktury,
- miejsc oraz rodzajów potencjalnego zagrożenia,
- lokalizacji sił i środków wykorzystywanych w akcjach ratowniczych.

Zgromadzone dane mogą być wykorzystane do kompleksowych analiz zagrożeń polegających na zdefiniowaniu czynników wywołujących zagrożenie oraz stworzeniu modelu przebiegu ewentualnej katastrofy. Analizy takie mogą wspomagać tworzenie planów działań ratowniczych i ewakuacji, a także pomóc w oszacowaniu potencjalnych strat.

Pierwszą czynnością w fazie reagowania jest zlokalizowanie miejsca zdarzenia oraz obszarów zagrożonych. Napływające informacje o stratach w ludziach, zniszczeniu infrastruktury, czy skażeniu środowiska, pozwalają na stworzenie całościowego obrazu kryzysu. Jednocześnie zgromadzone w fazie przygotowania informacje zostają w pełni wykorzystane. Niemal natychmiast można oszacować liczbę i miejsca pobytu osób pozostających w strefie zagrożenia. Możliwe staje się alarmowanie ludności, jak i optymalne rozlokowanie sił i środków, co zmniejsza skutki dysproporcji pomiędzy zapotrzebowaniem na pomoc a możliwościami jej niesienia. Śledzenie położenia ekip ratunkowych umożliwia efektywne kierowanie akcją ratowniczą. Również planowanie i przeprowadzanie ewakuacji nie może obyć się bez mapy dróg z aktualną informacją o ich przejezdności.

Zapotrzebowanie na informację przestrzenną w fazie odbudowy nie jest mniejsze niż w pozostałych fazach. Pierwsze zadanie to zabezpieczenie bytu osobom dotkniętym katastrofą. Dane zebrane w trakcie działań ratunkowych powinny zostać tak przeanalizowane, aby ustalić trasy którymi może docierać pomoc oraz kolejność jej niesienia. Będąc w posiadaniu informacji o nasileniu i przebiegu katastrofy oraz lokalizacji elementów infrastruktury możliwe jest oszacowanie strat. Ważne jest, aby przystąpić do odbudowy w odpowiedniej kolejności: na początku zapewnić działanie urzędów najpotrzebniejszych.

Z powyższego wynika, że dla celów zarządzania kryzysowego niezbędne staje się korzystanie z narzędzi pozwalających na gromadzenie wszystkich potrzebnych informacji, odpowiednie ich przetworzenie i analizę. Dlatego od wielu już lat stosuje się w zarządzaniu kryzysowym Geograficzne Systemy Informacyjne (GIS – *Geographical Information Systems*).

Podstawowe informacje o Geograficznych Systemach Informacyjnych

W obecnych czasach najpowszechniejszymi narzędziami wspomagającymi człowieka są komputery. Służą one między innymi do gromadzenia danych opisujących pewne obiekty i zjawiska istniejące w otaczającym nas świecie. Dane, które opisują nie tylko cechy obiektów i zjawisk, ale także ich położenie w przestrzeni, nazywamy danymi geograficznymi. Geograficzne Systemy Informacyjne służą do gromadzenia, przetwarzania, przechowywania i analizy danych geograficznych. GIS składa się przede wszystkim z odpowiedniego oprogramowania i sprzętu, zgromadzonych danych, stosowanych algorytmów i procedur pozyskiwania informacji oraz z ludzi, którzy GIS tworzą, obsługują i korzystają z niego[3].

Typowa baza danych geograficznych składa się z dwóch elementów. Pierwszym z nich są tablice, w których przechowywana jest część tematyczna danych. Opisują one cechy atrybutowe obiektów i zjawisk. Drugi element to dane przestrzenne, przechowywane w postaci graficznej jako mapa. Oba te elementy są ze sobą połączone w taki sposób, aby dostarczać najpełniejszej informacji: zarówno w postaci graficznej jak i opisowej. Zatem GIS łączy w sobie wszystkie zalety zarówno mapy, jak i bazy danych. Na mapie znajduje się informacja o położeniu, wielkości i sąsiedztwie obiektów i zjawisk, zaś w bazie danych może znajdować się niemal nieograniczona ilość informacji opisowej.

Mapy w Geograficznych Systemach Informacyjnych najczęściej zbudowane są z wielu warstw, poświęconych odpowiednio innemu rodzajowi obiektów lub zjawisk¹ (przykładowo: warstwa wód,

¹ Różnego rodzaju dane przestrzenne przedstawiane są przy pomocy wektorowego lub rastrowego modelu danych. W modelu wektorowym obiekty przedstawiane są przy pomocy trzech elementów: punktu, linii i wieloboku. W modelu rastrowym warstwa przedstawiona jest w postaci regularnej siatki kwadratów: każdemu elementowi siatki przypisana jest wartość w zależności od obiektu jaki on reprezentuje.

warstwa dróg, warstwa lasów, warstwa gleb na danej głębokości, warstwa sieci ciepłej itd.). Możliwość selektywnego wybierania warstw pozwala na komponowanie map o dowolnej treści oraz przeprowadzania różnego typu analiz poprzez nałożenie na siebie warstw pozyskanych z różnych źródeł lub w różnym czasie. Pozwala to na zaobserwowanie wzajemnych zależności między obiektami. Innym rodzajem analiz przestrzennych wykonywanych przy zastosowaniu GIS jest analiza sąsiedztwa. Polega ona na stworzeniu strefy jednakowego oddalenia (buforu) od obiektu i sprawdzeniu czy inne obiekty leżą wewnątrz.² Model rastrowy danych geograficznych pozwala na przedstawianie zjawisk ciągłych, takich jak przykładowo: wysokość terenu, temperatura powietrza, skażenie gleby itd.

Dziedziną ściśle związaną z Geograficznymi Systemami Informacyjnymi, której nie można pominąć, jest Teledetekcja. Dostarcza ona wysoce wiarygodnych i bardzo cennych danych w postaci zdjęć lotniczych, satelitarnych lub obrazów radarowych. Teledetekcja to dziedzina zajmująca się badaniem powierzchni ziemi poprzez pomiar energii elektromagnetycznej odbitej lub emitowanej przez obiekty. Dzięki temu, że różne obiekty odbijają lub przepuszczają promieniowanie elektromagnetyczne w różnych zakresach długości fali, możliwa jest ich identyfikacja oraz określenie stanu, w jakim się znajdują. Pozwala to na szybkie tworzenie bardzo aktualnych map pokrycia terenu, czy też badanie skażenia środowiska.

Innym bardzo ważnym systemem dostarczającym danych dla GIS jest satelitarny system pozycjonowania GPS (*Global Positioning System*). Przy pomocy odpowiedniego odbiornika, możliwy jest bardzo dokładny pomiar współrzędnych geograficznych. Działanie GPS oparte jest o konstelację krążących wokół Ziemi satelitów. Mierzona jest odległość satelitów od odbiornika i na tej podstawie wyznaczana dokładna jego pozycja.

W świetle opisanych wymagań związanych z informacją przestrzenną Geograficzne Systemy Informacyjne są doskonałym narzędziem dla zarządzania kryzysowego. Dane dotyczące ludności, środowiska naturalnego, infrastruktury i ewentualnych zagrożeń mogą być gromadzone i analizowane, czego efektem będzie konkretna informacja wspomagająca procesy decyzyjne.

GIS dla zarządzania kryzysowego: analiza wymagań

Geograficzne Systemy Informacyjne w świetle wymagań zarządzania kryzysowego powinny spełniać następujące funkcje:

- gromadzenie danych zarówno tematycznych (opisowych) jak i przestrzennych,
- szybki dostęp do informacji graficznej i opisowej,
- błyskawiczna lokalizacja miejsc w przestrzeni geograficznej na podstawie różnego typu informacji,
- integrowanie danych o niejednorodnym charakterze i pochodzących z wielu źródeł,
- przeprowadzanie analiz danych, niezbędnych z punktu widzenia zarządzania kryzysowego,
- wizualizacja danych oraz wyników analiz,
- łatwe i szybkie publikowanie wyników analiz: map i informacji opisowej w Internecie lub Intranecie,
- łatwość i intuicyjność obsługi,
- możliwość połączenia z zewnętrznym systemem informatycznym.

Od początku tworzenia Geograficznego Systemu Informacji dla potrzeb zarządzania kryzysowego wprowadza się do niego dane. Proces ten jest, a przynajmniej powinien być, kontynuowany przez cały czas. Warunkiem sprawnego funkcjonowania systemu jest posiadanie aktualnych danych. Nieaktualne dane mogą stać się przyczyną błędnych decyzji prowadzących w konsekwencji do niepowodzenia akcji ratowniczych i narażania ludzi i sprzętu na niebezpieczeństwo.

Dane do systemu są wprowadzane przez jego twórców lub pozyskiwane z innych źródeł. Ważne jest zatem aby istniały możliwości wprowadzania danych (np. digitalizacja) oraz importu danych z różnych innych programów komputerowych. System powinien obsługiwać oba modele danych przestrzennych: zarówno wektorowy jak i rastrowy. Powinien też umożliwiać zmianę układu współrzędnych geograficznych i manipulację odwzorowaniami. Gdy system jest już zasilony

² Praktycznym zastosowaniem dla analizy sąsiedztwa może być stworzenie buforu o zadanym promieniu od miejsca jakiegos niebezpiecznego zdarzenia i sprawdzenie ile np. budynków mieszkalnych znajduje się wewnątrz buforu.

odpowiednimi danymi, musi powalać na szybkie przeszukiwanie bazy danych oraz selektywne wyświetlanie warstw tematycznych (zarówno wektorowych jak i rastrowych). Niezwykle ważne jest, aby użytkownicy mogli błyskawicznie znajdować konkretną lokalizację na mapie, bez względu na to czy znają jej współrzędne geograficzne, nazwę obiektu, adres lub nawet położenie względne³. System powinien pozwalać na wizualizację w czasie rzeczywistym pozycji wyznaczonych przez znajdujące się w terenie odbiorniki GPS. Dzięki temu możliwe jest śledzenie ekip ratowniczych w czasie akcji.

O pełnym wykorzystaniu Geograficznego Systemu Informacyjnego możemy mówić, kiedy zgromadzone dane na podstawie analiz dostarczają nową informację. Integracja danych (nakładanie na siebie warstw), analizy sąsiedztwa (buforowanie), zapytania do bazy danych uwzględniające również operatory przestrzenne⁴, wizualizacja na mapie wartości zmiennych przechowywanych w bazach danych - to tylko niektóre przykłady takich analiz na warstwach wektorowych.

Ogromne możliwości analiz niesie za sobą rastrowy model przedstawiania danych przestrzennych. Najczęściej warstwy rastrowe są mapami stworzonymi przy zastosowaniu teledetekcji oraz mapami zjawisk ciągłych utworzonymi poprzez interpolację wartości pomierzonych w pewnych punktach. Przykładem szczególnie przydatnej mapy rastrowej jest cyfrowy model terenu (DEM - *Digital Elevation Model*), gdzie każdej komórce przypisana jest wartość rzędnej terenu. DEM jest wręcz nieodzowny podczas analiz dotyczących powodzi, bowiem umożliwia wyznaczenie z dużą dokładnością zasięgu zalewu. Innym przykładem analizy na mapach rastrowych jest wyliczenie z DEM spadków terenu, a następnie dzięki mapie glebowej i mapie pokrycia terenu określenie obszarów zagrożonych obsunięciami gruntu.

Łatwy dostęp do danych zgromadzonych w systemie oraz do wyników analiz powinny mieć wszystkie służby biorące udział w akcjach ratowniczych. Zasoby te w postaci informacji tekstowej i map udostępnione w Internecie lub Intranecie mogą być wykorzystane przez jednostki posiadające jedynie komputer podłączony do sieci i standardową przeglądarkę internetową. GIS jest tylko jednym z komponentów całego systemu wspomagania zarządzania kryzysowego. Dlatego musi mieć możliwość informatycznej integracji z innymi elementami tego systemu (np. połączenie bazy danych numerów telefonicznych z centralą telefoniczną).

Korzystanie z systemu powinno być łatwe i intuicyjne. Jak już wspomniano stany kryzysowe są sytuacją stersogenną, charakteryzującą się dynamicznym przebiegiem. Osoby korzystające z systemu w fazie reagowania muszą obsługiwać system bardzo sprawnie również pod presją czasu i stresu. Dlatego konieczne jest stworzenie przyjaznego interfejsu aplikacji dostosowanego do specyfiki przeprowadzanych analiz.

Opisane powyżej wymagania, jakie stawia zarządzanie kryzysowe wobec Geograficznych Systemów Informacyjnych nie wyczerpują całkowicie zagadnienia lecz sygnalizują najważniejsze elementy, których zabraknąć nie może. Kryteria te powinny być stosowane przy wyborze oprogramowania, z którego korzysta się tworząc GIS. Jednocześnie należy mieć na uwadze inne, bardzo ważne jego elementy - jak choćby aktualne i wiarygodne dane, niezawodny sprzęt oraz wykwalifikowaną kadre.

Technologia MapInfo jako platforma GIS dla zarządzania kryzysowego

Projektując Geograficzny System Informacyjny trzeba zdecydować się na konkretne oprogramowanie. Specyfika zastosowań GIS w zarządzaniu kryzysowym wymaga wyboru jednolitej technologii, tak aby nie powstawały konflikty wewnątrz systemu. W niniejszej publikacji taką technologię określa się mianem zintegrowanej platformy GIS. Jest to grupa aplikacji, które niejako "z definicji" współpracują ze sobą bezkonfliktowo. Stworzenie takiej jednolitej platformy jest możliwe gdy stosuje się oprogramowanie producenta, który dostarcza wszelkich potrzebnych modułów systemu, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości wymiany danych z systemami innych producentów. W obecnej chwili czołowe firmy z branży GIS spełniają ten warunek. Jedną z nich jest MapInfo Corporation - producent oprogramowania MapInfo.

³ Określa położenie względem innego obiektu [4] np. róg Marszałkowskiej i Nowogrodzkiej.

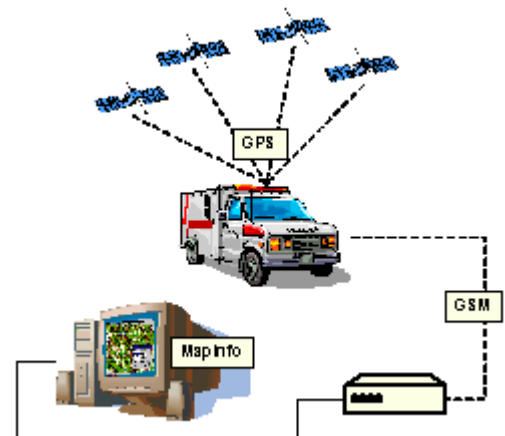
⁴ Tworząc zapytania do bazy danych w systemach GIS można korzystać zarówno z operatorów logicznych takich jak koniunkcja (AND), alternatywa (OR) itp., jak i z operatorów przestrzennych: jest w obrębie (WITHIN), zawiera (CONTAINS), przecina (INTERSECTS) itd.

oraz - dzięki możliwości importu danych - korzystać z baz stworzonych w innym oprogramowaniu. W przypadku gdy baza danych znajduje się na innym komputerze, można skonfigurować połączenie z odległą bazą danych, poprzez zastosowanie sterowników ODBC (*ang. Open Database Connectivity*).

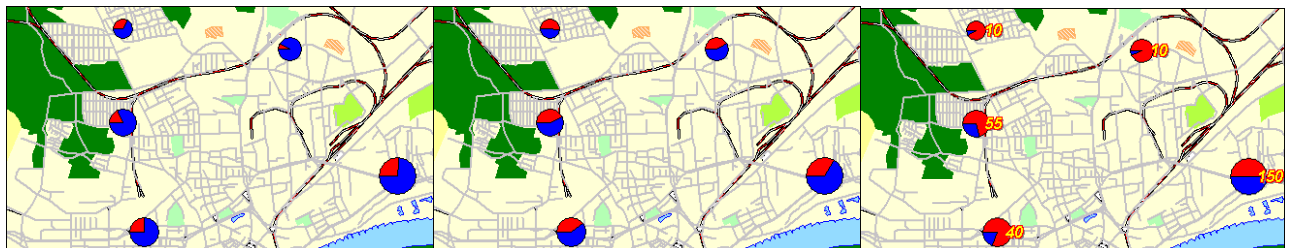
W zależności od informacji jaką posiada użytkownik, lokalizacji na mapie można szukać podając:

- nazwę obiektu (np. nazwę gminy lub miejscowości, numer drogi),
- położenie obiektu względem innego, co ma zastosowanie do dróg i ulic (skrzyżowanie Nowogrodzka z Kruczą, skrzyżowanie drogi nr 17 z drogą nr 826),
- współrzędnych geograficznych (długość i szerokość geograficzna).

Zastosowanie adresowych planów umożliwia odnalezienie konkretnego adresu, z uwzględnieniem strony ulicy. Wszystkie opisane wyżej sposoby znajdowania lokalizacji można także wykorzystać do automatycznego nanoszenia danych z bazy na mapę w procesie geokodowania. W wyniku geokodowania, baza danych zawierająca informację o lokalizacji dowolnych obiektów otrzymuje swoją reprezentację graficzną w postaci punktów na mapie. Każdy nowostworzony punkt jest połączony z odpowiadającym mu rekordem. Innym sposobem lokalizacji na mapie jest wizualizacja pomiarów z odbiornika GPS (np. zamontowanego w karetce pogotowia) w czasie rzeczywistym. W tym przypadku korzysta się z aplikacji Geographic Tracker standardowo załączanej do MapInfo Professional. Dodatkowo należy skorzystać z urządzeń przesyłających na bieżąco dane o lokalizacji do centrali. Schemat działania połączenia GPS z MapInfo przedstawia rysunek 3. Pozycja pojazdu wyznaczana jest przez system GPS, po czym współrzędne przesyłane są dzięki łączności GSM (telefony komórkowe), do centrali. Tam sygnał jest odbierany przez odpowiednie urządzenie i przesyłane przez port szeregowy do komputera z zainstalowanym MapInfo Professional. Lokalizacja pojazdu wyświetlana jest na mapie, wraz z komunikatem o prędkości jazdy. Przesyłanie lokalizacji odbywa się z dużą częstotliwością, zatem w centrali znana jest zawsze aktualna pozycja pojazdu.



Rys 3. Schemat połączenia GPS z MapInfo Professional



Rys 4. Automatycznie uaktualniana mapa tematyczna obłożenia szpitali w trakcie trwania akcji ratowniczej.

MapInfo Professional pozwala na analizowanie i przeszukiwanie bazy danych. Przykładowo, jeżeli w bazie danych znajduje się informacja na temat jednostek ratowniczo gaśniczych (JRG) można wyszukać taką JRG, która posiada odpowiedni sprzęt. W kwerendach (zapytaniach do bazy danych) można korzystać z dwóch zbiorów, a więc można wyszukać JRG z odpowiednim sprzętem zlokalizowaną w zadanym promieniu od miejsca zdarzenia.

Dane zawarte w bazie można również analizować wizualizując je w postaci map tematycznych. MapInfo ma bogate możliwości wizualizacji. Mogą to być mapy stopniowanych symboli, kolorów i grubości linii, kartogramy, wykresy kołowe, słupkowe i inne. Mapa tematyczna jest interaktywnie połączona z tabelą: każda zmiana wartości w tabeli powoduje zmianę na mapie. Rysunek 4 przedstawia analizę, godzina po godzinie, „obłożenia rannymi” w szpitalach. Napływające dane są wprowadzane przez dyspozytora do systemu, po czym aktualna sytuacja jest wyświetlana na monitorze. Na podstawie takiej mapy dyspozytor może kierować karetki do odpowiedniego szpitala.

Baza danych nie musi zawierać jedynie liczb lub tekstu. W odpowiednim polu może być zapisana ścieżka dostępu do zdjęcia (lub jakiegokolwiek innego dokumentu). Kliknięcie na obiekt na mapie spowoduje wyświetlenie zdjęcia przedstawiającego obiekt, lub dokumentu z dokładnym jego opisem i planami ewakuacji. Korzystając z standardowej aplikacji Mapa HTML, gotową mapę wraz z danymi i odnośnikami do zdjęć, można publikować na stronie internetowej (bez potrzeby znajomości języka HTML).

Jak już wspomniano, MapInfo Professional jest programem wektorowym. Aby tworzyć i analizować warstwy rastrowe należy korzystać z nakładki Vertical Mapper. Jest to aplikacja stworzona specjalnie dla MapInfo przez firmę Northwood Geoscience. Programy te razem, określane są mianem "Dynamic Duo" i stanowią potężne narzędzie GIS, w którym możliwości wektorowego MapInfo Professional uzupełnione są rastrowymi analizami Vertical Mapper-a.

Siatki rastrowe pozwalają przede wszystkim na ujęcie w analizach czynnika bardzo istotnego

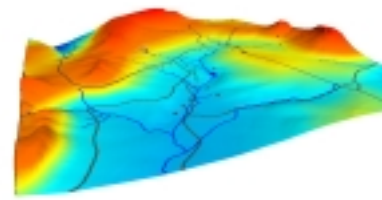
jakim jest rzeźba terenu oraz wizualizację zjawisk o charakterze ciągłym. Vertical Mapper posiada szereg metod interpolacji siatek z wykorzystaniem punktów pomiarowych. Punkty te mogą być zarówno pikietami wysokościowymi - i wtedy w wyniku interpolacji otrzymujemy numeryczny model terenu - jak i innymi punktami pomiarowymi. Wspomniane metody interpolacji pozwalają na tworzenie odpowiednich siatek z uwzględnieniem charakterystyki zjawiska. Możliwa jest trójwymiarowa wizualizacja siatek z leżącymi na niej warstwami wektorowymi, co zostało przedstawione na rysunku 5.

Przykładem zastosowania cyfrowego modelu terenu (DEM) jest analiza zasięgu zalewu w przypadku powodzi, w zależności od wysokości fali wezbraniowej. Rysunek 6 prezentuje taką analizę. Na mapach widać, które obiekty i odcinki dróg są zalane w zależności od wysokości fali powodziowej. Taka analiza może być przeprowadzona albo w fazie przygotowania i posłużyć do opracowania planów ewakuacyjnych, lub też może być wykonywana na bieżąco w trakcie trwania stanu kryzysowego dla wizualizacji aktualnej sytuacji.

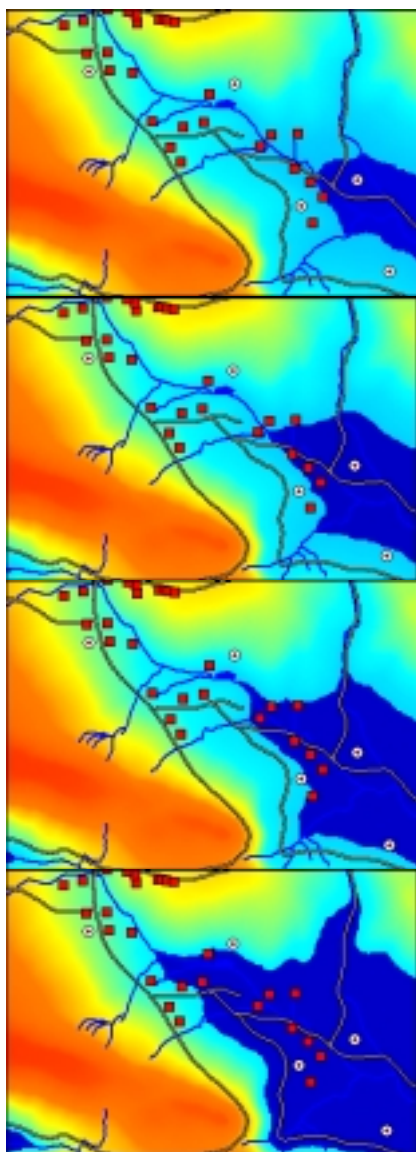
Z cyfrowego modelu terenu można uzyskać inne charakterystyki, takie jak ekspozycja (kierunek nachylenia stoku) czy spadki terenu. Przedstawienie na mapie stromych stoków pozwana przykładowo wyznaczyć na terenach górskich potencjalne miejsca lawiniaste.

Vertical Mapper może także posłużyć do przeprowadzania działań na siatkach rastrowych. Umożliwiają to takie funkcje jak kalkulator siatek, pozwalający na wykonanie dowolnego przeliczenia nakładanych na siebie rastrow. Istnieje także możliwość tworzenia kwerend z zastosowaniem siatek rastrowych. Przykładem takiej kwerendy jest wyznaczenie miejsc, gdzie występują grunty o słabych właściwościach nośnych, nie pokryte roślinnością i gdzie spadki terenu przekraczają pewną wartość. Tak wyznaczone tereny są najbardziej zagrożone zsuwaniem się mas gruntu podczas długotrwałych opadów deszczu.

Pośród innych licznych funkcji Vertical Mapper posiada bardzo użyteczną możliwość sprawdzania widoczności z punktu do punktu, jak i tworzenia siatki widoczności. Użytkownik może wskazać dwie lokalizacje i wyniku otrzymać wykres



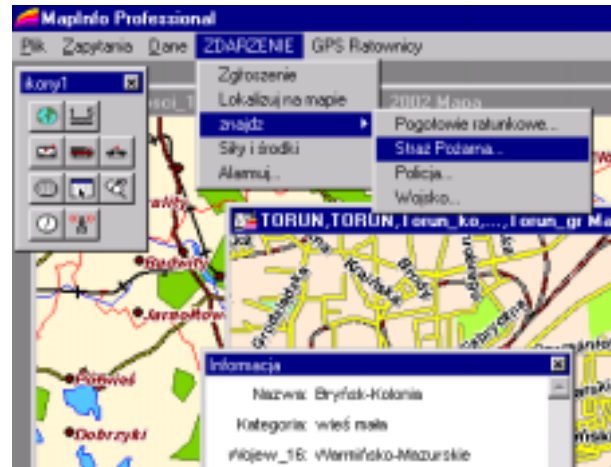
Rys 5. Trójwymiarowa wizualizacja modelu terenu z umieszczonymi na niej warstwami wektorowymi



Rys 6. W zależności od poziomu wody coraz więcej obiektów i dróg pozostaje w zasięgu zalewu.

widoczności oraz informacje czy punkty są nawzajem widoczne. Siatka widoczności jest również tworzona na podstawie DEM: po wskazaniu punktu na mapie użytkownik otrzymuje w wyniku mapę, na której zaznaczone są obszary widoczne i niewidoczne z tego punktu. Zamieszczone pod koniec artykułu studium przypadku akcji ratunkowej podczas burzy śnieżnej w Stanach Zjednoczonych pokazuje, w jaki sposób tę funkcję można zastosować dla celów zarządzania kryzysowego.

MapInfo Professional choć jest gotowym i pełnowartościowym programem, nie jest zamknięty na modyfikacje i rozszerzenia. Specyfika działalności jaką jest ratownictwo i zarządzanie kryzysowe sprawia, że podstawowa funkcjonalność może nie wystarczać. Dzięki językowi programowania MapBasic użytkownik lub twórca systemu może zaprogramować zupełnie nowe funkcje, zmienić interfejs MapInfo (rysunek 7) oraz zaprojektować wygodne okna dialogowe, umożliwiające bardzo łatwe i sprawne posługiwanie się programem. MapBasic umożliwia także łączenie MapInfo Professional z innymi aplikacjami tak, aby usprawnić ich współpracę. Korzystając z systemu w czasie fazy reagowania konieczna jest automatyzacja szeregu czynności. Zamiast ustawiać kolejne potrzebne warstwy mapy, wyszukiwać lokalizacje, tworzyć zapytania do bazy danych, można przygotować aplikację w MapBasic-u która po wypełnieniu odpowiedniego okna dialogowego otwiera autoamtycznie odpowiednie warstwy, pokazuje lokalizację zdarzenia i najbliższe położone JRG posiadające konkretny sprzęt.



Rys 7. Zmieniony interfejs MapInfo Professional: zmodyfikowane menu oraz dodane specjalne kony.

Przykładem rozszerzania funkcjonalności MapInfo jest - stworzona przez firmę IMAGIS Sp. z o.o. - aplikacja optymalizująca trasy przejazdu. Dzięki niej można wyznaczyć najkrótszą bądź najszybszą trasę łączącą dwa punkty na mapie drogowej lub planie miasta. Możliwe jest zatem optymalizowanie tras podczas kierowania ewakuacją lub znalezienie najlepszego połączenia dla pojazdów z wykluczeniem tras nieprzejezdnych.

Grupa produktów MapInfo zawiera także narzędzia do tworzenia interaktywnych stron internetowych zawierających mapy. P. Sienkiewicz w swojej publikacji "Informatyczne wspomaganie decyzji w sytuacjach kryzysowych" [5] opisuje "Intranet antykryzysowy" - wewnętrzną sieć komputerową opartą na standardach internetowych, dedykowaną zarządzaniu kryzysowemu. Dzięki takiej sieci możliwe jest przekazywanie informacji pomiędzy służbami biorącymi udział w opanowywaniu kryzysu. Stworzenie odpowiednich stron internetowych zawierających dynamiczne mapy możliwe jest przy zastosowaniu technologii MapInfo MapXtreme. Dowolne służby przyłączone do takiego intranetu mogłyby korzystać z map i baz danych posiadając jedynie klasyczną przeglądarkę internetową.

Jak wiadomo sytem nie może spełniać swoich zadań bez aktualnych i dokładnych danych. Wysoka czasochłonność i kosztocłonność tworzenia map cyfrowych jest jednym z podstawowych problemów w czasie tworzenia GIS-u. Niezbędne staje się częściowe korzystanie z danych już gotowych, między innymi z map tworzonych przez administrację lokalną. W Polsce 14 urzędów wojewódzkich oraz ponad 40 urzędów miejskich i gminnych posiada oprogramowanie MapInfo. Są to potencjalne źródła gotowych danych do wykorzystania w zarządzaniu kryzysowym.

Polski dystrybutor, firma IMAGIS Sp. z o.o. jest także producentem map i adresowych planów miast. Te ostatnie zasługują na szczególną uwagę. Zawierają kompletną siatkę ulic miasta z informacją adresową przypisaną do odcinków między sąsiadującymi skrzyżowaniami, dzięki czemu możliwe jest wskazanie dokładnej lokalizacji każdego adresu. Numery adresowe weryfikowane są podczas prac terenowych, dlatego plany te charakteryzują się dużą dokładnością. Oprócz warstw graficznych i danych adresowych zawierają informacje o ich typie i kierunkowości co pozwala na prawidłową optymalizację trasy [6]. W stałej ofercie IMAGIS Sp. z o.o. znajdują się między innymi mapy: topograficzna, osadnicza, drogowa. Ponieważ wspomniane mapy i plany miast są już gotowe, ich cena jest nieporównywalnie mniejsza od kosztu tworzenia takich map od początku.

MapInfo Professional wraz z opisanymi komponentami stanowi platformę do budowy GIS-u dla celów zarządzania kryzysowego. System taki, aby był pełnowartościowy musi być odpowiednio wdrożony i dostosowany, między innymi poprzez stworzenie specjalistycznych, dedykowanych aplikacji. System taki można jednak tworzyć stopniowo, rozpoczynając od MapInfo Professional i rozbudowując później o pozostałe elementy.

Przykłady zastosowania technologii MapInfo

Zastosowanie MapInfo dla celów ratownictwa i zarządzania kryzysowego nie jest niczym nowym. Walka ze wspomnianymi na początku artykułu pożarami buszu w Australii, to jedno z takich zastosowań. "The Australian" z grudnia 1997 roku [7] opisuje zastosowanie MapInfo Professional w jednostkach straży pożarnej. Stworzono dokładne mapy obszaru z rozróżnieniem rodzaju roślinności. Naniesiono na nie ważne źródła wody i energii elektrycznej, domy, magazyny płynów łatwopalnych i inne obiekty ważne z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej. Z pomocą tych map tworzone plany ratownicze i ewakuacyjne oraz szybko i łatwo lokalizowano miejsca szczególnie zagrożone ogniem. Do tego celu korzystano z cyfrowego modelu terenu, dzięki któremu stworzono mapę ekspozycji stoku i spadków. Wyznacza ona stoki północno-zachodnie o nachyleniu większym niż 15 stopni. Z uwagi na nagrzewanie tych miejsc prawdopodobieństwo powstania tam ognia jest znacznie większe.

Brytyjska firma telekomunikacyjna British Telecom PLC korzysta z MapInfo, które jest zintegrowane z systemem publicznego powiadamiania i ostrzegania przez telefon (*Public Warning and Information by Telephone System*). Operator po otrzymaniu informacji o zagrożeniu ustala jego lokalizację. W zależności od charakteru katastrofy wyznacza region zagrożony. Nagrywa wiadomość ostrzegającą oraz instrukcję ewakuacji. Dzięki MapInfo może znaleźć wszystkie obiekty (domy mieszkalne, szkoły, urzędy) pozostające w strefie zagrożenia. Korzystając z bazy danych centrala automatycznie wybiera numery telefonów tych obiektów. Nagrana wiadomość jest odtwarzana po odebraniu telefonu. Na koniec, operator otrzymuje mapę z zaznaczonymi obiektami, w których nie odebrano komunikatu (wraz z tymi gdzie nie ma telefonu). Może wówczas wysłać tam odpowiednie służby [8].

Mieszkańcom wschodniego pogranicza USA i Kanady styczeń roku 1998 kojarzy się burzą śnieżną, która spowodowała ogromne straty i odcięła od świata setki domów. Sytuacja była na tyle groźna, że do pomocy poszkodowanym i usuwania skutków kataklizmu skorzystano z pomocy Gwardii Narodowej. W akcji udział brali specjaliści z Rządowej Agencji Zarządzania Kryzysowego (FEMA - *Federal Emergency Management Agency*) oraz MapInfo Corporation, którzy zastosowali oprogramowanie MapInfo Professional z aplikacją Vertical Mapper do koordynowania działań. Skorzystano ze wszystkich możliwych danych o ludności i infrastrukturze obszaru dotkniętego kryzysem. Zaimportowano je do MapInfo i analizowano na mapach. Zlokalizowano miejsca gdzie pomoc była szczególnie potrzebna. Docierano do wszystkich domów, zaś rezultaty akcji na bieżąco wprowadzano do systemu i wizualizowano na mapach. Dzięki temu nie dublowano wysiłków, kierowano pomoc do najbardziej potrzebujących i nie pominięto żadnego domu. Wszystkie informacje docierające z terenu od razu nanoszono na mapę, tak że wiadomo było, które drogi są przejezdne i które miejscowości pozostają bez prądu i wody. Dodatkowym problemem był brak łączności z powodu awarii linii telefonicznej i anten sieci komórkowej. Z wykorzystaniem cyfrowego modelu terenu wyznaczono optymalne miejsce lokalizacji awaryjnej anteny. Dzięki temu w bardzo krótkim czasie nawiązano łączność ze wszystkimi miejscami dotkniętymi kataklizmem [9].

W Polsce oprogramowanie MapInfo także jest wykorzystywane dla celów bezpieczeństwa publicznego. Zintegrowany System Ratownictwa Miejskiego opracowany przez firmę Fin Skog Geomatics International Sp. z o.o. dla Państwowej Straży Pożarnej jest aplikacją współdziałającą z MapInfo Professional. Dzięki modułowi mapowemu możliwa jest wizualizacja miejsca zdarzenia, wyznaczanie stref zagrożonych, lokalizacja obiektów istotnych z punktu widzenia działań ratowniczych [10].

Bardzo ciekawym przykładem zastosowania MapInfo Professional i Vertical Mapper w analizach przydatnych dla zarządzania kryzysowego jest wykorzystanie cyfrowego modelu terenu do opracowania instrukcji na wypadek awarii urządzeń piętrzących zbiornika Dzieńkowice. Wyznaczono

rzędne lustra wody, co pozwoliło na obliczenie objętości wód akumulowanych. Analiza modelu terenu posłużyła do stworzenia mapy terenów zagrożonych zalaniem przy różnym poziomie piętrzenia w zbiornikach, również z uwzględnieniem osiadania terenu na skutek eksploatacji górniczej [11].

Podczas akcji przeciwpowodziowej w lipcu 1997 roku, Urząd Miasta Szczecina wykorzystał swój informatyczny system zarządzania miastem. Jako element tego systemu wykorzystano MapInfo Professional do określenia zasięgu zalewu przy różnych wysokościach fali powodziowej. Symulacje pozwoliły oszacować ilość ludności, którą należy ewakuować oraz ilość samochodów, budynków i elementów infrastruktury pozostających w zasięgu zalewu. Wyznaczono miejsca zagrożające środowisku: szamba, stacje benzynowe, wysypiska śmieci. Informacja o przewidywanym zasięgu zalewu została opublikowana w Internecie i prasie (Gazeta Wyborcza z 18 lipca 1997), co znacznie uspokoiło opinię publiczną [12].

Podsumowanie

Skuteczne zarządzanie kryzysowe zależy od dobrego przygotowania służb, sprzętu, a co najważniejsze - stworzenia rzetelnych planów reagowania w sytuacjach nadzwyczajnych z uwzględnieniem rozmieszczenia w przestrzeni znaczących obiektów. Na bieżąco aktualizowana informacja o sytuacji w fazie reagowania jest także kluczowa. Planowe i szybkie usuwanie skutków stanów nadzwyczajnych w niemniejszym stopniu zależy od informacji przestrzennej. Dlatego stworzenie systemu dostarczającego takiej informacji jest koniecznością. MapInfo Professional z dodatkowymi aplikacjami, z powodzeniem może spełniać rolę zintegrowanej platformy informatycznej dla tych celów.

Bibliografia

- [1] Hołyński J., *Organizacja zaopatrzenia medycznego w medycynie ratunkowej i katastrof.*, Akademia Medyczna Łódź 2000
- [2] Kaliński M., *Miejsce gotowości cywilnej i zarządzania kryzysowego we współpracy cywilno-wojskowej.*, Ministerstwo Obrony Narodowej 1999
- [3] Kistowski M., Iwańska M., *Systemy Informacji Geograficznej; Zastosowanie w badaniach środowiska naturalnego.*, Poznań 1997
- [4] Magnuszewski A., *GIS w geografii fizycznej*, PWN 1999
- [5] Sienkiewicz P., *Informatyczne wspomaganie decyzji w sytuacjach kryzysowych.*, Ministerstwo Obrony Narodowej 1999
- [6] Strona WWW firmy IMAGIS Sp. z o.o.: <http://www.mapinfo.pl>
- [7] Jackson D., *Bushfires beaten on a keyboard*, The Australian, Grudzień 1997
- [8] Chvriar C., *Mapping with Public Safety in Mind*, MapWorld Magazine, Maj 1998
- [9] Sullivan-Liscomb H., *Overcoming the Ravages of Nature.*, MapWorld Magazine, Maj 1998
- [10] Cizmowski W., Zdunek Z., Skolimowski A., *Zintegrowany system ratownictwa miejskiego dla Państwowej Straży Pożarnej.*, materiały z Pierwszej Ogólnopolskiej Konferencji Użytkowników MapInfo, IMAGIS 1999
- [11] Konieczny W., *Vertical Mapper - narzędzie analiz trójwymiarowych w MapInfo Professional. Prognoza skutków awarii zbiornika wodnego.*, materiały z Pierwszej Ogólnopolskiej Konferencji Użytkowników MapInfo, IMAGIS 1999
- [12] Fiuk G., Kramarz M., *Informatyczny system wspomagający zarządzanie miastem na przykładzie Szczecina.*, materiały konferencyjne "Mapy numeryczne, ratownictwo i zintegrowane zarządzanie", Bydgoszcz 1999

Do stworzenia rysunków wykorzystano następujące mapy:

1. Punkty wysokościowe oraz mapa topograficzna Obniżenia Karłowskiego Gór Stołowych. Materiały udostępnione przez Dariusza Wajkowskiego (Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW).
2. Mapa topograficzna oraz adresowe plany miast: IMAGIS Sp. z o.o.