

Analiza bezpieczeństwa i ochrona stref pieszych przed aktami terroryzmu – nowe wyzwania dla GIS

Security analysis and protection of pedestrian zones against acts
of terrorism – new challenges for GIS

Konrad Eckes

Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna w Jarosławiu, Instytut Inżynierii Technicznej

Słowa kluczowe: terroryzm, GIS, ochrona obywateli, bezpieczeństwo publiczne, zarządzanie kryzysowe

Keywords: terrorism, GIS, citizen protection, public safety, crisis management

Wprowadzenie

W czasach obecnych jesteśmy świadkami stosowania nowych form aktów terrorystycznych skierowanych przeciwko obywatelom Unii Europejskiej – środkiem ataku na ludzi stały się teraz nie tylko materiały wybuchowe lub broń, lecz rozpędzony ciężki samochód wjeżdżający w skupisko ludzi. Takie tragiczne w skutkach wydarzenia miały miejsce ostatnio w kilku wielkich miastach europejskich: w Londynie (22 marca 2016 r.), w Nicei (14 lipca 2016 r.), w Berlinie (19 grudnia 2016 r.), w Sztokholmie (7 kwietnia 2017 r.), ponownie w Londynie (2 czerwca 2017 r.) i w Barcelonie (22 sierpnia 2017 r.). We wszystkich wymienionych zdarzeniach zginęło łącznie 127 ludzi i 726 zostało rannych.

Cała trudność zapobieżenia takim zdarzeniom polega na tym, że atak terrorystyczny ma miejsce w przestrzeni życia codziennego obywateli, na styku strefy pieszej i strefy przeznaczonej dla ruchu kołowego. Szeroka rozbudowa stref ruchu kołowego jest efektem rozwoju współczesnej cywilizacji, w której przemieszczanie się ludzi i ładunków materiałów jest czymś codziennym, koniecznym i normalnym. Podobnie czymś normalnym i codziennym jest gromadzenie się ludzi w mniejsze lub większe skupiska, lub także bardzo duże, jak w czasie imprez: rozrywkowych, sportowych, kulturalnych lub uroczystości religijnych. Gromadzenie się ludzi należy do zwyczajów współczesnej cywilizacji i takie skupiska ludzi mogą być szczególnym obiektem ataku terrorystycznego.

Nie wnikając w przyczyny tych tragicznych wypadków, możemy stwierdzić fakt, że to wszystko zdarza się w przestrzeni realnej: w przestrzeni przebywają ludzie i także poruszają się pojazdy. Ruch pojazdów odbywa się na styku z miejscem przebywania ludzi. Omawiany atak polega na wkroczeniu poruszającego się pojazdu w strefę przeznaczoną dla pieszych w celu dokonania jak największych zniszczeń.

Cechą odniesienia tych zdarzeń jest przestrzeń i relacje w niej występujące. Człowiek opracował środki opisu tej przestrzeni. Najważniejszym z nich jest współczesna forma mapy – system informacji przestrzennej GIS. Ludzie zajmujący się uzyskiwaniem i obiegiem informacji o przestrzeni realnej powinni czuć się odpowiedzialni za przeprowadzenie wszelkich studiów i analiz, które mogą w przyszłości zapobiec atakom terrorystycznym.

Wymienione na wstępie tragiczne zdarzenia dotyczą największych krajów europejskich, prawie wszystkich należących do wspólnoty Unii. Nie możemy nie interesować się tym problemem, jesteśmy członkiem Unii Europejskiej i mamy obowiązek świadczyć swoją myśl techniczną na rzecz bezpieczeństwa obywateli wspólnoty. Jesteśmy także zobowiązani do podejmowania takich działań, żeby tego typu zdarzenia nigdy nie zaistniały w naszym kraju. To, że nie doświadczyliśmy tego u nas, nie zwalnia nas od obowiązku rozwijania działalności prewencyjnej.

Problem, który należy rozwiązać polega na tym, że w realnej przestrzeni jest powszechna przyległość stref ruchu kołowego do stref ruchu pieszego, a ponadto nawet tam gdzie nie ma bezpośredniej przyległości, istnieje możliwość pojawienia się pojazdów atakujących ludzi. Relacje w przestrzeni tych dwóch stref powinny być przedmiotem studiów:

- czy istniejący stan opisu przestrzeni w GIS jest wystarczający i co możemy zrobić, żeby był bardziej przydatny do ochrony życia i zdrowia obywateli,
- jakie analizy w GIS mogą wspomagać działalność prewencyjną, eliminującą zagrożenia. Są to nowe wyzwania dla GIS.

Jak już wspomniano powyżej miejscem rodzącym konflikt jest styk strefy pieszej i strefy przeznaczonej dla ruchu kołowego. Konflikt staje się wysokim zagrożeniem, jeżeli ten styk jest łatwy do przekroczenia przez pojazdy. Mówiąc językiem narzędzi GIS – strefa ruchu kołowego może się nałożyć na strefę ruchu pieszego. Natomiast najwyższe niebezpieczeństwo powstaje, jeżeli na terenie pieszej znajduje się duże skupisko ludzi.

Podjmijmy ten problem dla zapewnienia bezpieczeństwa obywateli, czując się odpowiedzialnymi za opis przestrzeni realnej oraz dysponując narzędziami systemowymi do wykonywania operacji na tym opisie. Techniczną myślą przewodnią rozwiązywania problemu będzie analiza styku przestrzeni ruchu pieszego i strefy ruchu kołowego.

Budowanie warstw linii styku strefy pieszej ze strefą ruchu kołowego

Wyznaczenie linii styku strefy pieszej ze strefą ruchu kołowego jest oczywiście możliwe na podstawie bezpośredniej obserwacji obrazu mapy. Jednak naszym zadaniem jest wyznaczenie tej linii w sposób niewspółmiernie bardziej efektywny – w GIS, a ponadto zapisanie tej linii w taki sposób, żeby ten zapis mógł służyć do dalszych analiz. Naszym celem jest zbudowanie warstw linii styku na tle obiektów przestrzeni geograficznej.

Strefy piesze i strefy ruchu kołowego są w dużej skali (na przykład w skali 1:500) przedstawiane jako obiekty powierzchniowe. Warunkiem wykonania analizy przestrzennej, prowadzącej do przedstawionego celu, jest zapis wymienionych stref jako zamkniętych obszarów spójnych. Zatem zapisy obiektów w warstwach źródłowych w GIS, które będą przedmiotem dalszych analiz – muszą być poprawne pod względem topologicznym. Oczywiście zaawansowane pakiety GIS dostarczają wiele narzędzi systemowych do eliminowania błędów i tworzenia poprawnych pod względem topologicznym obrazów map (rys. 1).

Materiałem wyjściowym do wyznaczenia linii styku są obiekty powierzchniowe lub grupy jednorodnej klasy obiektów. Obraz mapy przedstawionej na rysunku 1 został zbudowany

Rysunek 1.
Przykładowy obszar mapy wielkoskalowej miasta z oznaczonymi kolorami grupami obiektów tej samej klasy. Zapis obrazu mapy, poprawny pod względem topologicznym, stanowi materiał źródłowy do wyznaczenia linii styku strefy pieszej ze strefą ruchu kołowego



w systemie ArcGIS 10 firmy Esri (Dokumentacja ArcGIS, 2016). Także wszystkie dalsze analizy i prezentacje zostały wykonane za pomocą narzędzi tego systemu.

ArcGIS oferuje wiele narzędzi do ustalania relacji pomiędzy obiektami powierzchniowymi, pomiędzy obiektami powierzchniowymi a liniowymi i punktowymi. W naszym przypadku chodzi jednak o wyznaczenie linii, która jest granicą pomiędzy obszarami. Dlatego praktycznie jest badać relacje nie pomiędzy obszarami, lecz pomiędzy liniami granicznymi. W tym celu jednolite klasy chodników pieszych i jezdni ulicznych (rys. 1), które skupiają obiekty powierzchniowe, zostały zamienione na klasy obiektów liniowych. Badając nakładanie się tych konturów granicznych, możemy otrzymać linie styku dwóch obszarów, będących przedmiotem naszego zainteresowania.

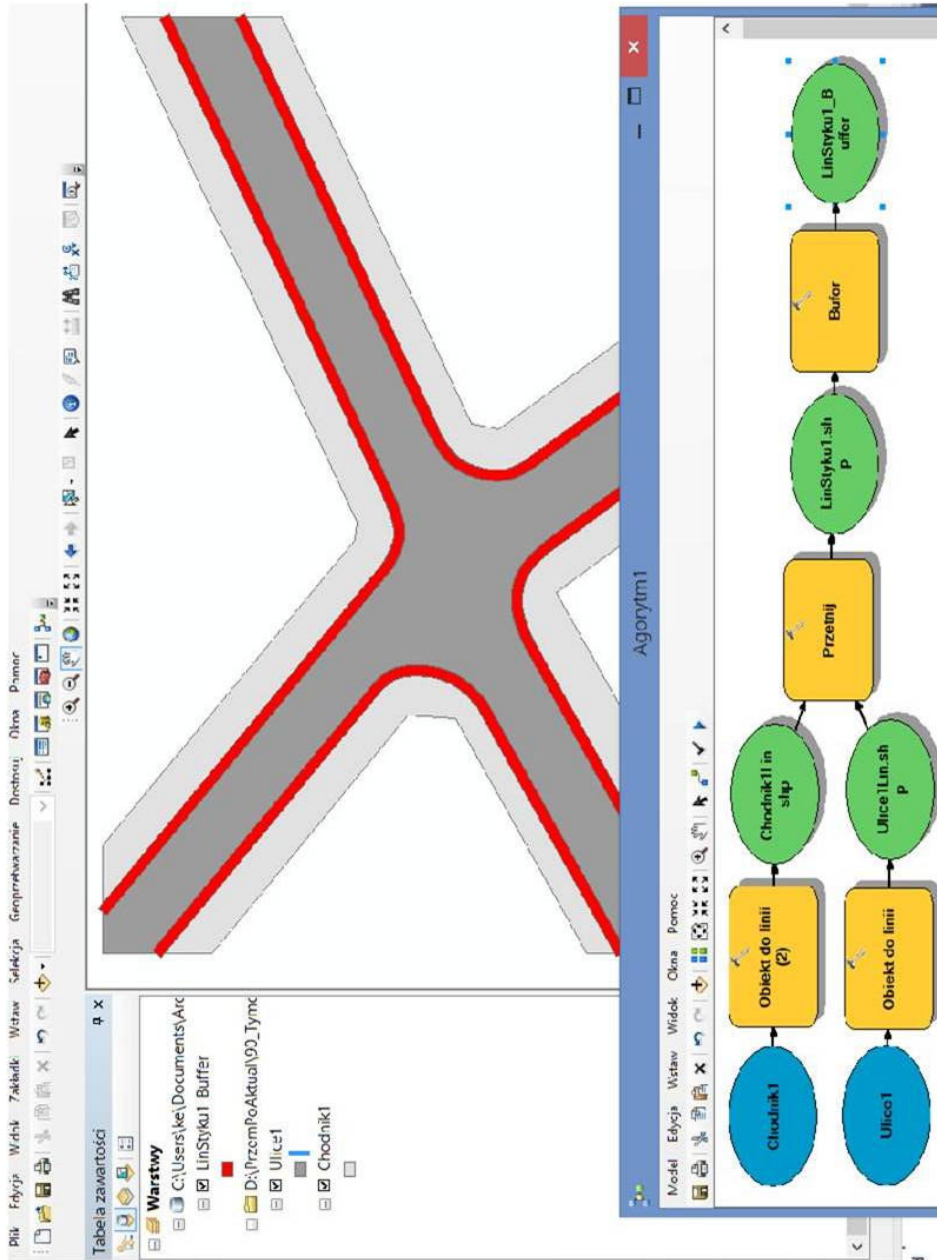
Otrzymane w wyniku analizy linie mogą być w obrazie mapy mało czytelne. Zwiększenie czytelności można uzyskać przez pogrubienie linii i nadanie im kontrastowego koloru. Drugim, zdaniem autora lepszym sposobem, jest zbudowanie na liniach wynikowych wąskiego bufora o takim promieniu, aby zapewniał dostateczną czytelność wyniku analizy na tle treści sytuacyjnej mapy. Zaletą tego sposobu jest to, że bufor nie zakrywa linii styku, lecz ją otacza; zapewnia poglądowość, lecz nie zakrywa faktycznego wyniku analizy.

Zastosowany algorytm wyznaczenia linii styku może być zapisany symbolicznie w postaci sekwencji procedur:

Algorytm 1

- **Doprowadź** do poprawności topologicznej obiekty strefy pieszej i obiekty strefy jezdnej ruchu kołowego
- **Zamień** obydwie grupy obiektów powierzchniowych na obiekty liniowe
- **Przetnij** kontury (obrysy) obiektów powierzchniowych – nałóż na siebie w celu uzyskania segmentów pokrywających się
- **Uczytelnij** wynikowe linie styku za pomocą wąskiego bufora

Na podstawie powyższego algorytmu została wyznaczona i uczyniona linia styku przedstawiona na rysunku 2. Rysunek ten zawiera także zapis formalny algorytmu 1 w postaci języka graficznego *ModelBuilder* służącego do zapisu procedur.



Rysunek 2. Algorytm w graficznym języku formalnym *ModelBuilder* systemu ArcGIS służący do wyznaczenia linii styku pomiędzy strefą pieszą (chodnikami) i jezdnią ulic. Wynikowa linia styku, wyznaczona na fragmencie mapy miasta, przedstawionego na rysunku 1, została ucztyelniona za pomocą smukłego bufora w kolorze czerwonym

Analiza przypadków szczególnego zagrożenia i sposoby ochrony stref pieszych

Wiele większych miast europejskich zawiera po kilkaset kilometrów linii styku strefy ruchu pieszego i strefy ruchu kołowego. Współczesny stan infrastruktury technicznej i dostępne środki finansowe nie pozwalają na zbudowanie zabezpieczeń stref pieszych wzdłuż tak rozległej linii styku. Ale można podjąć działania w celu zapewnienia bezpieczeństwa w miejscach szczególnego zagrożenia. Można wyróżnić co najmniej trzy takie przypadki, w których takie szczególne zagrożenie występuje:

- zagrożone są strefy piesze w zwartych obiektach inżynierskich (mosty, tunele) o ograniczonej możliwości natychmiastowej ewakuacji,
- zagrożone są skupiska ludzi na rozległych placach z bezpośrednim sąsiedztwie ruchu kołowego,
- zagrożone są skupiska ludzi na placach, do których prowadzą ulice, pozwalające na szybki i niepostrzeżony wjazd w strefę ruchu pieszego.

Te trzy wymienione przypadki wymagają szerszego rozpatrzenia.

Strefy piesze w zwartych obiektach inżynierskich, o ograniczonej możliwości natychmiastowej ewakuacji

Mosty miejskie zazwyczaj zawierają oprócz jezdni chodniki dla pieszych, obecnie często także dla ruchu rowerowego. Mosty są obiektami inżynierskimi o ograniczonej szerokości, z których nie ma żadnej możliwości ewakuacji w kierunku prostopadłym do osi mostu. Dlatego na granicy jezdni mostu powinny się bezwzględnie znajdować urządzenia techniczne oddzielające ruch kołowy od ruchu pieszego. Takimi urządzeniami mogą być bariery energochłonne (rys. 3).

Mosty starszej konstrukcji zawierają elementy pionowe lub ukośne, wiążące stalową kratownicę. Jeżeli ta konstrukcja jest gęsta – wtedy stanowi zabezpieczenie strefy pieszej. Natomiast jeżeli jest rzadka (jak na rysunku 4) – wtedy nie stanowi wystarczającego zabezpieczenia dla ciągu pieszego.

Nawet w tak wielkich miastach jak Warszawa lub Kraków istnieją mosty nie posiadające żadnego zabezpieczenia na styku ruchu pieszego i kołowego (rys. 5). Są to mosty o szczególnym zagrożeniu dla pieszych. Potok ludzki, przechodzący przez most księcia Poniatowskiego w Warszawie po imprezach sportowych, do lewobrzeżnej części Warszawy – wymaga szczególnej dodatkowej ochrony.

Podobna sytuacja znacznie ograniczonych możliwości ewakuacji występuje w tunelach i pod dwupoziomowymi skrzyżowaniami (pod wiaduktami).

Dla analiz bezpieczeństwa ruchu pieszego wzdłuż linii styku ze strefą ruchu kołowego jest bezwzględnie konieczne, aby wszelkie istniejące urządzenia techniczne, oddzielające jezdnię od ciągów pieszych, były rejestrowane w GIS. Budowanie warstw urządzeń chroniących ruch pieszy pozwala na realną ocenę stanu przez służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo obywateli. Takimi stałymi zabezpieczeniami mogą być bariery energochłonne, mocne ogrodzenia lub także rzędy drzew. Przedmiotem opisu obiektów przestrzeni realnej powinny być też niestałe obiekty, stanowiące ochronę, jak bloki betonowe oddzielające ruch i gazony (masywne donice). Można także powiedzieć, że pewną ochronę strefy pieszej mogą stanowić samochody parkujące wzdłuż jezdni. Jednak ten rodzaj ochrony jest zazwyczaj w miastach niepożądany i może być także ryzykowny.



Rysunek 3. Most Dębnicki w Krakowie – bariery energochłonne oddzielające jezdnię od strefy pieszej (fot. autora)



Rysunek 4. Most J. Piłsudskiego w Krakowie – elementy pionowe konstrukcji mostu nie spełniają funkcji całkowitej separacji ruchu pieszego i kołowego (fot. autora)



Rysunek 5. Most księcia J. Poniatowskiego w Warszawie nie zawiera żadnej konstrukcji chroniącej strefę ruchu pieszego (podobnie jak most Powstańców Śląskich w Krakowie) (fot. autora)

Skupiska ludzi na rozległych placach z bezpośrednim sąsiedztwem ruchu kołowego

Wielkie skupiska ludzi na rozległych placach podlegają wysokiemu zagrożeniu. To zagrożenie urasta do najwyższego stopnia, jeżeli miejsce skupienia ludzi sąsiaduje bezpośrednio ze strefami ruchu kołowego.

Ze stanem znacznego skupiska ludzi mamy do czynienia podczas zawodów sportowych, imprez rozrywkowych, a także uroczystości religijnych. Ale nawet codzienny, przeciętny ruch w strefach pieszych wymaga szczególnej ochrony. W tym przypadku są dwa źródła zagrożenia:

- możliwość ataku terrorystycznego pojazdem, który znalazł się w strefie rozległego placu pełnego ludzi,
- panika – to drugi czynnik destrukcyjny w tłumie.

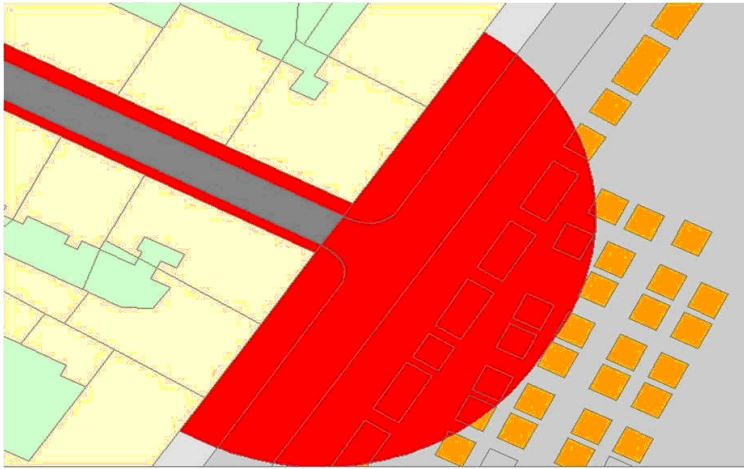
Rozległe place są pozbawione na ogół infrastruktury dającej możliwość schronienia się. Jedynym skutecznym środkiem zabezpieczenia ludzi zgromadzonych na rozległym placu jest bezwzględne zablokowanie możliwości pojawienia się jakiegokolwiek pojazdu w miejscu skupiska ludzi.

Strefy piesze w centrach miast, gdzie przebywają mieszkańcy i turyści, trudno jest całkowicie wyizolować z ruchu kołowego: musi kursować komunikacja miejska, działać zaopatrzenie marketów, ulice dochodzące do placu muszą być dostępne dla służb ratowniczych i policji. Jednym ze sposobów ochrony ludzi jest rozstawienie na placach przeszkód na podstawie pewnej siatki – z jednej strony uniemożliwiających swobodne poruszanie się po placu większym pojazdom, z drugiej strony te przeszkody powinny wzbogacać zieleń miejską i w ten sposób ukrywać swoje pierwszoplanowe zadanie.

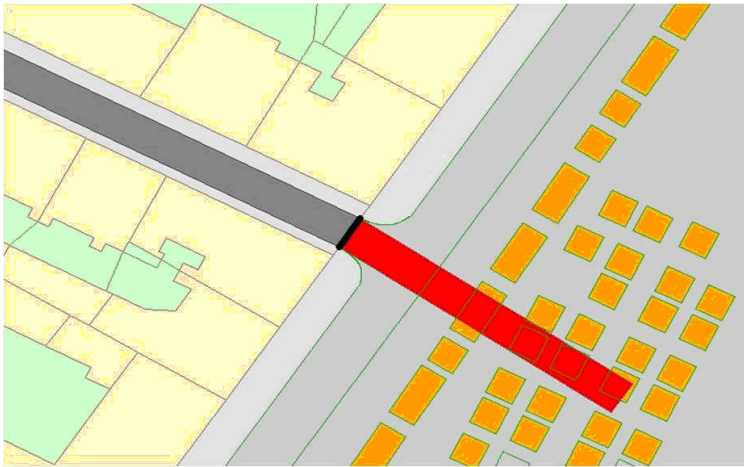
Ulice prowadzące do placów umożliwiające szybki i niepostrzeżony wjazd w strefę ruchu pieszego

W strukturze urbanistycznej miast europejskich znajdują się place w zabytkowych centrach starych miast, bardziej rozległe place komercyjne (centra handlowe), jak również place targowe. Cechą wspólną tych miejsc jest permanentna obecność ludzi – mieszkańców miasta lub turystów. Takie miejsca stanowią szczególne zagrożenie dla przebywających tam ludzi, jeżeli prowadzą do nich szersze ulice, których geometryczne przedłużenie przecina obszar placu. Na takich ulicach może rozpędzić się ciężki pojazd i niepostrzeżenie, z dużą szybkością, może zaatakować ludzi przebywających na placu. Przykład takiej ulicy dochodzącej do placu targowego został przedstawiony na rysunku 6.

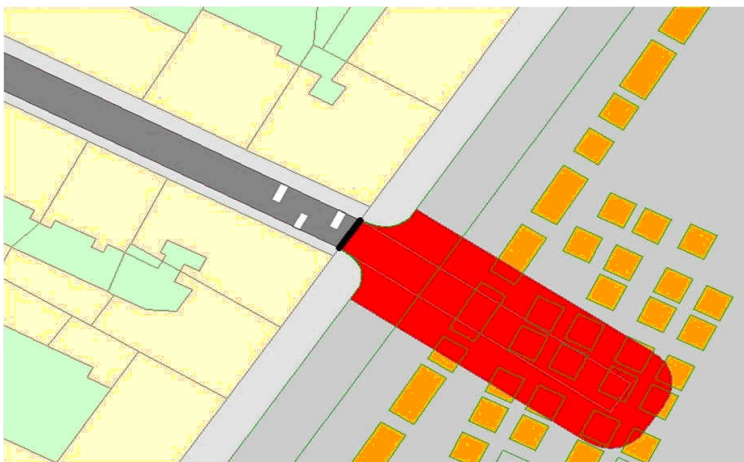
Celem naszych rozważań jest ustalenie strefy najbardziej zagrożonej nieoczekiwanym wjazdem rozpędzonego pojazdu z ulicy dochodzącej do placu. W tym celu został wykonany bufor ulicy (*round*) o promieniu kilkudziesięciu metrów, a następnie ten bufor został przecięty z obszarem strefy pieszej – chodnikami i placem targowym. Na rysunku 6 obszar wynikowy przeprowadzonej analizy został oznaczony kolorem czerwonym. Wynik analizy nie jest w pełni satysfakcjonujący, ponieważ szerokie półkole na równi traktuje obszar znajdujący się na przedłużeniu osi ulicy dolotowej z obszarem przyległym do zabudowy granicy placu, gdzie hipotetycznie zagrożenie jest mniejsze. Dlatego została podjęta inna próba wyznaczenia obszaru o zagrożeniu maksymalnym.

**Rysunek 6.**

Do wyznaczenia obszaru zagrożenia przez pojazd wjeżdżający z rozpędem z ulicy na plac, wykorzystano bufor ulicy przecięty ze strefami pieszymi (placem i chodnikami). Taki wariant analizy nie różnicuje obszaru potencjalnie najbardziej zagrożonego (na przedłużeniu osi ulicy) z pozostałymi obszarami



Rysunek 7. Do ustalenia strefy maksymalnego zagrożenia wykorzystano bufor *flat* segmentu styku ulicy dojazdowej z placem. Dla wyznaczenia odcinka styku zastosowano algorytm zapisany w języku graficznym *ModelBuilder* na rysunku 2



Rysunek 8. Poszerzenie smukłego bufora z rysunku 7 za pomocą jego buforowania – czyni strefę bardziej realistyczną niż przedstawiona na rysunku 7. Na rysunku pokazano również projekt ochrony placu – w pobliżu styku ulicy z placem targowym zostały ustawione przykładowe bloki w postaci labiryntu, ograniczające wjazd dużych i ciężkich samochodów, a dopuszczające służby ratownicze i zaopatrzenie

Rysunek 7 przedstawia analizę, w której najpierw został wyznaczony segment styku granic ulicy i placu, a następnie został zbudowany szeroki bufor *flat* na tym małym odcinku styku. Segment styku został oznaczony na rysunku grubą czarną linią, natomiast strefa hipotetycznego największego zagrożenia – kolorem czerwonym. Segment styku został wyznaczony w sposób zgodny z algorytmem 1 (zapisanym w początkowej części niniejszego artykułu), z tą różnicą, że w niniejszym przypadku bufor *flat* jest szeroki i jego promień sięga do odległości możliwego hipotetycznego ataku na kramy i stragany placu targowego. Szerokość bufora jest zdeterminowana długością odcinka styku granic, opcja *flat* odcina łuki zatoczone wokół końców odcinka i pozostawia smukły prostokąt maksymalnego zagrożenia.

W niniejszym przypadku strefa zagrożenia jest pokazana w sposób bardziej realny. Jednak w tym wariancie analizy może wystąpić pewna nieprawidłowość: kierunek boków prostokąta bufora będzie równoległy do osi ulicy tylko wtedy, gdy segment styku będzie prostopadły do osi ulicy. Natomiast każde, nawet niewielkie odstępstwo od prostopadłości – odchyła bufor od przedłużenia osi ulicy. Taki przypadek niewielkiego odchylenia od prostopadłości przedstawia rysunek 7. Dla większych odchyłeń ten wariant postępowania będzie odbiegał od rzeczywistości i dla takich przypadków trzeba wyznaczyć oś ulicy i na jej przedłużeniu utworzyć bufor maksymalnego zagrożenia. Konieczne jest wtedy rozbudowanie analizy w GIS.

Powracając do przypadku niewielkiego odchylenia (rys. 7) można poszerzyć smukły prostokąt przez jego buforowanie, tym razem będzie to bufor obszaru. Takie poszerzenie strefy hipotetycznego maksymalnego zagrożenia czyni tę strefę bardziej realną, co widać na rysunku 8. Ale powracając do poprzedniej uwagi – najbardziej poprawnym pod względem geometrycznym rozwiązaniem jest zbudowanie bufora na przedłużeniu osi ulicy.

Jedynym skutecznym zabezpieczeniem przed zagrożeniem wyjazdu dużego pojazdu z rozpędem z ulicy na plac – jest takie zablokowanie ulic dołotowych do placu, aby nie mógł przejechać duży, ciężki pojazd, natomiast był możliwy dojazd służb ratowniczych i policji oraz niewielkich samochodów z zaopatrzeniem. Taką możliwość stwarza układ blokad w postaci labiryntu. Przykład zablokowania wylotu ulicy został przedstawiony na rysunku 8.

Podsumowanie i wnioski

Podstawowym dotychczasowym problemem walki z terroryzmem była ochrona skupisk ludzi w przestrzeniach zamkniętych, takich jak: dworce, stacje metra i sale widowiskowe. Tym zajmują się od wielu lat odpowiednie służby. Ale w obecnym czasie, pojawiły się nowe środki terroru – rozpędzone samochody atakujące skupiska ludzi. W ostatnich miesiącach można obserwować nasilenia takich tragicznych zdarzeń, w sześciu wypadkach, w miastach europejskich, zginęło 127 ludzi i 726 zostało rannych.

Cechą odniesienia tych zdarzeń jest przestrzeń i relacje w niej występujące. Problem polega na tym, że w realnej przestrzeni jest powszechna przyległość stref ruchu kołowego do stref ruchu pieszego, a ponadto nawet tam, gdzie nie ma bezpośredniej przyległości, istnieje możliwość pojawienia się pojazdów atakujących ludzi.

Myślą przewodnią rozwiązywania problemu w przeprowadzonym doświadczeniu było wyznaczenie styku strefy ruchu pieszego ze strefą ruchu kołowego. Opierając się o takie założenie przeprowadzono w GIS dalsze analizy wyznaczenia obszarów o największym zagrożeniu dla skupisk ludzi.

W celu umożliwienia wykonania analiz w GIS ustalono, że strefy piesze oraz strefy ruchu kołowego muszą mieć poprawny zapis topologiczny. Wykonane analizy potwierdzają przydatność narzędzi GIS do studiów działalności prewencyjnej.

Dla analiz bezpieczeństwa ruchu pieszego wzdłuż linii styku ze strefą ruchu kołowego jest bezwzględnie konieczne, aby wszelkie istniejące urządzenia techniczne, oddzielające jezdnię od ciągów pieszych, były rejestrowane w GIS. Także powinny być okresowo ewidencjonowane niestałe urządzenia techniczne. Budowanie kompletnych warstw urządzeń chroniących ruch pieszy pozwala na realną ocenę stanu – dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo obywateli.

Każde większe miasto europejskie ma setki kilometrów linii styku strefy pieszej ze strefą ruchu kołowego. Nie możemy realnie ochronić stref pieszych wzdłuż tak rozległej granicy tych obszarów, ale możemy skutecznie ochronić większe skupiska ludzi, zwłaszcza pojawiające się na planowanych wielkich imprezach. W takich przypadkach analizy przestrzenne nie mogą mieć charakteru studiów prawdopodobieństwa zagrożenia atakiem terrorystycznym. Zwarte skupisko ludzi o znacznych rozmiarach powinno być bezwzględnie tak zabezpieczone środkami technicznymi, żeby pojawienie się pojazdu atakującego ludzi nie było możliwe. W takich przypadkach należy stanowczo przedsięwziąć takie nadzwyczajne środki, żeby ochrona tłumu była pełna. Zapewnienie bezpieczeństwa jest skutkiem wysokiej mobilizacji służb odpowiedzialnych zarówno za urządzenia techniczne, jak również nadzór nad uczestnikami imprezy.

Poza tymi szczególnymi przypadkami mamy w życiu codziennym skupiska ludzi w strefach pieszych, na chodnikach i placach, pozbawione tej wyjątkowej ochrony. W tych przypadkach należy prowadzić zaawansowane analizy: liczby ludzi przebywających w różnych porach w pobliżu stref ruchu kołowego wraz z lokalnym stanem ułatwień lub utrudnień przedostania się pojazdu ze strefy ruchu kołowego do strefy ruchu pieszego. Liczba ludzi zmienia się w cyklu rocznym, tygodniowym i dziennym. W okresie wakacyjnym można obserwować napływ turystów do centrów miast historycznych, w soboty w większym stopniu niż w pozostałych dniach wypełniają się dzielnice handlowe, w cyklu dobowym dni roboczych obserwujemy dwa okresy znacznego natężenia ruchu. Biorąc pod uwagę wyżej wymienione czynniki można podjąć próbę sformułowania jakiegoś wielokryterialnego, syntetycznego wskaźnika zagrożenia – dla lokalnych stref miasta. Taki wskaźnik mógłby umożliwić porównywanie zagrożeń w skali danego miasta lub także w skali różnych miast. Takie porównania, odniesione do przestrzeni w GIS, mogłyby dostarczać podstawowych materiałów dla działalności zmierzającej do zapewniania bezpieczeństwa ludzi przed tą nową formą aktów terrorystycznych. Przedstawiona tematyka powinna być przedmiotem dalszych pilnych badań.

Podziękowania. Wyrażam podziękowanie dla anonimowych recenzentów oraz dla redakcji *Roczników Geomatyki* za akceptację artykułu i opracowanie w trybie pilnym. Niewielkie fragmenty map wykorzystanych do analiz zostały pobrane z zasobów Geoportalu 2 administrowanego przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w Warszawie.

Finansowanie. Prace badawcze zostały sfinansowane z badań własnych realizowanych w ramach stosunku pracy w Państwowej Wyższej Szkole Techniczno-Ekonomicznej w Jarosławiu.

Literatura (References)

ArcGIS, 2016: User guide, Esri, Redlans CA.

Streszczenie

Podstawowym dotychczasowym problemem walki z terroryzmem była ochrona skupisk ludzi w przestrzeniach zamkniętych, takich jak: dworce, stacje metra i sale widowiskowe. Tym zajmują się od wielu lat odpowiednie służby. Ale w obecnym czasie, pojawiły się nowe środki terroru – rozpedzone samochody atakujące skupiska ludzi. W ostatnich miesiącach można obserwować nasilenia takich tragicznych zdarzeń, w sześciu wypadkach, w miastach europejskich, zginęło 127 ludzi i 726 zostało rannych.

Cechą odniesienia tych zdarzeń jest przestrzeń i relacje w niej występujące. Problem polega na tym, że w realnej przestrzeni jest powszechna przyległość stref ruchu kołowego do strefy ruchu pieszego, a ponadto nawet tam, gdzie nie ma bezpośredniej przyległości, istnieje możliwość pojawienia się pojazdów atakujących ludzi.

Myślą przewodnią rozwiązywania problemu w przeprowadzonym doświadczeniu było wyznaczenie styku strefy ruchu pieszego ze strefą ruchu kołowego. W oparciu o takie założenie przeprowadzono w GIS dalsze analizy wyznaczenia obszarów o największym zagrożeniu dla skupisk ludzi. Rozważono trzy przypadki: strefy piesze w zwartych obiektach inżynierskich (mosty, tunele), skupiska ludzi na rozległych placach w bezpośrednim sąsiedztwie ruchu kołowego oraz skupiska ludzi na placach, do których prowadzą ulice, pozwalające na szybki i niepostrzeżony wjazd w strefę ruchu pieszego.

W podsumowaniu sformułowano sposób zapisu i zakres obiektów, które powinny stanowić materiał źródłowy w GIS, niezbędny do analiz realnej oceny stanu bezpieczeństwa skupisk ludzkich w strefach ruchu pieszego.

Abstract

Nowadays, the main issue in fighting against terrorism is the protection of crowds in enclosed spaces such as stations, subway stations and auditoriums. This subject has been dealt with by dedicated services. At present, new forms of terrorist tactics have emerged – a vehicle-ramming into crowds of people. In recent months, an increase of this form of terrorist attack could have been observed. So far, we have witnessed at least six such cases in European cities where 127 people were killed and 726 wounded.

The point of reference for these attacks is the space and its relations. The problem is that in existing space there is usually proximity between traffic and pedestrian zones and even where there is no direct contact, the vehicle attack is still possible.

The guiding principle of solving this issue was an attempt to determine the area of contact between the pedestrian zone and the traffic zone. Based on this assumption, further GIS analyses have been carried out in order to identify the areas of the highest risk factor for crowds. Three cases have been considered: pedestrian areas in enclosed engineering structures (bridges, tunnels), crowds in open spaces located in a vicinity of vehicle traffic and crowds located in town squares which are connected with streets enabling fast and unnoticed entry into the pedestrian zone.

In the summary, the method of recording and the range of objects which should form the GIS source material needed to analyse the safety of crowds in pedestrian zones were formulated.

Dane autora / Autor details:

prof. dr hab. inż. Konrad Eckes
<https://orcid.org/0000-0002-0220-2277>
keckes@agh.edu.pl

Przesłano / Received 9.09.2017

Zaakceptowano / Accepted 4.10.2017

Opublikowano / Published 30.12.2017