

Michał KAPALKA

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

E-mail: michal.kapalka@wat.edu.pl

Wykorzystanie symulatora tłumu w planowaniu imprez masowych

1 Wstęp

Odpowiednie zaplanowanie imprezy masowej, zwłaszcza z udziałem dużej liczby osób nie jest łatwe. Jak pokazują liczne [1] wypadki (np: Mina 2015 [2]) z udziałem tłumu ciągle dochodzi do sytuacji, w których duże zagęszczenie osób na małej przestrzeni może stanowić śmiertelne niebezpieczeństwo. Coraz częściej organizatorzy imprez masowych nie poprzestają tylko na spełnieniu przyjętych w danym kraju norm odnośnie bezpieczeństwa ale sięgają po bardziej wyrafinowane metody planowania imprezy masowej. Gdy impreza masowa ma przyciągnąć bardzo dużą liczbę osób, szczególne ważne jest przygotowanie przestrzeni, w których tłum będzie mógł się komfortowo i bezpiecznie przemieszczać. Przejścia o odpowiedniej szerokości, dostosowana do liczby osób strefa swobodnego przemieszczania się oraz umieszczone w odpowiednich miejscach i widoczne drogi ewakuacyjne, to tylko część z elementów wpływających na jakość i bezpieczeństwo przygotowanej imprezy masowej.

Obecnie większość przepisów związanych z przygotowaniem imprezy masowej odnosi się do aspektów "statycznych i niekrytycznych" czyli takich, które nie biorą pod uwagę pojawienia się potencjalnej "dynamiki [3]" w tłumie związanej np: z wystąpieniem nietypowej sytuacji w czasie imprezy masowej. Przykładowo przepisy określają wymaganą przestrzeń na jedną osobę w czasie imprezy masowej oraz niezbędną liczbę wyjść i dróg ewakuacyjnych ale nie odnoszą się do sytuacji w której część dróg ewakuacyjnych może być "wykluczona" w czasie imprezy masowej przez jakąś sytuację kryzysową np: obfite ulewę mogą utrudnić przemieszczanie się określonym przejściem (np: Przystanek Woodstock). Innym przykładem mogą być przepisy określające konieczność umieszczenia punktów medyczno-sanitarnych na terenie dużej imprezy masowej ale nie określają charakterystyk związanych np: ze średnimi czasami "dotarcia" do takiego punktu przy określonym zagęszczeniu tłumu.

Zastosowanie symulatora tłumu może pozwolić na nieinwazyjne sprawdzenie różnych scenariuszy związanych z przebiegiem imprezy masowej z uwzględnieniem sytuacji nieoczekiwanych, które mogą wpłynąć na spontaniczne i niebezpieczne przemieszczanie się tłumu oraz wykrycie czy przygotowany obszar jest bezpieczny na wypadek takich sytuacji. W ramach pracy przedstawione zostaną eksperymenty symulacyjne uwzględniające wybrane sytuacje kryzysowe z uwzględnieniem oddziaływania systemów oraz służb publicznych na tłum.

2 Dane statyczne

Proponowany przez autora symulator pozwala na uwzględnienie z dużą szczegółowością danych statycznych (tj: w większości nie zmiennych w czasie imprezy masowej oraz znanych przed rozpoczęciem imprezy) i przygotowanie wirtualnego

środowiska do dalszych analiz. Podstawowe dane niezbędne do przeprowadzenia symulacji "przebiegu" imprezy masowej czy przemieszczania się tłumu związane są z odwzorowaniem przestrzeni. Bardzo często dane dotyczące przestrzeni na której ma się odbyć impreza masowa są niepełne lub bardzo uogólnione i należy szukać dodatkowych źródeł pozyskiwania "dokładniejszych" danych (przykładem bardzo dobrze przygotowanych danych przestrzennych związanych z imprezą masową są dane związane z Przystankiem Woodstock).

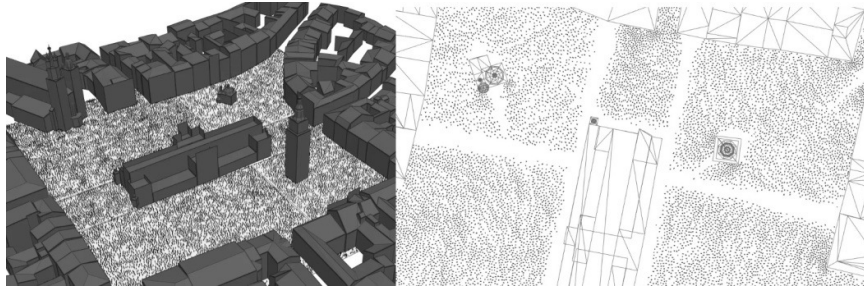


Rys. 1 Wizualizacja danych przestrzennych 2D terenu imprezy masowej: przystanek Woodstock, źródło: mapy ESRI dla przystanku Woodstock

Fig. 1 Visualization of spatial data 2 and 3D in a simulator based on Google Earth data (place: main square in Kraków), source: ESRI maps for Woodstock

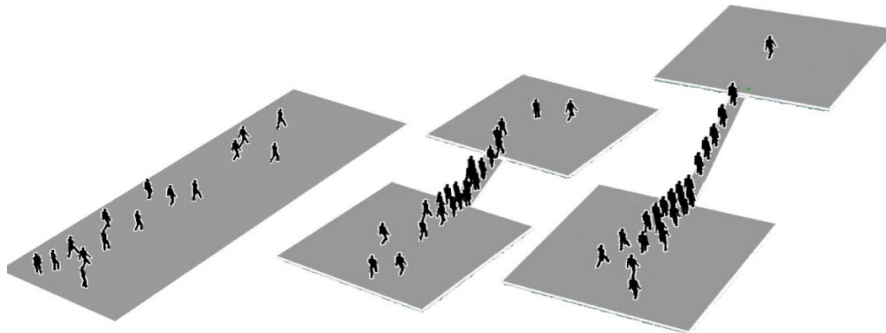
Prezentowany symulator pozwala na automatyczne lub półautomatyczne pozyskiwanie danych z istniejących zasobów wektorowych (np: pliki AutoCad, Google Sketchup, 3DStudio, pliki i mapy google). To pozwala na szybkie i dokładne odwzorowanie przestrzeni, które jest niezbędne do przeprowadzenia wiarygodnych symulacji. Możliwość automatycznego pozyskiwania takich danych oraz dostępność danych z wiązanych z przestrzenią pozwalają na odwzorowanie nie tylko "najbliższego" otoczenia terenu imprezy masowej ale także przestrzeni dookoła, co może dla niektórych scenariuszy mieć kluczowe znaczenie (np: dostępność, struktura i "atrakcyjność" przestrzeni poza obiektem imprezy masowej może w istotny sposób wpłynąć na charakter nieoczekiwanej ewakuacji).

Oprócz danych związanych z rozmieszczeniem w przestrzeni obiektów statycznych (budynki, ściany, przeszkody) istotne jest również odwzorowanie ukształtowania terenu, miejsc w których są nachylenia, schody czy przejścia. W sytuacji nieoczekiwanej to właśnie ukształtowanie przestrzeni i jej dostępność będą znacząco wpływały na "atrakcyjność" potencjalnej drogi przemieszczania się osób (np: większość osób mając do wyboru ruch po płaskim terenie lub ruch "pod górkę" wybierze to pierwsze).



Rys. 2 Wizualizacja danych przestrzennych 2 i 3D w symulatorze na podstawie danych Google Earth (miejsce: Rynek w Krakowie), źródło: autorski symulator

Fig. 2 Visualization of spatial data 2 and 3D in a simulator based on Google Earth data (place: main square in Kraków), source: author's simulator



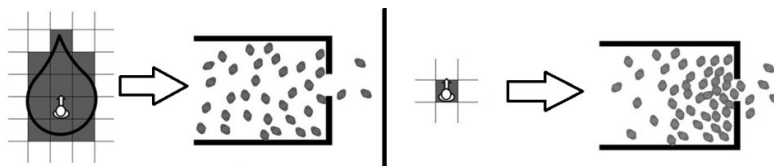
Rys. 3 Wizualizacja przemieszczania się osób w przestrzeni o różnym nachyleniu (kolejno: płaski teren, nachylenie 30 stopni, schody w budynku), źródło: autorski symulator

Fig. 3 Visualization of people moving in different locations (successively: flat terrain, 30 degree inclination, stairs in the building), source: author's simulator

3 Dane dynamiczne

Drugim typem danych istotnych przy analizie przygotowania imprezy masowej do bezpiecznego przemieszczania się uczestników są dane związane z dynamiką tłumu. Do takich danych można zaliczyć: charakter tłumu (uwzględniający cel w jakim dany tłum "powstał"), cechy osób fizyczne i psychiczne, poziomy stresu, atrakcyjność miejsc, pogoda czy zagęszczenie osób. Niestety większość takich danych w przypadku planowania i przygotowywania imprez masowych jest nieuwzględniana. Jednak przeglądając literaturę i liczne badania [4,5,6,7] związane z dynamiką przemieszczania się tłumu można przyjąć że takie podejście prowadzi do zminieszenia wiarygodności prowadzonych analiz i symulacji. Autor w prezentowanym symulatorze uwzględnił postulaty przedstawiane przez wielu badaczy [6,7,8,10] związane z dynamiką tłumu wpływające istotnie na charakter zachowania osób. Jednym z kluczowych elementów

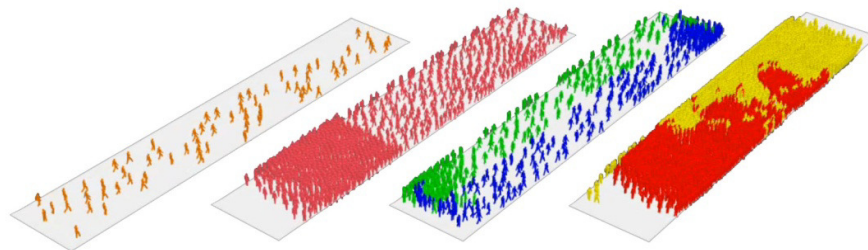
uwzględnionych w symulatorze jest znaczący wpływ zagęszczenia osób na charakter poruszania się. Autor posłużył się zagadnieniem proksemiki przedstawionym po raz pierwszy przez E. Halla [10], które zostało uwzględnione w autorskim modelu i symulatorze tłumu [12]. W symulatorze domyślnie przyjęte zostały 3 strefy komfortu [10] na podstawie których określone są zachowania osób w tłumie. Uogólniając, można przyjąć, że zachowanie osoby w tłumie zależy od tego ile i jak blisko znajdują się inne osoby.



Rys. 4 Autorska koncepcja proksemiki w symulatorze tłumu (1 kwadrat - 0,33 m, kolor szary - wolna przestrzeń dla osoby)

Fig. 4 Author's concept of proxemics in the crowd model and simulator (1 square - 0,33m, gray color - free space for pedestrian)

W wyniku przyjętych założeń związanych ze zmianą zachowania się osób w tłumie o różnym zagęszczeniu możliwe jest przeprowadzenie wiarygodnych symulacji zjawisk zachodzących w czasie imprezy masowej podczas której dochodzi do dynamicznych zmian zagęszczenia związanych z określonymi sytuacjami (np: gromadzenie się osób pod sceną w czasie głównego punktu imprezy, gromadzenie się osób pod zadaszonymi miejscami w czasie deszczu czy duże zagęszczenie przy wyjściach po zakończeniu imprezy).



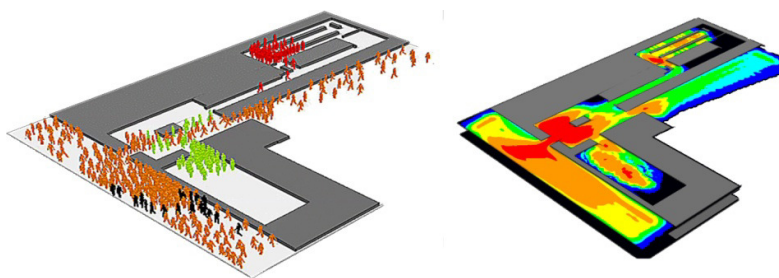
Rys. 5 Możliwość symulacji zachowania tłumu o różnym zagęszczeniu, źródło: autorski symulator

Fig. 5 The ability to simulate crowd behavior at different densities source: author's simulator

4 Wsparcie planowania imprezy masowej

Organizatorzy imprez masowych zdają sobie sprawę z możliwości wystąpienia sytuacji nieprzewidzianej i nieporządanej. Przygotowanie się na taką sytuację wiąże się z koniecznością posiadania wiedzy na temat skutków jakie taka sytuacja może wywołać. W świecie rzeczywistym możliwe jest zdobycie takiej wiedzy dopiero

po zajściu takiej sytuacji. Wykorzystanie symulatora zachowania tłumu w wirtualnym środowisku (odwzorowującym rzeczywiste otoczenie) pozwala na przeprowadzenie nieinwazyjnych eksperymentów pokazujących potencjalne skutki zajścia nieoczekiwanych sytuacji z udziałem wirtualnego tłumu. Do podstawowych charakterystyk jakie można wyznaczyć za pomocą prezentowanego symulatora należą: czasy (przemieszczania się osób, grup osób, całego tłumu między określonymi obszarami, czasu ewakuacji z wybranego miejsca czy czasy przejścia pomiędzy określonymi punktami) oraz zagęszczenia w określonych miejscach. Takie charakterystyki mogą posłużyć organizatorom imprez masowych na ocenę stopnia przygotowania danej imprezy na różne sytuacje nieoczekiwane (np: wywołanie paniki spowodowane wybuchem petardy).

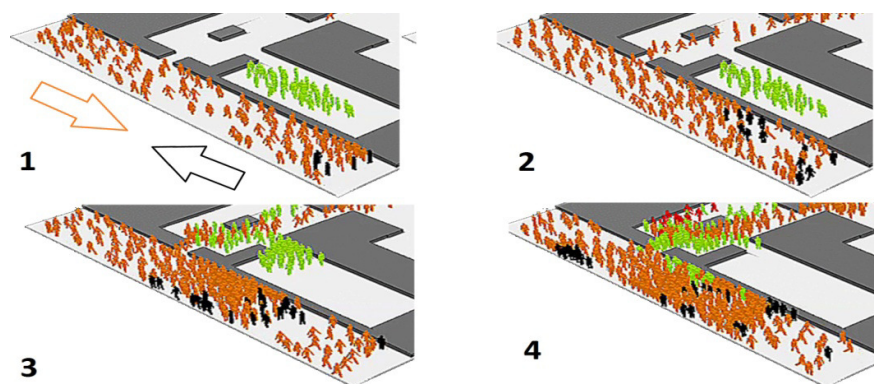


Rys. 6 Symulacja przemieszczania się osób i informacja o zagęszczeniu,
Źródło: autorski symulator

Fig. 6 Simulation of pedestrian movement and density information,
source: author's simulator

Przeprowadzenie serii eksperymentów symulacyjnych dla różnych scenariuszy rozwoju zdarzeń w czasie imprezy masowej pozwala już na etapie planowania wykryć sytuacje takie jak: zbyt mała liczba wyjść, zbyt wąskie przejścia pomiędzy sektorami, zagrożenie zbyt dużym zagęszczeniem w określonych sektorach w razie wybuchu paniki.

Oprócz wykorzystania symulatora do badania zachowania i przemieszczania się uczestników imprezy masowej możliwe jest badanie charakterystyk związanych z działaniami służb wspierających imprezę masową (służby pożarowe, służby medyczne). Z uwagi na agentowe i mikroskopowe podejście w definiowaniu jednostek w prezentowanym symulatorze [12, 13] możliwe jest zdefiniowanie grup osób o różnych cechach oraz celach do realizacji. Daje to możliwość analizy np: czasów dotarcia (gdzie dotarcie wiąże się z koniecznością poruszania się w dużym zagęszczeniu osób) służb medycznych do miejsca zdarzenia czy czasów przejścia służb zabezpieczających np: miejsce potencjalnego zagrożenia.

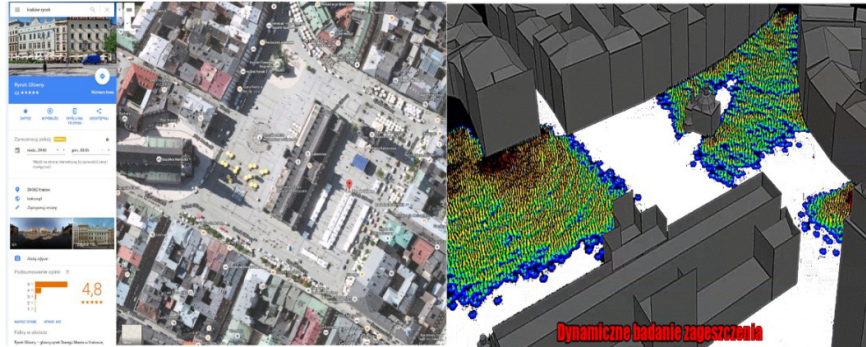


Rys. 7 Etapy "przedzierania się" przez tłum (kolor pomarańczowy) słózb porządkowych (kolor czarny), źródło: autorski symulator

Fig. 7 Phases of "slipping" through the crowd (orange color) of the ordinance lines (black), source: author's simulator

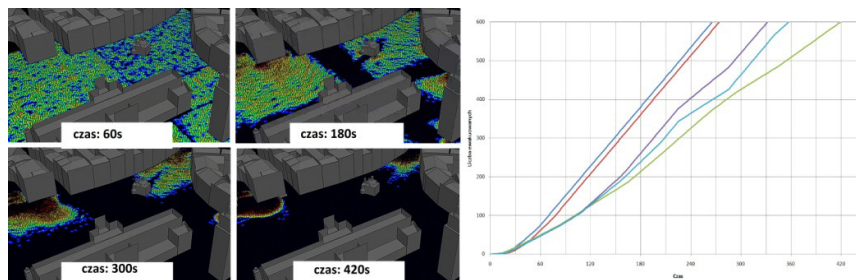
5 Wsparcie podejmowania decyzji w czasie imprezy masowej

Prezentowany symulator tłumu może być częścią zintegrowanego systemu kierowania ruchem osób [11,12,13,14]. Również w czasie imprezy masowej takie zastosowanie może być wsparciem dla organizatorów i osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo. W przypadku pojawienia się potencjalnego zagrożenia dla uczestników imprezy masowej (np: wiadomość o ładunku wybuchowym) organizatorzy muszą podjąć decyzję czy i w jaki sposób poinformować uczestników imprezy o takim fakcie. Poprzez wykorzystanie symulatora możliwe jest przeprowadzenie eksperymentów i ocenę jakie skutki (czasy ewakuacji, zagęszczenia, panika) mogą wywołać podjęte decyzje. Dodatkowo wyniki takich analiz mogą być wsparciem przy podejmowaniu decyzji np: o wykluczeniu wybranych dróg ewakuacyjnych (które są potencjalnie niebezpieczne). Dla przykładu takiego zastosowania autor wykonał eksperyment symulacyjny, oceniający skutki podjęcia decyzji przekazania komunikatu o "niezwłocznym opuszczeniu rynku" osobom znajdującym się na rynku w Krakowie. Dane przestrzenne zostały zaimportowane automatycznie przez symulator ze zbiorów otwartych Google Earth.



Rys. 8 Przygotowanie eksperymentu i symulacja ewakuacji rynku w Krakowie
źródło: google maps i autorski symulator

Fig. 8 Preparation of the experiment and simulation of the market evacuation
in Krakow, source: google maps, author's simulator



Rys. 8 Wizualizacja etapów ewakuacji i gromadzenie czasów ewakuacji
źródło: autorski symulator

Fig. 8 Visualization of evacuation stages and gathering evacuation times,
source: author's simulator

5 Podsumowanie

W pracy przedstawiono ideę wykorzystania autorskiego symulatora tłumu jako wsparcia przy planowaniu imprez masowych. Pokazane zostały możliwości pozyskiwania danych przestrzennych z różnych źródeł na potrzeby tworzenia wirtualnego środowiska. Mikroskopowy charakter symulatora przedstawiony szerzej w [12] pozwala na przeprowadzenie eksperymentów z uwzględnieniem cech osób znajdujących się na imprezie masowej. Przedstawiono możliwość odwzorowania różnych zagęszczeń tłumu, które niewątpliwie będą pojawiały się w czasie imprez oraz możliwości analizy różnych scenariuszy wywoływanych różnymi potencjalnymi zdarzeniami. Pokazane zostały etapy i obszary w jakich można wykorzystać symulator do poprawy bezpieczeństwa planowanej imprezy masowej.

Literatura

1. Human stampedes, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_human_stampedes
2. Modelling the Jamarat bridge, <http://www.gkstill.com/CV/Projects/Jamarat.html>

3. Cisek M., Kapalka M., Fifth International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, *The use of fine – coarse network model for simulating building evacuation with information system*, Gaithersburg MD, 2010
4. Predtetschenski W.M., Milinski A.I.: Personenströme in Gebäuden - Berechnungsmethoden für die Projektierung, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller Köln-Braunsfeld, 1971
5. Zhang J., Seyfried A.: Empirical characteristics of different types of pedestrian streams, *Procedia Engineering*, 2012
6. Helbing D.: Social force model for pedestrian dynamics, *Physical Review E*, May 1995
7. Fruin J.J.: Pedestrian Planning and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971
8. Reynolds C.: Flocks, Herds, and Schools: A distributed behavioral model. Proceedings of SIGGRAPH 1987 in Computer Graphics Volume 21, number 4, July 1987
9. G.K. Still, *Crowd Dynamics*, PhD. Thesis, University of Warwick, UK, 2000
10. Hall E.T.: The hidden dimension, New York, 1966
11. Cisek M., Kapalka M., *The Evaluation Indicator Problem in Determining Optimal Evacuation Schedule for Selected Adverse Event Scenarios*, International Scientific and Technical Conference “Emergency Evacuation of People from Buildings” EMEVAC, Warszawa, 2011
12. Kapalka M., *The fine-coarse network model for simulating crowd behavior*. Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych, Nr 5, 31-36, 2010
13. Kapalka M., *Symulacyjne wsparcie systemów kierowania ruchem pieszych w obiektach publicznych*, Symulacja w badaniach i rozwoju, vol.6 no. 2/2015, 2015
14. Cisek M., Kapalka M., *Evacuation Route Assessment Model for Optimization of Evacuation in Buildings with Active Dynamic Signage System*, The Conference in Pedestrian and Evacuation Dynamics 2014, PED2014

Streszczenie

W pracy zostaną przedstawione możliwe zastosowania autorskiego modelu i symulatora tłumu do wsparcia procesu planowania oraz zabezpieczania imprez masowych. Odpowiednie zaplanowanie imprezy masowej zwłaszcza z udziałem dużej liczby osób nie jest łatwe. Jak pokazują liczne wypadki (np: Mina 2015) z udziałem tłumu ciągle dochodzi do sytuacji w których duże zagęszczenie osób na małej przestrzeni może stanowić śmiertelne niebezpieczeństwo. Coraz częściej organizatorzy imprez masowych nie poprzestają tylko na spełnieniu przyjętych w danym kraju norm odnośnie bezpieczeństwa ale sięgają po bardziej wyrafinowane metody planowania imprezy masowej. Gdy impreza masowa ma przyciągnąć bardzo dużą liczbę osób, szczególne ważne jest bezpieczne przygotowanie przestrzeni w których tłum będzie mógł się przemieszczać. Przejścia o odpowiedniej szerokości, dostosowana do liczby osób strefa swobodnego przemieszczania się oraz umieszczone w odpowiednich miejscach i widoczne drogi ewakuacyjne, to tylko część z elementów wpływających na bezpieczeństwo.

Zastosowanie symulatora tłumu może pozwolić na nieinwazyjne sprawdzenie różnych scenariuszy i planów imprezy masowej z uwzględnieniem sytuacji nieoczekiwanych,

które mogą wpłynąć na spontaniczne i niebezpieczne przemieszczanie się tłumu oraz wykrycie czy przygotowany obszar jest bezpieczny na wypadek takich sytuacji. W ramach pracy przedstawione zostaną eksperymenty symulacyjne uwzględniające wybrane sytuacje kryzysowe z uwzględnieniem oddziaływania systemów oraz służb publicznych na tłum.

Słowa kluczowe:

Using the crowd simulator in planning mass events

Summary

The work will present possible applications of the crowd simulator to support the planning process of mass events. Appropriate planning of a mass event, especially with a large number of people, is not easy. As numerous accidents show (eg: Mina 2015) with the participation of the crowd, there are still situations in which a large concentration of people in a small space can be a deadly danger. More and more often, the organizers of mass events do not stop at meeting the safety standards adopted in a given country, but instead resort to more sophisticated methods of mass event planning. When a mass event is to attract a very large number of people, it is particularly important to safely prepare the space in which the crowd will be able to move. Passages of the appropriate width, adjusted to the number of people, the free movement zone and located in appropriate places and visible escape routes, are only a part of the elements affecting safety.

The use of a crowd simulator may allow for a non-invasive examination of various scenarios and mass event plans, taking into account unexpected situations that may affect the spontaneous and dangerous movement of the crowd and detecting if the prepared area is safe in case of such situations. The work will present simulation experiments taking into account selected crisis situations.

Keywords:

