

## **ZASADY USPRAWNIEŃ WYBRANYCH PROCEDUR EWAKUACJI W PROCESIE ZARZĄDZANIA NIERUCHOMOŚCIAMI**

Ryszard Żróbek, Mariusz Ogniewski, Marek Piotrowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Zapewnienie bezpiecznej ewakuacji obiektu budowlanego nadzorowanego przez zarządcę nieruchomości to proces, który musi być realizowany zgodnie z przyjętymi procedurami gwarantującymi osiągnięcie pożądanej efektywności działań. Zarządca nieruchomości, tworząc plany ewakuacyjne, powinien opracować procedury postępowania dla jak największej liczby scenariuszy możliwych niekorzystnych zdarzeń, które mogą wystąpić dla danej nieruchomości. W artykule skoncentrowano się na tych czynnościach, które obejmują wprowadzenie analiz programu Pathfinder jako narzędzia inżynierii bezpieczeństwa w procesie tworzenia planów ewakuacyjnych dla danej nieruchomości. Przedstawiono również schemat zarządzania procesem ewakuacji ludności z wykorzystaniem analiz programu Pathfinder. Pozwoliło to dodatkowo na sformułowanie wskazań i wniosków praktycznych. Proponowana procedura może być stosowana do tworzenia planów zarządzania nieruchomości oraz planów ewakuacyjnych.

**Słowa kluczowe:** zarządca nieruchomości, ewakuacja, plany ewakuacyjne, symulator ewakuacji

### **WSTĘP**

W opracowaniu przedstawiono podstawowe możliwości wykorzystania symulatora ewakuacji Pathfinder w procesie tworzenia i weryfikacji planów ewakuacyjnych sporządzanych przez zarządcę nieruchomości. Wyeksponowano najistotniejsze problemy, które występują podczas ewakuacji z zagrożonych obiektów, oraz wskazówki praktyczne mające na celu ich wyeliminowanie w przyszłości. Zaprezentowano też szczegółową analizę programu Pathfinder. Przedstawiono opis tworzenia sesji pomiaru czasu wraz z techniką pomiaru oraz badaniem mającym na celu sprawdzenie wyników otrzymanych przez program. Ukazano normy prawne, na podstawie których program Pathfinder można zakwalifikować

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Ryszard Żróbek, Katedra Zasobów Nieruchomości, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Prawocheńskiego 15, 10-720 Olsztyn, e-mail: zrobek@uwm.edu.pl

do nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa, które mogą być używane nie tylko w zarządzaniu nieruchomościami. W przedstawionym schemacie zarządzania podczas ewakuacji ludności pokazano praktyczne wykorzystanie rozwiązań mających na celu przeprowadzenie prawidłowej ewakuacji w ramach prac wykonywanych przez zarządcę nieruchomości. Badania prowadzone na symulatorach ewakuacji (np. Pathfinder) stanowią podstawę do dalszych rozważań dotyczących systemów bezpieczeństwa w zarządzaniu nieruchomościami. Przyczyni się to do zapewnienia sprawnej ewakuacji w sytuacji poważnych zagrożeń obiektów.

## CHARAKTERYSTYKA EWAKUACJI

Zapewnienie bezpiecznej ewakuacji ludzi jest jednym z ważniejszych elementów ochrony przeciwpożarowej. Zarządca nieruchomości, opracowując plany ewakuacyjne, musi uwzględnić wiele elementów i funkcji warunkowych, które odgrywają istotną rolę podczas jej przeprowadzania. Wyzwanie, którym niewątpliwie jest przeprowadzenie skutecznej ewakuacji, wiąże ze sobą całokształt zagadnień związanych z warunkami technicznymi budynku, przygotowaniem do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, jak i ustaleniem sposobów postępowania na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia.

Istotą bezpiecznej ewakuacji jest rozpoczęcie jej we właściwym czasie oraz w sposób odpowiednio zorganizowany.

Ewakuacja powinna zostać ogłoszona w sytuacji bezpośredniego zagrożenia zdrowia i życia osób przebywających w budynku zarówno gdy występuje zagrożenie pożarowe, jak i awaria budowlana, techniczna czy zagrożenie terrorystyczne. W momencie ogłoszenia ewakuacji zarządca musi zadbać, aby informacja przesłana do jej uczestników zawierała m.in. sposób i kolejność opuszczenia obiektu, przewidywaną liczbę osób podlegających ewakuacji, zadania i czynności szczegółowe dla personelu budynku, wyznaczone miejsce strefy bezpieczeństwa oraz ściśle określony zakres tej ewakuacji.

Decyzję o ewakuacji w sytuacji poważnego zagrożenia budynku podejmuje:

- zarządca budynku lub zastępująca go uprawniona osoba (administrator),
- dowódca jednostki (kierujący akcją ratowniczą) po przybyciu jednostki Państwowej Straży Pożarnej.

Plany ewakuacyjne są tworzone dla konkretnej nieruchomości, ponieważ obiekty różnią się od siebie funkcją, wielkością, specyficznym układem pomieszczeń, podatnością na różne zagrożenia oraz liczbą użytkowników i osób przebywających czasowo w danej nieruchomości. Istotnym elementem skutecznego planu ewakuacyjnego jest właściwe wyznaczenie strefy bezpieczeństwa, do której należy kierować osoby podczas realnego zagrożenia.

Częstym powodem ewakuacji budynku jest jego pożar. W większości przypadków dowódca wezwanej jednostki straży pożarnej przejmuje dowodzenie akcją ratunkową i zarządza pełną lub częściową ewakuacją obiektu. Jednakże do czasu przybycia jednostek strażackich rolę koordynatora działań musi przyjąć na siebie zarządca nieruchomości. Z tego względu plan awaryjny powinien zawierać wskazówki, na podstawie których

zarządca będzie mógł podjąć decyzję, czy w danych okolicznościach bardziej wskazana jest częściowa czy też całkowita ewakuacja.

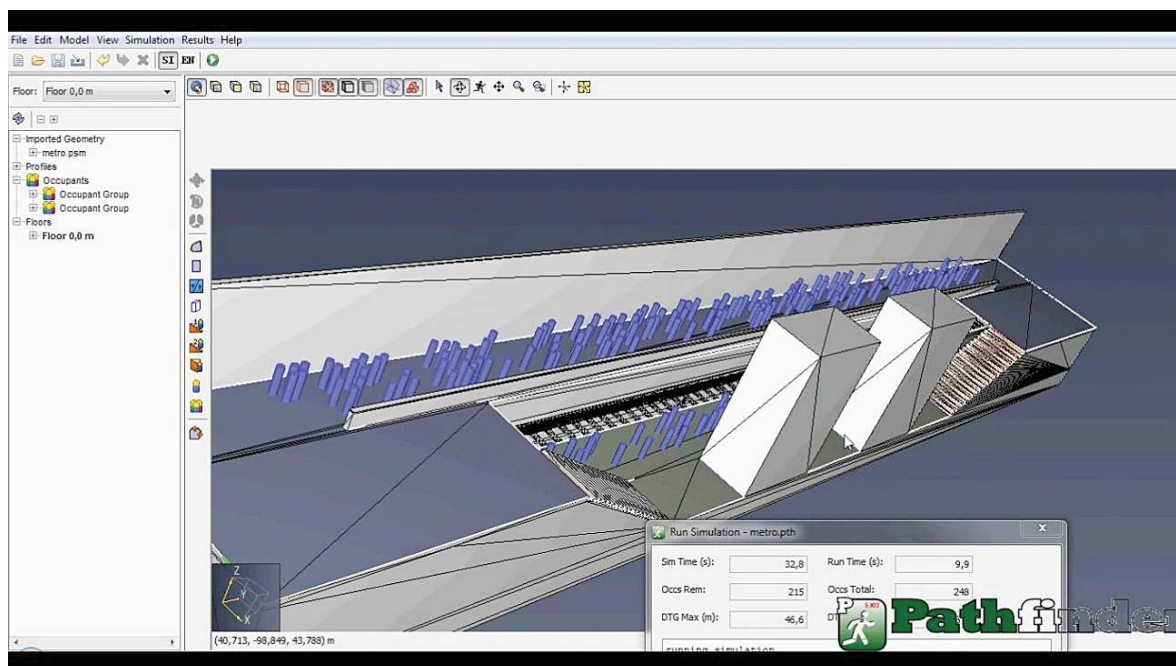
Po opracowaniu plan podlega weryfikacji pod kątem zastosowania w sytuacjach kryzysowych innych niż pożar. Nie wszystkie procedury mają charakter uniwersalny i stąd może wynikać potrzeba uzupełnienia planu o procedury lub instrukcje uwzględniające inne sytuacje kryzysowe (spowodowane katastrofą budowlaną, zagrożeniem terrorystycznym, anomaliami pogodowymi itp.) [IREM 2006].

Zastosowanie wszechstronnych i nowoczesnych procedur bądź zabezpieczeń przeciwpożarowych nie gwarantuje przeprowadzenia skutecznej ewakuacji. Kluczowym czynnikiem, który pozwoli uniknąć tragedii, jest odpowiednie przygotowanie personelu oraz organizowanie ćwiczeń w celu praktycznego sprawdzenia przebiegu ewakuacji. Zgodnie z art. 17, pkt 1 Rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [Dz.U. nr 109 poz. 719], właściciel lub zarządca obiektu przeznaczanego dla ponad 50 osób będących jego stałymi użytkownikami, niezakwalifikowanego do kategorii zagrożenia ludzi, powinien co najmniej raz na 2 lata przeprowadzać praktyczne sprawdzenie organizacji oraz warunków ewakuacji z całego obiektu. O ile stosunkowo łatwo zorganizować jest takie ćwiczenia np. w szkole, czy w przypadku basenu miejskiego, to trudności mogą występować w bardziej skomplikowanych i znacznie większych budynkach jak centra handlowe czy stadiony piłkarskie. Te przypadki wymagają niekonwencjonalnych sposobów weryfikacji planów ewakuacyjnych. Używa się do tego programów komputerowych symulujących proces ewakuacji w danym obiekcie, np. programu Pathfinder opracowanego przez firmę THUNDERHEAD Engineering (USA).

## **CHARAKTERYSTYKA PROGRAMU PATHFINDER**

Program Pathfinder jest programem numerycznym umożliwiającym przeprowadzenie symulacji ewakuacji ludzi z budynku. Pozwala na modelowanie obiektów w środowisku 3D oraz określenie profili osobowych użytkowników budynku (rys. 1). Umożliwia wyznaczenie czasu bezpiecznego wyjścia z budynku, wykorzystuje w obliczeniach algorytm sztucznej inteligencji. Pathfinder ma rozwiniętą procedurę potwierdzającą zgodność wyników obliczeń programu z wartościami opartymi na ewakuacjach eksperymentalnych.

Program ten wyposażony jest w wiele narzędzi usprawniających proces opisanie i wprowadzania do systemów danych geometrycznych budynków. Istnieje także możliwość wykorzystania gotowych projektów budynków w postaci plików DXF oraz FDS. Dodatkowo Pathfinder zawiera inteligentne narzędzie do szybkiego definiowania różnych kondygnacji oraz klatek schodowych. Po wczytaniu geometrii można utworzyć model ewakuacji za pomocą kilku w miarę prostych operacji. Wykorzystując podkład architektoniczny, można zdefiniować geometrię pomieszczeń lub całego budynku. Dodatkowo istnieje możliwość zmiany parametrów (np. szerokości drzwi czy charakterystyki schodów ewakuacyjnych). W ten sposób można tworzyć kilka różnych wariantów ewakuacyjnych i weryfikować założenia przyjęte z projektu.



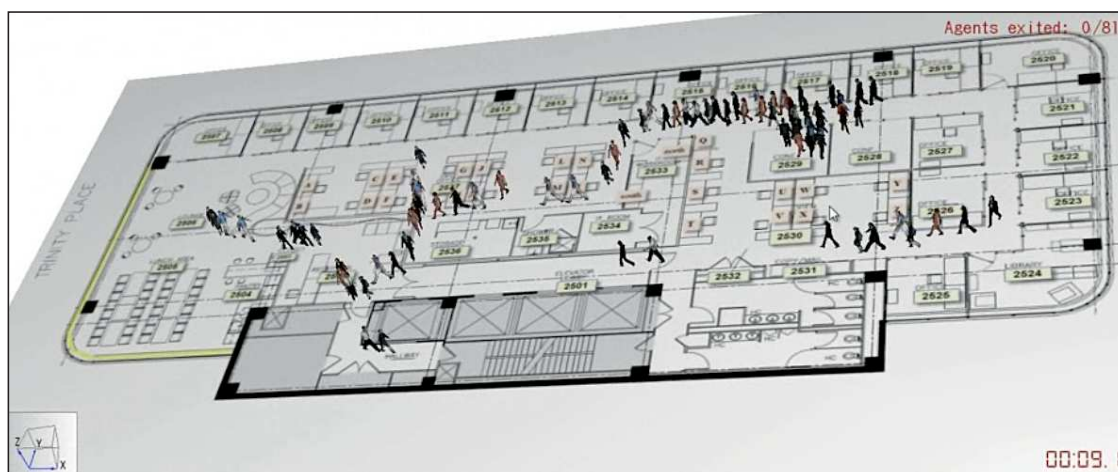
Rys. 1. Proces projektowania w 3D

Fig. 1. The 3D projection process has been established

Źródło: opracowano na podstawie STIGO [2011]

Source: on the basis of STIGO [2011]

Wyniki otrzymane przez program Pathfinder zostały sprawdzone przez National Institute of Standards and Technology (NIST), zweryfikowano otrzymane przedziały czasowe. Przeprowadzono w takich samych środowiskach rzeczywistą ewakuację i porównywano otrzymane wyniki. Wyniki osiągnięte przez program były bardzo zbliżone do pomiaru ręcznego [Kuligowski i Peacock 2005]. Potwierdza to możliwości zastosowania oprogramowania Pathfinder do sprawdzania czasów ucieczki z budynku i pozwala zakładać z określonym przybliżeniem, że podobne będą czasy podczas rzeczywistej ewakuacji (rys. 2).



Rys. 2. Rozpoczęcie symulacji i odczytanie czasu ewakuacji z obiektu

Fig. 2. Simulation start and evacuation time reading

Źródło: opracowano na podstawie STIGO [2011]

Source: on the basis of STIGO [2011]



Dodatkowo program Pathfinder zawiera zestaw niezbędnych narzędzi wykorzystywanych w procesie podjęcia decyzji dotyczącej budowy oraz rozmieszczenia układów ochrony przeciwpożarowej. Wiele trybów symulacji oraz definiowalne cechy osób znajdujących się w budynku z łatwością pozwalają na modelowanie scenariuszy ewakuacji. Istnieje ponadto możliwość obliczenia czasów optymalnej ewakuacji.

Należy nadmienić, że program ten jest specjalnym typem symulatora, w którym każda zdefiniowana osoba ma wiele indywidualnych cech mogących wpływać na jej ruchy i decyzje podczas samej symulacji niezależnie od innych jednostek. Każdej osobie mogą być także przypisane indywidualne cechy takie jak: rozmiar, wygląd, prędkość przemieszczania, opóźnienie w podejmowaniu decyzji o ucieczce. Można również każdą osobę przypisać do konkretnych drzwi ewakuacyjnych – dzięki temu istnieje możliwość sprawdzenia symulacji zachowań osób przeszkolonych z zakresu ewakuacji. Program udostępnia kilka różnych narzędzi służących do definiowania osób w pomieszczeniu czy też w całym budynku. Używając narzędzi graficznych, można dodać każdą osobę pojedynczo lub też zaznaczyć dany obszar i podać liczbę osób, które mają znajdować się w pomieszczeniu. Algorytm rozmieści je losowo na tej powierzchni [STIGO 2011].

## ZASADY POMIARU CZASU EWAKUACJI

Stosowane techniki pomiaru czasu ewakuacji są realizowane na wiele sposobów. Planowana ewakuacja wykonywana metodami tradycyjnymi ma własny scenariusz, który dodaje odpowiednie funkcje warunkowe zmieniające przebieg oraz czas ewakuacji. Końcowy raport z przebiegu ewakuacji zawierać musi szczegóły z jej przebiegu łącznie z techniką pomiaru czasu. Łączny pomiar czasu ewakuacji obliczany jest za pomocą następującego wzoru [Wolanin 2005]:

$$T_{ew} = t_u - t_d - t_r - t_{ru} \text{ [min]} \quad (1)$$

gdzie:

$T_{ew}$  – rzeczywisty czas ewakuacji;

$t_u$  – osiągalny czas ewakuacji;

$t_d$  – czas niezbędny do detekcji zagrożenia;

$t_r$  – czas niezbędny na reakcję personelu / ochrony;

$t_{ru}$  – czas niezbędny na przygotowanie się i przemieszczenie do bezpiecznego miejsca.

Przez osiągalny czas ewakuacji należy zrozumieć czas od chwili powstania zagrożenia (np. pożaru) do chwili, gdy środowisko stanie się groźne dla życia. Przeprowadzając próbną ewakuację, warto ją wzbogacić o funkcje warunkowe takie jak: defekt urządzeń detekcyjnych (np. czujki dymu) oraz defekt urządzeń zwalczających zagrożenie (np. tryskacze), zamknięte drzwi, awaria wind itd. [Hobeika i Jamei 2001]

Próbną ewakuację organizowaną przez służby ratownicze, czy też przez zarządców danego budynku, będzie zawsze zawierała tylko zbliżone wyniki, które będą zawsze niższe, a w niektórych przypadkach inne od parametrów czasowych osiągniętych w przypadku rzeczywistej ewakuacji spowodowanej konkretnym zagrożeniem. Wynika to z faktu

przygotowania się uczestników ewakuacji do jej wykonania oraz istotnego braku wpływu czynników psychologicznych, które panują podczas rzeczywistego zdarzenia (stres).

Czas prawdziwej ewakuacji może się więc wydłużyć przez panującą sytuację kryzysową, która doprowadza do nieodpowiedzialnych zachowań jej uczestników [Proulx 2002]. Ważnym problemem jest także brak właściwej reakcji, bądź lekceważenie komunikatów o ewakuacji, wynikający z niewystarczającej wiedzy na temat danego zagrożenia [Groner 2000]. Należy mieć na uwadze fakt, iż wyniki z próbnych ewakuacji pomimo obarczenia ich błędem przypadkowym, są niezbędne dla zarządców bądź właścicieli budynków do oceny obecnych rozwiązań i określenia zmian, które należy wnieść w przypadku relatywnie długiego czasu ewakuacji ludzi z obiektów. Zmiany te mają wpływ na szczegółowe zapisy zawarte w planie zarządzania nieruchomością.

Występują plany ewakuacyjne budynków, które swymi rozmiarami (lub pełnioną funkcją) nie pozwalają w prosty sposób na wykonanie tradycyjnej próbnej ewakuacji. Są one zwykle tworzone na podstawie danych z symulatorów. Obliczenia wykonuje się z użyciem algorytmów z zakresu sztucznej inteligencji, gdyż każda zdefiniowana w systemie osoba ma zdefiniowane cele, poglądy oraz cechy osobowościowe [Stigo 2011]. Takie podejście pozwala obserwować grupy osób organizujące się w danym środowisku ewakuacji.

Określenie zasad pomiaru ewakuacji jest oparte na dwóch modelach poruszania się osób w trybie zmienno-sterującym i modelu bazującym na równaniach SFPE (Society of Fire Protection Engineers). Model oparty na równaniach SFPE bazuje na koncepcji zawartej w pracy Emergency Movement [Nelson i Mowrer 2002] i nazwany jest modelem przepływu, w którym to prędkość poruszania się jest możliwa do wyznaczenia poprzez relację natężenia osób w pomieszczeniu w stosunku do ich przepływu przez drzwi o określonej szerokości.

Każda osoba posiada maksymalną prędkość ( $V_{\max}$ ) określoną w interfejsie programu. Jeżeli osoba znajduje się w pokoju, w którym zagęszczenie osób jest mniejsze niż 0,55 osób/m<sup>2</sup>, wtedy jej prędkość poruszania się wynosi:

$$V(D) = V_{\max} \left[ \frac{\text{m}}{\text{S}} \right] \quad (2)$$

Jeśli zagęszczenie ( $D$ ) jest większe lub równe 0,55 osób/m<sup>2</sup>, wtedy prędkość poruszania się osoby wynosi:

$$V(D) = V_{\max} \frac{k - 0,266 \cdot k \cdot D}{1,19} \left[ \frac{\text{m}}{\text{S}} \right] \quad (3)$$

gdzie:

$k$  – prędkość poruszania się w określonym pomieszczeniu;

$D$  – zagęszczenie [liczba osób/m<sup>2</sup>];

0,266 – stała wartość;

1,19 – średnia prędkość przemieszczania się  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{S}} \right]$

Równanie (3) odnosi się do nieograniczonej powierzchni poruszania się.

Określenie maksymalnego przepływu poruszania się przez drzwi ( $F$ ) jest zależne od efektywnej ich szerokości ( $We$ ) w sposób następujący:

$$F = 1,32 \cdot We \text{ [liczba osób/s]} \quad (4)$$

Czas potrzebny do przejścia  $n$  osób przez pojedyncze drzwi o średnicy efektywnej  $W$ , jest wtedy równy:

$$T = (n - 1) \cdot \frac{1}{F} \text{ [liczba osób/s]} \quad (5)$$

Pierwsza osoba przechodząca przez drzwi nie ma czasu opóźnienia, więc stosuje się zapis  $(n-1)$ .

Tryb zmienno-sterujący pozwala modelom wybrać wariant drogi o najkrótszym czasie ucieczki, a w każdym kolejnym kroku czasowym ewakuujący się użytkownik budynku wybiera najkorzystniejszą dla siebie drogę ucieczki [Reynolds 1999]. W tym trybie zawarty jest także model ruchu kolizyjnego [Amor i in. 2006] stworzony na potrzeby gier komputerowych, a przypisane cechy indywidualne ukazują w miarę realistyczne zachowania ewakuowanych osób zagrożonych [Kuligowski 2009].

Program Pathfinder był w 2002 r. testowany przez International Maritime Organization (IMO). Porównano wyniki analizy ewakuacji z realnym jej przebiegiem. Symulację wykonywano na statku pasażerskim, a próby ewakuacji były powtarzane wielokrotnie. W tym badaniu rozmieszczono 23 osoby w 12 kabinach. Na potrzeby analizy ustalono trzy zakresy prędkości poruszania się: 0,97 m/s, 1,30 m/s, 1,62 m/s. Zostały one przyporządkowane zgodnie z możliwościami fizycznymi osób, uwzględniono również brak straty czasu wynikającego z błędnego zrozumienia alarmu. Wynik analizy to 16 sekund i różni się on od pomiaru ręcznego o niecałe 2 sekundy. Prawidłowe działanie programu potwierdzono podczas podobnych prób z różnymi scenariuszami wydarzeń, z których każda została odtworzona jako symulacja w programie Pathfinder. Wyniki potwierdziły jego skuteczność. Można więc określić ten program jako jedno z narzędzi nowoczesnej inżynierii bezpieczeństwa wykorzystywane w sytuacjach dotyczących ewakuacji osób z obiektów. Stosowne rozwiązania wynikające z tych symulacji winny znaleźć się w planie zarządzania oraz być uwzględnione w procesie eksploatacji obiektów budowlanych.

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PRZEZ ZARZĄDCÓW NIERUCHOMOŚCI PROGRAMU PATHFINDER**

Programy służące do symulowania ewakuacji są coraz częściej używane przez służby ratownicze oraz centra zarządzania kryzysowego jako nowoczesne narzędzia inżynierii bezpieczeństwa [Zuilekom i in. 2005].

Zarządcy nieruchomości, tworząc plany bezpieczeństwa, mogą także z nich skorzystać w przypadku:

a) wdrożenia rozwiązań niestandardowych podczas procesu projektowania nowych obiektów w formie uzasadnienia przyjętych rozwiązań we wniosku o odstępstwo od przepisów techniczno-budowlanych;

b) opracowania i uzasadnienia rozwiązań niestandardowych w obiektach istniejących w związku z koniecznością uzasadnienia rozwiązań proponowanych w ramach ekspertyzy technicznych uzgadnianych przez Komendy Wojewódzkie Państwowej Straży Pożarnej;

c) tworzenia scenariuszy pożarowych w przypadku praktycznego sprawdzenia warunków ewakuacji;

d) teoretycznego sprawdzania skuteczności przyjętych rozwiązań w ramach polityki bezpieczeństwa danego obiektu.

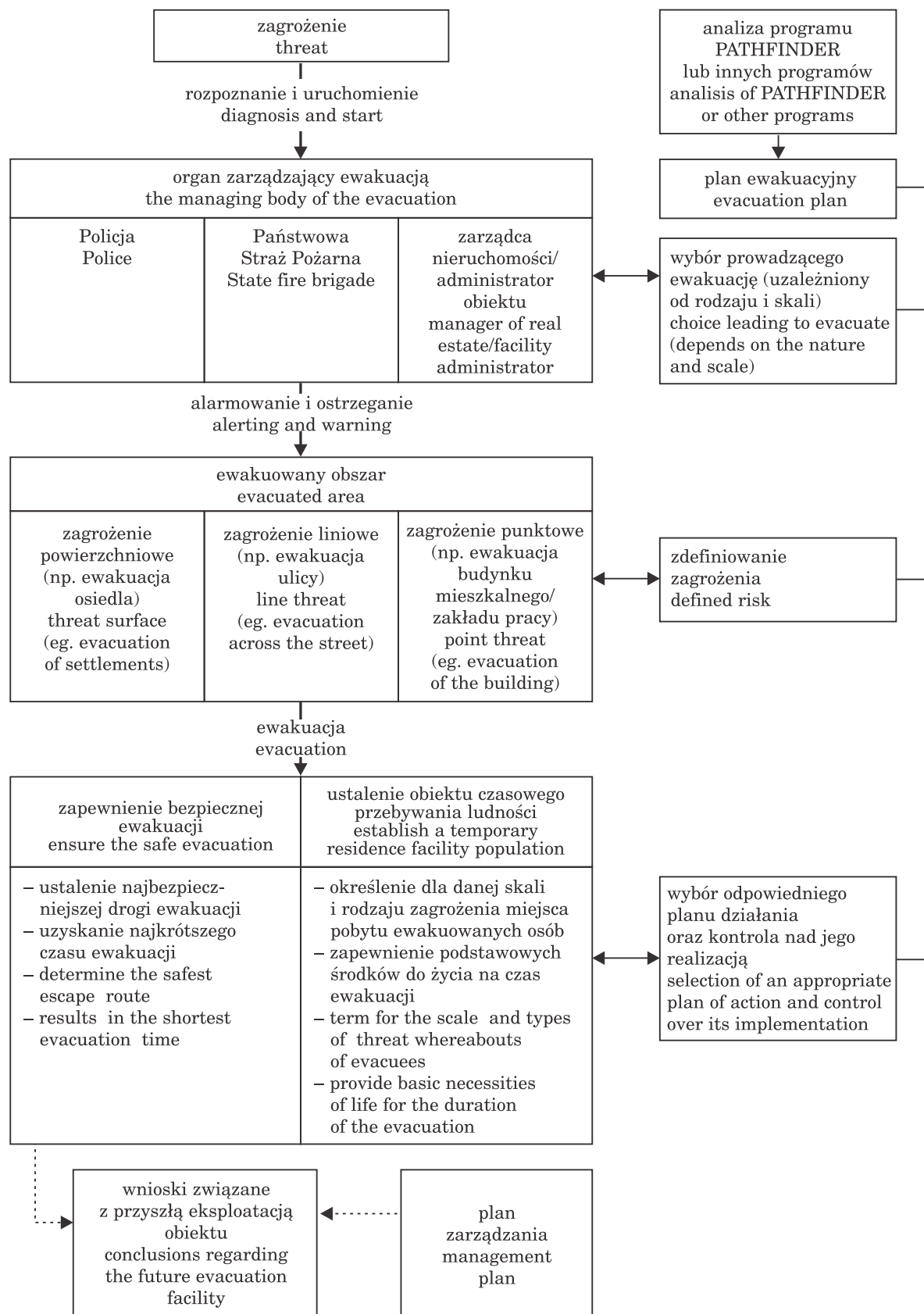
W październiku 2008 r. Biuro Rozpoznawania Zagrożeń w Komendzie Głównej Państwowej Straży Pożarnej opracowało także „Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w przypadkach wskazanych w przepisach przeciwpożarowych”. Zgodnie z tym opracowaniem, część analityczno-oceniająca zawierająca informacje o ewakuacji obiektu, warunkach przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej oraz bezpieczeństwa konstrukcji obiektu dopuszcza stosowanie komputerowych programów symulacyjnych, także w kwestii ewakuacji. Ważne jest, aby wybór narzędzia analitycznego zależał od stopnia skomplikowania sytuacji w danym obiekcie, przy czym warunkiem koniecznym jest, aby w sporządzonej na podstawie programu komputerowego analizie wykazano w sposób niebudzący wątpliwości, iż kryterium bezpiecznej ewakuacji zostało spełnione.

Rysunek 3 jest schematem przedstawiającym sytuację, w której dane zagrożenie staje się przyczyną ewakuacji osób z określonego obszaru i niezbędne jest uruchomienie procedur opisanych w planie ewakuacyjnym. W takim planie powinny znajdować się różne scenariusze możliwych niekorzystnych zdarzeń oraz procedury działania na wypadek ich wystąpienia. Ważne jest też teoretyczne sprawdzenie efektywności przyjętych rozwiązań w procedurach dla danego scenariusza wydarzeń. Dzięki temu istnieje możliwość modyfikacji procedur do poziomu satysfakcjonującego, czyli takiego, w którym zagrożenie dla życia i zdrowia osób ewakuowanych będzie najmniejsze z możliwych.

Uruchomienie odpowiedniej procedury powinno nastąpić po wstępnym rozpoznaniu zagrożenia. Zarządca nieruchomości do czasu przybycia straży pożarnej bądź policji jest zobowiązany do prowadzenia zorganizowanej ewakuacji. Po przejęciu kierowania akcją ewakuacji przez jednostki ratownicze zarządca może ją wspomagać i udzielać niezbędnych informacji. Kierujący ewakuacją w pierwszej kolejności ogłasza alarm i ostrzega oraz dokładnie określa skalę zagrożenia. Następnym krokiem jest zabezpieczenie zagrożonego obszaru i jednoczesne prowadzenie bezpiecznej ewakuacji osób poszkodowanych w określone miejsce.

Dobry plan ewakuacyjny powinien zawierać możliwie dużą liczbę scenariuszy przypisanych do konkretnych zagrożeń, a czynności związane z procesem ewakuacji należy konsultować z odpowiednimi służbami.





Rys. 5. Przykładowy schemat zarządzania podczas ewakuacji ludności

Fig. 5. Model Evacuation Management Scheme

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że procedury ewakuacyjne realizowane z wykorzystaniem narzędzi informatycznych mogą dostarczyć efektywnych procedur do przeprowadzenia sprawnej ewakuacji budynków. Cechą charakterystyczną programu Pathfinder jest możliwość nadania każdej osobie określonych cech, które będą miały wpływ na końcowy pomiar czasu ewakuacji. Ujęcie takie pozwala na wykonanie analizy odwzorowującej rzeczywistą ewakuację. Osiągnięty wynik pomiaru czasu nie będzie się różnił znacząco od czasu uzyskanego podczas rzeczywistej ewakuacji. Do zalet programu zalicza się ponadto: możliwość wykorzystania gotowych projektów budynków, rozbudowany interfejs nadawania cech osobowościowych konkretnej osobie, elastyczność wprowadzania zmian na każdym etapie tworzenia analizy, jak również łatwość interpretacji otrzymanych wyników.

Przeprowadzona analiza prawna ukazała możliwości wykorzystania programu Pathfinder jako nowoczesnego narzędzia inżynierii bezpieczeństwa, które służyć może w procesach planistycznych dotyczących problematyki ewakuacji. Na podstawie analizy prawnej utworzono przykładowy schemat zarządzania podczas ewakuacji ludności, co pozwoliło na sformułowanie wskazań i wniosków praktycznych.

Istotą używania programu Pathfinder jest ustalenie najbezpieczniejszej drogi oraz uzyskanie jak najkrótszego czasu ewakuacji. Dodatkową możliwością wykorzystania programu jest tworzenie analiz odwzorowujących planowaną próbną ewakuację, aby wyeliminować błędy organizacyjne oraz otrzymać satysfakcjonujący wynik.

Uzyskane wyniki z symulacji procesu ewakuacji ludzi z budynków dają też możliwość uwzględnienia konkretnych procedur w procesie zarządzania nieruchomości. Dotyczy to również procesu eksploatacji obiektów. Ważne zagadnienia w procesie ewakuacji dotyczą m.in.:

- organizacji procesu opuszczenia budynku,
- przemieszczania osób do wybranych wcześniej punktów ewakuacyjnych i przetransportowania do miejsc wolnych od zagrożenia.

W tego typu badaniach ważną rolę spełnia czas niezbędny do ewakuacji ludności z obiektów. Istotne jest też określenie elementów w procesie decyzyjnym związanym z ewakuacją i procedurach zarządzania obiektami budowlanymi.

## PIŚMIENNICTWO

- Amor H.B., Murray J., Obst O., 2006. Fast, neat, and under control. Arbitrating between steering behaviors. W: *AI Game Programming Wisdom 3*. Red. S. Rabin, Charles River Media Inc., Massachusetts.
- Groner N.E., 2000. Why people don't respond to alarm signals, <http://www.peopleandfire.com/Essays/EssayFramesetAlarmResponse.htm>, dostęp: 15.11.2013 r.
- Heumer G., Carlson D., Kaligiri S.H., Maheshwari S., Hasan W.U., Jung B., Schrader J.A., 2006. Paranoia Syndrome. A pervasive multiplayer game using PDAs, RFID, and tangible objects. Pergames, 2006. Third International Workshop on Pervasive Gaming Applications.

- Hobeika A.G., Jamei B., 2001. A model for calculating evacuation times under natural disaster, *Emergency Planning Simulation Series* 15, 23.
- IMO, 2002. Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ships. June 6, 2002. International Maritime Organization. 4 Albert Embankment London, Great Britain.
- IREM, 2006. *Bezpieczna nieruchomość*. Wydawnictwo ELAMED, Katowice.
- Kuligowski E.D., Peacock R.D., 2005. A review of building evacuation models. National Institute of Standards and Technology, Fire Research Division, Building and Fire Research Laboratory.
- Kuligowski E.D., 2009. The process of human behavior in fires. National Institute of Standards and Technology, Fire Research Division, Building and Fire Research Laboratory.
- Nelson H.E., Mowrer F.W., 2002. *Emergency Movement*. The SFPE handbook of fire protection engineering Ed. P.J. DiNenno, D.W Walton, National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Prawo budowlane. Dz.U. z 2006 r. nr 156, poz. 1118, z późn. zm.
- Proulx G., 2002. Movement of people. The evacuation timing. SFPE handbook of fire protection engineering, National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Reynolds C.W., 1999. Steering behaviors for autonomous characters. Proceedings of the game developers conference 1999. Miller Freeman Game Group, San Francisco, California.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. nr 75, poz. 690, z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych. Dz.U. nr 121, poz. 1139.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Dz.U. nr 109, poz. 719.
- Specyfikacja programów PyroSim i Pathfinder. 2011. Stigo, Kraków.
- Technical Reference Manual for Pathfinder 2011, THUNDERHEAD Engineering, 2011. Manhattan.
- Wolanin J., 2005. *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli*, Warszawa.
- Zuilekom K., Maarseveen M., Doef M., 2005 A Decision support system for preventive evacuation of people. W: *Geoinformation for Disaster Management* Springer, ss. 229–253.

## **THE IMPROVEMENT OF EVACUATION PROCEDURES IN A THREAT SITUATION IN THE PROCESS OF REAL ESTATE MANAGEMENT**

**Abstract.** Ensuring a safe evacuation of a building supervised by an estate administrator is a process that must be carried out in compliance with established procedures in order to achieve the greatest effectiveness of action. When drawing up an evacuation plan, an estate administrator is obliged to work out norms of conduct considering a number of possible scenarios concerning the occurrence of any unfavourable event for a particular estate. The following article is focused on activities that include the introduction of the Pathfinder programme analyses as a tool of innovative safety engineering in the process of drawing up evacuation plans for a particular estate. Furthermore, a management scheme of the evacuation of people with the use of the Pathfinder programme analyses has also been presented and thanks to which practical recommendations and conclusions has been formulated.

**Key words:** real estate manager, evacuation, evacuation plans, Pathfinder programme