

# Narzędzia symulacyjne w projektowaniu terminali lotniczych



dr inż. arch.  
**MICHAŁ SITEK**  
Politechnika Śląska  
Wydział Architektury  
ORCID: 0000-0001-7348-1923

Artykuł ma charakter przeglądu narzędzi symulacyjnych pozwalających badać obecność, zachowania i przepływ dużych strumieni ludzi w przestrzeniach pasażerskich terminali lotniczych, a także ich znaczenie w projektowaniu oraz optymalizacji procesów organizacyjnych.

W projektowaniu obiektów budowlanych o dużej złożoności technologicznej i funkcjonalnej, jakimi są pasażerskie terminale lotnicze, konieczne jest precyzyjne zdefiniowanie przez zespoły branżowe wymagań fizycznych, a także standardów, które musi spełnić realizowana inwestycja. Wczesne etapy modelowania pozwalają na sprawdzenie przyjętych założeń. Ważne jest, aby projekt spełniał cele biznesowe oraz operacyjne. Rozwiązaniem ograniczeń w interpretacji dostępnych danych jest użycie odpowiednich narzędzi wspomagających. To one pozwolą sprawdzić, czy planowane zamierzenie inwestycyjne będzie pozwalało na realizację celu ilościowego i pełnego zakresu usług. Najlichnieszszą grupą aplikacji wspierających jest różnorodne oprogramowanie dla managerów BIM. Dzięki rosnącej dostępności technologii IT możemy sięgać po coraz bardziej wyrafinowane narzędzia symulacyjne. Zadaniem analiz symulacyjnych jest potwierdzenie, czy projekt jest efektywny kosztowo, a także czy istnieją kompromisy operacyjne, które mogą zmniejszyć nakłady na inwestycję. Autor artykułu od 2014 roku realizuje różne działania badawcze i eksperckie w poszukiwaniu skutecznych metod projektowania przy wykorzystaniu narzędzi analiz danych statystycznych oraz symulacyjnych [1]. Realizowane badania symulacyjne, dotyczące możliwości zoptymalizowania rozwiązań projektowych pasażerskich terminali lotniczych, obejmują swoim zakresem głównie zachowania dużych grup użytkowników w przestrzeniach procesowania i oczekiwania. Najważniejszym czynnikiem decydującym o jakości świadczonych usług w porcie lotniczym jest Level Of Service (LOS). Wskaźnik ten został silnie związany z czasem obsługi pasażera na różnych etapach jego procesowania w budynku terminala. Znaczącą poprawę jakości zrealizowanych zamierzeń in-

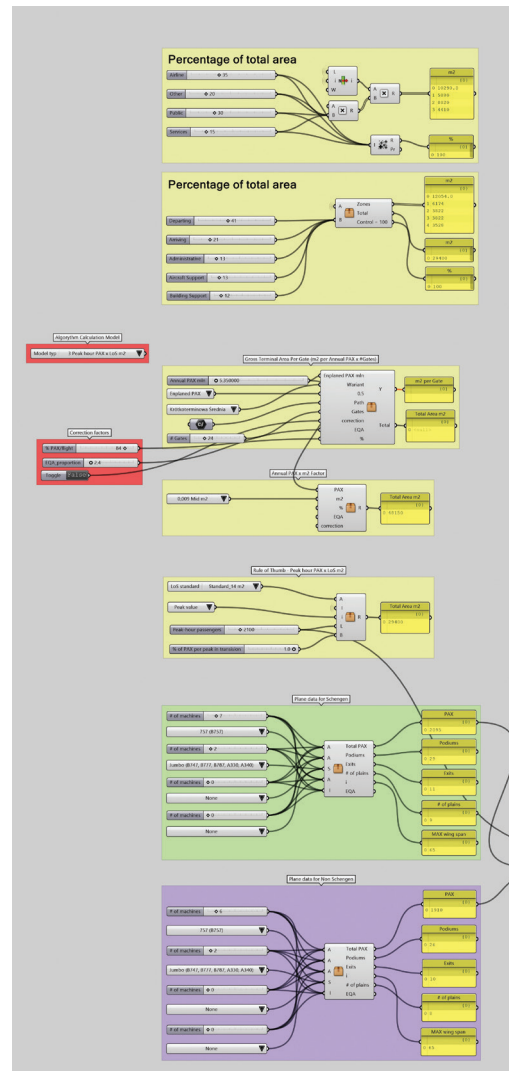
westycyjnych (projektu) oraz podniesienie satysfakcji pasażera możemy uzyskać dzięki decyzjom eliminującym tzw. „wąskie gardła” (skrócenie czasu oczekiwania pasażerów do kolejnego procesu – to wyższy poziom oceny LOS) dla pików kumulacji ilości pasażerów w strefach ich obsługi [2].

## Przegląd narzędzi

Stan wiedzy o dostępnych narzędziach symulacji zachowań pasażerów w porcie lotniczym umożliwia ich klasyfikację do trzech grup. Pierwsza z nich to narzędzia analityczne pozwalające na wykonanie obliczeń szacunkowych i wizualizację dostępnych danych statystycznych w postaci wykresów. Wykorzystują one proste tabele i makra zapisane w plikach \*.xls. Przykładem może być ogólnodostępne narzędzie opracowane przez autorów raportu, który powstał na zlecenie komisji Transportation Research Board of the National Academies (TRB). Dokument ten jest znany pod nazwą *ACRP (Airport Cooperative Research Program) Report 25, Airport Passenger Terminal Planning and Design*, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 2010.

Kolejną grupą są aplikacje i plug-iny pisane dla środowisk CAD. Narzędzia tego typu są dostępne dzięki grupom pasjonatów oraz młodym naukowcom piszącym aplikacje w ramach prac własnych, doktorskich lub na potrzeby badań i grantów. Przykłady tego typu narzędzi są dostępne na stronie dodatków do oprogramowania Rhinoceros [3]. Są to między innymi NUMERIC NETWORK ANALYSIS (NNA), URBAN NETWORK ANALYSIS TOOLBOX czy PedSim oraz jego wersja Pro [4]. Plug-iny tego typu pracujące w środowisku Rhino 7 / Grasshopper pozwalają na realizację symulacji ruchu pieszego w skali urbanistycznej lub wewnątrz obiektu architektonicznego. PedSim Pro V 1.1 jest w pełni zintegrowany z Grasshopperem. Jest

narzędziem, które pomaga architektom, projektantom, planistom i badaczom zrozumieć, jak grupy ludzi poruszają się w przestrzeni zbudowanej. Użytkownicy mogą wykorzystywać pełne możliwości modelowania, wizuali-

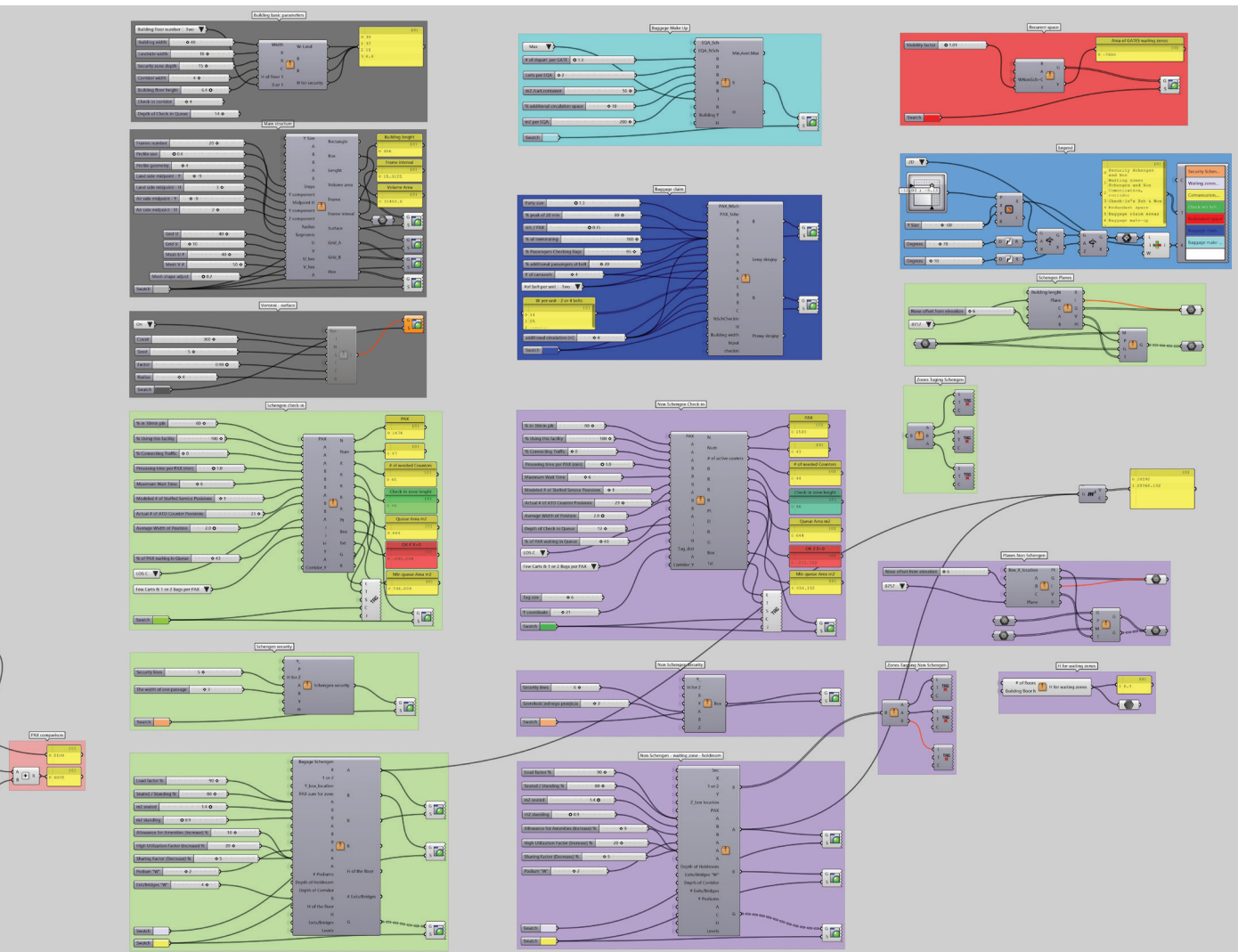


zacji oraz przetwarzania danych. Jest to proste, a jednocześnie niezwykle ciekawe i elastyczne narzędzie. Poziom złożoności dla tego typu narzędzi jest ograniczony wiedzą oraz umiejętnościami programisty piszącego algorytm lub poziomem otwartości, zaangażowaniem grupy współautorów w rozwijanie kolejnych jego wersji. Zaletą tego typu rozwiązań jest możliwość integracji z otwartym środowiskiem wymiany danych, a także uzupełnianie dostępnych funkcjonalności narzędzia o dodatkowe elementy łączone wewnątrz środowiska CAD i oprogramowania do projektowania parametrycznego (Grasshopper). Symulacje oraz analizy zachowań ludzi w środowisku terminala lotniczego realizowane z wykorzystaniem PedSim Pro V 1.1 umożliwiają określenie takich zdarzeń jak wielokrotne zatrzymanie, dowiązanie do układów komunikacji kolejowej lub kolejowej, zmianę punktów celu, możliwość wykrywania kolizji oraz złożone wizualizowanie obecności i ilości użytkowników w przestrzeni. Narzędzia tego typu sprawdzają się w badaniach realizowanych na potrzeby rozwoju nauki oraz w opracowaniach eksperckich.

Trzecią grupą są specjalistyczne aplikacje symulacyjne o charakterze komercyjnym dedykowane do wspierania wielobranżowych biur projektowych zajmujących się tematami projektowymi z branży transportu lądowego, morskiego i powietrznego.

Istnieje wiele różnych modeli symulacyjnych, a także narzędzi wspomagających projektowanie i modernizację terminali lotniczych. Warto wymienić najważniejsze aplikacje tego typu dostępne na rynku. Są to między innymi ARCPORT (TRANSOFT Solutions) [5], SIMWALK AIRPORT (SAVANNAH SIMULATIONS AG) [6], CAST (Airport Research Center GmbH) [7], Airport Passenger Flows (INCONTROL Solution Software) [8] czy też Pedestrian Dynamics® (Analogic) [9]. Jednym z bardziej rozbudowanych systemów modelowania i symulacji jest zestaw aplikacji CAST. Jest to wysokowydajne narzędzie do symulacji 3D w czasie rzeczywistym wszystkich procesów w porcie lotniczym. Rozwiązania tego typu składają się zazwyczaj z kilku modułów odpowiadających za różne podsystemy portu lotniczego. Obejmują one analizę ruchu powietrznego w strefie kontroli ruchu lotniczego portu, ruch pojazdów tech-

nicznych na terenie portu, zachowania pasażerów w terminalach lotniczych oraz na styku z systemami komunikacji indywidualnej i zbiorowej po stronie lądowej portu. Modelowanie procesów zachodzących w porcie lotniczym oparte na oprogramowaniu umożliwia szybsze podejmowanie decyzji, a także poprawia wgląd w różne problemy czy zadania, przed którymi stają inżynierowie oraz zarządcy podczas planowania i eksploatacji dużych obiektów transportowych. Korzyści wynikające z projektowania wykorzystującego symulacje to optymalizacja dużych przepływów tlumu i infrastruktury obiektów czy też obniżenie wysokich kosztów dodatkowych podczas eksploatacji. Inne korzyści to gwarancja zgodności z przepisami. Oprogramowanie pomaga w ocenie, a także zapewnieniu zgodności z lokalnymi oraz międzynarodowymi wymogami prawa budowlanego i normami bezpieczeństwa. Analizując zagrożenia oraz ryzyko wystąpienia sytuacji kryzysowych, umożliwia budowanie scenariuszy dla każdej fazy cyklu życia obiektu, od projektu do eksploatacji. Symulacje mogą usprawnić efektywność ekonomiczną i funkcjonalną powierzchni wynajmowanych na potrzeby han-



Rys. 1. Autorski algorytm parametryzujący wielkości stref funkcjonalnych pasażerskiego terminala lotniczego

dlu oraz usług zlokalizowanych w terminalu. Mogą także poprawić zadowolenie pasażerów obsługiwanych w terminalu na każdym etapie ich pobytu w porcie.

### Podsumowanie

Zrealizowane przez autora prace badawcze i autorskie narzędzie (rys. 1.) zaprezentowane w monografii habilitacyjnej [10] koncentrują się na wykorzystaniu parametrów brzegowych, a także danych statystycznych do optymalizacji założeń projektu z wykorzystaniem symulacji komputerowych. Obszar zainteresowań oraz realizowane obecnie prace badawcze z wykorzystaniem dostępnych narzędzi zostały poszerzone o studia zachowań użytkowników w przestrzeniach urbanistycznych i obiektach medycznych. Tematem wykorzystującym dotychczasowe doświadczenia jest rozpoczęty projekt CrowdSim2, realizowany we współudziale pracowników, a także studentów Wydziałów AEil oraz Architektury Politechniki Śląskiej (PŚ) w ramach Project Base Learning. Prace eksperymentalne w opisywanych obszarach są realizowane przez

autora również w ramach zajęć dydaktycznych na studiach II stopnia Wydziału Architektury PŚ w ramach przedmiotów Nowe Technologie i Metody Projektowania w Architekturze" (NTiMWA) oraz Projektowanie parametryczne.

### Literatura

- [1] Michał Sitek, Flow capacity analysis for MPL Katowice Pyrzyzowie terminals with the indication of zones requiring architectural changes; journal ACEE Archit. Civ. Eng. Environ, 2017, Volume vol. 10, number nr 1, pp. 41–50.  
 [2] Jun Li, Jing Wang, Yuanfang Dong, Hongfei Jia, Yanzhong Li, "Streamline Simulation and Analysis of Pedestrian Weaving Flow in Large Passenger Terminal", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2015, Article ID 645989, p. 9, 2015, <https://doi.org/10.1155/2015/645989>.  
 [3] [www.food4rhino.com](http://www.food4rhino.com) [dostęp: 24.01.2021].  
 [4] <https://www.pedsim.net/docs/pedsim-pro-modeling/basic-concepts/pedsim/> [dostęp: 24.01.2021].  
 [5] <https://www.transoftsolutions.com> [dostęp: 24.01.2021].  
 [6] [http://www.simwalk.com/simwalk\\_airport/index.html](http://www.simwalk.com/simwalk_airport/index.html) [dostęp: 24.01.2021].  
 [7] <https://arc.de> [dostęp: 24.01.2021].  
 [8] <https://www.incontrolsim.com/application-areas/airports-passenger-flow> [dostęp: 24.01.2021].  
 [9] [https://www.anylogic.com/resources/case-studies/?industry=airports-stations-shopping-malls&PAGEN\\_1=2](https://www.anylogic.com/resources/case-studies/?industry=airports-stations-shopping-malls&PAGEN_1=2) [dostęp: 24.01.2021].  
 [10] Sitek M., Podstawy metodologiczne programowania wielkości stref funkcjonalnych dla budynków terminali lotniczych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2019.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.7899

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA  
 Sitek Michał, 2021, Narzędzia symulacyjne w projektowaniu terminali lotniczych, „Builder” 4 (285). DOI: 10.5604/01.3001.0014.7899

**Streszczenie:** Artykuł ma charakter przeglądu narzędzi symulacyjnych pozwalających badać obecność, zachowania i przepływ dużych strumieni ludzi w przestrzeniach pasażerskich terminali lotniczych, a także ich znaczenie w projektowaniu oraz optymalizacji procesów organizacyjnych.

**Słowa kluczowe:** pasażerski terminal lotniczy, symulacje, BIM

**Abstract:** SIMULATION TOOLS IN AIRPORT TERMINAL DESIGN. The paper is a review of simulation tools to study the presence, behavior, and flow of large streams of people, in airline terminal passenger spaces and their importance in the design and optimization of organizational processes.

**Keywords:** passenger air terminal, simulations, BIM

REKLAMA

# BUILDER SCIENCE

# Builder OPEN ACCESS

**BUILDER SCIENCE** - dział miesięcznika **BUILDER** dostępny w ramach open access journals, w którym publikowane są artykuły naukowe w następujących dyscyplinach naukowych: architektura i urbanistyka oraz inżynieria lądowa i transport. Artykuły naukowe indeksowane są w bazach danych: Index Copernicus i BazTech.

**20 punktów MEiN**

**WWW.BUILDERSCIENCE.PL**