

Streszczenie

Modelowanie ruchu pracowników budowlanych w kontekście efektywności realizowania zadań i bezpieczeństwa pracy

Niniejsza praca skupia się na przedstawieniu propozycji zdalnego systemu monitorowania ilościowego postępu robót budowlanych, bez fizycznego udziału personelu technicznego. W celu minimalizacji konieczności udziału uczestników procesu budowlanego w fizycznej kontroli rzeczywistego postępu robót w stosunku do harmonogramu zaproponowano zdalny, pasywny system szybkiego szacunku postępu prac na podstawie zanonimizowanego zapisu dziennych ruchów pracowników na obiektach budowlanych. Przewiduje się zastosowanie niniejszego systemu na dużych wielobudynkowych inwestycjach mieszkalnych o powtarzalnym charakterze geometrii kolejnych obiektów.

W toku badań, przeprowadzono analizę wielokryterialną rodzaju systemów, za pomocą znanych metod tj. Simosa, REMBRANDT, Hokkanena i Salminena w dwóch wersjach oraz autorskiej metody opartej o odchylenie standardowe. Następnie skonstruowano autorski czujnik oparty o detektor *PIR* i przeprowadzono próbne pomiary na dwóch kolejno realizowanych budynkach o takiej samej geometrii.

Dane pozyskane w czasie prowadzenia pomiarów na pierwszym obiekcie posłużyły do stworzenia modelu predykcyjnego dla budynku drugiego. Uzyskane modele charakteryzowały się dobrym dopasowaniem, zapewniając 20% dokładności (definiowanej jako maksymalny dopuszczalny błąd wyrażony w procentach między rzeczywistą wartością, a wartością uzyskaną z modelu) przewidywania postępu prac dla większości wybranych robót budowlanych. Dokładność była zauważalnie większa dla robót prowadzonych na niższych kondygnacjach. Wskazano również szereg robót, których postęp okazał się praktycznie niemożliwy do śledzenia. Skuteczna okazała się metoda iteracyjnego poszukiwania wag dla wielomianu reprezentującego postęp prac, ilość danych okazała się zbyt mała do poprawnego wygenerowania modeli sieci neuronowych zdolnych do predykcji postępu robót.

Dla każdej z robót znaleziono też szereg wąskich gardeł w procesie produkcji budowlanej. Prowadzone pomiary pozwoliły na wskazanie punktów, w których charakter ruchu pracowników ma decydujące znaczenie dla terminowej realizacji zadań budowlanych.

Przeanalizowano także charakter ruchu, szczególnie pod kątem osiągnięcia wysokich prędkości w ruchu pieszym. W niniejszej pracy przedstawiono szereg czynników powodujących zauważalne zmiany w charakterze ruchu mogące potencjalnie stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa pracowników.

Słowa kluczowe: wykrywanie ruchu; analiza wielokryterialna; analiza dużych zbiorów danych; prędkość ruchu w miejscu pracy; wąskie gardła w procesie produkcji budowlanej; analiza koszykowa

Abstract

Modelling the movement of construction workers in relation to task efficiency and occupational safety

This paper focuses on presenting a proposal for a remote system for quantitatively monitoring the progress of construction work without the physical involvement of technical personnel. To minimize the need for supervisory personnel in the physical control of actual work progress compared to the schedule, a remote, passive system for rapid estimation of work progress based on anonymized records of daily worker movements on construction sites has been proposed. This system is intended for use in large, multi-building residential projects with repetitive geometry of subsequent buildings.

In the course of the research, a multi-criteria analysis of the types of systems was conducted using known methods such as Simos, REMBRANDT, Hokkanen and Salminen in two versions, and an original method based on standard deviation. Subsequently, an original sensors based on *PIR* detectors were constructed and trial measurements on two consecutively constructed buildings with the same geometry were conducted.

Data obtained during the measurements on the first building were used to create a predictive model for the second building. The obtained models were characterized by good fit, providing 20% prediction accuracy of actual work progress for most selected construction tasks. The accuracy was noticeably higher for work carried out on lower floors. A number of tasks were also identified for which progress would be practically impossible to track. The iterative weight search method for the polynomial representing work progress proved effective, while the amount of data was insufficient to correctly generate neural network models capable of predicting work progress.

For each of the tasks, a number of bottlenecks in the construction production process were also identified. The measurements conducted allowed for the identification of the points where the nature of worker movement is crucial for the timely completion of construction tasks.

The nature of movement was also analysed, particularly in terms of achieving high walking speeds. This paper presents a number of factors causing noticeable changes in the nature of movement that could potentially pose a threat to workers safety.

Keywords: motion detection, big data analysis, movement speed in the workplace, bottlenecks in the construction production process, basket analysis