

KIERUNKI ROZWOJU AUTOMATYZACJI W BUDOWNICTWIE (CZ. I)

Construction Robotics and Automations Development Directions

Eugeniusz BUDNY, Mirosław CHŁOSTA

Streszczenie: W artykule poruszono problematykę automatyzacji i robotyzacji w budownictwie (ARC). Jest to szybko rozwijająca się gałąź techniki, jakkolwiek niedoceniana w Polsce. W pierwszej części artykułu przedstawiono podstawowe informacje związane z omawianą tematyką. Omówiono aktualny stan rozwoju ARC. W części drugiej skoncentrowano się na przedstawieniu na tym tle znaczących rozwiązań organizacyjnych i technicznych.

Słowa kluczowe: budownictwo, automatyzacja, robotyka

Abstract: Automations and robotics in construction (ARC) are quickly developing brand of the world industry, however it is not being sufficiently appreciated in Poland. The basic information on ARC was presented in the introduction of the paper. The global state of art was shown. The mile stones on the robotics in construction and examples of the organizational and technical solutions are presented on this background.

Keywords: construction, automation, robotics

Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie aktualnego stanu rozwoju w zakresie automatyzacji i robotyki w budownictwie. Zawarte informacje mogą zainteresować krajowych producentów użytkowników sprzętu budowlanego i zachęcić do podjęcia opracowań krajowych. Z uwagi na dużą liczbę przedstawianych w literaturze technicznej robotów i zautomatyzowanego sprzętu – szacowaną na ok. 300 urządzeń – przedstawiono jedynie urządzenia o najszerzym zakresie zastosowania, wskazujące na możliwe kierunki rozwoju tej dziedziny techniki. Z powodu szczupłych ram niniejszej publikacji, informacje o poszczególnych urządzeniach ograniczono do niezbędnego minimum, odsyłając czytelnika do podanej literatury.

Tematyka automatyzacji i robotyki w budownictwie jest mało znana w krajowym środowisku budowlanym, zarówno z powodu konserwatywnego podejścia do zagadnienia personelu inżynieryjno-technicznego, jak również z powodu stosunkowo niskich kosztów pracy. Większość zatrudnionej w budownictwie kadry technicznej i menadżerskiej utożsamia zastosowanie robotów i automatyzację z przemysłem przetwórczym, metalowym i przede wszystkim samochodowym. Efektem tego jest to, że jeszcze dziś spotkanie robota na budowie w wielu krajach jest zjawiskiem bardzo rzadkim. Tymczasem, w krajach wiodących w tym obszarze, robotyka w budownictwie ten obszar osiągnął znaczący rozwój. Kraje przodujące w tym zakresie to: Japonia, Korea Południowa i USA. W mniejszym stopniu działania w tym kierunku prowadzone są w krajach Europy, choć i tutaj daje się zauważyć zmianę tendencji.

Od ponad 30 lat Międzynarodowe Stowarzyszenie Automatyki i Robotyki w Budownictwie (IAARC) prowadzi działalność, dzięki której corocznie organizuje się Międzynarodowe Sympozjum Automatyzacji i Robotyki w Budownictwie (ISARC). Sympozja te stanowią forum wymiany myśli, idei oraz koncepcji rozwiązań technicznych, programistycznych i organizacyjnych. Prezentowane są najnowsze osiągnięcia z zakresu automatyzacji i robotyki. Referaty z tych sympozjów są prezentowane w *Proceedings*. Polska bierze aktywny udział w pracach IAARC-u, m.in. była organizatorem dwóch sympozjów: w 1995 r. w Warszawie, a w 2001 r. w Krakowie. Prof. Eugeniusz Budny sprawował funkcję przewodniczącego IAARC w latach 1998–1999. Drugi ze współautorów był członkiem Board of Directors w latach 2000–2001. Prof. Mirosław Skibniewski jest wieloletnim członkiem tego ciała statutowego IAARC.

Aktualnie dziedzina automatyzacji i robotyki w budownictwie, z uwagi na wysoki poziom opracowań i zaangażowany potencjał badawczy jest dyscypliną naukową, integrującą osiągnięcia mechatroniczne, informatyczne (IT) i projektowanie dla budownictwa (DfRC). Dla jasności dalszych sformułowań, celowe jest podanie podstawowych określeń związanych z automatyzacją i robotyką w budownictwie.

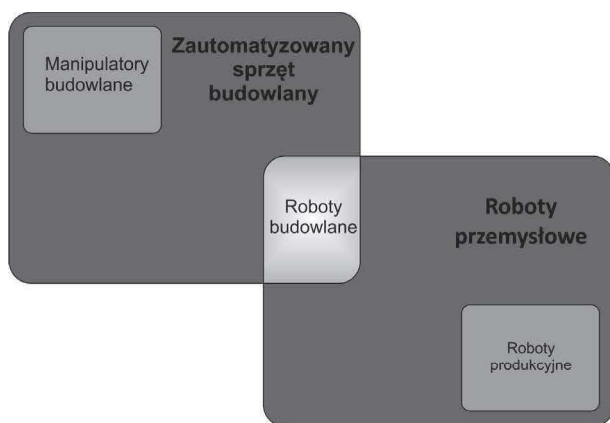
Mechanizacją budownictwa określa się działania zmierzające do zastąpienia fizycznego wysiłku człowieka pracą maszyny, przy czym maszyną kieruje człowiek – operator. Tak więc mechanizacja budownictwa obejmuje m.in. stosowanie specjalistycznych narzędzi, maszyn i manipulatorów oraz robotów budowlanych. Automatyzacja rozumiana jest jako zastąpienie pracy operatora systemami technicznymi. Rola człowieka sprowadza

się do nadzoru nad przebiegiem procesu. W przypadku wystąpienia nieprzewidzianych zdarzeń dokonuje on niezbędnych czynności, przywracając automatowi zdolność funkcjonowania, zabezpiecza przed wystąpieniem zagrożenia, awarią lub katastrofą. Zakłada się, iż automat wykonuje czynności powtarzalne, w ustalonych warunkach otoczenia. Robotyzacja z kolei oznacza zastąpienie pracy człowieka pracą robota, tj. maszyny, która jest w dużym stopniu autonomiczna, ma zdolność wykonywania czynności w zmiennych warunkach, bez lub z bardzo ograniczoną interwencją człowieka.

Automatyzację i robotyzację można uznać za wyższe poziomy mechanizacji, przy których maszyna zastępuje nie tylko fizyczną, lecz również umysłową pracę człowieka. Niekiedy wykorzystanie robotów budowlanych nazywane jest automatyzacją budownictwa, co niepotrzebnie (zdaniem autorów) zawęża to pojęcie.

Robot budowlany jest więc samodzielnie działającym urządzeniem, najczęściej sterowanym komputerowo. Oprogramowanie robota umożliwi mu wykonanie zmiennych zadań w zakresie jego przeznaczenia. Zgodnie z tą definicją, zdalnie sterowane maszyny (teleoperated manipulators), sterowane wyłącznie przez operatora nie są robotami. W niniejszej pracy tego typu urządzenia określać będzie się jako manipulatory budowlane.

Obie grupy – manipulatory i roboty – mogą mieć podobną budowę, ale ich możliwości wykonania zadań są całkiem różne ze względu na różne obszary zastosowania. Na rys. 1. przedstawiono usytuowanie robotów budowlanych i manipulatorów budowlanych w grupie robotów przemysłowych i zautomatyzowanego sprzętu budowlanego.



Rys. 1. Usytuowanie robotów budowlanych i manipulatorów budowlanych w grupie robotów przemysłowych i zautomatyzowanego sprzętu budowlanego (opracowanie własne)

Fig. 1. Construction robots and manipulators at the industrial robots and automated construction equipment background

Roboty produkcyjne (manufacturing robots) i budowlane (construction robots) stanowią dwie różne grupy w zbiorze robotów przemysłowych. Pierwsze prace nad robotami to druga połowa lat 40. XX w. Dotyczą one

maszyn zdalnie sterowanych (teleoperator, telemanipulator), zaliczanych dziś do grupy manipulatorów przemysłowych oraz obrabiarek sterowanych numerycznie. Pierwsze prace dotyczące opracowania robotów dla budownictwa wykonano na początku lat 80. ub. stulecia.

Korzyści wynikające z zastosowania robotów do wykonania różnorodnych prac budowlanych dotyczą:

- zmniejszenia kosztów robocizny,
- zwiększenia wydajności i związanego z tym skrócenia czasu realizacji zadań,
- poprawy jakości wykonania prac,
- poprawy bezpieczeństwa dzięki eliminacji bezpośredniego zagrożenia podczas pracy w środowiskach niebezpiecznych i szkodliwych dla zdrowia, takich jak: roboty inspekcyjne w warunkach niebezpiecznych (sieci kanałów ściekowych, elewacje wysokich budynków), prace w środowisku radioaktywnym, prace wyburzeniowe, podwodne, prace ziemne prowadzone na skarpach, prace malarskie, w badaniach kosmicznych itp.

W rozwoju robotyki w budownictwie wyróżnia się następujące etapy (generacje):

1. Urządzenia mechaniczno-elektryczne
2. Urządzenia mechatroniczne.
3. Roboty autonomiczne (autonomous robots),
4. Urządzenia opracowywane dla budownictwa zrobotyzowanego (Design for Robotic Construction – DfRC).

Pierwsza generacja, którą można nazwać „zautomatyzowane urządzenia budowlane”, rozwijana była na bazie istniejącego sprzętu. W początkowym etapie wykorzystywano mechaniczne systemy automatyki, dobrze znane z automatyzacji procesów przemysłowych. Dodanie czujników elektrycznych i sterowania za pomocą techniki analogowej stanowiło kolejny krok w rozwoju, jednak nie zmieniło zasady funkcjonowania układów sterowania tych maszyn. Celem jej wdrożenia było przede wszystkim zwiększenie wydajności urządzeń i bezpieczeństwa oraz poprawa jakości prac. Zasady, którymi kierowano się przy opracowaniu robotów pierwszej generacji, nadal są stosowane przy automatyzacji wielu typów maszyn budowlanych. Maszyny zbudowane wg zasady urządzeń pierwszej generacji, znajdują najczęściej zastosowanie w: wykonawstwie wykopów, transporcie poziomym urobku oraz transporcie i układaniu mieszanki betonowej, w procesach produkcyjnych materiałów i elementów budowlanych. Ich podstawową zaletą jest prostota wykonania i duża odporność na oddziaływanie czynników zewnętrznych. Stąd znajdują jeszcze zastosowanie w prostych urządzeniach, pracujących w ciężkich warunkach otoczenia.

Druga generacja związana jest z zastosowaniem manipulatorów do wykonania konkretnych, ściśle zdefiniowanych zadań w pracach budowlanych. Urządzenia drugiej generacji znajdują główne zastosowanie przy usprawnianiu tradycyjnych metod budowy. Są to nowe rozwiązania maszyn do takich prac jak: zacieranie

powierzchni betonowych, prefabrykacja i układanie zbrojenia, murowanie ścian z cegieł i bloczków, układanie płyt okładzinowych na ścianach i sufitach podwieszonych.

Trzecią generację zautomatyzowanego sprzętu dla budownictwa stanowią urządzenia wykonujące zadania samodzielnie (autonomous robots), bez udziału operatora w procesie sterowania. Urządzenia te są zaliczane do robotów budowlanych. Udział operatora ogranicza się do przygotowania ich do pracy oraz interwencji w przypadku wystąpienia zdarzeń uznanych za awaryjne. Jako przykłady zastosowania można wymienić: robot-koparkę do rowów, roboty do prac murarskich na budowie i w zakładach prefabrykacji elementów ściennych, roboty do montażu konstrukcji stalowej budynku, do transportu materiałów na plac budowy, do prac okładzinowych ściennych i posadzkowych, natrysku masy zabezpieczającej konstrukcje stalowe przed pożarem, malowania, do prac inspekcyjnych w kanałach ściekowych, kontroli ultradźwiękowej spawów w konstrukcjach stalowych, kontroli jakości płytek okładzinowych elewacji budynków wysokich itp. Maszyny ze sterowaniem komputerowym są w prostej linii rozwinięciem urządzeń pierwszej generacji. Maszyny budowlane wyposaża się w czujniki, układy przetwarzania danych i nowoczesne układy sterowania ze sprzężeniem zwrotnym w celu zwiększenia wydajności i poprawy jakości prac, natomiast struktura maszyny nie ulega zmianie. Adaptacje takie stosuje się w koparkach, żurawiach, sprzęcie do prac palowych itp. W tym zakresie istnieje wiele rozwiązań dostępnych na rynku.

Czwarta generacja robotów budowlanych charakteryzuje zaprojektowaniem wg metody „design for robotic construction (DfRC)”, obejmującej nowe metody budownictwa, opracowane specjalnie do zastosowania robotów. Metoda ta cechuje się integracją etapów powstawania obiektu budowlanego, tj. od projektowania do wybudowania, jak również opracowywaniem, w miarę potrzeb nowych materiałów budowlanych i urządzeń. Cechy funkcjonalne robota są tu ściśle dostosowane do obu tych elementów.

Wszystkie cztery wymienione generacje zautomatyzowanych urządzeń budowlanych i robotów aktualnie znajdują zastosowanie w budownictwie, a przechodzenie od jednej do drugiej odbywa się w sposób ewolucyjny. Najważniejszą cechą charakteryzującą ten proces jest zmniejszanie lub eliminacja udziału operatora w obsłudze urządzeń i zastąpienie go sterowaniem komputerowym.

Spojrzenie w przyszłość

Automatyzacja procesów technologicznych w budownictwie jest procesem nieuniknionym. Istotne znaczenie ma globalizacja gospodarki i związany z tym przepływ idei i – co ważniejsze – kapitału. Wzrost udziału układów mechatronicznych w układach sterowania maszynami i narzędziami budowlanymi powoduje, iż znajdują zastosowanie w nich systemy wykorzystujące rzeczywistość wirtualną czy też rozwiązania sieciowe. Programiści w coraz większym stopniu korzystają z sieci neuronowych i algorytmów genetycznych. Rozwój technik wizyjnych i skaningu laserowego powoduje osiągnięcie bardziej precyzyjnej identyfikacji otoczenia maszyny, zwiększając efektywność pracy maszyn.

Rozwój robotyzacji i automatyzacja budownictwa powinny uwzględniać następujące aspekty:

- dostosowanie rozwiązań architektonicznych do przemysłowych technologii budownictwa, prefabrykacji, logistyki i sieci produkcyjnych,
- zorientowanie na zarządzanie zautomatyzowanym i zrobotyzowanym placem budowy,
- wykorzystanie osiągnięć naukowych, nie tylko w naukach technicznych ale w ergonomii, psychologii, socjologii, w tym uwzględniania zjawisk demograficznych.

Działania te muszą być jednak zorientowane na dwa cele – odbiorcę technologii – w szczególności powinny brać pod uwagę lokalne warunki i tradycję w budownictwie. Po drugie uwzględnione muszą być aspekty ekologiczne, a zwłaszcza zanieczyszczenie środowiska i ograniczenie zużycia energii na każdym etapie prac budowlanych.

LITERATURA

- [1] Witakowski P. 2010. „Robotyzacja w budownictwie. Teraźniejszość i przyszłość – cz. I.”, www.inzynierbudownictwa.pl

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Budny – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa

Dr inż. Mirosław Chłosta – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa, e-mail: m.chlosta@imbigs.pl