



GRZEGORZ ŁABA<sup>1</sup>, BOGUSŁAW TWARÓG<sup>2</sup>

## Robotyzacja procesów produkcyjnych z wykorzystaniem graficznych czujników wizyjnych w zadaniach edukacyjnych

### Robotization of Production Processes Using Graphic Vision Sensors in Educational Exercise

<sup>1</sup> Magister inżynier, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Studenckie Koło Naukowe „Trojan”, Polska

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-5782-0048, doktor inżynier, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Polska

#### Streszczenie

W artykule przedstawiona została praktyczna realizacja i analiza funkcjonowania zrobotyzowanego zestawu paletyzującego opartego na bazie czujnika wizyjnego SensoPartVisor V10-OB-A1-W6, wspomagającego pracę ramienia robota przemysłowego Kawasaki RS03N. Zaprojektowano i zaimplementowano dedykowane oprogramowanie sterujące robotem przemysłowym z uwzględnieniem konfiguracji i graficznej optymalizacji parametrów wizyjnych sensora obrazowego. Zestrojony układ sterowania pozwala na automatyczne znajdowanie określonych obiektów 3D i kompletowanie ich według określonego algorytmu magazynowania. Ćwiczący studenci w laboratorium mogą zapoznać się z najnowszymi metodami projektowania systemów sterowania robotami przemysłowymi dla celów automatyzacji procesów produkcyjnych.

**Słowa kluczowe:** systemy sterowania, robotyzacja, czujniki wizyjne, programowanie robotów, nowoczesna edukacja

#### Abstract

The article presents the practical implementation and analysis of the functioning of a robotic palletizing set based on the SensoPart Visor V10-OB-A1-W6 vision sensor supporting the work of the Kawasaki RS03N industrial robot arm. Dedicated software for controlling an industrial robot has been designed and implemented taking into account the configuration and graphical optimization of vision parameters of the image sensor. The tuned control system allows you to automatically find specific 3D objects and complete them according to a specific storage algorithm. The practicing students in the laboratory can learn about the latest methods of designing industrial robots control systems for the purpose of automation of production processes.

**Keywords:** control systems, robotization, vision sensors, robot programming, modern education

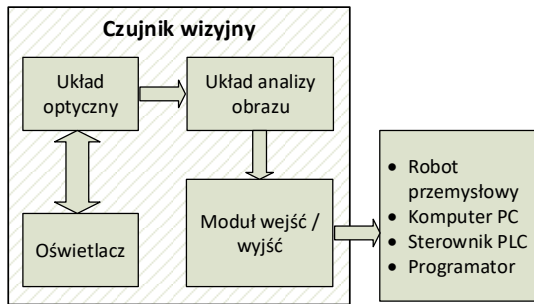
## **Wstęp**

Firmy produkcyjne zmierzają do maksymalnego skrócenia czasu wytwarzania wyrobów przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej jakości i uwzględnieniu wzrostu kapitału finansowanego. Dlatego też obecnie ważna jest automatyzacja, która częściowo wypiera czynnik ludzki z wielkoseryjnego procesu produkcji. Jego miejsce zajmują nowoczesne roboty przemysłowe, a wraz z nimi urządzenia towarzyszące w postaci np. systemów wizyjnych czy sterowników PLC, które wykonują zadania kilka razy szybciej, a przy tym dużo dokładniej. Szczególnie ważne jest to w przypadku realizacji zadań kontroli jakości elementów lub ich sortowania, gdzie łatwo o różne niedokładności. Istotną zaletą takiego rozwiązania jest bezdotykowe sprawdzanie wymiarów, kształtów czy wad w wytworzonym elemencie, co w niektórych branżach ma bardzo duże znaczenie. Sensory wizyjne rejestrują obrazy, na których znajdują się wyprodukowane detale, i porównują je z zapamiętanym wzorcem, by potem dać sygnał robotowi, czy dany element spełnia założone warunki, czy też nie. Robot jako element wykonawczy na podstawie danych z czujnika wizyjnego eliminuje detal z dalszego procesu produkcji bądź przenosi go na inną linię produkcyjną, dopuszczając element do kolejnego etapu procesu technologicznego. Odpowiednia konfiguracja systemu wizyjnego pozwala na zrealizowanie wielu zadań w szybkim tempie z najwyższą dokładnością. Dzięki takim zestawom zmniejszają się koszty produkcji, a także zwiększa się liczba wyprodukowanych elementów przy zachowaniu wysokiej jakości (Tadeusiewicz, 1992; Reiner, 2013). Przygotowany i optymalnie skonfigurowany zestaw laboratoryjny pozwoli studentom zapoznać się z nowoczesnymi metodami projektowania i wdrażania aplikacji sterujących najnowszymi rozwiązaniami robotyzacji procesów produkcyjnych. Ważny walor edukacyjny dotyczący dokładnego i ekonomicznego modelowania w sferze produkcji przemysłowej pozwoli przyszłym inżynierom profesjonalnie wejść na innowacyjny rynek efektywnych rozwiązań zrobotyzowanych linii technologicznych.

### **Sensory wizyjne w automatyzacji procesów produkcyjnych**

Czujniki wizyjne są wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłu, np. w przemyśle maszynowym, kosmetycznym czy spożywczym. Ich główną zaletą jest szybka i bezdotykowa kontrola kształtu czy jakości powierzchni detalu na taśmie produkcyjnej. Takie czujniki mają możliwość inspekcji kilku parametrów jednocześnie, gdzie analiza obrazów odbywa się dzięki specjalnym algorytmom obsługiwanym przez wbudowane mikroprocesory. Sensorem wizyjnym steruje dedykowane oprogramowanie specjalne dla danego typu i odpowiedniego systemu operacyjnego programatora. Podstawowa architektura czujnika opiera się na kilku zasadniczych elementach logicznie powiązanych ze sobą (rys. 1):

- układ optyczny czujnika składający się m.in. z obiektywu, którego zadaniem jest dostarczenie obrazu do dalszej części urządzenia,
- oświetlacz w postaci kilku lub kilkunastu diod LED,
- układ analizy obrazu, który przetwarza obraz, wyszukuje na nim obiekty i porównuje je z zapisanymi w pamięci wzorcami,
- moduły wejść i wyjść komunikujące czujnik z urządzeniami zewnętrznymi, np. robotem, komputerem PC czy sterownikiem PLC (Czabanowski, 2010).



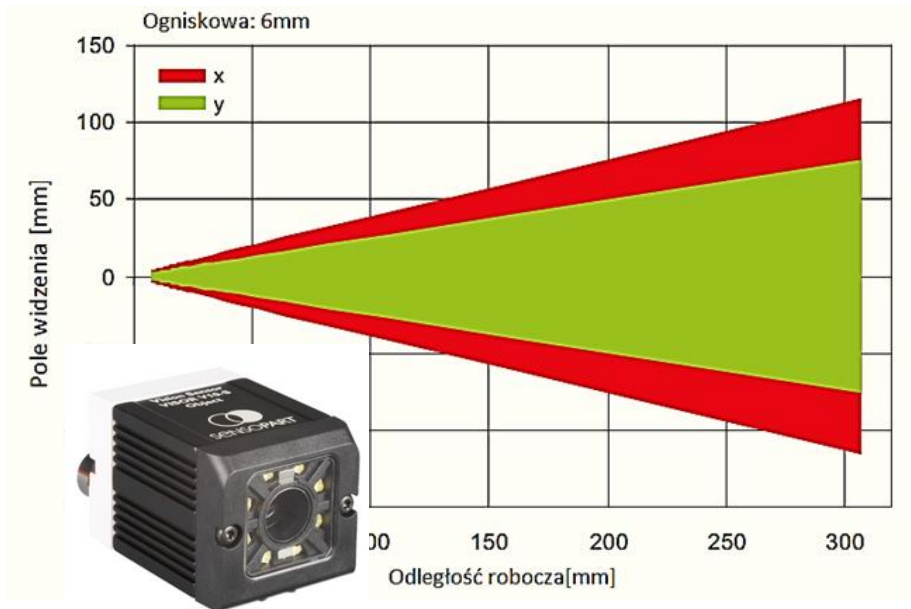
**Rysunek 1. Podstawowa architektura czujnika wizyjnego**

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowany w badaniach czujnik wizyjny V10-OB-A1-W6 firmy SensoPart (rys. 2) należy do rodziny Visor Object, wykorzystuje aplikację Pick and Place do kontroli pozycji detali. Jego rozdzielczość to 736 x 480 px. Posiada oprogramowanie typu Advanced oraz oświetlacz typu Ring, w którym zastosowano 8 diod LED o kolorze białym z możliwością dopasowania do warunków świetlnych panujących na stanowisku roboczym. Długość ogniskowej wynosi 6 mm, a minimalne pole widzenia zawiera się w rozmiarze 5 x 4 mm. Sensor przeznaczony jest do wykrywania obiektów, sprawdzania ich położenia, sortowania, a także wykrywania wadliwych fragmentów. Czujnik Visor precyzyjnie określa współrzędne X i Y położenia obiektu, dzięki czemu w połączeniu z robotem przemysłowym tworzy zgrany zespół w automatyzacji procesów produkcyjnych (Visor V10-OB-A1-W6 – Visor User Manual).

Specjalnie opracowane aplikacje przeznaczone są do instalacji, konfiguracji, komunikacji oraz podglądu aktualnie przetwarzanych obrazów. Główne składowe systemu to programy typu:

- SensoFind – pozwalający wykrywać i ustanawiać połączenia pomiędzy współpracującymi urządzeniami,
- SensoConfig – umożliwiający konfigurację czujnika i opisanie zadań do realizacji podczas analitycznego procesu,
- SensoView – udostępniający podgląd w czasie rzeczywistym przetwarzanych obrazów oraz kontrola wyników zaimplementowanych zadań.



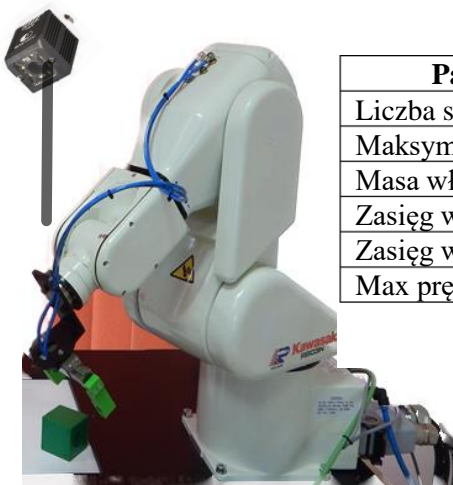
Rysunek 2. Sensor wizyjny Visor V10-OB-A1-W6 z charakterystyką pola widzenia

Źródło: opracowanie własne.

### Zrobotyzowany model selekcji elementów z zastosowanym czujnikiem wizyjnym

Stanowisko robocze składa się z czujnika wizyjnego Visor V10-OB-A1-W6 oraz robota przemysłowego Kawasaki RS03N z dołączonymi do niego programatorem ręcznym oraz kontrolerem. Czujnik wizyjny zamocowany jest na aluminiowym profilu centralnie nad polem roboczym w kształcie prostokąta o wymiarach 250 x 300 mm. Wysokość, na jakiej umieszczony jest czujnik, zapewnia optymalną jakość wykonywanych przez niego zdjęć. Ponieważ obiektyw czujnika jest monochromatyczny, dlatego w celu łatwiejszej analizy obrazów z elementami, które mają być wykryte przez sensor, pole robocze jest koloru białego. Ramię robota Kawasaki reaguje na sygnały otrzymywane z czujnika i po zsynchronizowaniu z aplikacją sterującą usuwa detale z pola roboczego (Kontroler Kawasaki Seria E – instrukcja użytkownika) (rys. 3).

Głównym zadaniem robota było usuwanie detali z pola roboczego po wykryciu ich przez czujnik wizyjny. Szczegółowe badania polegały na analizie dokładności, z jaką chwytak robota dojeżdżał do miejsca, w którym znajdował się dany element. Współrzędne detalu były odczytywane za pomocą aplikacji SensoConfig po wykonaniu obrazu przez czujnik wizyjny Visor V10 (Twaróg, Gomółka, Żesławska, Malska, 2017; Twaróg, Gomółka, Kwiatkowski, 2014; Twaróg, Gomółka, Żesławska, 2018).



Parametr	Wartość
Liczba stopni swobody	6
Maksymalny udźwig	3 kg
Masa własna	20 kg
Zasięg w poziomie	620 mm
Zasięg w pionie	967 mm
Max prędkość robocza	6000 mm/s

**Rysunek 3. Robot Kawasaki RS03N i jego podstawowe parametry**

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony poniżej program **ODBIERZ\_WSP**, będący fragmentem pełnego systemu, realizował zadanie kolekcji danych o współrzędnych i kącie ułożenia detalu na polu roboczym, działając na podstawie składowych podprogramów **tcpopenport**, **tcpcloseport** oraz **tcpget** i **tcpseend**. W pierwszej fazie otwierane były porty wejściowe i wyjściowe, a następnie wywoływany podprogram **tcpseend** wysyłał ramkę z danymi do programu głównego.

```

1 .PROGRAM ODBIERZ_WSP ()
2 CALL tcpopenport(port_wy,1) ; (port, socket)
3 CALL tcpopenport(port_we,2)
4 DO
5 CALL tcpseend("TRG", socket_id[1])
6 TWAIT 1
7 CALL tcpget(socket_id[1],3)
8 UNTIL ($cam_rec == "TRGP")
9 CALL tcpget(socket_id[2],1)
10 CALL tcpcloseport(socket_id[1])
11 CALL tcpcloseport(socket_id[2])
12 TWAIT 1
13 .END

```

Aby współpraca robota z czujnikiem wizyjnym była efektywna, a przy tym zachowana była dokładność działania, robot musiał poruszać się z odpowiednią prędkością.

## Podsumowanie

W przedstawionej pracy wykonano badania zmian prędkości ruchu robota oraz ich wpływu na dokładność osiągnięcia prawidłowych współrzędnych przez narzędzie zamontowane na jego ramieniu. Prędkość robota była ustawiana jako procentowa część jego wartości maksymalnej, a podczas testów była sukcesywnie zmniejszana od wartości 90%  $V_{max}$ , aby przy odpowiedniej odległości od detalu osiągnęła wartość 10%  $V_{max}$ . Odległość ta powinna zapewnić dokładność działania oraz być na tyle niewielka, aby cały proces usuwania detalu z pola roboczego odbywał się w możliwie krótkim czasie. Robot rozpoczynał ruch od pozycji bazowej (*Home*), a kończył go przy detalu znajdującym się na polu roboczym. Badania przeprowadzono dla pięciu różnych wartości odległości od elementu i przeanalizowano ich wpływ na osiągnięcie przez chwytak robota prawidłowych współrzędnych do pobrania detalu z pola roboczego (tab. 1).

**Tabela 1. Dokładność ustawienia chwytaka robota w zależności od odległości detalu i zmian prędkości docelowej**

Odległość [mm]	Współrzędne po dojeździe chwytaka robota [mm]		Współrzędne rzeczywiste [mm]	
	X	Y	X	Y
150	289,4	300,1	291,2	302,4
75	290,1	304,9	291,2	302,4
50	288,3	308,7	291,2	302,4
30	287,6	307,5	291,2	302,4
10	285,1	309,2	291,2	302,4

Źródło: opracowanie własne.

Jak można zauważyć, wraz ze zmniejszaniem odległości zmieniały się współrzędne, do których dojeżdżało ramię robota. Zmiana prędkości w odpowiednim momencie pozwoliła na określenie, czy robot zdoła osiągnąć wymagane współrzędne. Można wnioskować, że optymalna odległość od detalu, przy której powinna być zmieniana prędkość ramienia, zawiera się w przedziale od 75 mm do 50 mm. Ponadto zestawione wyniki badań pozwalają osobom pracującym na testowym stanowisku laboratoryjnym osiągnąć wysoką pewność decyzji projektanta zrobotyzowanych systemów sterowania.

## Literatura

- Czabanowski, R. (2010). *Sensory i systemy pomiarowe*. Wrocław: Wyd. PWr.  
Kontroler robotów Kawasaki Seria E – instrukcja użytkownika.  
Reiner, J. (2013). *Identyfikacja i modelowanie optyczne systemów wizyjnej kontroli jakości wytwarzania*. Wrocław: Wyd. PWr.  
Tadeusiewicz, R. (1992). *Systemy wizyjne robotów przemysłowych*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

- Twaróg, B., Gomółka, Z., Kwiatkowski, B. (2014). Pomiary termowizyjne w systemach diagnostycznych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 5, 598–604.
- Twaróg, B., Gomółka, Z., Żesławska, E. (2018). Time Analysis of Data Exchange in Distributed Control Systems Based on Wireless Network Model. Analysis and Simulation of Electrical and Computer Systems. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 452, 333–342.
- Twaróg, B., Gomółka, Z., Żesławska, E., Malska, W. (2017). Systemy wizyjne w nawigacji robotów mobilnych. *Acta Scientifica Academiae Ostroviensis, Sectio A*, 9(1), 258–271.
- Visor V10-OB-A1-W6 – Visor User Manual.