

Systemy wizyjne w inżynierii produkcji

MAŁGORZATA SŁOMION, DANIL Yu. PIMENOV, MICHAŁ STYP-REKOWSKI, MACIEJ MATUSZEWSKI*

Ciągły postęp w dziedzinie techniki mikroprocesorowej znacznie wpływa na wzrost wymagań stawianych jakości i dokładności produktów przemysłowych. W artykule przeprowadzono analizę możliwości praktycznego wykorzystania systemów wizyjnych oraz charakterystykę ich komponentów. Wskazano także zalety i wady używania tych systemów w inżynierii produkcji. Na przykładzie wybranych systemów produkcyjnych opisano metody przemysłowych zastosowań wizji w procesach produkcji.

Wprowadzenie

Komputerowa analiza obrazu staje się coraz częściej wykorzystywanym rodzajem kontroli. Przechwycony obraz z sensora wizji jest przetwarzany na formę cyfrową i poddawany całościowo, bądź częściowo dalszemu opracowaniu, które może mieć szeroki zakres. Na tej podstawie określone są cechy fizyczne, m.in.: geometria i wymiary obiektu, struktura oraz barwa [3, 6].

Aktualnie stosowane systemy wizyjne mogą być używane niezależnie od komputera, ponieważ układy wspomagające cyfrową obróbkę sygnałów, posiadają wystarczającą moc obliczeniową do przeprowadzenia analizy obrazu. Cechą łączącą systemy wizyjne oraz analizę cyfrową jest rejestracja obrazu, natomiast systemy kontroli jakości dodatkowo przetwarzają obrazy w kierunku kompatybilności z usta-

lonym modelem obiektu i określonym schematem zachowania [3].

Niedokładność maszyn i narzędzi, defekty półproduktów, uszkodzenia obrabianych elementów, a także niedoskonałość operatora stanowią potencjalne przyczyny pojawiania się błędów w procesie produkcji. Monitoring procesu oraz jego wczesna diagnostyka pozwala na redukcję dodatkowych kosztów oraz uzyskanie końcowego produktu o najwyższej, oczekiwanej jakości. Systemy wizyjne umożliwiają stały nadzór oraz stanowią narzędzie pomagające w spełnieniu wymagań rynku i rozwiązywaniu wymienionych problemów [2, 3, 6].

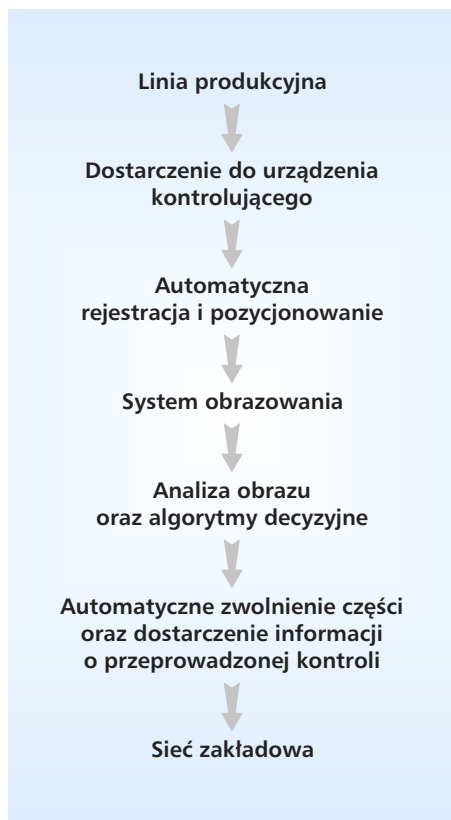
Charakterystyka systemów wizyjnych

Systemami i algorytmami wizyjnymi określa się zastosowanie wizji komputerowej w przemyśle. Coraz częściej

pełnią one lub wspomagają funkcję kontroli jakości. Wykorzystywane są one do monitorowania parametrów maszyn i produkcji, nadzoru nad procesami produkcyjnymi oraz ich bezpieczeństwa. Prostota układu, małe koszty eksploatacji, duża wydajność i elastyczność zastosowań oraz możliwość realizacji skomplikowanych zadań to główne zalety systemów wizyjnych, co powoduje, że wykorzystywane są one w wielu gałęziach przemysłu [2, 6, 9, 10].

Wizja komputerowa skupia się głównie na przetwarzaniu obrazu, natomiast wizja maszynowa wymaga dodatkowych urządzeń I/O (wejście/wyjście), a także sieci komputerowych do transferu wcześniej wygenerowanych informacji, wymaganych dla pozostałych składowych cyklu przemysłowego, np. przenośników taśmowych. Wizja maszynowa wraz z powiązаныmi z nią sys-

* Mgr inż. M. Słomion, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, studia doktoranckie, dr hab. inż. D.Yu. Pimenov, South Ural State University, Chelyabinsk, Rosja, prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski, Bydgoska Szkoła Wyższa, dr hab. inż. Maciej Matuszewski, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, matus@utp.edu.pl



Rys. 1. Elementy systemu widzenia maszynowego w przemyśle [12, 13]

temami, znajduje coraz szersze zastosowanie w rozwiązywaniu problemów inspekcji przemysłowej, pozwalając na automatyzację procesu inspekcji, zwiększając jej dokładność oraz wydajność. Na rysunku 1 przedstawiono schemat automatycznego systemu kontroli wizyjnej [1, 6, 10].

Systemy wizyjne dla zastosowań przemysłowych posiadają zaawansowane możliwości programowania oraz przetwarzania obrazu. W kontroli jakości wykorzystuje się szeroką gamę urządzeń, czujników oraz specjalistycznych kamer wraz z oprogramowaniem. Takie rozwiązania charakteryzują się dużą szybkością, a także cyklicznością kontroli i możliwością ciągłej, 24 godzinnej pracy. Dzięki wbudowanym narzędziom śledzącym zmianę położenia obrabianego przedmiotu na linii produkcyjnej, który może zmienić pozycję względem kamery istnieje możliwość utrzymywania stałej względnej pozycji, co powoduje, że niepewność pomiarowa prowadzonej kontroli jest nieznaczna [9, 11, 12].

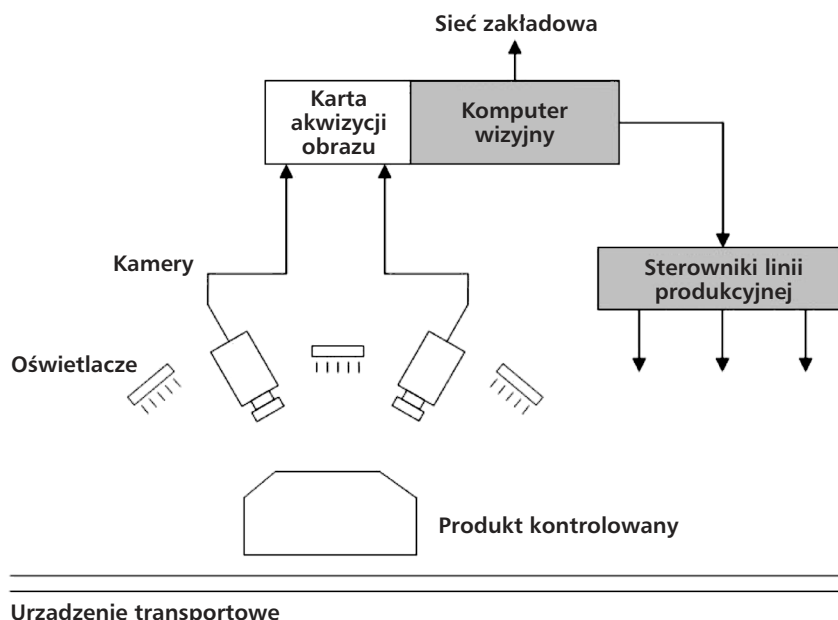
Na rynku spotykane są dwie grupy urządzeń służących do obróbki sygnału wizyjnego, tj. uniwersalne komputery PC wyposażone w karty rozszerzeń do wczytywania obrazu z przetwornika i jego dalszej obróbki oraz mikrokontrolery obrazowe sprzężone z przetwornikami wizyjnymi [4, 5, 12].

Budowa i zastosowanie przemysłowych systemów wizyjnych

Do standardowych elementów tworzących przemysłowe systemy wizyjne zalicza się kamerę cyfrową wraz z obiektywem, źródło światła (tzw. oświet-

lenia), natomiast komputer pozwala na analizę obrazów i zaprogramowanie sterowania kamerą. Systemy uzupełniane są często różnymi czujnikami, które wykrywają obiekty, co wyzwała działanie kamery [10, 12].

Stosowane są kamery wyposażone w matryce CCD lub CMOS. Rozwój procesorów DSP (z ang. *Digital Signal Processor*) pozwala na użycie kamer zarówno o dużej (1280 × 1024, 8 fps), jak i mniejszej (640 × 480, 75 fps) rozdzielczości. Wprowadzenie na rynek kamer inteligentnych, mogących pracować bez komputera PC, pozwoliło na komunikację systemu wizyjnego z linią



Rys. 2. Schemat blokowy systemu wizyjnego [1]

Urządzenie transportowe (lacze) oraz komputer wyposażony w kartę akwizycji obrazu i kartę wejść/wyjść, analizujący dane z kamery lub wykorzystywany do zaprogramowania jej pracy. Często spotykanym rozwiązaniem jest integracja komputera z kamerą we wspólnej obudowie. Budowę przykładowego systemu wizyjnego przedstawiono na rysunku 2, gdzie uwzględnione zostały dodatkowo mechanizmy pozycjonujące i transportujące przedmiot poddawany kontroli [1, 4].

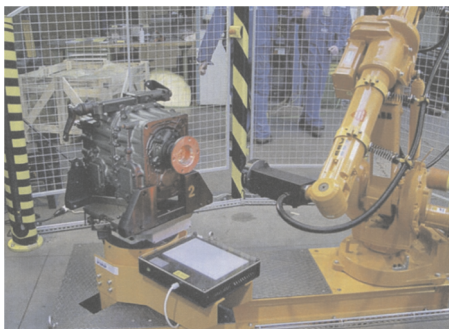
Doboru kamery oraz oświetlenia dokonuje się na podstawie cech mierzonych

produkcyjną nie tylko za pomocą karty wejść/wyjść lub portu szeregowego, ale także poprzez integrację z interfejsami komunikacyjnymi, np. Modbus, RS422, TCP/IP lub Ethernet [1, 4, 5, 12].

Zakres zastosowań przemysłowych systemów wizyjnych (tab. 1) jest szeroki. Głównie stosowane są do kontroli: jakości, procesu montażu, parametrów wytwarzania, stanu powierzchni, sterowania, wykrywania obecności i identyfikacji elementów, a także pomiarów temperatury, wymiarów, detekcji kodów kreskowych oraz wizualizacji procesów przemysłowych [1, 5, 7, 8].

Stosowanie systemów wizyjnych w przemyśle pozwala na realizację zróżnicowanych zadań powstających na skutek rosnących wymagań rynku oraz rozwoju linii produkcyjnych, czego efektem jest uzyskanie produktów o jak najwyższej jakości [3, 7].

W zależności od potrzeb, stosowane są odpowiednie rozwiązania sprzętowe i software'owe. Dla prostych zadań, które nie wymagają analizy pozycji czy orientacji, wykorzystuje się proste czujniki wizyjne. W przypadku bardziej wymagających zadań, jak np. pozycjonowanie położenia oraz orientacji położenia elementów (sortowanie, prze-



Rys. 3. Sprawdzenie poprawności montażu podzespołów skrzyni biegów [1]

noszenie, montaż), stosuje się kamery inteligentne lub systemy wyposażone w kamerę i kontroler, który realizuje funkcje komunikacyjne i programowe [3, 5, 7]. Na rysunku 3 przedstawiono przykładową kontrolę wizyjną montażu.

Zautomatyzowana kontrola montażu polega na sprawdzeniu kompletności elementów danego podzespołu, wraz z ich poprawnym pasowaniem. Kontrolę dokonywać można podczas montażu lub po jego realizacji. Wyniki kontroli wprowadza się do baz danych jako potwierdzenie jej przeprowadzenia oraz poprawności wykonania wytworu [1, 7].

Istotnym elementem w kontroli jakości procesów produkcyjnych i systemów przemysłowych jest wykrywanie, rozpoznawanie oraz klasyfikowanie cech. W przypadku linii produkcyjnych, gdzie prędkość przemieszczania produktów jest bardzo duża, niezbędne są przy-

rzędy detekcyjne, zapewniające jakościową kontrolę powierzchni [2, 5, 10].

Wyraźne wady pojawiające się na powierzchni, nie zawsze mają wpływ na właściwości użytkowe czy funkcjonalne produktu, jednak brak ich odpowiedniej identyfikacji może przyczynić się do przestoju w produkcji i powstania

Powszechnie stosowane są dwie metody wizji maszynowej przy kontroli powierzchni[1]:

1. Dla jednorodnej struktury powierzchni korzysta się z zaprogramowanego opisu wyglądu defektów (np. zniekształcenia, rysy, pęknięcia, wżery). Za pomocą odpowiedniego oprogramowania, komputer wyszukuje niedokładności w obrazach weryfikowanego produktu;

2. Dla stałej, powtarzającej się struktury powierzchni, komputer porównuje uzyskany obraz z zaprogramowanym wzorcem.

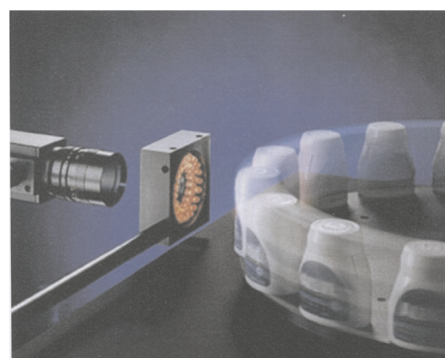
Im większa jest złożoność produktu, tym prawdopodobieństwo wystąpienia błędu w czasie produkcji wzrasta, gdyż utrudnia to wizualne sprawdzenie integralności zespołu czy podzespołu elementów.

Im większa jest złożoność produktu, tym prawdopodobieństwo wystąpienia błędu w czasie produkcji wzrasta, gdyż utrudnia to wizualne sprawdzenie integralności zespołu czy podzespołu elementów.

Im większa jest złożoność produktu, tym prawdopodobieństwo wystąpienia błędu w czasie produkcji wzrasta, gdyż utrudnia to wizualne sprawdzenie integralności zespołu czy podzespołu elementów.

Tabela 1. Przemysłowy obszar zastosowań systemów wizyjnych [5, 7]

Gałąź przemysłu	Przykłady zastosowań
Przemysł motoryzacyjny	– kontrola poprawności instalacji podzespołów, – kontrola wymiarów, – kontrola ilości wykonanych elementów, – współdziałanie z robotami przemysłowymi, – identyfikacja montowanych elementów.
Przemysł spożywczy	– kontrola formy opakowania i poprawności zamknięcia, – kontrola wymiarów produktu, – monitorowanie wypełnienia opakowania.
Przemysł elektroniczny	– kontrola położenia elementów na płycie montażowej, – kontrola wykonania płyt montażowych, – monitorowanie produkcji elementów elektronicznych.
Przemysł farmaceutyczny	– sprawdzenie zawartości opakowania przed zamknięciem, – kontrola obecności zabezpieczenia i zamknięcia opakowań, – znakowanie i sprawdzanie terminu ważności.
Produkty medyczne	– kontrola jakości narzędzi, np. igieł, – kontrola jakości odlewu, np. strzykawek.



Rys. 4. Inspekcja wizyjna opakowań przy użyciu kamery z oświetlaczem [2]

kosztownych reklamacji. Kontrola wzrokowa ze względu na czas i koszt oraz brak gwarancji pożądanej oceny stanu powierzchni, wymusza stosowanie rozwiązań w formie wizji maszynowej (rys. 4). Stwarza to możliwość dokładnego sprawdzenia nawet dużych powierzchni produktów ciągłych, np. materiałów włókienniczych, blach, tafli szkła, folii spożywczych czy drewnianych płyt [1, 7, 10].

mowania, komputer wyszukuje niedokładności w obrazach weryfikowanego produktu;

2. Dla stałej, powtarzającej się struktury powierzchni, komputer porównuje uzyskany obraz z zaprogramowanym wzorcem.

Im większa jest złożoność produktu, tym prawdopodobieństwo wystąpienia błędu w czasie produkcji wzrasta, gdyż utrudnia to wizualne sprawdzenie integralności zespołu czy podzespołu elementów.

Podsumowanie

Duże zapotrzebowanie w obszarze inżynierii produkcji na kompleksowe i specjalistyczne rozwiązania, niezbędne do wytwarzania produktów oraz dostaw zgodnych z oczekiwaniami odbiorców, przyczynia się do coraz szybszego rozwoju systemów wizyjnych, które pozwalają na dostosowanie procesów

produkcyjnych do najwyższych standardów jakościowych. Duża elastyczność, konfigurowalność oraz mobilność pozwala na stosowanie ich w wielu gałęziach przemysłu oraz umożliwia w stopniu zaawansowanym zautomatyzować sam proces produkcji. Stosowanie systemów wizyjnych zapewnia powtarzalny poziom jakości produktów, umożliwia wczesną identyfikacją wad i skrócenie czasu kontroli ze względu na dużą jej efektywność. Charakteryzuje się także dokładnością, oraz mobilnością i elastycznością przy dostosowaniu do potrzeb użytkownika.

Literatura

- [1] Aftewicz M.: Metodyka projektowania przemysłowych systemów wizyjnych, 2006, <http://www.systemywizyjne.pl/ps/nws/metodyka-projektowania-przemysłowych-systemow-wizyjnych>, dostęp: 03.04.2018.
- [2] Batchelor B.G.: Machine Vision for Industrial Applications. Publ. Springer, London 2012.
- [3] Bogusz J.: Systemy wizyjne dla przemysłu. Elektronika praktyczna, nr 4/2007, s. 141-142.
- [4] Dunaj J.: Rozwiązania programowe w sterowaniu zaawansowanymi aplikacjami wizyjnymi. Pomiary Automatyka Robotyka, nr 3/2015, s. 67-82.
- [5] Gawlik J., Sioma A.: Zastosowanie systemów wizyjnych w nadzorowaniu procesów wytwarzania. Materiały konferencji N-T „Postępy w technice wytwarzania maszyn – POSTĘPY 2001”, Kraków 2001, s.49-58.
- [6] Kowalewski J.: Innowacyjna i elastyczna wizja, czyli jak kamery zmieniają przemysł. Zeszyty Naukowe Uczelni Jana Wyżykowskiego. Studia z Nauk Technicznych, nr 5/2016, s. 135-139.
- [7] Malamas E.N., Petrakis E.G.M., Zervakis M., Petit L., Legat J.D.: A survey on industrial vision systems, applications and tools. Image and Vision Computing, Vol. 21, No. 2/2003, pp. 171-188.
- [8] Mikołajczyk T., Słomion M., Styp-Rekowski M., Matuszewski M.: Wybrane zagadnienia zastosowania robotów w inżynierii produkcji. Obróbka Metalu, nr 2/2017, s. 36-41.
- [9] Rosenfeld A.: Machine vision for industry: tasks, tools and techniques. Image and Vision Computing, Vol. 3, No. 3/1985, pp. 122-135.
- [10] Sioma A.: Visual Quality Control in Manufacturing. CA systems and Technologies, No. 1/2008, pp. 373-380.
- [11] Szumski M., Szczerba P., Żyłka W.: Metody optyczne pomiaru odkształceń i diagnostyki elementów maszyn. Obróbka Metalu, nr 1/2017, s. 22-26.
- [12] Szymonik J.: Widzenie maszynowe jako narzędzie zapewniające wysoką jakość wyrobów. Problemy Techniki Uzbrojenia, tom r. 39, z. 115/2010, s. 67-76.
- [13] Vernon D.: Machine Vision, Automated Visual Inspection and Robot Vision. Publ. Prentice Hall International, Cambridge 1991. ■