

# Systemy wizyjne bez tajemnic w opracowaniu B&R i iAutomatyka

PERFECTION IN AUTOMATION  
A MEMBER OF THE ABB GROUP



# Spis treści

1. Czym jest system wizyjny? .....	3
2. Do czego służy system wizyjny? .....	4
3. Przykłady zastosowania systemów wizyjnych w linii produkcyjnej .....	5
4. Jak system wizyjny współpracuje z maszyną? .....	7
5. Na czym polega idea zintegrowanego systemu wizyjnego? .....	9
6. Różne systemy wizyjne .....	13
7. Rola światła w aplikacjach wizyjnych. Jak dobrać oświetlacze? .....	16
8. Jak dobrać obiektyw do danej aplikacji? Najważniejsze parametry obiektywów .....	19
9. Funkcje wizyjne .....	21
10. Jakie korzyści dla zakładu niesie zastosowanie systemu wizyjnego? .....	23
11. Przyszłość systemów wizyjnych .....	25
12. Przykłady aplikacji współpracujących z systemami wizyjnymi .....	26





# Czym jest system wizyjny?

**System wizyjny podobnie jak wzrok, służy do zdobywania informacji o otoczeniu i identyfikowaniu określonych cech, najczęściej takich jak: kształt, kolor, wymiary, stan powierzchni czy innych. Dzięki temu możliwa jest dokładna analiza danych i precyzyjne śledzenie, np. procesu produkcyjnego. Co za tym idzie, możliwe jest podjęcie działań poprawiających jakość realizowanych zadań.**

Przywoływanie porównań systemów wizyjnych do ludzkiego oka nie jest przypadkowe. W wielu procesach przemysłowych, to człowiek za pomocą zmysłu wzroku kontroluje przebieg i jakość produkcji. **System wizyjny ma jednak tę przewagę, że oferuje więcej funkcji i nie ulega zmęczeniu.** Kamery mogą odczytywać obrazy bardziej precyzyjnie, szczególnie w przypadku bardzo małych albo bardzo szybko poruszających się obiektów, a także kiedy trzeba zbadać kilka szczegółów/cech jednocześnie. Dodatkowo system wizyjny gwarantuje nieprzerwaną pracę. Całość walorów systemów wizyjnych wpływa na **poprawę jakości produkcji oraz obniżenie kosztów.**

## Z czego składa się system wizyjny?

Technologia wizyjna z definicji określana jest mianem "systemu wizyjnego", dlatego musi się składać z kilku elementów pełniących określone zadania. Podstawowymi składowymi systemu są:

- Kamera wyposażona w matrycę światłoczułą zbierająca ogromną ilość danych, którą trudno byłoby zastąpić nawet sporym zasobem tradycyjnych czujników.
- Układ elektroniczny z zaimplementowanym oprogramowaniem, pozwalającym na obróbkę pozyskanych danych, często zintegrowany z kamerą.
- Komputer bądź sterownik. Jednostka obliczeniowa przetwarza i analizuje przechwycony przez kamerę obraz celem uzyskania konkretnej informacji o otoczeniu lub o badanym obiekcie.
- Oświetlenie (zintegrowane z kamerą lub zewnętrzne) i elementy optyczne (np. obiektywy, filtry), pozwalające wyeksponować określone cechy obiektu, na temat których chcemy pozyskać informacje. Bez odpowiedniego oświetlenia kamera nie uzyska dokładnego obrazu. Przywołując ponownie porównanie, kamera podobnie jak oko, posiada soczewkę. Odpowiednikami obiektywu są stosowane przez człowieka okulary, lunety czy mikroskopy, natomiast filtr polaryzacyjny kamery można porównać z okularami przeciwsłonecznymi.

# Do czego służy system wizyjny?



**Spektrum zastosowań systemów wizyjnych jest dziś niezwykle szerokie. Wystarczy tylko lekko się rozejrzeć, aby dostrzec mnogość aplikacji, w których odgrywają niezwykle ważną rolę.**

Ten, kto chociaż raz był na lotnisku, pamięta na pewno prześwietlanie bagażu przed lotem. Wykryty przedmiot porównywany jest tam ze wzorcami przechowywanymi w bazie danych systemu, a następnie operator podejmuje decyzję o otwarciu bagażu. Na lotniskach, jak również w innych miejscach publicznych, znajdują się także inteligentne urządzenia monitorujące, mające za zadanie zapewnienie bezpieczeństwa ludziom i ochronę obiektu. Rozejrzyjmy się jeszcze. Kolejnym przykładem mogą być dzisiejsze samochody, wyposażone w niezliczoną ilość czujników i systemy wyręczające człowieka chociażby w obsłudze świateł czy wycieraczek. Niesie to za sobą wiele korzyści – głównie jest to wygoda, ale jednocześnie bezpieczeństwo, ponieważ kierowca więcej uwagi poświęca wtedy na obserwowanie drogi.

A jak można wykorzystać systemy wizyjne w przemyśle? Naprawdę ciężko znaleźć branżę, której systemy wizyjne jeszcze nie osiągnęły. Przedsiębiorstwa z praktycznie każdej gałęzi przemysłu nieustannie dążą do polepszania swoich produktów i procesów. Systemy wizyjne z powodzeniem

wspierają kontrolę jakości – pomagają zachować wymaganą jakość produktu i nie dopuszczają możliwości, aby z linii produkcyjnych do finalnej partii schodziły produkty wadliwe. Co za tym idzie? Zmniejszone ryzyko związane z kosztami gwarancyjnymi czy karami umownymi, narzuconymi przez kontrahentów.

Faktem jest, że **system wizyjny warto zainstalować zarówno na początku procesu produkcyjnego, w etapach pośrednich jak również na jego końcu.** Na początku procesu system wizyjny będzie sprawdzał, czy wchodzące na linię surowce i półprodukty są zgodne z wytycznymi producenta. W trakcie procesu może chociażby wspierać pracę robota, wzbogacając go o nowe możliwości. Podobnie jak nasz zmysł wzroku pozwala nam wykonywać precyzyjne ruchy kończynami (np. dzięki niemu weryfikujemy trajektorię ruchu ręki sięgającej po kubek), tak samo kamera umożliwia precyzyjne ruchy np. ramieniem robota.

W końcowym etapie procesu produkcyjnego system taki może weryfikować czy schodzące z linii produkty są wykonane w odpowiedni sposób i mogą trafić np. na półki sklepowe.



## Przykłady zastosowania systemów wizyjnych w linii produkcyjnej

Firmy przemysłowe stale muszą zwiększać swoją efektywność, aby pozostać konkurencyjnymi na rynku. Całkowite uniknięcie usterek w środowisku produkcyjnym wydaje się być nie lada wyzwaniem, ale dzięki systemowi wizyjnemu można zrobić znaczący krok w kierunku eliminacji ryzyka błędu w całym procesie produkcyjnym.

Niesamowita wszechstronność systemów wizyjnych pozwala wykorzystać je w wielu aspektach procesów przemysłowych. Towarzyszy temu zawsze jeden wspólny mianownik: system wizyjny może **zoptymalizować zautomatyzowaną produkcję i zwiększyć jej wydajność**. Technologia wizyjna może pełnić w aplikacji naprawdę wiele funkcji, dlatego tak ważne jest, aby konstruktorzy maszyn znali jej rozmaite możliwości. Na rynku znajdziemy zarówno kamery przeznaczone do realizowania pojedynczych, konkretnych zadań, jak również **kamery uniwersalne, mogące realizować wiele różnorodnych funkcji**.

W przypadku zwykłej linii produkcyjnej istnieją głównie **cztery obszary**, w których technologia kamer jest szczególnie korzystna pod względem uzyskiwania bardziej wydajnej produkcji, dzięki wyższej jakości i mniejszej liczbie błędów.

Są to zazwyczaj obszary, w których ręczna obsługa może być powolna lub wadliwa: na przykład **wykrywanie wad opakowania, odchyłeń kształtu surowca lub nieprawidłowego umieszczenia przedmiotu na taśmie przenośnika**.

Inteligentne wykorzystanie systemu pozwoli nie tylko zaoszczędzić czas techników czy operatorów podczas produkcji, ale zapewnia również **jednolitą jakość produktów** z korzyścią dla firmy, jak i dla jej klientów.

**Cztery główne obszary zastosowania systemu wizyjnego:**

### 1. Kontrola kształtu i identyfikacja obiektu

Dzięki technologii wizyjnej producenci są w stanie wykryć odchylenia kształtu elementu, czy określić poziom napełnienia butelki, zanim defekt rozwine się i stanie się problemem systematycznym. Na zautomatyzowanej linii produkcyjnej mogą wystąpić błędy we wszystkich kolejnych procesach, od surowca po pakowanie. W związku z tym, **sensowne jest umieszczenie technologii kamer we wszystkich częściach łańcucha produkcyjnego**, a nie tylko w najbardziej krytycznych etapach produkcji produktu.

## 2. Kontrola jakości powierzchni

Wady powierzchni produktu mogą być problematyczne ze względu na kilka aspektów. Przykładowo, błędnie wykonane nadruki lub etykiety w przemyśle kosmetycznym wpływają na odbiór jakości produktu przez klienta. Inny przykład, bardziej złożony, to ocena barwy bądź wykrywanie nierównych lub zarysowanych powierzchni, w efekcie których produkt należy usunąć z partii. Technologia wizyjna nie jest w stanie naprawić takich defektów, ale może pomagać w wykryciu usterki na czas. Tym samym pozwala uniknąć wydawania z linii wadliwych produktów w finalnych partiach.

## 3. Kontrola pozycji przedmiotu

W zautomatyzowanej produkcji określenie pozycji przedmiotu jest bardzo ważne. Jeśli przedmiot zostanie nieprawidłowo umieszczony na taśmie przenośnika, prawdopodobnie wystąpią systematyczne i powtarzające się błędy na linii

produkcyjnej, co może spowodować, że całe partie będą nieodpowiednie do sprzedaży. Kamera może wykryć błędy pozycji na wczesnym etapie procesu produkcyjnego, minimalizując w ten sposób ryzyko defektów seryjnych.

## 4. Odczyt danych z kodów 1D/2D i tekstu

Na reputacji firmy negatywnie może się odbić niezgodność informacji o produkcie zawartych na opakowaniu z jego zawartością. Technologia wizyjna może za pomocą kodów QR, kodów kreskowych i rozpoznawania liter skanować i wykrywać, czy informacje o produkcie i jego zawartość są w pełni zgodne. Dzięki temu, realizujemy produkcję w zgodzie z rosnącymi wymaganiami dotyczącymi identyfikacji serializacji, które są szczególnie ważne w przemyśle farmaceutycznym.





## Jak system wizyjny współpracuje z maszyną?

Przyjrzyjmy się teraz zagadnieniu współpracy systemu wizyjnego z maszyną. Jest ono ściśle związane z dwoma głównymi czynnikami – budową samego systemu wizyjnego oraz ze sposobem integracji systemu wizyjnego z systemem sterowania maszyną.

Czynniki te mają znaczący wpływ na kwestie takie jak chociażby stopień skomplikowania aplikacji, jej cenę, czas jej wdrożenia czy też końcową wydajność całego systemu, dlatego też ważne jest, aby dokonać świadomego wyboru spośród rozwiązań dostępnych na rynku.

Jeżeli chodzi o kwestię budowy systemu, to możliwych jest tutaj do zrealizowania kilka odmiennych schematów, wyszczególnić można cztery, gdzie każdy kolejny opiera się na coraz to wyższym stopniu integracji.

Pierwszy z nich to zastosowanie kamery z oddzielnym, dedykowanym komputerem, służącym do przetwarzania i realizowania algorytmów wizyjnych. Drugi, nieco różniący się od pierwszego, to zastosowanie kamery z komputerem klasy PC, posiadającym dedykowany soft do komunikacji z kamerą, przetwarzania oraz realizowania algorytmów wizyjnych. Te dwa schematy realizują znane, konwencjonalne i popularne podejście, zwane układem rozłącznym.

Z jednej strony układ taki daje elastyczność i szerokie możliwości, a z drugiej strony w systemach automatyki przemysłowej jest bardzo trudny do realizacji. Dlaczego? Pomyślmy o systemie sterowania. Kiedy komponenty automatyki odpowiadające za sterowanie maszyną oraz system wizyjny są oddzielnymi, niezależnymi układami, to konfiguracja tych dwóch składowych stanowi nie lada wyczyn. Takie łączone rozwiązania niosą za sobą wysokie koszty i wiążą się z koniecznością poświęcenia dużej ilości czasu na wdrożenie. Niezbędna jest tutaj ogromna wiedza z zakresu techniki kamer i techniki komputerowej, aby skompletować optymalny układ (kamera o odpowiednich parametrach, optymalny interfejs, wydajny komputer). Na późniejszym etapie projektu potrzeba z kolei ogromnej wiedzy programistycznej, aby taki układ uruchomić, ale również, aby zadbać o to, by układ ten mógł realizować wszystkie postawione mu zadania w sposób wydajny. I tutaj możemy napotkać problemy. Bardzo często niezbędne są pewne kompromisy, które niestety obniżają wydajność całego systemu. Taki układ nie jest po prostu w stanie pracować tak dobrze, jakby mógł. Często ze względu na długie czasy synchronizacji wszystkich komponentów systemu.

Trzeci schemat to zastosowanie kamery z wbudowaną jednostką obliczeniową. Programowanie takiego urządzenia odbywa się przy wykorzystaniu wbudowanego ekranu lub za pomocą dedykowanego oprogramowania – po uprzednim podłączeniu kamery do komputera PC. Po zaprogramowaniu kamery, może ona pracować samodzielnie, a z systemem automatyki maszyny komunikuje się po wybranym protokole.

Czwarta możliwość to kompletnie zintegrowany system wizyjny. Oznacza to, że mamy tutaj zapewnioną integrację na trzech poziomach – urządzenia, systemu oraz oprogramowania. Na czym polega takie podejście? Mówiąc w skrócie, kamera jest tutaj samodzielnym urządzeniem, sama zbiera dane, przetwarza i realizuje funkcje wizyjne. Dzięki integracji systemu wszystkie urządzenia współpracują w jednej sieci, gdzie kamera traktowana jest jako integralny element systemu automatyki, tak samo jak moduł I/O sterownika czy wybrany serwonapęd. Integracja na poziomie oprogramowania polega na tym, że wszystkie urządzenia systemu wizyjnego jak i systemu automatyki programuje się razem, w jednym środowisku. Zalety takiego rozwiązania szerzej przedstawiono w kolejnym rozdziale.

Z samej budowy systemu wizyjnego wynika druga kluczowa kwestia, czyli sposób integracji systemu wizyjnego z systemem sterowania maszyny. Należy mieć na uwadze, że każdy omawiany sposób gwarantuje różną jakość i ilość pozyskiwanych danych, jak również inny stopień elastyczności, tj. implementacja i integracja całego systemu może być wygodna i prosta lub też wymagać dużych nakładów pracy, doświadczenia i czasu integratora.

Pierwszy sposób integracji polega na tym, że system wizyjny wystawia informacje o statusie, gotowości czy poprawności odczytu w sposób zero-jedynkowy. Dane te możemy przekazać celem dalszej analizy na wejścia sterownika PLC. Takie rozwiązanie jest proste w implementacji, ale mało elastyczne – integrator nie ma dużych możliwości modyfikacji czy rozbudowania aplikacji. Pozyskane dane są mało dokładne, a ich ilość jest mocno ograniczona.

Drugie podejście to takie, gdzie system wizyj-

ny komunikuje się ze sterownikiem PLC po sieci przemysłowej. W przypadku tego rozwiązania integracja jest już bardziej skomplikowana. Należy wziąć pod uwagę trudności związane z ewentualnym zastosowaniem kilku protokołów komunikacyjnych, trudności związane z programowaniem w osobnym, dedykowanym oprogramowaniu. Często zdarza się, że niezbędna jest tutaj pomoc zewnętrznego specjalisty. To podejście daje jednak integratorowi większą swobodę i możliwość rozbudowy aplikacji, a pozyskiwanych danych jest zwyczajnie więcej.

Trzecie podejście, najbardziej elastyczne, to całkowita integracja systemu wizyjnego z systemem automatyki. Łączy ono w sobie zalety dwóch wspomnianych powyżej metod. Jak to możliwe? Właśnie dzięki pełnej integracji na poziomie urządzenia, systemu oraz oprogramowania.



*Zintegrowanie z krajobrazem automatyzacji*





## Na czym polega idea zintegrowanego systemu wizyjnego

Skoro wiemy już, jakie zalety niesie za sobą zastosowanie zintegrowanego systemu wizyjnego, to jest to odpowiedni moment, aby przejść do omówienia konkretnych rozwiązań.

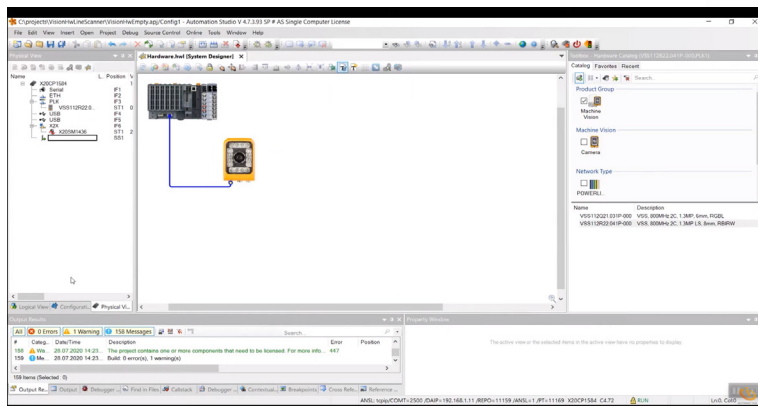
Idea zintegrowanego systemu wizyjnego B&R opiera się na trzech głównych filarach – integracji narzędzia, integracji sieci oraz integracji systemu. I choć na potrzeby omówienia zostały tutaj rozdzielone, to w istocie wszystkie z nich ściśle ze sobą współpracują. Przyjrzyjmy się temu bliżej.

### Integracja narzędzia

Integracja systemu sterowania z systemem wizyjnym ma szansę zaistnieć między innymi dzięki odpowiedniemu narzędziu inżynierskiemu – takiemu, które będzie w stanie **kompleksowo objąć zagadnienie automatyzacji maszyny**. Czyli mówiąc prościej – obejmie zarówno system sterowania jak i system wizyjny. Firma B&R oferuje oprogra-

nowanie narzędziowe Automation Studio, które z powodzeniem zajmie się całym systemem automatyki maszyny, tj. obejmie zarówno sterowanie ruchem serwonapędów, zarządzanie systemem bezpieczeństwa, tworzenie wizualizacji jak również szeroko omawiany dzisiaj system wizyjny. Znajdziemy tutaj **narzędzia dla wszystkich faz projektu** – skonfigurujemy elementy systemu, zaprogramujemy je, przeprowadzimy złożone symulacje, wdrożymy projektowany system, a nawet zrealizujemy diagnostykę i konserwację tego systemu.

Dużym udogodnieniem płynącym z takiego działania jest na pewno fakt, że łatwiej możemy kontrolować tworzony program, ponieważ dane, zmienne i parametry wszystkich elementów systemu automatyki dostępne są w jednym miejscu. Kiedy zajdzie potrzeba wprowadzenia zmian, z łatwością można wrócić do projektu. Daje to programistom większą wygodę i swobodę pracy.



Widok topologii systemu sterowania

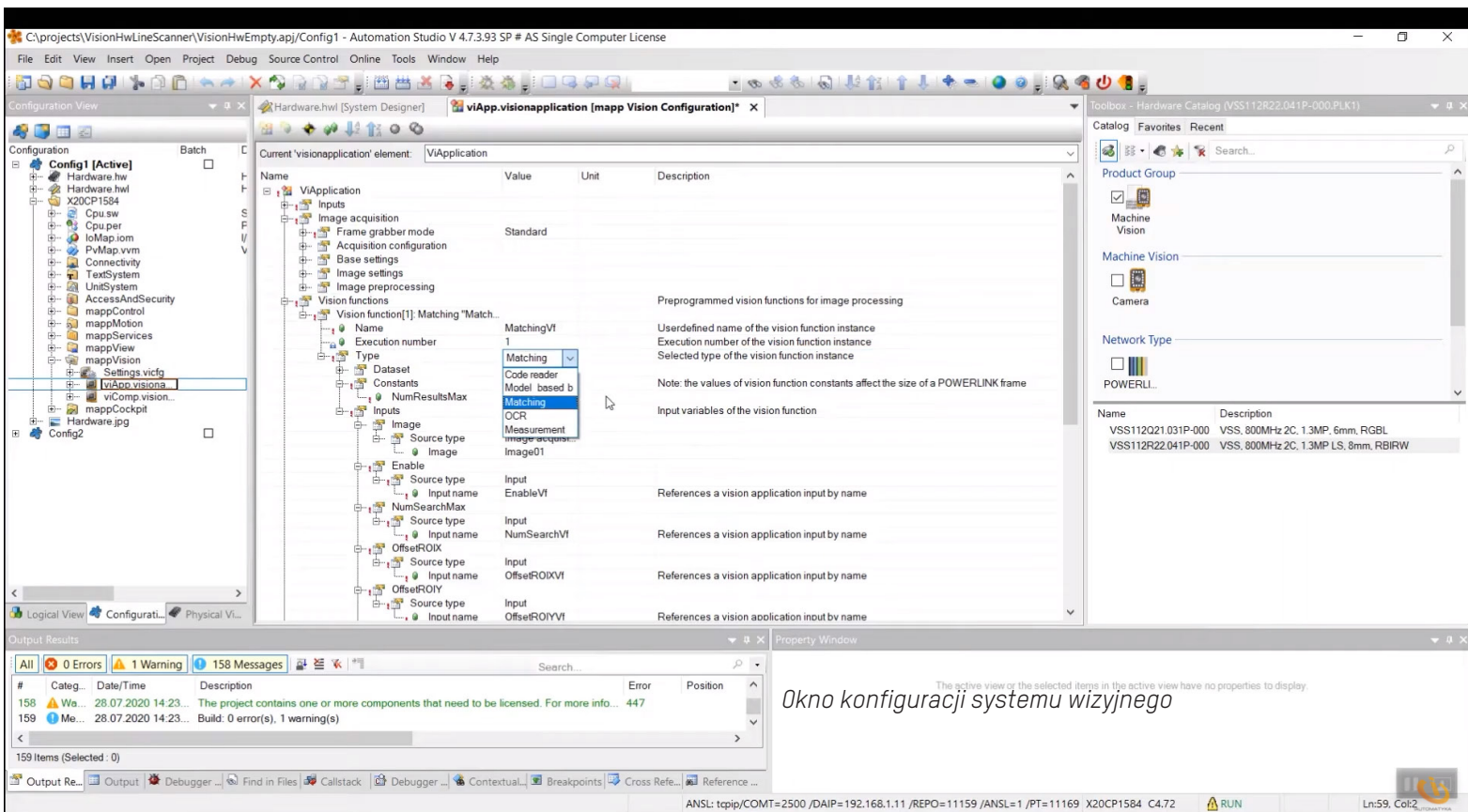
Konfiguracja części sprzętowej w Automation Studio odbywa się za pomocą przejrzystego, graficznego edytora, w którym mamy widok topologii projektowanego przez nas systemu sterowania. Znajduje się tutaj wiele narzędzi diagnostycznych, wspomagających pracę na każdym etapie projektu. Dzięki nim można zarówno zweryfikować poprawność składni programu, jak i przeprowadzić diagnostykę zastosowanych komponentów podczas pracy maszyny. Dodawanie urządzenia do sieci jest banalnie proste. Po podłączeniu kamery do sterownika, należy przejść do katalogu sprzętu i wybrać właściwy model kamery. Wówczas wystarczy przeciągnąć ją do topologii, a następnie dodać połączenie do portu POWERLINK. Ostatnia kwestia to wybranie funkcji wizyjnej. W tym celu należy przejść do konfiguracji systemu wizyjnego i wybrać jedną z dostępnych funkcji, np. Matching. Później wystarczy już tylko wgrać program na sterownik.

Dzięki temu, że widok projektu podzielony jest na pakiety funkcjonalne, umożliwia on wygodną pracę nawet przy rozbudowanych projektach. Nie musimy również ograniczać się do sprzętu jednego producenta. Po zaimportowaniu plików GSD i EDS, elementy systemu innych producentów bez problemu możemy dodawać do projektu i skonfigurować je jako kolejne moduły IO. Środowisko

Automation Studio daje dużą swobodę programowania również z racji na to, że programista może tutaj pracować na wszystkich standardowych językach programowania, zgodnych z normą IEC 61131-3.

### Integracja sieci

Drugą kwestią jest integracja sieci. Jak było wspomniane wcześniej, w rozwiązaniu firmy B&R sieć opiera się o standard Ethernet POWERLINK. Jedną z największych zalet sieci POWERLINK, czyli **możliwość działania w czasie rzeczywistym**, jest kluczowa jeśli chodzi o zintegrowane systemy automatyki. Chodzi tutaj o możliwość stworzenia jednej sieci łączącej razem wszystkie komponenty. Oznacza to, że urządzenie, które wysyła dane z niską częstotliwością, nie wymaga odczytywania danych w każdym cyklu, kiedy urządzenia pracujące z wysoką częstotliwością publikują swoje dane w każdym cyklu – w czasie rzeczywistym. Wszystko to odbywa się bez jakiegokolwiek pogorszenia wydajności sieci. Sieć POWERLINK jest niezwykle szybka, zapewnia **mikrosekundową dokładność synchronizacji dla wszystkich urządzeń w implementowanym systemie**. Dzięki zastosowaniu POWERLINKa mamy jedną sieć dla sterownika PLC, kamer, świateł, wysp IO, wzmacniaczy serwo, falowników i systemu bezpieczeństwa.





## Czym jest POWERLINK?

Ethernet POWERLINK to protokół komunikacyjny czasu rzeczywistego, który jest oparty o standardowy, znany zarówno w przemyśle jak i w produktach konsumenckich standard Ethernet. Wystarczy zwykły switch ethernetowy, aby umożliwić przesył danych pomiędzy urządzeniami. POWERLINK jest otwartym standardem przemysłowym, wolnym od patentów i licencji. Technologia Ethernet istnieje i rozwija się już bardzo długo i ugruntowała sobie stałe miejsce na rynku i dzięki temu, że EPSG (Ethernet POWERLINK Standardization Group) ustandaryzowało protokół POWERLINK zgodnie z normą IEEE 802.3, protokół POWERLINK stał się bezpiecznym wyborem na przyszłość. Obsługuje on standardowe protokoły TCP/IP dla systemów czasu rzeczywistego, co sprawia, że użytkownik może nadal używać ustandaryzowanych komponentów, których używał dotychczas.

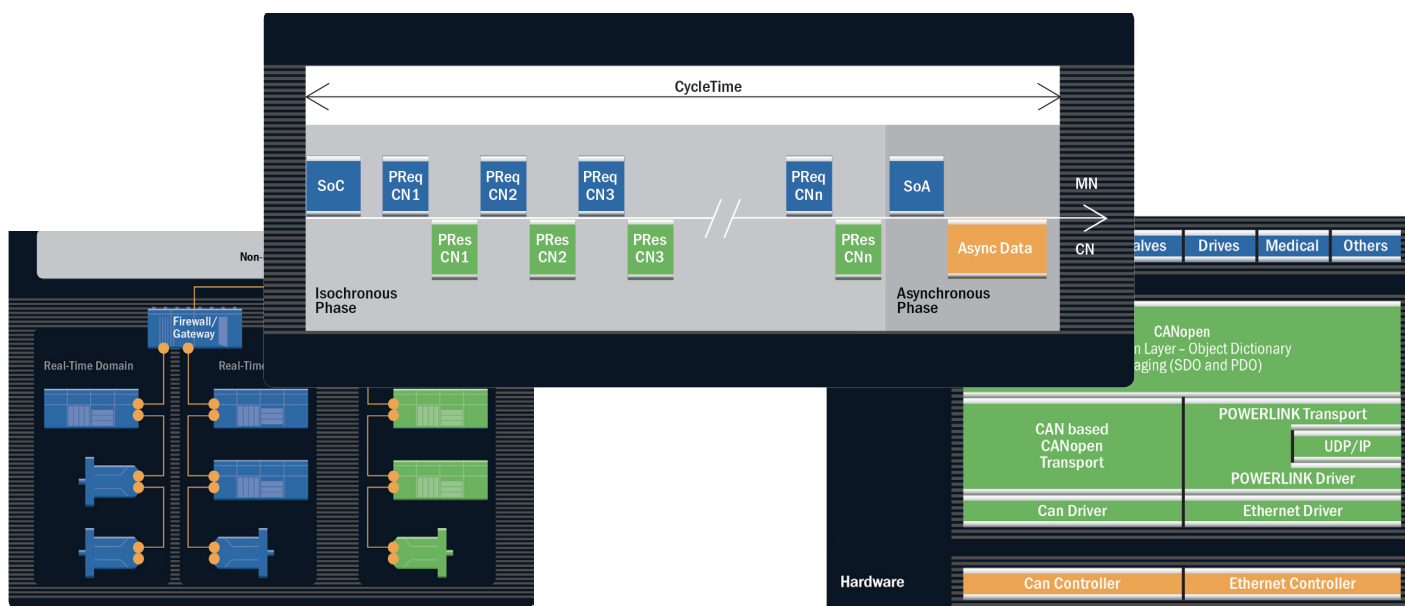
## Co sprawia, że POWERLINK umożliwia pracę w czasie rzeczywistym?

Protokół ten opiera się na mieszanej procedurze odpytywania. Ogólnie mówiąc, komunikacja odbywa się tak, jak podczas zorganizowanej dyskusji przy okrągłym stole, w której moderator zachęca uczestników dyskusji do wyrażania swojej opinii. Moderator dba o to, aby każdy mógł się wypowiedzieć, wyraźnie zapraszając jednego uczestnika po drugim do zabrania głosu w ściśle określonym czasie. W przeciwieństwie do standardowego Ethernetu, dzięki tej procedurze mamy pewność, że żadne urządzenie nie może „mówić” w tym samym momencie, eliminując dzięki temu możliwość „przerywania sobie”.

Strukturę sieci POWERLINK można opisać następująco: PLC lub PC – funkcja mastera MN (Managing Node) – moderator dyskusji, Urządzenia kontrolowane CN (Controlled Node).

MN określa impuls zegarowy do synchronizacji wszystkich pozostałych urządzeń, a także zarządza cyklem przesyłania danych. W ciągu jednego cyklu MN kolejno odpytuje każde urządzenie CN za pomocą komunikatów PollRequest, które również przekazują dodatkowe dane z MN do każdego odpytywanego CN. Każde urządzenie kontrolowane CN przesyła następnie swoje dane do wszystkich pozostałych urządzeń, tym razem za pośrednictwem wiadomości PollResponse.

Cykl POWERLINK składa się z trzech faz. W pierwszej fazie węzeł MN wysyła ramkę „Start of Cycle” (SoC) do wszystkich CN aby zsynchronizować pracę wszystkich urządzeń. Następnie przesyłane są dane – czas przesyłu danych podzielony jest tutaj na dwie części – między pakiety izochroniczne i asynchroniczne. Podczas komunikacji izochronicznej, master odpytuje cyklicznie urządzenia sieciowe, a one odpowiadają poprzez przesyłanie danych. Później następuje transmisja asynchroniczna, w której przesyłane są dane niekrytyczne pod względem czasu, takie jak dane TCP / IP lub dane konfiguracji parametrów. Następnie cykl się powtarza.



## Integracja systemu

Trzecim i zarazem ostatnim elementem jest integracja systemu. Tutaj kłania nam się w pas pakiet **mapp Vision**, zawierający gotowe bloki oprogramowania do obsługi funkcji wizyjnych. Pakiet ten jest częścią większego systemu mapp Technology i ściśle współpracuje z innymi pakietami, np. mapp Motion, umożliwiając prostą i precyzyjną synchronizację kamer z napędami. **Mapp Vision umożliwia niezwykle wygodne programowanie, konfigurację, jak również diagnostykę systemu wizyjnego, dzięki specjalnym, wstępnie skonfigurowanym blokom funkcyjnym.** Ułatwiają one pracę programiście, ale przy tym nie ograniczają złożoności aplikacji. Mapp Vision dostarcza wielu funkcji wizyjnych, które przypisuje się do wybranej kamery. Dzięki temu, że funkcje te oparte są na sprawdzonych algorytmach, stają się wydajnymi rozwiązaniami do wykrywania pozycji, kontroli kompletności, kontroli jakości, pomiarów i identyfikacji.

Cały system mapp Technology składa się z wielu komponentów, dedykowanych konkretnym częściom projektu. Mamy tutaj:

- **mapp Services** – ułatwia wdrażać funkcje takie jak np. automatyczne wysyłanie wiadomości tekstowych, umożliwia łatwe tworzenie raportów, systemów alarmowych czy analizy OEE. Oprócz tego, pozwala na przeglądanie plików i receptur. Zawiera również system zarządzania użytkownikami.
- **mapp Control** – ułatwia programowanie funkcji sterujących, zaczynając od prostego regulatora PID, a kończąc na złożonych regulatorach do suwnic czy hydrauliki.
- **mapp View** – ułatwia tworzenie wizualizacji na panele HMI; oparty o rozwiązania webowe takie jak HTML5, CSS3 i JavaScript.
- **mapp Safety** – ułatwia projektowanie, konserwację i rozwiązywanie problemów związanych z aplikacjami bezpieczeństwa.
- **mapp Motion** – zawiera komponenty służące do łatwego tworzenia aplikacji jednoosiowych, CNC i robotyki.

Modyfikowanie bloków jest bardzo proste i możliwe jest dla każdego komponentu automatyki, zaczynając od serwomechanizmów, przez wizualizację czy systemy bezpieczeństwa. Dzięki temu mamy zapewnioną pełną integrację systemu. Co istotne, wszystkie bloki mogą wymieniać ze sobą

dane i wpływać na siebie nawzajem, co sprawia, że dane są dostępne dla każdej części systemu automatyki. Przykładowo, możemy zsynchronizować wyzwolenie i przechwycenie zdjęcia w zależności od pozycji serwo. Dzięki oparciu o protokół Ethernet POWERLINK, wszystko dzieje się w czasie rzeczywistym.

Cały utworzony system zawiera się w jednym programie. Po wgraniu programu na sterownik, dopasowuje on odpowiedni firmware dla wszystkich podrzędnych modułów i nimi zarządza. Dzięki temu, w przypadku uszkodzenia danego komponentu wymienimy go, a sterownik sam wykryje zmianę i wgra odpowiedni firmware. Wówczas maszyna może powrócić do pracy.

### Podsumowanie

Zaproponowana przez firmę B&R integracja na poziomie narzędzia, sieci i systemu to rozwiązanie kompletne. Dzięki pełnej integracji, zarówno na poziomie sprzętowym jak i oprogramowania, możliwe jest osiągnięcie maksymalnej wydajności i precyzji oraz mikrosekundowej synchronizacji ze wszystkimi komponentami automatyki. Wystarczy jedno narzędzie inżynierskie i jedna aplikacja do zarządzania, aby inżynierowie byli w stanie samodzielnie wdrażać funkcje wizyjne w projektowanych maszynach.





## Różne systemy wizyjne

### Typy rozwiązań dostępnych na rynku

Rozwiązania, jakie znajdziemy obecnie na rynku, można podzielić na kilka typów, ze względu na czynniki, takie jak: możliwości funkcjonalne, konfiguracja układu czy też moc przetwarzania.

**Pierwszym typem jest czujnik wizyjny** – jest to urządzenie składające się z kamery i procesora, umieszczonych w jednej obudowie. Czujniki wizyjne z reguły dedykowane są do prostych, pojedynczych zadań – odczytywania kodu, zliczania obiektów, inspekcji wizyjnej itp. Parametryzację takiego urządzenia przeprowadza się zwykle za pośrednictwem komputera, przy wykorzystaniu dołączonego do czujnika oprogramowania producenta. Niektóre urządzenia posiadają również ekran, dzięki któremu można przeprowadzić programowanie bez konieczności podłączenia go do komputera.

**Drugim typem systemu wizyjnego jest inteligentna kamera.** Takie urządzenia są samowystarczalne i zazwyczaj nie wymagają zarządzania przez dodatkowy, zewnętrzny komputer. Konfigurację takich urządzeń, tak samo jak w przypadku czujników wizyjnych, przeprowadza się w specjalnych środowiskach na PC, dostarczanych razem z urządzeniem przez producenta. Zwykle producenci dostarczają do takiego rozwiązania

dużo dodatkowych akcesoriów, w postaci dedykowanych kabli, osłon, oświetlaczy, interfejsów, zasilaczy czy monitorów. Kamery inteligentne posiadają szeroki zakres funkcji i dedykowane są do bardziej zaawansowanych aplikacji, świetnie sprawdzają się w systemach zrobotyzowanych.

**Trzecim typem jest układ złożony z kamery i zewnętrznego, oddzielnego komputera.** System taki daje najszersze możliwości, jednak parametryzacja i konfiguracja takiego systemu jest niezwykle czasochłonna i skomplikowana, szczególnie podczas prób integracji z systemem sterowania. Niezbędna jest tutaj szeroka wiedza sprzętowa i programistyczna. Oprócz tego, łączenie wielu różnych urządzeń, z zastosowaniem różnych protokołów komunikacyjnych powoduje, ograniczenie wydajności tych urządzeń. Wdrożenie takiego systemu wiąże się również z ogromnymi kosztami.

### Rozwiązania B&R

Rozwiązania B&R należą do drugiego ze wspomnianych typów, aczkolwiek dzięki wartościom ekonomicznym mogą konkurować także z prostszymi czujnikami wizyjnymi przy mało wymagających zadaniach, a dzięki rozbudowanym funkcjom wizyjnym i potężnym algorytmom potrafią również wejść w obszary, w których zwykle domi

nują systemy wizyjne oparte o mocne komputery PC. Inteligentne kamery są głównymi elementami widzenia maszynowego w technologii B&R, która zakłada **całkowitą integrację z systemem sterowania**. Kolejnym kluczowym elementem systemu jest inteligentne oświetlenie, które może być zintegrowane w kamerze lub realizowane przez dodatkowe urządzenia zewnętrzne, czyli oświetlacze. Możliwe jest również połączenie tych dwóch rozwiązań. W zależności od rodzaju aplikacji, wymaganej wydajności i panujących warunków B&R dobierze odpowiedni sprzęt z szerokiej gamy modeli kamer i oświetlaczy.

### Jakie rozwiązania oferuje B&R?

W swojej ofercie firma B&R posiada dwa warianty kamer: Smart Sensor i Smart Camera. **Smart Sensor zaprojektowany jest do realizacji pojedynczego zadania wizyjnego**, takiego jak np. czytanie kodu QR czy detekcja pozycji obiektu. W odróżnieniu od podobnych urządzeń w swojej klasie, Smart Sensor nie wymaga instalowania dedykowanego sprzętu dla każdej funkcji. Zamiast tego, użytkownik po prostu konfiguruje wybraną funkcję w oprogramowaniu narzędziowym Automation Studio. Producent maszyn zaopatruje się tylko w jeden typ kamery i jest od razu w stanie realizować wiele zadań i funkcji aplikacyjnych.

**Kiedy zachodzi potrzeba zastosowania większej ilości zaawansowanych funkcji, z pomocą przychodzi nam drugie rozwiązanie, czyli Smart Camera.** Dzięki temu, że urządzenie to zaopatrzone jest w mocniejszą jednostkę obliczeniową niż Smart Sensor, z powodzeniem może realizować wiele funkcji jednocześnie. Jeżeli w trakcie uruchamiania maszyny okaże się, że istnieje potrzeba przejścia ze Smart Sensora na Smart Camera, w aplikacji można oczywiście wykorzystać istniejące już funkcje czy ustawione wcześniej parametry – nie ma potrzeby programowania urządzenia od zera.

Wielkim plusem jest możliwość dostosowywania wszelkich ustawień kamer Smart Camera oraz Smart Sensor podczas pracy maszyny (w czasie rzeczywistym) oraz dodawania nowych modeli, typów kodu czy zmiany kryteriów przeszukiwania w trakcie przetwarzania.

### Dobór odpowiedniego wariantu

W tabeli przedstawiono wszystkie dostępne warianty kamer. Należy przeanalizować wymo-

gi realizowanej aplikacji i wg nich dobrać parametry przyszłego systemu wizyjnego. Istotne będzie tutaj określenie, m.in. potrzebnej mocy obliczeniowej, stopnia wymaganej precyzji czy typu oświetlenia. W zależności od potrzebnej mocy obliczeniowej, istnieje możliwość wyboru jednego spośród dwóch procesorów, zarówno do urządzenia Smart Sensor, jak i do urządzenia Smart Camera. Wymagany stopień precyzji zostanie osiągnięty dzięki wybraniu jednej z trzech dostępnych matryc. Następnie należy dobrać odpowiedni obiektyw – mamy tutaj do wyboru 6 obiektywów o różnych ogniskowych. **Dodatkowym udogodnieniem jest możliwość zamówienia kamery z gniazdem typu C, dzięki czemu w przypadku niestandardowych potrzeb, użytkownik jest w stanie zamontować dowolny obiektyw, również innego producenta.** Ostatnia kwestia to dobór parametrów dotyczących oświetlenia.

#### Smart Sensor

- Dla realizacji pojedynczego zadania (odczyt, pomiar, detekcja, itp.)
- Funkcja zdefiniowana w projekcie, nie poprzez numer asortymentu
- Prosta konfiguracja zastępuje skomplikowane programowanie

#### Smart Camera

- Równoczesne wykorzystywanie wielu funkcji
- Proste graficzne połączenia pomiędzy funkcjami
- Adaptacja funkcji w trakcie pracy
- Przejście z urządzenia Smart Sensor bez konieczności zmiany ustawień.





Kamery	Smart Sensor i Smart Camera			
Czujnik obrazu				
Rozmiar matrycy	1/2"	1/1.8"	2/3"	
Rozdzielczość matrycy [Mpix]	1.3	3.1	5.0	
Obiektywy				
Mocowanie typu C	✓	✓	✓	✓
Długość ogniskowej [mm]	4.6 / 6 / 8 / 12 / 16 / 25			16 / 25
Elektroniczne ustawienie ostrości (autofocus)	✓	✓	✓	✓
Filtr polaryzacyjny (opcjonalnie)	✓	✓	✓	✓
Diody LED				
Konfiguracja	1 lub 4 kolory na kamerę			
Kolor światła	IR (850 nm), czerwony, zielony, żółty, niebieski, biały, UV (395 nm)			
Minimalny czas ekspozycji	1 $\mu$ s			
Precyzja wyzwolenia błysku	< 1 $\mu$ s			
Komunikacja				
Fieldbus	POWERLINK, zintegrowany hub, wspiera połączenie "daisy-chain"			
Wejścia cyfrowe	24 V DI, sink/source			
Wyjścia cyfrowe	24 V DO, 0.5 A			

Tabela wariantów kamer BSR

## Rola światła w aplikacjach wizyjnych. Jak dobrać oświetlenie?

### Znaczenie światła w aplikacjach wizyjnych

Zapewnienie właściwych warunków oświetlenia jest decydującą sprawą jeżeli chodzi o działanie każdego systemu wizyjnego. **Należy mieć na uwadze, że jeżeli nie zadamy o poprawne dobranie systemu oświetlenia i nie zainstalujemy go we właściwy sposób, to wykonywanie prawidłowych i powtarzalnych pomiarów nie będzie możliwe – nawet w przypadku zastosowania najdokładniejszych i najszybszych kamer.** Dlaczego tak się dzieje? Najprościej mówiąc, oświetlenie jest tak istotne, ponieważ „światło” to tak naprawdę dane, które analizujemy. Światło odbite od badanego obiektu trafia do matrycy, gdzie jest przechwytywane, a następnie analizowane, dlatego też im więcej światła przechwycimy, tym lepszy obraz otrzymamy. W związku z tym uzyskany obraz będzie łatwiejszy do przeanalizowania, co wiąże się z krótszym czasem tejże analizy. Podsumowując, **doświetlenie obiektu sprawia, że zwiększamy jakość analizy i wydajność systemu wizyjnego.**

Czynnikami, które wpływają na jakość oświetlenia obiektu są: intensywność świecenia, kąt padania wiązki, długość fali, ale również jakość synchronizacji systemu oraz możliwość inteligentnego sterowania. **Aby zapewnić spójność wyników pracy systemu wizyjnego, światło musi być homogeniczne (równe) w obrębie całego obszaru**

### roboczego.

Nie możemy dopuścić do sytuacji, w której, przykładowo, mielibyśmy obraz o właściwym kontraście jedynie w środku kadru, a po bokach obszaru roboczego obraz ciemniejszy. Jednak oświetlenie zamontowane na kamerze nie zawsze wystarczy i bardzo często niezbędnym zabiegiem okazuje się **zastosowanie dodatkowych oświetlaczy.** Po pierwsze – zapewnią odpowiednie oświetlenie obiektu, a po drugie – zmniejszą wpływ oświetlenia zewnętrznego, znajdującego się w bliskim otoczeniu analizowanego obiektu, na rzecz oświetlenia o zadanych parametrach.

### Kierunek doświetlenia

Przy użyciu tzw. **backlight’ów** możemy zwiększyć kontrast detalu, który przechwytywamy, od tła. Szczególnie przydaje się to w aplikacjach, w których bada się kontury, rozmiary i kształty obiektów lub w przypadku obiektów przezroczystych np. butelek z cieczą w aplikacji pomiaru poziomu cieczy.



Oświetlacze służące do oświetlenia od boku możemy montować w dowolnym miejscu, w tzw. pierścieniu wokół kamery. Można je traktować indywidualnie lub łączyć software'owo w jeden zestaw, czyli mamy wtedy jedno „duże światło”, które będzie błyskać synchronicznie. Po pierwsze, służy to do dodatkowego podświetlenia obiektu, a po drugie oświetlenie to może być realizowane pod różnym kątem, co daje możliwość uwypuklenia cech, których frontalnie często nie widać. Przykładowo, mogą to być elementy wystające z obiektu prostopadle w stronę kamery, bądź występujące wklęsłości. Doświetlając takie obszary, powstaje cień, który umożliwia dalszą analizę.



#### Dark room

Poza stosowaniem backlight'ów oraz doświetlaczy bocznych, bardzo często stosuje się również inne zabiegi polepszające warunki pracy systemów wizyjnych. Oświetlenie w zakładzie produkcyjnym ma swoje określone parametry. Czasami jest zakłócone, np. przez świetlówki błyskające z konkretną częstotliwością. Aby wyeliminować takie zakłócenia, można stosować tzw. **dark room'y, czyli zaciemnianie z zewnątrz danego obszaru, w którym przeprowadzana jest inspekcja wizyjna, przy jednoczesnym oświetlaniu go przy pomocy światła kamery.** Dzięki takiemu zabiegowi zapewniamy systemowi wizyjnemu niemalże idealne warunki pracy.

#### Synchronizacja oświetlenia

Dzięki wspólnemu protokołowi komunikacyjnemu, sprzęgającemu wszystkie elementy systemu, uzyskujemy **synchronizację sterowania oświetleniem i systemem automatyki z dokładnością poniżej mikrosekundy.** Niesie to za sobą wiele plusów. Synchronizacja na tym poziomie umożliwia uzyskanie jednolitego, powtarzalnego rodzaju oświetlenia, co przekłada się na wysoką jakość i efektywność produkcji.

**Synchronizacja światła z migawką pozwala na przechwytywanie zdjęcia dokładnie w tym momencie, w którym parametry oświetlenia są najlepsze.** Dzięki temu obok siebie może pracować kilka kamer i nie będą wzajemnie zakłócały swojej

pracy. W standardowych rozwiązaniach, niezintegrowanych, w takiej sytuacji występuje wiele samonapędzających się problemów. Przy długim czasie synchronizacji, błysk oświetlacza bardzo ciężko zgrać jest z momentem otwarcia przesłony kamery. Wtedy można ewentualnie wydłużyć czas trwania impulsu stroboskopowego, jednak wpływa to na żywotność diod LED oświetlacza, a także może negatywnie wpłynąć na pomiar wykonywany przez kamerę pracującą obok. Chcąc wydłużyć żywotność diod, trafiamy na kolejną „ścianę” – aby to zrobić, zmniejszamy natężenie światła, co powoduje, że należy zwiększać czas naświetlania. Kiedy obiekty na linii poruszają się z dużymi prędkościami, długi czas naświetlania może powodować rozmazanie i nieczytelność uzyskanego obrazu. Jedyną opcją, która tutaj pozostaje, to wzmocnienie sygnału z sensora kamery. Jednak i tutaj spotkamy się z komplikacjami – spowoduje to wyższy poziom szumu i obniżenie jakości uzyskanego obrazu.

Jeszcze jedna zaleta, o której warto wspomnieć, to stosowanie krótkich błysków dokładnie w tym momencie, w którym są potrzebne. Gwarantuje to między innymi wydłużenie żywotności zastosowanych LEDów i otrzymanie ostrego obrazu, nawet jeżeli obiekty poruszają się bardzo szybko.

#### Wpływ koloru oświetlenia

Zastosowanie oświetlenia kolorowego ma wielkie znaczenie w przemysłowym przetwarzaniu obrazu w przypadku, gdy mamy do czynienia z obiektami kolorowymi. Różne kolory światła reprezentują różne długości fal, niezależnie od tego, czy jest to światło pochodzące bezpośrednio z oświetlenia, czy też światło odbite od przedmiotu. Jeśli kolor oświetlenia i kolor obiektu są



*Koło kolorów wg Johanna Ittena*



w przybliżeniu takie same (tj. ich długości fal są w przybliżeniu takie same), to obiekt na uzyskanym obrazie będzie bardzo jasny lub całkowicie biały. Dzieje się tak dlatego, że tej długości fale obiekt jest w stanie odbijać wyjątkowo dobrze lub pochłaniać je szczególnie słabo w świetle transmitowanym.

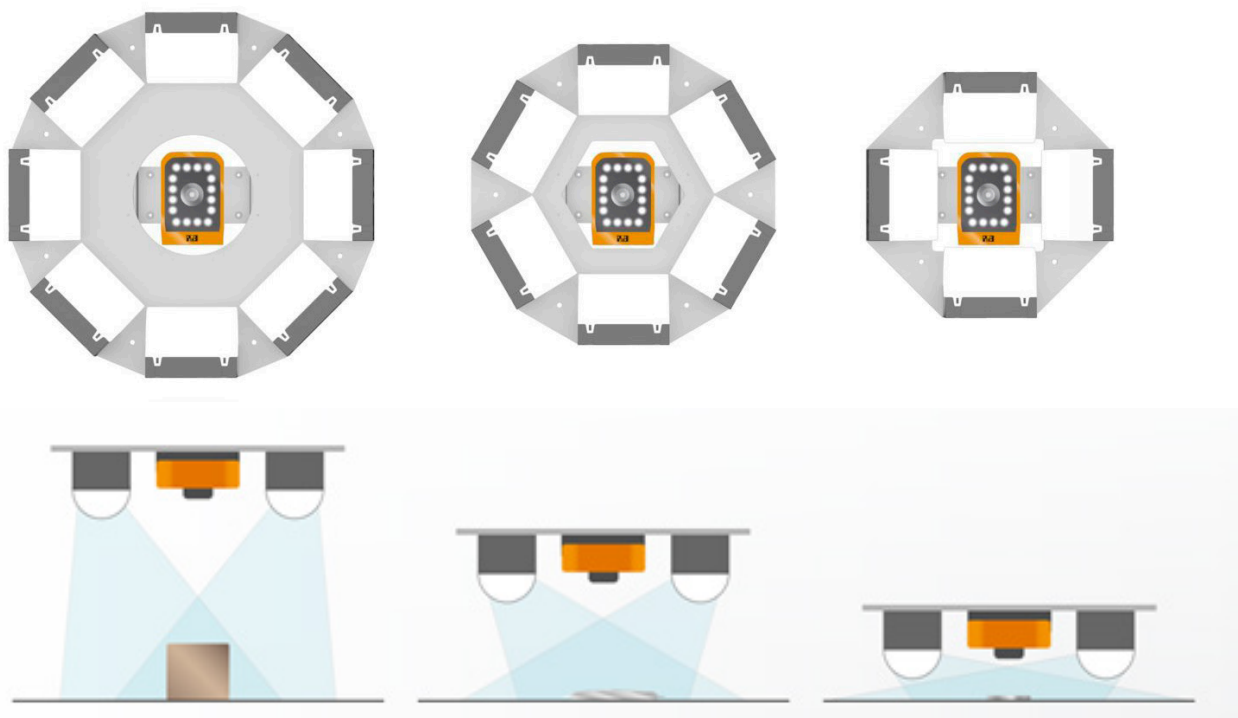
Odwrotna sytuacja zachodzi, gdy mamy do czynienia z kolorem dopełniającym (kolor przeciwny w kole kolorów). Na uzyskanym w ten sposób obrazie, obiekt może być od bardzo ciemnego po całkowicie czarny. Przykładowo, jeżeli obiekt jest koloru pomarańczowego i doświetlimy go czerwonym światłem, to będzie jasny – wówczas będziemy mogli zdobyć dużo więcej informacji na jego temat. Jeżeli natomiast doświetlimy go kolorem niebieskim, to obiekt ten będzie wydawał się bardzo ciemny i cechy, które posiada, będą mało widoczne.

**Światłem możemy swobodnie „grać” i te elementy, na których nam zależy możemy uwypuklić celem dalszej analizy, natomiast te elementy, które nie są istotne, możemy ukryć. Dzieje się tak, ponieważ odpowiedni kolor oświetlenia (w stosunku do koloru obiektu) może poprawić kontrast i**

**dzięki temu pomóc w uwydatnieniu lub ukryciu konkretnych cech obiektu.**

#### Gama oświetlaczy B&R

Gama komponentów zapewniających optymalne oświetlenie oferowanych przez firmę B&R jest szeroka. Znajdziemy tutaj **listwy, ekrany oraz pierścienie świetlne**. Listwy diodowe dostępne są jako pojedyncze bądź połączone w układy pierścieni świetlnych – wówczas składają się z czterech, sześciu lub ośmiu sztuk. Ekrany doświetlające znajdziemy w dwóch rozmiarach. Każde źródło światła może emitować maksymalnie do czterech różnych kolorów światła jednocześnie. Jest to możliwe dzięki temu, że każdy oświetlacz ma wbudowany sterownik stroboskopowy. Wybór zaczyna się od **światła białego, przez różne kolory widzialne, aż po podczerwień i ultrafiolet**. Dzięki temu możliwe jest osiągnięcie właściwego kontrastu, koloru, intensywności oświetlenia, dostosowanych do konkretnych aplikacji. Listwy firmy B&R posiadają elektronicznie regulowany kąt oświetlenia – od  $-40^\circ$  do  $90^\circ$ . Zmieniając jeden prosty parametr, można za pomocą tego samego urządzenia osiągnąć zarówno oświetlenia jasnego pola i oświetlenia ciemnego pola.



*Elastyczne moduły oświetleniowe cechują się elektronicznym ustawieniem kąta i umożliwiają realizację oświetlenia typu bright-field (z lewej) oraz dark-field (po prawej) za pomocą tego samego urządzenia, tylko poprzez zmianę pojedynczego parametru.*



## Jak dobrać obiektyw do danej aplikacji? Najważniejsze parametry obiektywów

Aby zapewnić prawidłową pracę systemu wizyjnego, należy zatroszczyć się również o dobranie odpowiedniego obiektywu, ponieważ jego zadaniem jest skupianie światła odbitego od badanego obiektu w odpowiedni sposób, dopasowany do sytuacji.

Pamiętajmy, że prawidłowe określenie wymiarów danego elementu czy też jego pozycji wymaga zachowania stałej geometrii podczas jego odwzorowywania. W zależności od tego, czy system wizyjny dobieramy do już istniejącej maszyny, czy też do aktualnie projektowanej, nowej maszyny, będziemy musieli wziąć pod uwagę różne aspekty. Po pierwsze, musimy znać **wymiary obiektu**, który będziemy przechwytywać. Drugą kwestią jest określenie **odległości roboczej, czyli odległości pomiędzy obiektywem a obiektem**. dystans ten jest bardzo ważny podczas planowania rozmieszczenia elementów systemu, dlatego też należy o nim pamiętać już podczas projektowania konstrukcji maszyny. Jeżeli mamy do czynienia z maszyną na etapie projektu, to z reguły mamy wtedy większą swobodę co do wymiarów konstrukcji niż wtedy, gdy system wizyjny jest „dodatkiem” do istniejącej maszyny. Mamy wtedy szansę określić odległość od kamery względem precyzji, jaką chcemy uzyskać. Jest to jednocześnie najbardziej wydajne podejście.

Dobierając obiektyw, musimy wiedzieć na jakim **stopniu precyzji** nam zależy. Wysoka precyzja przeważnie wymagana jest wtedy, gdy analizowane elementy są niewielkich rozmiarów,

chcemy uwypuklić małe cechy obiektu lub gdy chcemy z dużą dokładnością określać wymiary danego obiektu. Im dłuższy obiektyw (o dłuższej ogniskowej) wybierzemy, tym węższy obraz otrzymamy (przy zachowaniu tej samej odległości roboczej). Jednocześnie przekłada się to na wyższy stopień precyzji. Najlepiej jest to przedstawić na przykładzie. Jeżeli mamy stałą odległość obiektu od obiektywu, wynoszącą przykładowo 0,5 m, to stosując obiektyw o ogniskowej 6 mm otrzymamy precyzję rzędu 0,4 mm/px, natomiast stosując obiektyw o ogniskowej 12 mm będzie to już 0,2 mm/px.

Ogniskowa	Pole obiektywu od obiektu	Pole robocze
12 mm	0,5 m	550 mm x 450 mm
6 mm	0,5 m	1030 mm x 800 mm

Jeżeli modernizujemy maszynę i mamy za zadanie wzbogacić ją o system wizyjny, to najczęstszym ograniczeniem jest możliwość montażu kamery na maszynie, z racji na ilość dostępnego miejsca. Wówczas należy określić wymiar wymaganego kadru tak, aby mógł zmieścić się w nim cały badany obiekt. Wybiera się wtedy jak najkrótszy obiektyw, aby uzyskać jak najszerszy obszar roboczy kadru. Kwestię precyzji trzeba tutaj

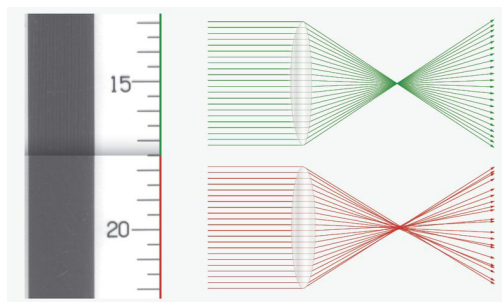
Dla zobrazowania takiej sytuacji warto przeanalizować prosty przykład. Jeżeli mamy niewielką (stałą) odległość obiektu od obiektywu, wynoszącą przykładowo 20 cm, to stosując obiektyw o ogniskowej 12 mm otrzymamy pole robocze wielkości 95x77 mm, natomiast stosując obiektyw o ogniskowej 4,6 mm będzie to już 260x200 mm.

Ogniskowa	Pole obiektywu od obiektu	Pole robocze
4,6 mm	20 cm	260 mm x 200 mm
12 mm	20 cm	95 mm x 77 mm

Oprócz zintegrowanych obiektywów o stałej ogniskowej, firma B&R ma również do zaoferowania **obiektywy z mocowaniem typu C**, których zakres ogniskowych sięga od 12 do 50 mm. Soczewki obiektywów dostosowane są do czujników obrazu tak, aby uzyskać maksymalną rozdzielczość i optymalną wydajność przetwarzania obrazu. Soczewki charakteryzują się wyjątkowo niskimi zniekształceniami i wysokim kontrastem szczegółów (MTF). Zapewnia to wysoką rozdzielczość również przy krawędziach obrazu. Dla obiektywów z mocowaniem typu C dostępna jest

specjalna osłona, pozwalająca zachować wymagany stopień ochrony. Zintegrowane soczewki mają elektroniczną regulację ostrości, a zakres ogniskowych sięga od 4,6 do 25 mm.

Firma B&R zoptymalizowała swoje soczewki tak, aby światło było skupione dokładnie w ognisku. Zapewnia to wysoki kontrast i rozdzielczość dla najmniejszych szczegółów obrazu.

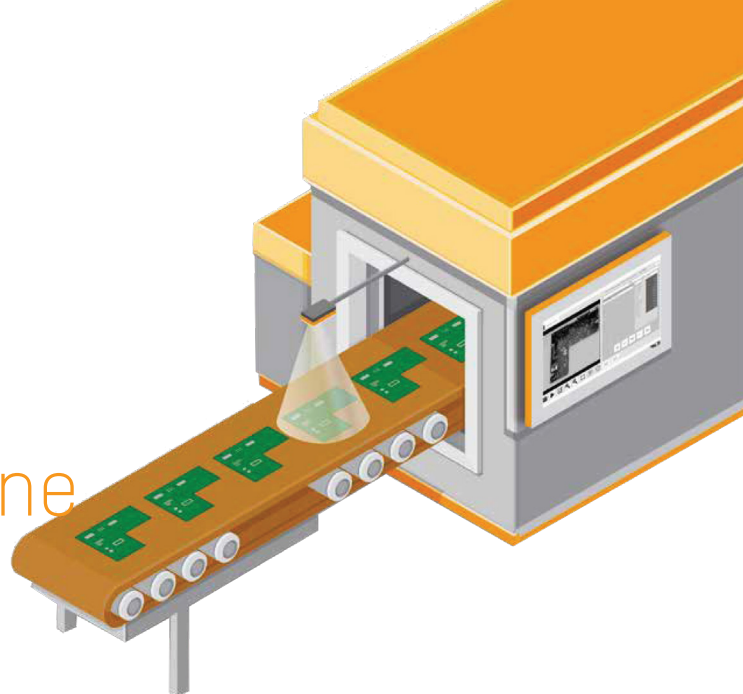


*Firma B&R zoptymalizowała swoje soczewki, tak aby światło koncentrowało się dokładnie w ognisku.*





# Funkcje wizyjne



Pakiet mapp Vision dostarcza użytkownikowi wielu funkcji wizyjnych. Każdą z nich można określić jako grupę parametrów, służących do konkretnego zastosowania.

W zależności od mocy wybranego procesora, w aplikacji kamery może być użyta jedna funkcja wizyjna lub kilka funkcji wizyjnych jednocześnie. Mapp Vision zbudowane jest na podstawie potężnych algorytmów z biblioteki HALCON® firmy MVTec – ekspertów w dziedzinie oprogramowania do przetwarzania obrazów i systemów wizyjnych. Po procesie akwizycji zdjęcia następuje jego przetworzenie. Zadanie to realizowane jest poprzez poszczególne funkcje wizyjne, które z mapy punktów (pikseli) oraz dodatkowych argumentów (np. wcześniej nauczony model, wyznaczony obszar roboczy) dostarczają żądanych informacji (tekst, informacja zakodowana w kodzie kreskowym, położenie obiektu, długość obiektu, odległość między obiektami).



## Wykrywanie kodu

Pakiet mapp Vision obsługuje ponad 40 różnych typów kodów, w tym wszystkie najpopularniejsze kody 1D (kreskowe) i 2D (kody QR). Funkcja ta jest samoregulująca się i **umożliwia uzyskanie wiarygodnych wyników nawet przy bardzo dużych prędkościach odczytu czy uszkodzeniu czytanego kodu.**



## Rozpoznawanie tekstu

OCR (optical character recognition) odnosi się do automatycznego rozpoznawania znaków alfanumerycznych poprzez porównanie wzorca pikseli analizowanego obszaru tekstowego ze znanymi, wyuczonymi wzorcami. Metoda ta jest analogiczna do metody wykrywania obiektów (matching). Funkcja OCR odczytuje i interpretuje teksty, bazując na wysokiej liczbie wyuczonych wcześniej czcionek (czcionki igłowe, czcionki przemysłowe, pismo odręczne itd.), dzięki czemu umożliwia wysoką jakość rozpoznania nawet bez przeprowadzania dodatkowego uczenia. W razie potrzeby, możliwe jest również oczywiście odczytywanie na podstawie znaków wyuczonych w wyniku głębokiego uczenia. **Dużym plusem jest fakt, że metoda ta umożliwia szybki odczyt nawet przy słabej jakości obrazu.**



## Rozpoznawanie kształtu

Dzięki mapp Vision, rozpoznawanie kształtu wykracza daleko poza zwykłe liczenie pikseli w danym obszarze. Oprócz określenia rozmiaru wykrytego obszaru i położenia jego geometrycznego środka z mikropikselową precyzją, funkcja rozpoznawania kształtu dostarcza również informacji o jego orientacji i średniej wartości szarości.

Blob (Binary Large Object) jest obszarem następujących po sobie pikseli z tym samym zdefiniowanym zakresem wartości szarości. W metodzie tej wykorzystuje się funkcję ModelBasedBlob, która służy do wykrywania i segmentowania (uproszczenia opisu obrazu poprzez zmniejszenie nadmiarowej informacji) obszarów typu blob na zdjęciu przy wykorzystaniu parametrów geometrycznych oraz parametrów koloru. Oprócz tego, możliwe jest wyodrębnienie z nich pewnych cech.

Analiza blobów może być zatem wykorzystywana do różnych zadań, takich jak **wykrywanie pozycji, wykonywanie pomiarów, zliczanie obiektów lub rozpoznawanie kolorów**.



### Porównywanie obiektów

Funkcja dopasowywania używana jest do lokalizowania konturów lub tekstur na obrazie z dokładnością do subpikseli. Co istotne, możliwe jest to nawet jeżeli obraz jest obrócony lub częściowo zakryty. Odbyna się to poprzez utworzenie szablonu na obrazie referencyjnym oraz wprowadzenie modelu, który ma być użyty podczas uczenia. Następnie model ten jest używany podczas szukania dopasowań w uzyskanym obrazie. Dopasowywanie może być realizowane za pomocą jednej z dwu poniższych funkcji:

**Dopasowywanie na podstawie korelacji** – oparte jest na wartościach szarości. Wykorzystuje się tutaj funkcję znormalizowanej korelacji wzajemnej do określania w jakim stopniu model zgadza się z przeszukiwanym obrazem. Metoda ta może kompensować zarówno dodane jak i pomnożone fluktuacje oświetlenia. W odróżnieniu od metody dopasowywania na podstawie kształtu, możliwe jest odnalezienie obiektów z nieznacznie różniącymi się kształtami lub z mocno teksturowanymi powierzchniami, jak również obiekty w rozmytych obrazach.

**Dopasowywanie na podstawie kształtu** – nie wykorzystuje wartości skali szarości, a zamiast tego opisuje kształt konturu. Funkcja ta wyszukuje obiekt szybko i precyzyjnie. **Działa nawet wtedy, gdy obraz jest obrócony, przeskalowany, perspektywicznie zniekształcony, miejscowo zdeformowany, częściowo przysłonięty bądź gdy**

**podlega nieliniowym fluktuacjom oświetlenia.**



### Pomiar

Dzięki funkcji metrologii, technologia mapp Vision pełni funkcję bardzo dokładnego przyrządu pomiarowego o niezwykłych możliwościach. Krawędzie wzdłuż linii lub segmentów okręgu są mierzone z dokładnością do jednego piksela. Dzięki temu możliwe jest **precyzyjne określenie odległości oraz promieni podczas kontroli jakości lub w zadaniach pozycjonowania czy śledzenia w systemach z chwytakami**.



## Konkretne korzyści dla zakładu jakie niesie stosowanie systemu wizyjnego

Wdrożenie systemu wizyjnego to gwarancja wielu korzyści, często długofalowych. Ogromną zaletą, wynikającą z zastosowania systemu wizyjnego, jest redukcja całkowitych kosztów produkcji.

Składa się na to szereg czynników. Po pierwsze, system wizyjny umożliwi **wyeliminowanie wadliwych wyrobów oraz półwyrobów**, co w efekcie przekłada się na zmniejszenie kosztów możliwych reklamacji. Należy pamiętać, że jeżeli mamy do czynienia z kontrahentem, który narzuca kary umowne, to eliminacja wadliwych produktów będzie bardzo korzystna. Kolejna kwestia, to legislacja. W branżach, w których istnieją wymogi prawne co do serializacji etykiet, kodów czy numerów, weryfikowanie ich za pomocą systemu wizyjnego zaoszczędzi ewentualnych nieprzyjemności w postaci kar. Zastosowanie systemu wizyjnego zapewnia również zmniejszenie możliwości wystąpienia błędów ludzkich, co bezpośrednio wiąże się **redukcją kosztów** takich pomyłek.

Kolejną istotną zaletą jest **umożliwienie śledzenia danych procesowych**. Użytkownik systemu wizyjnego może zbierać dane nie tylko o tym, czy element był wadliwy, czy też nie, ale również dane o warunkach, jakie temu procesowi towarzyszyły. Może również wyciągnąć informacje o odchyłkach od normy wraz ze zdjęciem, a następnie przestać je do systemu nadrzędnego, celem dalszej anali-

zy. Dzięki temu zakład wdrażający system wizyjny ma szansę rozpocząć optymalizację pracy, zużycia energii czy też surowców.

Poza powyższymi kwestiami, istnieje jeszcze szereg innych udogodnień, ściśle wynikających z zastosowania zintegrowanych systemów wizyjnych firmy B&R. Pierwszą kwestią jest **sprawna wymiana kamery**. Jeżeli kamera zostanie uszkodzona, to w przypadku gdy pochodzi od innego producenta niż cały system sterowania, najczęściej proces wymiany jest dosyć złożony. Należy wówczas zamówić nową kamerę, następnie od nowa przejść cały proces kalibracji, ustawiać parametry, wezwać osobnego technika, producenta lub integratora, ponieść wysokie koszty... W związku z tym wszystkim, czas przygotowania jest bardzo długi. W B&R kamera jest kalibrowana fabrycznie. Jeżeli zamawiamy identyczną kamerę, oświetlacze lub inne akcesoria, to wszystko będzie przygotowane i sparametryzowane tak, jak było wcześniej. Wystarczy taką kamerę podłączyć w miejscu starej, a sterownik sam ją wykryje i „wgra” odpowiedni soft.

Kolejne udogodnienie to **gotowość na szybkie przebrojenia**. Kamery B&R umożliwiają zmianę ustawień nawet podczas pracy maszyny, w dodatku w czasie rzeczywistym – dzięki zastosowaniu protokołu komunikacyjnego POWERLINK.



Oprócz tego możliwe jest również dodawanie nowych modeli, typów kodów oraz zmiany kryteriów przeszukiwania w trakcie przetwarzania. Co więcej, użytkownik na etapie zakupu kamery nie musi określać funkcji jaką będzie pełnił w układzie, ponieważ zarówno Smart Sensor jak i Smart Camera umożliwiają późniejsze przypisanie wybranych funkcji wizyjnych, dopiero podczas programowania aplikacji. Jeżeli przyjdzie potrzeba poszerzenia ilości funkcji wizyjnych, przejście z urządzenia Smart Sensor na Smart Camera jest bardzo proste. **Raz wykonana parametryzacja i konfiguracja zostanie automatycznie przypisana do nowej kamery.**

Z racji na pełną łączność opartą na sieci przemysłowej, dostępność wszystkich danych w każdym momencie i praktycznie zerowy czas przebrojenia, rozwiązania B&R idealnie wpisują się w założenia Przemysłu 4.0. Zastosowanie integracji na poziomie narzędzia, sieci i systemu sprawia, że systemy wizyjne umożliwiają osiągnięcie maksymalnej wydajności i precyzji, jak również mikrosekundowej synchronizacji. Przyjazne programistom środowisko to nie tylko prosty interfejs, ale również udogodnienia płynące z zastosowania

komponentów mapp Technology. Podczas przechodzenia fabryk na standard 4.0, programiści muszą tworzyć coraz bardziej złożone oprogramowania, a dzięki blokom funkcyjnym i wstępnie sparametryzowanym modułom zadania te stają się o wiele prostsze. Niesie to za sobą jeszcze jedną wartość, którą niewątpliwie jest **szybszy proces wdrożenia i łatwiejsza późniejsza modernizacja**. Ostatnia kwestia, o której warto wspomnieć, to **możliwość kontroli użytkowników systemu wizyjnego**. Istnieje możliwość przypisania uprawnień konkretnym użytkownikom, chociażby w zakresie dodawania nowych modeli lub edycji tzw. receptur.





## Przyszłość systemów wizyjnych

Przewiduje się, że zapotrzebowanie na systemy wizyjne w kolejnych latach stale będzie wzrastać.

Związane jest to między innymi z faktem, że konkurencja na rynku jest coraz większa, dlatego też producenci próbują na różne sposoby polepszać swoje produkty, między innymi poprzez wyeliminowanie tych wadliwych. **Systemy wizyjne aktualnie przeżywają renesans i dzięki ich zastosowaniu można zyskać naprawdę wiele. I to na każdym etapie produkcji.**

Pierwsza nowość, której być może doświadczymy już niedługo, to zastosowanie w systemach wizyjnych **stereowizji**. Systemy stereowizyjne oparte będą o wykorzystanie obiektywów synchronicznych. Wówczas będzie można badać obrazy 3D. Oprócz możliwości uzyskiwania informacji na temat głębi na obrazie, możliwy będzie również pomiar odległości pomiędzy punktami, a równocześnie, określanie odległości pomiędzy badanymi obiektami. Niezaprzeczalnie, rozwiązanie takie naśladuje działanie ludzkich oczu.

Kolejna przyszłościowa kwestia, to możliwość rozszerzenia funkcjonalności systemów wizyjnych o **rozwiązania z zakresu spektroskopii**. Rozwiązania, które w tym momencie są bardzo drogie, chronione i opatentowane, w przyszłości mogą pojawić się również w szerokodostępnych systemach przemysłowych.

Oprócz tego, mogą pojawić się **roboty, które będą posiadały system wizyjny zabudowany w kiści**. Zaletą takiego systemu będzie mniejsza możliwość uszkodzenia. Oprócz tego, układ współrzędnych systemu wizyjnego będzie ściśle związany z układem współrzędnych kiści robota, a co za tym idzie, wyeliminowana zostanie potrzeba wykonania kilku transformacji, co zwiększy szybkość reakcji robota.

Powoli zaczyna pojawiać się **analiza na podstawie sztucznej inteligencji**, jednak póki co dotyczy ona systemów stosowanych w warunkach laboratoryjnych bądź systemów opartych o PC. Taka analiza opiera się na uczeniu maszynowym, przeprowadzanym na setkach tysięcy modeli. Jeżeli chodzi o zastosowania przemysłowe, to można zrealizować aplikację na zasadzie programu stworzonego na podstawie uczenia maszynowego, który po wgraniu do sterownika już nie będzie się uczył. Można również dodać do linii PC, który będzie na bieżąco analizował proces i uczył się cały czas, podczas produkcji. Takie rozwiązanie stosowane jest znacznie częściej i przewiduje się, że takich systemów będzie coraz więcej.

Ostatnia sprawa, to typowa ewolucja, czyli zwiększenie wydajności istniejących systemów wizyjnych, ich rozdzielczości, prędkości ich pracy, tworzenie lepszych i szybszych algorytmów przetwarzania i analizy obrazu.

# Przykłady aplikacji współpracujących z systemami wizyjnymi

**Jedną z ciekawszych realizacji z zastosowaniem zintegrowanej technologii wizyjnej B&R jest projekt stworzony wraz z producentem wykrawarek i kompletnych linii dla przemysłu poligraficznego – firmą Spilker.**

W aplikacji tej zastosowano kamerę Smart Sensor, która umożliwiła wykorzystanie wykonywanych pomiarów jako zmiennych czasu rzeczywistego do sterowania procesem, a także do jego wizualizacji na panelu HMI. W aplikacji tej kamera dostarcza danych w czasie rzeczywistym o wartości pozycji każdej etykiety. Informacje te są następnie wykorzystywane do sterowania wykrojnikami maszyny.

W systemie pilotażowym etykiety samoprzylepne o wymiarach 50 x 70 mm są wykrawane rotacyjnie po dwie na raz w technologii „roll-to-roll”, z dodatkowymi otworami, a następnie dziurkowane w dwóch miejscach przed nałożeniem naklejki. Podzespoły maszyny, takie jak nawijarka, przekrawacz i wykrojnik rotacyjny są zamontowane na tylnym panelu maszyny. Otwarty układ maszyny zapewnia łatwy dostęp do poszczególnych komponentów i pełny wgląd w proces produkcyjny oraz ułatwia montaż Smart Sensora.

Przetwarzanie obrazu odbywa się tutaj w kamerze, sterownik maszyny ma jedynie za zadanie ocenę wyników kontroli. Wykorzystany Smart Sensor posiada zintegrowane oświetlenie, dzięki któremu możliwe jest osiągnięcie czasów naświetlania krótszych niż 100 milisekund.

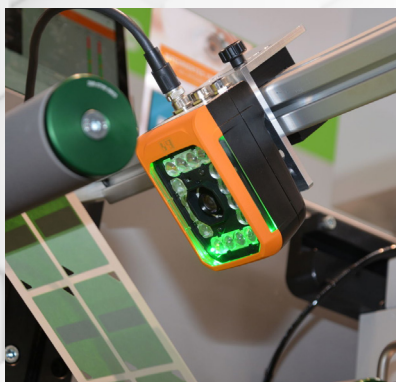
Wynika z tego wiele korzyści, takich jak ograniczenie zakłóceń pochodzących z zewnętrznych źródeł światła, skrócenie czasu przetwarzania obrazu czy umożliwienie rejestracji obiektów poruszających się z dużymi prędkościami. **Dzięki temu, że kamera posiada wiele funkcji wizyjnych, bez problemu można było dostosować ją do warunków procesowych maszyny.** Integrację kamery ze sterownikiem przeprowadzono w środowisku Automation Studio z systemem wstępnie sparametryzowanych bloków mapp Technology, dzięki czemu cały proces programowania przeszedł szybko i bezproblemowo. **Dzięki temu, że wszystkie bloki mogą wymieniać ze sobą dane i wpływać na siebie nawzajem w czasie rzeczywistym, wszystkie komponenty systemu mogły szybko i precyzyjnie reagować na zmiany wartości wielkości procesowych.** Firmie Spilker zależało tutaj na możliwości zbierania danych procesowych i wykorzystywanie ich do korekcji pracy poszczególnych wykrojników. Warto wspomnieć, że czas wdrożenia systemu wizyjnego dla tak złożonego projektu zajął niecałe cztery dni.

Zobacz więcej [w artykule](#).





# Inne aplikacje z wykorzystaniem rozwiązań B&R



## 1. Wykrywanie znaczników drukarskich

**Zadanie:** Wykrywanie małych znaków rejestracyjnych (do 1 mm)

**Dane techniczne:**

- Ekspozycja w czasie 13  $\mu$ s
- Wiele kolorów ekspozycji, które mogą być zmieniane w czasie pracy

**Korzyść:**

- Niezawodne wykrywanie, nawet przy niskim kontraście kolorów druku
- Oszczędność kosztów dzięki redukcji ilości materiałów i odpadów

**Warunki, które to umożliwiają:** pełna integracja kamery z systemem sterowania



## 2. Śledzenie produktu

**Zadanie:** Odczytywanie kodów 2D na szybko poruszających się elementach metalowych

**Dane techniczne:**

- Prędkość produktu 56 m/s (202 km/h); Refleksyjne powierzchnie

**Korzyść:**

- Niezawodny odczyt przy wysokich prędkościach
- Integracja z systemem automatyki i uruchomienie w ciągu kilku godzin

**Warunki, które to umożliwiają:** silne oświetlenie i ścisła synchronizacja



## 3. Maszyna do etykietowania

**Zadanie:** Pozycjonowanie etykiety na podstawie szwu lub wytłoczenia butelki

**Dane techniczne:**

- Rotacja: 450 obr/min
- Przepustowość: 180 butelek na minutę

**Korzyść:**

- Łatwa konfiguracja optymalnego kąta obrazowania
- Dobry kontrast umożliwiający szybkie wykrywanie

**Warunki, które to umożliwiają:** przełączanie w trakcie pracy pomiędzy trybem



## 4. Tłoczenie blach

**Zadanie:** Końcowa kontrola jakości produktu

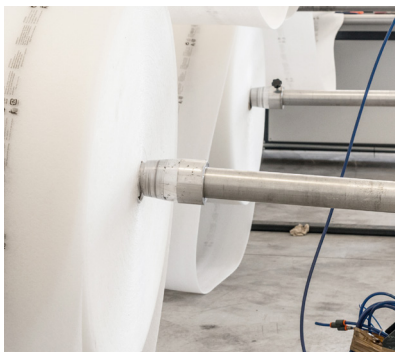
**Dane techniczne:**

- Przechwytywanie produktów o długości do 1,2 metra
- Rozdzielczość <math>< 300 \mu\text{m}</math>

**Korzyść:**

- Wysoka rozdzielczość i elastyczne przezbrajanie dzięki
- Zintegrowanemu zarządzaniu recepturami

**Warunki, które to umożliwiają:** rozdzielczość 1280 x 4096 pikseli w trybie



### 5. Produkcja artykułów do pielęgnacji ciała

**Zadanie:** Wykrywanie właściwości drukowania w celu kontroli rejestru i cięcia

**Dane techniczne:**

- Prędkość produktu >8 m/s
- Czas cyklu 16,1 ms

**Korzyść:** Szybkie cykle produkcyjne; szybkie i łatwe wdrożenie

**Warunki, które to umożliwiają:** synchronizacja mikrosekundowa i szybkie wstępne przetwarzani obrazu FPGA



### 6. Śledzenie produktu

**Zadanie:** Odczyt identyfikatora (kod kreskowy, kod QR) w trudnych warunkach

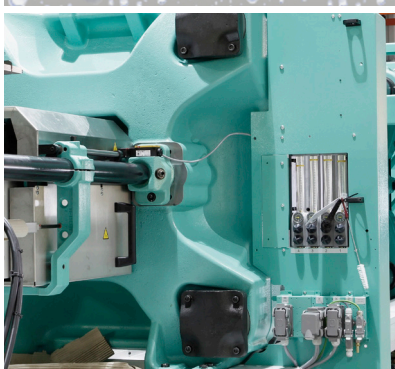
**Dane techniczne:**

- Uszkodzony/zabrudzony identyfikator produktu
- Powierzchnie częściowo mokre lub mgła

**Korzyść:**

- Niezawodny odczyt kodu (1D i 2D) bez oświetlenia zewnętrznego
- Integracja z systemem automatyki i uruchomienie w ciągu kilku godzin

**Warunki, które to umożliwiają:** jednorodne oświetlenie, rozbudowane algorytmy



### 7. Rozdmuchiwanie

**Zadanie:** Sterowanie parametrami wytłaczarki w czasie rzeczywistym

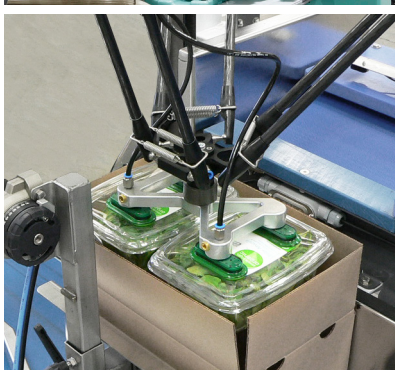
**Dane techniczne:**

- Zsynchronizowana podczerwień; podświetlenie w pełni zintegrowane z pętlą sterowania

**Korzyść:**

- Lepsze wskaźniki OEE; system wizji maszynowej i HMI wdrożone w mniej niż tydzień
- Zsynchronizowane pozyskiwanie danych pomiarowych podczas pracy

**Warunki, które to umożliwiają:** Precyzyjna synchronizacja między sterowaniem maszyną a wizją



### 8. Manipulator przenoszący do żywności i napojów

**Zadanie:** Wykrywanie produktów na taśmie przenośnika

**Dane techniczne:**

- Podświetlenie 25 000 cd/m<sup>2</sup>
- Przechwytywanie obrazu zsynchronizowane z osią z precyzją <1 μs

**Korzyść:**

- Łatwa obsługa danych i zintegrowany interfejs HMI
- Więcej szczegółów dzięki synchronicznemu oświetleniu z tyłu i z przodu

**Warunki, które to umożliwiają:**

- Niezwykle silne oświetlenie przenośnika taśmowego
- Opcjonalne dodanie zsynchronizowanego oświetlenia kamery



### 9. Produkcja rolek papieru

**Zadanie:** Wykrywanie uszkodzonych lub nieprawidłowo wyrównanych rolek

**Dane techniczne:**

- Prędkość produktu 50 m/s
- Zsynchronizowane sortowanie mechaniczne

**Korzyść:**

- Możliwość dostosowania do koloru produktu
- Zmiany z konfigurowalnymi kolorami oświetlenia; Zapobieganie przestojom

**Warunki, które to umożliwiają:** łatwa synchronizacja systemu kamer ze sterowaniem ruchem



**Agata Stadnicka**  
**iAutomatyka.pl**

Swoje doświadczenie w branży automatyki zdobyła pracując jako projektant układów sterowania. Obecnie jest redaktorem w iAutomatyka i zajmuje się pracą nad filmami oraz artykułami, a także produkcją kursów online.

**Maciej Ratajczak**  
**B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.**

Absolwent Wydziału Informatycznego Politechniki Poznańskiej na kierunku Automatyka i Robotyka. Z B&R związany od początku swojej kariery zawodowej, obecnie jako Inżynier Wsparcia Sprzedaży w poznańskim biurze B&R zajmuje się pomocą Klientom firmy w doborze systemów automatyki i serwonapędów. Opiekuje się grupą produktów Zintegrowanego Systemu Wizyjnego B&R jako Sales Vision Expert.

Kontakt - [maciej.ratajczak@br-automation.com](mailto:maciej.ratajczak@br-automation.com)



**B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.**

ul. Małachowskiego 10

61-129 Poznań

[office.pl@br-automation.com](mailto:office.pl@br-automation.com)

tel. 61 8460 502

[www.br-automation.com/pl](http://www.br-automation.com/pl)