

**Jerzy ZAJĄC, Wiesław MAŁKIŃSKI, Janusz WÓJCIK,
Marcin KARLIŃSKI**
Instytut Tele- i Radiotechniczny, Warszawa

ZAUTOMATYZOWANY SYSTEM KONTROLI WIZYJNEJ TABLETEK I KAPSULEK PAKOWANYCH W PRZEZROCZYSTE BLISTRY

Słowa kluczowe

Wizja maszynowa, inspekcja optyczna, przetwarzanie i analiza obrazów, inspekcja pakowania tabletek i kapsułek, systemy zarządzania jakością.

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę zautomatyzowanego systemu przeznaczonego do kontroli wizyjnej tabletek i kapsułek pakowanych w przezroczyste blistry. Inspekcja jakości pakowania obejmuje: wykrywanie braku tabletek w gnieździe lub ich nieprawidłowe ułożenie, wykrywanie tabletek o niewłaściwym kolorze lub wymiarach, wykrywanie zanieczyszczeń blistra oraz sprawdzenie prawidłowości oznakowania blistra. Omówiono właściwości podstawowych składników sprzętowych systemu. Zaprezentowano moduły programowe związane z projektowaniem nastaw systemu, tworzeniem nowych zadań inspekcji, a także wizualizacją przebiegu inspekcji w trybie automatycznym. Przedstawiono właściwości i parametry techniczne systemu. Opracowany system umożliwi pełną archiwizację nastaw oraz wyników inspekcji.

Wprowadzenie

W artykule opisano zautomatyzowany system kontroli wizyjnej tabletek i kapsułek pakowanych w przezroczyste blistry, opracowany w Instytucie Tele-

i Radiotechnicznym (ITR) we współpracy z Instytutem Technologii Eksploatacji (ITeE – PIB), który był realizatorem części mechatronicznej systemu.

Przemysł farmaceutyczny wymaga rygorystycznej kontroli jakości produkcji, w tym także kontroli konfekcjonowania. Coraz częściej jego produkty mają formę kolorowych przezroczystych kapsułek, które wymagają opracowania nowych metod inspekcji. Metody te obejmują szeroki zakres zagadnień wynikających z koloru sceny, poczynając od oświetlenia i akwizycji, przez binaryzację obrazów z licznymi artefaktami aż po klasyfikację wyrobów. Wynika stąd znacznie większa złożoność i liczba parametrów opisujących inspekcję. Pojawiają się parametry związane z balansem bieli, kalibracją kolorów, binaryzacją obrazów kolorowych i inne. Znakowanie współczesnych wyrobów staje się bardziej skomplikowane, zawiera teksty oraz złożone elementy graficzne i powinno być również kontrolowane. Opracowany system powinien umożliwiać pełną kontrolę konfekcjonowania tabletek i kapsułek. Metody inspekcji powinny być zgodne z zasadami zarządzania jakością. Wszystkie istotne parametry procesu inspekcji powinny być archiwizowane. Mimo złożoności procesów inspekcji, system powinien łatwo odtwarzać opracowane wcześniej procesy i intensywnie wspomagać tworzenie nowych.

Aktualne rozwiązania maszyn konfekcjonujących (blistrujących) stosowanych w przemyśle farmaceutycznym najczęściej zawierają podsystemy inspekcji z analizą obrazów monochromatycznych spodów blistrów. Inspekcja znakowania (wieczek blistrów) na ogół nie jest stosowana. Starsze typy maszyn często nie mają podsystemu inspekcji. Opracowany system może być dołączany do maszyn blistrujących, zwiększając znacznie możliwości kontroli jakości.

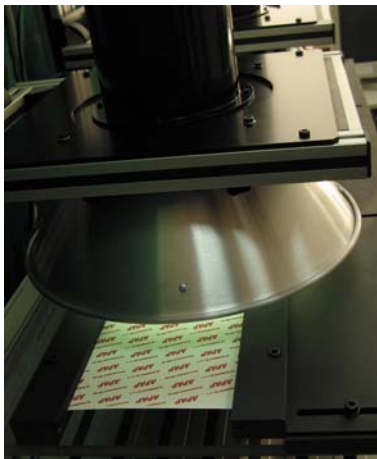
System inspekcji został dostosowany do współpracy z maszyną blistrującą, która napełnia blistry, transportuje je i zamyka. Maszyna ta podaje w sposób uporządkowany otwarte, zapełnione tabletkami lub kapsułkami blistry w formie ciągłej wstęgi do obszaru akwizycji obrazów. Wstęga ta może być w końcowej części procesu dzielona na kilka sekcji – blistry elementarne. Zatrzymuje się ona cyklicznie w celu wykonania akwizycji i rozpoczęcia analizy obrazów. Selektor maszyny kieruje wybrakowane blistry elementarne do pojemnika braków stosownie do wyników inspekcji. Maszyna blistrująca jest sterowana przez własny sterownik logiczny PLC.

System składa się z dwu kamer cyfrowych – kolorowej i monochromatycznej z odpowiednimi obiektywami, oświetlaczami i statywami (rys. 1) oraz z karty framegrabbera i komputera sterującego wraz z oprogramowaniem.

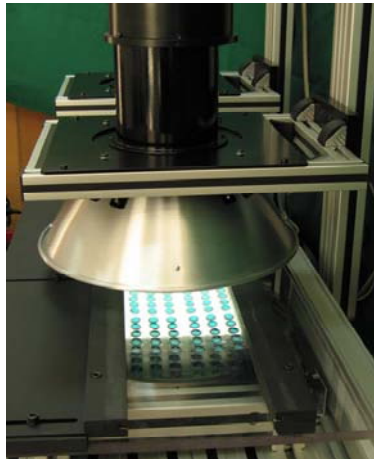
Obraz zapełnionego otwartego blistra przekazuje pierwsza kamera. Druga kamera przekazuje obraz wieczek zamkniętych blistrów. Badane blistry mogą być oświetlane od tyłu i/lub od przodu światłem białym. Uzyskane obrazy są przekazywane do komputera przetwarzającego. Procedury przetwarzające obrazy określają (według zadanych dla danego produktu reguł) poprawność sekcji blistra.

System może wykonywać inspekcję pakowania w blistrach następujących obiektów: twardych nieprzezroczystych tabletek, miękkich przezroczystych kapsułek oraz twardych nieprzezroczystych kapsułek. Dodatkowym zadaniem systemu jest inspekcja znakowania wieczek po operacji zamykania blistra.

a)



b)



Rys. 1. Widok stanowisk do akwizycji obrazów dla inspekcji a) znakowania, b) pakowania

Oprogramowanie systemu dostosowano do współpracy z systemem zarządzania jakością z autoryzacją i archiwizacją nastaw systemu oraz wyników inspekcji. Umożliwia ono inspekcję wielu typów produktów. Oprogramowanie systemu ułatwia użytkownikowi o odpowiednim poziomie uprawnień wprowadzenie specyfikacji produktu oraz zaprogramowanie nastaw podsystemów wizyjnego i oświetlającego oraz określenie kryteriów klasyfikacji.

1. Charakterystyka podzespołów modułu optoelektronicznego

Do realizacji modułu optoelektronicznego systemu zastosowano kamery cyfrowe megapikselowe o programowanym czasie ekspozycji i rozdzielczości 1380×1030 [1]: kolorową do akwizycji obrazów spodów blisterów i monochromatyczną do akwizycji obrazów wieczek blisterów. Oba typy kamer mają jednakowe parametry systemowe: wyzwalanie, synchronizacja i programowanie oraz montaż optyki: typu C.

System zawiera kartę framegrabbera [2] przeznaczoną do realizacji zaawansowanych aplikacji przemysłowych z cyfrowymi kamerami z interfejsem CameraLink. W systemie zastosowano także kartę przeznaczoną do podłączenia

wejść i wyjść binarnych. Wykorzystano ją do sterowania oświetleniem, a także do sprzęgania system z maszyną blistrującą.

Podsystem wizyjny umożliwia akwizycję obrazów monochromatycznych oraz kolorowych. Badane blistry są oświetlane od tyłu (*backlight*) i/lub od przodu (*frontlight*). Biały kolor światła oświetlaczy nie wprowadza ograniczeń w zakresie kolorów: blistra, tabletek, kapsułek oraz nadruków na folii. W podsystemie oświetlenia stanowisk zastosowano dwa regulowane oświetlacze od przodu ze światłem rozproszonym (do inspekcji spodów oraz do inspekcji znakowania) i jeden od tyłu o stałej jasności oświetlacza (do inspekcji spodów). Oświetlenie takie zapewnia dobrą równomierność oświetlenia sceny i redukuje odbłaski na powierzchniach refleksyjnych oraz pozwala dobrać odpowiednie oświetlenie na stanowisku inspekcji spodów.

Interfejs systemu kontroli wizyjnej ze sterownikiem maszyny blistrującej (zazwyczaj sterownik PLC) może być zrealizowany za pośrednictwem dedykowanych sygnałów binarnych lub protokołu ModBus RTU albo ModBus TCP. Rozwiązania programowe przyjęte w projekcie umożliwiają implementację tych wariantów w zależności od konkretnych potrzeb. W minimalnej konfiguracji, interfejs może być zrealizowany za pośrednictwem sygnału wejściowego *Start inspekcji* i pięciu sygnałów wyjściowych: *Zakończenie inspekcji*, *Błąd sekcji 0*, *Błąd sekcji 1*, *Błąd sekcji 2*, *Błąd sekcji 3*).

2. Oprogramowanie podsystemu wizyjnego oraz interfejsu operatorskiego

Oprogramowanie podsystemu wizyjnego zawiera kilkanaście modułów programowych powiązanych z oknami do projektowania nastaw oraz moduł do wizualizacji przebiegu inspekcji [3]. Moduły te integrują funkcje akwizycji, przetwarzania i analizy obrazów z funkcjami archiwizacji i z interfejsem operatora. Wszystkie opisane poniżej moduły projektowania inspekcji umożliwiają archiwizację nastaw cząstkowych w dedykowanej bazie danych.

2.1. Moduły pomocnicze do projektowania inspekcji

Moduł projektowania nastaw akwizycji jest przeznaczony do programowania parametrów pozyskiwania obrazów z dwóch kamer monochromatycznej (inspekcja znakowania) oraz kolorowej (inspekcja pakowania). Umożliwia on interaktywne ustawienie optymalnej jasności dla każdego z kanałów wizyjnych, co odbywa się poprzez ustalenie warunków oświetlenia oraz czasów ekspozycji kamer.

Moduł programowania topologii blistra przeznaczony jest do interaktywnego ustawienia obszarów sekcji i obszarów gniazd zawierających tabletki lub kapsułki oraz obszaru referencyjnego blistra przeznaczonego do analizy jego koloru. Wyznaczone w tym module obszary sekcji i gniazd oraz obszar referencyjny blistra wykorzystywane są w innych modułach projektowania.

Moduł projektowania balansu bieli umożliwia określenie poziomu komponentów obrazu (RGB) odpowiadających bieli podczas akwizycji obrazu kolorowego. Umożliwia to właściwe odwzorowanie kolorów. Parametry balansu bieli są powiązane z uprzednio określonym zbiorem parametrów akwizycji.

Moduł kalibracji koloru służy do optymalizacji spektrum barw obrazu kolorowego poprzez interaktywny dobór współczynników: wzmocnienia – Gain oraz korekcji obrazu – Gamma. Jakość obrazu ocenia się na podstawie obserwacji trójwymiarowego histogramu barw obrazu. Parametry kalibracji koloru są powiązane z uprzednio określonym balansem bieli.

Moduł programowania pozycji mechatroniki określa wzajemne usytuowanie w maszynie blistrującej stanowisk inspekcji optycznej oraz układu selektora braków. Znajomość tego usytuowania umożliwia zorganizowanie programowej kolejki wyników inspekcji i ich powiązanie z danym blistrem i jego sekcją.

Moduł programowania kolejności wycinania definiuje kolejność uzyskiwania poszczególnych sekcji z taśmy.

Moduł sygnalizacji braków przyporządkowuje poszczególne sekcje do wyjść selekcji braków. Wraz z poprzednim modułem umożliwia on właściwą eliminację wybrakowanych sekcji blistrów przez selektor braków maszyny blistrującej.

2.2. Podstawowe moduły projektowania inspekcji

Przedstawione poniżej moduły projektowania inspekcji służą do zaprojektowania właściwej inspekcji blistrów. Korzystają one z pomocniczych nastaw określonych wcześniej za pomocą opisanych powyżej modułów. Inspekcję spodów blistrów można wykonać stosując zamiennie analizę pojedynczego komponentu koloru albo analizę opartą o binaryzację pełnego koloru. Dla każdej z tych metod opracowano odpowiednie moduły projektowania. Dla zaprojektowania analizy wieczek blistrów także opracowano odpowiedni moduł oprogramowania.

2.2.1. Moduł projektowania analizy pojedynczego komponentu koloru

Moduł ten umożliwia interaktywne ustawienie parametrów inspekcji pakowania przy podejściu monochromatycznym. Przetwarzane obrazy mogą być reprezentowane w przestrzeni odwzorowania koloru RGB (Red, Green, Blue) lub LSH (Lightness, Saturation, Hue). Moduł umożliwia automatyczne wyznaczenie parametrów binaryzacji badanych obiektów (tabletek lub kapsułek). Po wybraniu właściwego komponentu obrazu (dającego największą rozróżnialność tabletek/kapsułek od tła) wyznaczane są automatycznie wartości średnie oraz odchylenie standardowe intensywności dla pikseli znajdujących się w skorygowanych, centralnych obszarach gniazd. Ustawiany interaktywnie zakres tolerancji (krotności odchylenia standardowego) ustala dwie wartości progowe dla

binaryzacji: dolną oraz górną. Jakość obrazu po binaryzacji może być poprawiona przez zastosowanie operacji morfologicznych (erozja, otwarcie, dylacja, zamknięcie) [4, 5]. Operacje te umożliwiają eliminację drobnych artefaktów związanych z refleksami i załamaniem światła w kapsułkach i w taśmie blistra. W wyniku tych operacji powstają obiekty symbolizujące wykryte kapsułki, które spełniają kryteria położenia (środkci ciężkości obiektów powinny mieścić się w obszarze gniazd blistra) i zadanego względnego pola powierzchni plam (względem powierzchni obszarów gniazd). Następnie, przy wykorzystaniu techniki analizy obiektów BLOB (Binary Large Objects) wyznaczane są obiekty odpowiadające tabletkom/kapsułkom. Zastosowanie dodatkowo filtracji obiektowej pozwala na wyeliminowanie w obrazie wynikowym obiektów nieistotnych (zbyt małych) z punktu widzenia inspekcji.

2.2.2. Moduł projektowania analizy z binaryzacją pełnego koloru

Moduł ten umożliwia opracowanie nastaw systemu do inspekcji taśmy blistrów i przezroczystych kapsułek o złożonych kolorach. Wzorcowy kolor kapsułek lub taśmy jest określany na podstawie statystyk parametrów kolorów (RGB albo LSH) obszarów referencyjnych. Obszary te są określone przez centralne obszary gniazd lub obszar próbkowania koloru taśmy. Moduł wyznacza automatycznie wartości średnie i odchylenia standardowe wszystkich składowych koloru dla obszarów referencyjnych. Operator dobiera interaktywnie tolerancję binaryzacji koloru wyrażoną w jednostkach odchylenia standardowego. W wyniku tych działań powstają obiekty BLOB symbolizujące wykryte elementy obrazu, które spełniają kryteria binaryzacji. Kolejnymi operacjami wykonywanymi na obrazie są operacje morfologiczne, które umożliwiają eliminację artefaktów. W wyniku operacji morfologicznych powstają obiekty symbolizujące wykryte kapsułki, spełniające kryteria położenia i względnego pola powierzchni plam.

2.2.3. Moduł projektowania analizy wieczek blistrów

Moduł ten jest przeznaczony do projektowania inspekcji jakości znakowania wieczek blistrów. Inspekcja znakowania odbywa się w obszarze całego pola widzenia ale jej wyniki istotne są w odniesieniu do obszarów pełnych sekcji. W obszarze każdej sekcji powinno wystąpić kilka poprawnych, pełnych oznakowań produktu rozmieszczonych w każdym analizowanym obrazie pseudoprzypadkowo lub deterministycznie. Metoda inspekcji znakowania oparta jest na analizie korelacyjnej. Zastosowano funkcję normalizacji obrazu względem skali intensywności, co powoduje, że uzyskane rezultaty wyszukiwania są mało wrażliwe na zmianę oświetlenia sceny. Zaprogramowany wzorzec jest wyszukiwany w całym analizowanym obszarze. W trakcie analizy znakowania odbywa się przyporządkowanie znalezionych obszarów do określonych sekcji. Za

prawidłowy wynik inspekcji znakowania uznawana jest taka liczba wystąpień obszaru referencyjnego w danej sekcji, która zawiera się w zaprogramowanych granicach.

2.2.4. Moduł projektowania inspekcji nowych produktów

Opracowanie inspekcji nowego produktu wymaga wykonania wielu działań cząstkowych za pomocą odpowiednich modułów projektowania, które w odpowiedniej kolejności programują nastawy szczegółowe. Nastawy te muszą być spójne ze sobą (np. muszą dotyczyć tej samej topologii blistra).

Większość nastaw systemu (z wyjątkiem akwizycji i konfiguracji mechatroniki) jest powiązanych z konkretną topologią blistra. Nastawy testów binaryzacji pełnego koloru są zależne (zawierają w sobie) od nastaw kalibracji koloru, a te z kolei zawierają nastawy balansu bieli, które zawierają nastawy akwizycji obrazów. Podobnie nastawy pojedynczego komponentu koloru zawierają nastawy balansu bieli, a te nastawy akwizycji. Nastawy analizy wieczek zawierają także nastawy akwizycji.

Opracowanie inspekcji nowego produktu obejmuje wszystkie fazy projektowania nastaw systemu wizyjnego oraz wyboru algorytmu: ustawianie parametrów akwizycji obrazów, projektowanie topologii blistra, balansu bieli, dobór technik analizy pakowania (dla pełnego obrazu kolorowego lub dla poszczególnych jego komponentów) oraz analizę wieczek blistrów.

Projektując zadanie inspekcji nowego produktu, operator systemu wybiera odpowiednie nastawy spośród zapisanych wcześniej w bazie danych nastaw cząstkowych. Decyduje także, czy analiza kolorów blistra będzie wykonywana z użyciem techniki binaryzacji pełnego koloru, czy analizy jednej składowej.

2.3. Moduł wizualizacji testowania

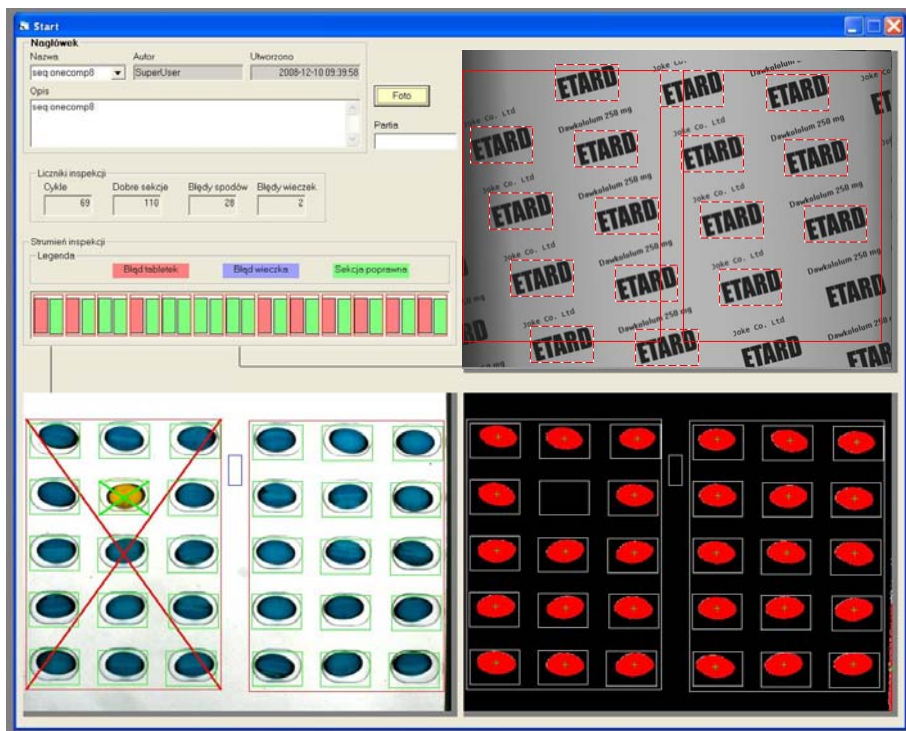
Moduł wizualizacji testowania (rys. 2) jest głównym modułem systemu inspekcji pracującego w trybie automatycznym. Wszystkie parametry inspekcji dla trybu automatycznego testowania wyznaczone zostały uprzednio w odpowiednich modułach projektowania nastaw i załadowane z bazy danych.

Inspekcja pakowania obejmuje sprawdzenie liczby obiektów spełniających kryteria binaryzacji, sprawdzenie ich wielkości oraz topologii. Sprawdzany jest także kolor blistra.

Bieżące wyniki inspekcji i związane z nimi obrazy wieczek są prezentowane w górnej części okna, a obrazy dotyczące kapsułek w dolnej części. Przekreślone obszary sekcji lub gniazd symbolizują wykryte w tych obszarach braki.

Strumień wyników inspekcji w sekcjach dla poszczególnych cykli inspekcji jest przedstawiany na ekranie, symbolicznie informując o wynikach inspekcji dla wszystkich blistrów znajdujących się aktualnie na maszynie blistrującej. Całościowe syntetyczne wyniki inspekcji od chwili rozpoczęcia testowania są

przedstawione w formie liczników, zliczających cykle maszyny, liczbę sekcji dobrych oraz liczbę braków dla spodów blistrów i ich wieczek.



Rys. 2. Widok okna wizualizacji – Testowanie

3. Badania weryfikujące rozwiązania przyjęte w systemie

Celem badań było potwierdzenie poprawności przyjętych rozwiązań i sprawdzenie systemu w warunkach zbliżonych do występujących na linii produkcyjnej. Badania przebiegały w dwu nurtach:

- sprawdzenie rozwiązań szczegółowych związanych z analizami wizyjnymi,
- sprawdzenie kompletnego systemu dla wybranych produktów i określonych metod inspekcji.

W trakcie badań pierwszego nurtu zweryfikowano metodę optymalizacji spektrum barw obrazu kolorowego poprzez interaktywny dobór współczynników: wzmocnienia i korekcji Gamma, z jednoczesną oceną jakości obrazu na podstawie histogramu 3D obrazu. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu wzorca barw – Macbeth Color Checker (matrycy 24 kolorowych kwadratów).

Na podstawie oceny wizualnej histogramów 3D obrazu oraz oceny obrazów po binaryzacji stwierdzono, że dla niektórych przypadków analiz, stan nie-

wielkiego prześwietlenia obrazu jest dopuszczalny i może dać lepsze efekty rozróżnialności kolorów niż poziom wynikający z dopasowania przekątnej szescianu barw. Wiąże się to ze zwiększeniem odległości obszarów odpowiadających różnym kolorom na histogramach RGB.

Porównując obrazy tych samych, częściowo przezroczystych kapsułek testowych przy dwóch rodzajach zastosowanego oświetlenia: *frontlight* oraz *backlight* stwierdzono, że większą spójność histogramów koloru (oraz składowych RGB) uzyskano w przypadku oświetlenia typu *backlight*. Może to spowodować zwiększenie rozróżnialności niektórych kolorów dla oświetlenia typu *backlight*, co powinno wpłynąć na preferowanie tego typu oświetlenia. W tym przypadku przedmiotem badań były blistry, złożone z dwóch jednakowych sekcji, tworzących matrycę 3×5 kapsułek o zróżnicowanych barwach (żółta o małej intensywności, żółta o dużej intensywności, zielona, niebieska, czerwona, brązowa, czarna). Badania porównawcze przeprowadzono przy oświetleniu oświetlaczem fluorescencyjnym typu ISFB-9 (oświetlenie *backlight*) oraz oświetlaczem pierścieniowym z powierzchnią rozpraszającą w postaci półsfery, zbudowanym z 96 sztuk diod LED emitujących światło białe (oświetlenie *frontlight*).

W badaniach drugiego nurtu zbadano efektywność dwu metod inspekcji:

- metodę binaryzacji obrazów kolorowych w przestrzeni odwzorowania koloru: RGB oraz LSH, opartą na statystycznej ocenie zakresu zmienności wszystkich komponentów RGB (LSH) obrazu,
- metodę binaryzacji obrazów monochromatycznych opartą na statystycznej ocenie zakresu zmienności intensywności pojedynczego komponentu koloru obrazu.

Sprawdzenia kompletnego systemu wykonano dla pięciu różnych produktów, obejmujących przezroczyste kapsułki o różnych kolorach i wielkościach. Uzyskane rezultaty są najlepiej scharakteryzowane dla niebieskich kapsułek w białym blisterze oraz pomarańczowych kapsułek w białym blisterze.

W tym przypadku przedmiotem badań były blistry, złożone z dwóch jednakowych sekcji, tworzących matrycę 3×5 kapsułek o jednakowej barwie. Dla każdego zestawu kapsułek przeprowadzono cykl 100 akwizycji i przetwarzania obrazów. Dla każdej próby rejestrowano wyniki pomiarów, obliczane przez moduł systemowy klasyfikacji i statystyki. Dla każdej kapsułki wyznaczone były parametry opisujące jej lokalizację oraz wielkość.

W pierwszym przypadku rozmiary kapsułek były dobrze dopasowane do rozmiarów gniazd, a kolor kapsułek był bardzo nasycony. Jako metodę analizy blisterów wybrano analizę składowej R koloru. Składowa ta zapewniała najlepszą rozróżnialność kapsułek względem tła oraz względem kapsułek o innych barwach, dokładanych w sposób przypadkowy w poszczególnych gniazdach blistera. Uzyskane obrazy kapsułek cechowały się dobrą powtarzalnością zarówno w ramach poszczególnych gniazd, jak i cykli pomiarowych.

Rozróżnialność kolorów kapsułek realizowana przez system była zadowalająca, chociaż należy zauważyć, że rozróżnienie między przezroczystą niebie-

ską kapsułką i kapsułką nieprzezroczystą było mocno utrudnione (w obu przypadkach występowała mała składowa R obrazu). Inne przypadki kolorów kapsułek były dobrze rozróżnialne. W każdym przypadku wykrywano brak kapsułki w gnieździe. Rozmiary obrazów kapsułek miały niewielki rozrzut i regularny kształt. Statystyki pola względnego powierzchni obrazów kapsułek uzyskane za pomocą aplikacji statystycznej, wchodzącej w skład systemu wykazały, że rozrzut rejestrowanych wartości zawierał się w zakresie od 29 do 38% powierzchni prostokąta opisującego gniazdo.

W drugim przypadku rozmiary kapsułek były istotnie mniejsze niż rozmiary gniazd, a kolor kapsułek był mało intensywny. Jako metodę analizy blisterów wybrano technikę bezpośredniej binaryzacji koloru. Także i w tym przypadku przedmiotem badań były blistry, złożone z dwóch jednakowych sekcji, tworzących matrycę 3×5 kapsułek o jednakowej barwie, w której losowo wstawiano kapsułki o innej barwie. Uzyskane obrazy kapsułek były znacznie mniej powtarzalne i nieregularne, ze względu na niezbyt dokładne ich pozycjonowanie w gniazdach, co powodowało powstawanie licznych artefaktów i pewne utrudnienia w doborze parametrów binaryzacji koloru. Liczne artefakty powodowały większy rozrzut składowych koloru, co z kolei w procesie binaryzacji oraz inspekcji powodowało powstawanie nieregularnych (w tym także zawierających otwory) obrazów binarnych. W najgorszym przypadku, obejmującym duży błąd pozycjonowania kapsułki w gnieździe blistra oraz dużą nierównomierność oświetlenia kapsułki (efekt soczewkowania), rozrzut wartości względnego pola powierzchni zawierał się w zakresie od 16 do 45% powierzchni prostokąta opisującego gniazdo.

System wykrywał w każdym przypadku brak kapsułki w gnieździe. Zadowolająco rozróżniał też kapsułki o innych kolorach. Największe problemy z rozróżnieniem występowały w przypadku kapsułek bladoczerwonych, które czasami nie były odróżniane od pomarańczowych.

W każdym z prezentowanych przypadków rozróżnialność kapsułek prawidłowych i błędnych była znacznie lepsza niż dla systemów monochromatycznych. System wykrywał kapsułki poza obszarem gniazd, a także przypadki zabrudzenia powierzchni blistra, zwłaszcza o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami gniazda.

Wyniki wykonanych badań potwierdzają użyteczność opracowanego systemu. System jest skuteczny w wykrywaniu większości wad blisterów. Należy mieć także na uwadze, że nie jest on rozwiązaniem umożliwiającym wykrycie wszystkich hipotetycznych wad. W szczególności można sobie wyobrazić, że kapsułki lub tabletki i taśma blistra będą tak dobrane, że rozróżnialność braków będzie niezadowolająca.

4. Wnioski

Wynikiem opracowania jest system do kontroli pakowania tabletek w przezroczyste blistry wraz z oprogramowaniem. Wyniki wykonanych badań potwierdzają użyteczność opracowanego systemu.

Wśród wielu szczegółowych rozwiązań w systemie, podstawowe znaczenie mają zaimplementowane w oprogramowaniu systemu metody inspekcji:

- metoda binaryzacji obrazów kolorowych w przestrzeni odwzorowania koloru: RGB oraz LSH, oparta na statystycznej ocenie zakresu zmienności komponentów RGB (LSH) obrazu w zadanych obszarach referencyjnych,
- metoda binaryzacji obrazów monochromatycznych oparta na statystycznej ocenie zakresu zmienności intensywności obrazu w zadanych obszarach referencyjnych,
- metoda optymalizacji spektrum barw obrazu kolorowego poprzez interaktywny dobór współczynników: wzmocnienia i korekcji Gamma, z jednoczesną oceną jakości obrazu na podstawie histogramu 3D obrazu.

Projektowanie inspekcji dla nowego produktu, integrujące nastawy cząstkowe jest wspomagane przez specjalny moduł programowy, który zapewnia kompletność i spójność inspekcji.

Bibliografia

1. Digital Monochrome and Color Progressive Scan Cameras CV-M4 CL, CV-M7CL. Operation Manual – <http://www.jai.com>.
2. “EureCard Grablink Value, Expert2, Value cPCI, Expert2 cPCI Manual” – Euresys June 2004.
3. “eVision 6.2- Image Analysis Tools”, Euresys, September 2002.
4. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.
5. Wojnar L., Kurzydłowski K., Szala J.: Praktyka analizy obrazu. Polskie Towarzystwo Stereologiczne, 2002.

Prace badawcze zostały zrealizowane w ramach projektu badawczego zamawianego Nr PW-004/ITE/10/2006: „Metody i urządzenia do wspomaganie systemów jakości w procesach wytwarzania i eksploatacji” objętego Programem Wieloletnim pn. „Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.

Recenzent:
Olgierd HRYNIEWICZ

Automated optical system for tablets and capsules packaging inspection

Keywords

Machine vision, optical inspection, image processing and analysis, tablets and capsules packaging inspection, quality management systems.

Summary

The system described in the paper provides automated optical inspection of tablets and capsules packed in transparent blisters. The packaging inspection includes: detection of tablets/capsules presence in nests, detection of improper position of tablets, detection of tablets which have improper color or size, detection of blister contaminations, and marking inspection of blisters. Features of basic hardware components of the system are discussed. Software modules related to projects of system settings, creation of new inspection tasks and visualization of the inspection stream in automatic mode are presented as well. Main features and technical data of the system are described. The system also assures the possibility of full archiving of the inspection settings and results.