

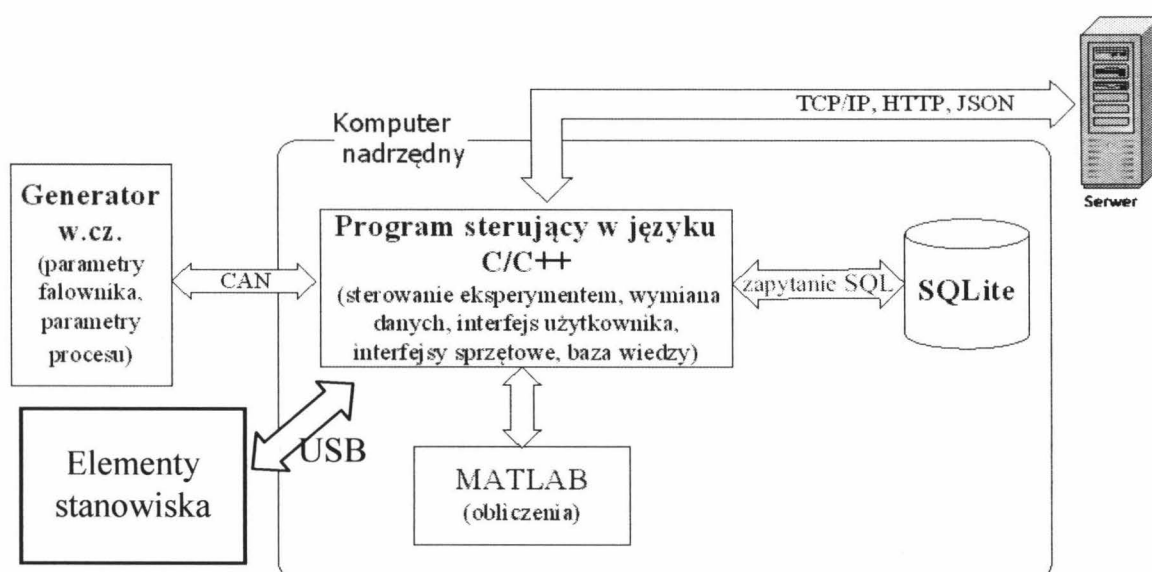
TOMASZ KOSZMIDER, JERZY ZGRAJA**KRZYSZTOF STRZECHA****Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki Stosowanej**

KOMPONENT WIZYJNY SYSTEMU KOMPUTEROWEGO DO NADZOROWANIA PRACY STANOWISKA NAGRZEWANIA INDUKCYJNEGO

W artykule przedstawiony został projekt oraz metody implementacji komponentu wizyjnego systemu komputerowego przeznaczonego do nadzoru pracy stanowiska do nagrzewania indukcyjnego.

WPROWADZENIE

Stanowiska produkcyjne są współcześnie bardzo często połączone z systemami komputerowymi pełniącymi np. funkcje zarządzające, sterujące, zabezpieczające czy monitorujące. W pracy rozważono budowany obecnie w Instytucie Informatyki Stosowanej PŁ, w ramach projektu Programu Badań Stosowanych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, system komputerowy nadzorujący pracę stanowiska do nagrzewania indukcyjnego, przedstawiony schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. System komputerowy nadzorujący pracę stanowiska do nagrzewania indukcyjnego

W artykule omówiono fragment komputerowego systemu nadzorującego dotyczący pracy układu do wizyjnego kontrolowania załadunku wsadu.

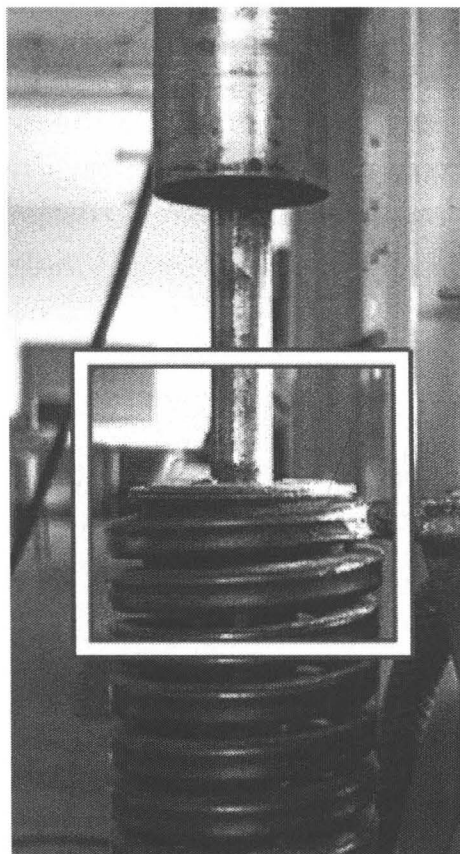
Od strony sprzętowej układ ten jest oparty o kamery światła widzialnego monitorujące strefę wzbudnika. Kamery te mogą służyć do kontrolowania wzajemnej pozycji wzbudnika i wsadu, czyli kontrolowania załadunku wsadu, ale mogą również służyć do innych celów kontrolnych, np. rodzaju założonego wzbudnika czy wielkości wsadu. Przyjęto, że praca układu będzie dotyczyła badania stanów statycznych, czyli nie będą rozważane np. przypadki kontrolowania wzajemnego położenia wzbudnika i wsadu będącego w ruchu. Kontrola załadunku ma dotyczyć przypadków, w których występuje przerwa w ruchu wsadu. Dotyczyć to może zarówno przypadków załadunku do tzw. nagrzewania okresowego, jak i „skokowego” nagrzewania w przesuwie. Uzyskanie założonego wzajemnego położenia wzbudnika i wsadu skutkuje w układzie nadzorującym sygnałem zezwalającym na realizację procesu nagrzewania.

W artykule skupiono się głównie na części softwarowej układu, przedstawiono szczegóły projektu oraz implementację komponentu wizyjnego w systemie komputerowego nadzorowania pracę stanowiska nagrzewania indukcyjnego. Wykorzystanie opracowanego komponentu nie jest elementem niezbędnym do prowadzenia przez system nadzoru nad pracą stanowiska badawczego, ale wykorzystany może znacząco podnieść jakość i bezpieczeństwo jego pracy.

Jeżeli stanowisko wyposażone jest w przynajmniej jedną kamerę obsługiwaną przez interfejs DirectShow z pakietu DirectX, to opracowany komponent wizyjny umożliwia weryfikację poprawności doboru, załadunku i umiejscowienia wsadu na podstawie informacji „wzorcowych” danego układu zapisanych w bazie danych systemu nadzorującego. W przypadku większej ilości kamer, możliwe jest zwiększenie skuteczności nadzoru poprzez wykorzystanie wszystkich kamer niezależnie, pod warunkiem posiadania obrazów wzorcowych dla danego widoku z kamery.

1. ZADANIA KOMPONENTU WIZYJNEGO

Do prawidłowego działania komponentu wizyjnego niezbędne jest posiadanie obrazu wzorcowego, wykorzystywanego w procesie grzewczym układu wzbudnik-wsad, zapisanego w bazie danych komputerowego systemu nadzorującego. Obraz wzorcowy wzbogacony zostaje dodatkowo o dane definiujące fragment obrazu wzorcowego, w którym należy prowadzić nadzór wizyjny, tak jak to przedstawiono przykładowo na rys. 2.

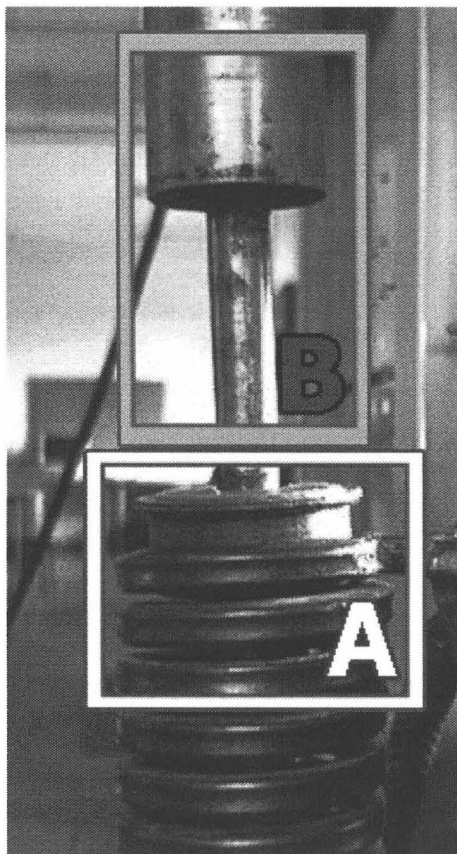


Rys. 2. Przykład obrazu wzorcowego ze wskazanym obszarem obserwacji

Podstawowe funkcje realizowane przez komponent to:

- ☐ możliwość wykorzystania wszystkich kamer wykrywanych przez system operacyjny Windows oraz konfigurowania ich niezależnie od siebie,
- ☐ wykonanie (lub modyfikacja istniejącego) obrazu wzorcowego oraz zdefiniowanych obszarów zainteresowania,
- ☐ zdefiniowanie nowego (lub modyfikacja istniejącego) układu wzbudnik-wsad, wraz z określeniem ich wzajemnych relacji przestrzennych,
- ☐ wygodne zarządzanie obrazami i informacjami wzorcowymi zapisanymi w bazie danych,
- ☐ możliwość modyfikowania dopuszczalnej wartości progowej podobieństwa obrazu rejestrowanego do wzorcowego,
- ☐ możliwość modyfikowania wartości progowej czułości na wykrywanie ruchu systemu załadunkowego,
- ☐ prowadzenie automatycznego nadzoru układów wzbudnik-wsad.

Automatyczny nadzór, realizowany przez opracowany i zaimplementowany komponent wizyjny, wykorzystuje dwa osobne algorytmy przetwarzania i analizy informacji wizyjnej, bazując na zmodyfikowanej metodzie pomiaru podobieństwa dwóch obrazów cyfrowych. Każdy z algorytmów analizuje własny fragment rejestrowanego obrazu, zdefiniowany przez operatora i zapisany w bazie danych jako ściśle określony fragment zapisanego tam obrazu wzorcowego danego układu. Przykładowe fragmenty obrazu wzorcowego przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Analizowane obszary kadru pod kątem: sprawdzenia poprawności wzajemnego położenia układu wzbudnik-wsad (A), wykrycia ruchu układu załadunkowego (B)

Obszar oznaczony na rys. 3 literą B informuje system o tym, który fragment rejestrowanego przez kamerę kadru obejmuje pracę mechanizmu załadunkowego. Zabieg ten bardzo skutecznie zmniejsza ryzyko wykrycia przez komponent zmian obrazu niewynikających z trwającego załadunku. W przypadku wykrycia ruchu w obszarze załadunku, algorytm wykrywania ruchu wstrzymuje na czas jego trwania działanie algorytmu sprawdzającego poprawność umiejscowienia wsadu względem wzbudnika.

Obszar oznaczony na rys. 3 literą A stanowi z kolei fragment obrazu wzorcowego danego układu wzbudnik-wsad, w którym następuje badanie wzajemnego położenia elementów obrazu. Algorytm sprawdzający poprawność umiejscowienia wsadu względem wzbudnika, na bieżąco porównuje rejestrowany

obraz w tym fragmencie obrazu wzorcowego. Jeżeli wartość współczynnika określającego stopień podobieństwa tych obrazów spadnie poniżej założonego progu, komponent zgłasza błąd załadunku i odpowiedni sygnał systemu nadzoru przyjmuje wartość uniemożliwiającą realizowanie procesu nagrzewania przez generator grzejny, co trwa aż do momentu uzyskania zadowalającego stopnia podobieństwa obrazów.

2. ALGORYTMY PRZETWARZANIA I ANALIZY OBRAZÓW CYFROWYCH

Podstawowymi, przyjętymi wymaganiami funkcjonalnymi projektowanego komponentu wizyjnego były:

- konieczność pracy w czasie rzeczywistym,
- wykorzystywanie algorytmów przetwarzania i analizy obrazów cyfrowych o możliwie najmniejszej złożoności obliczeniowej, ze względu na uzupełniający, a nie niezbędny do pracy, charakter komponentu, którego działanie nie może obniżać wydajności pozostałych, ważniejszych elementów systemu komputerowego nadzoru.

Poważnym utrudnieniem w opracowaniu odpowiednich algorytmów przetwarzania i analizy obrazów cyfrowych, które spełniałyby przedstawione powyżej wymagania, okazało się uwzględnienie trudnych, realnych warunków pracy stanowiska. Ich różnorodność oraz nieprzewidywalność wykluczyły możliwość zastosowania powszechnie wykorzystywanych do weryfikacji miar podobieństwa obrazów rejestrowanych na bieżąco przez kamery systemu, z wcześniej zarejestrowanymi obrazami wzorcowymi. Obrazy wzorcowe bowiem mogą zostać stworzone w odmiennych warunkach oświetleniowych oraz z innej odległości, a nawet pod innym kątem niż ten, z którego „widzą” analizowane obszary kamery systemowe.

Do pomiaru stopnia podobieństwa dwóch obrazów cyfrowych wykorzystano miarę podobieństwa strukturalnego w dziedzinie obrazu, którą jest indeks SSIM [1]. Jest to jedna z najdokładniejszych miar jakości, niezależna od zastosowanego modelu barw w obrazie. Oprócz podobieństwa strukturalnego, SSIM uwzględnia również zmiany jasności i kontrastu [2]. Jako miarę zmienności jasności przyjmuje się różnice wartości jasności średnich w danym oknie, natomiast miara odchylenia standardowego wykazuje zmienność kontrastu obrazu. Struktura obrazu określana jest przez miarę korelacji liniowej pomiędzy wartościami pikseli w danym oknie. Wartość indeksu SSIM pomiędzy dwoma oknami X i Y o rozmiarze $n*n$ określana jest wzorem (1) [3]:

$$S(x, y) = l(x, y) \cdot c(x, y) \cdot s(x, y) = \left(\frac{2\mu_X \mu_Y + C_1}{\mu_X^2 + \mu_Y^2 + C_1} \right) \cdot \left(\frac{2\sigma_X \sigma_Y + C_2}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + C_2} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{XY} + C_3}{\sigma_X \sigma_Y + C_3} \right) \quad (1)$$

gdzie:

μ_X – średnia jasność w oknie X,

μ_Y – średnia jasność w oknie Y,

σ_X^2 – wariancja w oknie X,

σ_Y^2 – wariancja w oknie Y,

σ_{XY} – kowariancja pikseli w oknie X i Y,

C_1, C_2, C_3 – współczynniki stałe.

Do obliczania SSIM stosuje się zwykle okno przesuwne o rozmiarze 8*8 lub większym. Wynikowa wartość indeksu SSIM jest sumą wartości tego wskaźnika ze wszystkich okien w obrazie. W zależności od warunków przesuwu okien w obrazie i wag przyjętych przy liczeniu wartości statystycznych, SSIM przyjmuje wartości dziesiętne z przedziału $<-1, 1>$. Wartość 1 jest osiągalna jedynie w przypadku dwóch identycznych obrazów.

3. WSPÓŁPRACA KOMPONENTU WIZYJNEGO Z SYSTEMEM ZARZĄDZAJĄCYM PRACĄ STANOWISKA DO NAGRZEWANIA INDUKCYJNEGO

Na rysunku 4 przedstawiono graficzny interfejs użytkownika podsystemu wizyjnego oprogramowania komputera nadrzędnego stanowiska do nagrzewania indukcyjnego.

Główną część okna dialogowego stanowi zakładka zawierająca obraz pozyskany z kamery obserwującej wzbudnik i wsad. Po jego lewej stronie znajdują się elementy interfejsu pozwalające użytkownikowi na:

1. włączenie i wyłączenie kamery oraz ustawienie jej parametrów,
2. pozyskanie obrazów wzorcowych dla danego układu wzbudnik-wsad,
3. zdefiniowanie na obrazach wzorcowych obszarów zainteresowania dla detekcji ruchu i kontroli poprawności układu,
4. pobranie z bazy danych zapisanych wcześniej obrazów wzorcowych,
5. zdefiniowanie parametrów oraz uruchomienie inspekcji wizyjnej układu wzbudnik-wsad.



Rys. 4. Graficzny interfejs użytkownika komponentu wizyjnego

W przypadku wyposażenia stanowiska do nagrzewania indukcyjnego w większą ilość kamer powyższe elementy interfejsu są powielane na kolejnych zakładkach dla każdej z nich.

Górna część interfejsu umożliwia użytkownikowi zdefiniowanie układu wzbudnik-wsady, dla którego przeprowadzana będzie inspekcja wizyjna. Definicja ta obejmuje:

1. wybór wsadu spośród zapisanych w bazie danych,
2. wybór wzbudnika spośród zapisanych w bazie danych,
3. określenie relacji geometrycznych opisujących wzajemne położenie wzbudnika i wsadu.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone dotychczas testy potwierdziły skuteczność działania opracowanego komponentu, ale do rzetelnej oceny jego skuteczności wymagane jest przeprowadzenie testów w bardziej zróżnicowanych warunkach pracy stanowiska.

Elementem, który w przyszłości może wymagać dopracowania, jest kwestia zmniejszenia, dosyć silnej, zależności czasu działania algorytmu wyznaczającego stopień podobieństwa dwóch obrazów od rozmiaru kadru rejestrowanego przez kamerę oraz rozmiaru zdefiniowanego obszaru zainteresowania obrazu wzorcowego.

LITERATURA

- [1] Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P.: Image quality assessment: From error visibility to structural similarity, IEEE Trans. Image Processing, Vol. 13, No. 4, pp. 600-612, Apr. 2004 [Online]. Available: www.cns.nyu.edu/~lcv/ssim/
- [2] Wang Z., Bovik A.C.: A universal image quality index, IEEE Signal Processing Lett., Vol. 9, No. 3, pp. 81-84, Mar. 2002.
- [3] Sasi C., Jagan A., Kaur J., Jyoti D., Rao D.S.: Image quality assessment techniques on spatial domain, International Journal Of Computer Science & Technology, 2 (3), 2011, pp. 177-184.

Praca finansowana ze środków NCBiR w ramach projektu Badań Stosowanych nr umowy PBS1/A4/2/2012.

VIDEO COMPONENT OF A COMPUTER SYSTEM TO SUPERVISE OF CHARGE POSITION BY INDUCTION HEATING

Summary

The article presents the project and ways to implement video component of a computer system designed to supervise position of induction heating charges.

Keywords: induction heating, video inspection.