

System wizyjny jako interfejs pomiarowy

Streszczenie. W artykule przedstawiono kilka wybranych rozwiązań systemów kontrolno-pomiarowych wykorzystujących kamery. Zastosowane kamery spełniają rolę interfejsu pomiarowego, tzn. dane dostępne w analizowanych obrazach po przetworzeniu są wprowadzone do systemu pomiarowego. Do rejestracji i analizy obrazu wykorzystano środowisko LabVIEW oraz moduł NI Vision.

Abstract. A few selected solutions of controlling systems using cameras have been presented in this paper. The applied cameras play a role of measuring interface. It means the data available in the analysed images are entered into the system after their processing. The LabVIEW environment with NI Vision module were used for image registration and analysis. (**Vision systems as the measuring interface**).

Słowa kluczowe: systemy wizyjne, analiza obrazu, interfejs pomiarowy, kamera.

Keywords: vision systems, image analysis, interface, camera.

Wstęp

Rozwój nowoczesnych technologii jest szczególnie widoczny w przedsiębiorstwach przemysłowych. Automatyzacja procesów pomiarowych, zdalne sterowanie procesem produkcyjnym, wymagają połączenia przyrządów pomiarowych z systemem komputerowym. Jest to możliwe dzięki różnego rodzaju interfejsom pomiarowym – od najbardziej tradycyjnych RS 232C, IEEE-488, przez łącza bezprzewodowe (np. Bluetooth) lub oparte na sieci internetowej. Istnieją jednak przyrządy pomiarowe nieposiadające żadnego interfejsu pomiarowego. Czy to oznacza, że konieczna jest ich kompleksowa, często kosztowna wymiana? Wyniki pomiaru przedstawiane są na różnych urządzeniach odczytowych, które można wprowadzić do systemu pomiarowego przez kamerę i analizę obrazu.

Obraz jest sygnałem wizyjnym, dzięki któremu człowiek dostarcza do mózgu najwięcej informacji. Mózg ludzki przetwarza i interpretuje obrazy, a wyniki są niestety subiektywne. Komputerowe metody analizy obrazu pozwalają zastąpić człowieka. Często minimalizują nakład pracy i kosztów. Obecnie przetwarzanie obrazu to dziedzina informatyki, która bardzo szybko się rozwija. Systemy wizyjne rozpowszechniają się bardzo intensywnie ze względu na ciągle rozszerzające się obszary ich zastosowań takich jak: wizualna rejestracja zdarzeń życia codziennego, nadzorowanie i automatyzacja procesów przemysłowych, sterowanie ruchem drogowym. Systemy wizyjne stanowią również kluczowy element systemu pomiarowego. Zastosowanie różnego rodzaju kamer pozwala na wprowadzenie do systemu komputerowego danych. Pojawia się, zatem pytanie – czy wobec tego systemy wizyjne mogą być nazwane interfejsem pomiarowym? Zdaniem autorów niniejszej publikacji odpowiedź jest twierdząca. W artykule przedstawiono definicję interfejsu pomiarowego oraz kilka aplikacji wykorzystujących kamery. Ich zastosowanie umożliwiło wprowadzenie do systemu pomiarowego danych pochodzących z analizy obrazu, na których podstawie można wykonywać dalsze obliczenia, podejmować decyzje lub sterować procesem produkcji.

Interfejs pomiarowy

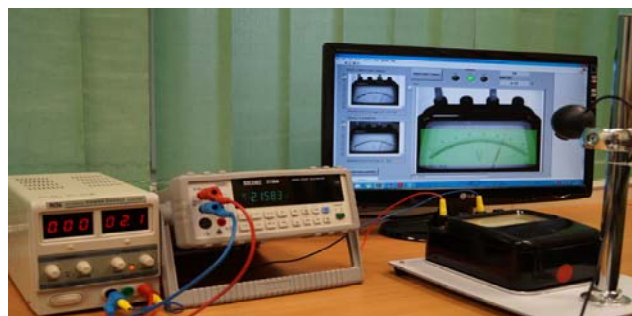
Aby nazywać system wizyjny interfejsem, warto przytoczyć definicję słowa interfejs. Według Słownika Języka Polskiego: „**interfejs:** zasady łączenia ze sobą i współpracy dwóch różnych urządzeń lub programów” [1].

System wizyjny, w którego skład wchodzi kamera oraz odpowiednie oprogramowanie, umożliwia przekazywanie informacji z rejestrowanego obrazu do systemu

komputerowego. Czy interfejsem jest tylko połączenie kamery z systemem komputerowym? Autorzy artykułu uważają, iż interfejsem można nazwać cały system wizyjny gdyż tylko taki zestaw umożliwi przekazanie informacji z otaczającego nas świata do systemu komputerowego. System ten łączy te dwa odrębne obiekty oraz przekazuje informacje. Według kolejnej definicji, interfejsem można nazywać połączenie pomiędzy systemem a jego częścią lub drugim systemem, przez które przepływa informacja [2]. W technice pomiarowej przez interfejs najczęściej rozumie się system interfejsu określany, jako zbiór elementów zapewniających dopasowanie mechaniczne, elektryczne i informacyjne oraz określający relacje pomiędzy odrębnymi częściami tego systemu a także zapewniający wymianę informacji pomiędzy jego częściami [2]. Dla tak zdefiniowanego systemu stosowana jest również nazwa: interfejs użytkowy [3]. W zależności od rodzaju zastosowanych urządzeń wejścia i wyjścia interfejs użytkowy dzieli się na takie kategorie jak: interfejs tekstowy (klawiatura, myszka, wyświetlacz), głosowy (mikrofon i głośnik), interfejs graficzny (myszka, monitor) i inne [3]. Do żadnej, istniejącej prezentowanej w literaturze, klasyfikacji interfejsów nie można zaliczyć systemu wizyjnego, który, zdaniem autorów, spełnia jednak wymogi definicji interfejsu, a zatem może stanowić nowy, szczególny rodzaj interfejsu.

Automatyczny odczyt wartości mierzonej miernikiem analogowym

Tradycyjny przyrząd analogowy nie jest wyposażony w interfejs pomiarowy. W Zakładzie Metrologii i Systemów Diagnostycznych Politechniki Rzeszowskiej opracowane zostało stanowisko laboratoryjne do demonstracji automatycznego odczytu wartości mierzonej z miernika analogowego oraz do badania poprawności i dokładności takiego odczytu [4]. Stanowisko to przedstawione zostało na rys. 1.



Rys. 1. Stanowisko do automatycznego wyznaczenia wartości mierzonej miernikiem analogowym [4]

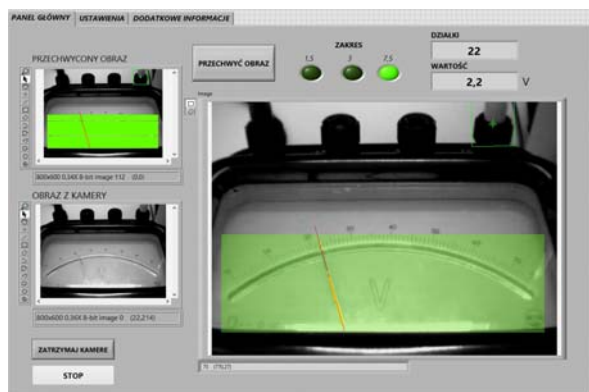
W skład stanowiska do automatycznego odczytu wartości napięcia mierzonej miernikiem analogowym wchodzi [4]:

- komputer z zainstalowanym środowiskiem LabVIEW wraz z modułem NI Vision,
- magnetoelektryczny woltmierz analogowy,
- zasilacz laboratoryjny,
- umieszczona na statywie kamera PLEOMAX PWC-3900 Pleo Cam II,
- multimetr cyfrowy ESCORT 3136A.

Zaproponowano wykorzystanie statywu, co umożliwia zamocowanie kamery a także pozwala na umieszczenie miernika zawsze w tej samej pozycji pod kamerą, co zapewnia odpowiedni kąt pobrania obrazu, tj. dokładność odczytu. Wartość napięcia na woltmierz regulowana jest za pomocą zasilacza laboratoryjnego [4].

Do sprzężenia magnetoelektrycznego woltmierz analogowy firmy Era z systemem pomiarowym wykorzystano kamerę PLEOMAX PWC-3900 Pleo Cam II. Obraz zarejestrowany za pomocą kamery zostaje zapisany w pliku graficznym, a następnie jest przetwarzany w graficznym środowisku programowania LabVIEW. Aplikacja sprawdza położenie wskazówki na mierniku analogowym oraz określa zakres pomiarowy na podstawie położenia i oznaczenia zacisków [5].

Przyrząd wykorzystany do badań to analogowy woltmierz magnetoelektryczny firmy Era o zakresach pomiarowych: 1,5 V, 3 V, 7,5 V. Panel opracowanej w środowisku LabVIEW aplikacji do automatycznego odczytu wartości mierzonej miernikiem analogowym przedstawiono na rysunku 2.



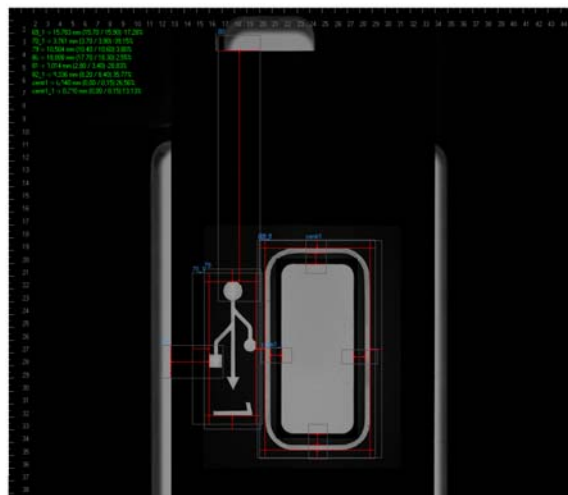
Rys. 2. Panel programu do automatycznego odczytu wartości mierzonej miernikiem analogowym [4, 6]

System do automatycznego pomiaru wielkości geometrycznych

Manualny pomiar wielkości geometrycznych z użyciem np. mikroskopu i stolika mikrometrycznego jest procesem mozolnym i czasochłonnym. Wynik pomiaru może zostać zafałszowany przez subiektywną ocenę operatora dokonującego pomiaru. Należy zwrócić uwagę na czynniki zewnętrzne takie jak silne źródło światła, zmienna temperatura czy niskoczęstotliwościowe wibracje, które w sposób znaczący mogą fałszować otrzymane wyniki. Duże znaczenie ma również właściwe pozycjonowanie mierzonego obiektu. Kamery przemysłowe po odpowiedniej kalibracji mogą służyć do pomiarów fotometrycznych i geometrycznych. Wszystkie wymienione problemy można zminimalizować stosując zautomatyzowany wizyjny system pomiarowy.

W firmie Bury Sp. z o.o. został opracowany system do wymiarowania detali wykonanych z tworzywa (wyprasek) i podświetlanych symboli graficznych tj. piktogramów. System składa się z metalowej, czernionej komory

chroniącej przed wpływem zewnętrznego światła, stolika pomiarowego z wbudowanym podświetleniem LED, umożliwiającego mocowanie dedykowanych adapterów, napędu stolika (jedna oś), kamery przemysłowej Allied Vision Technologies G-504 5MPix i obiektywu telecentrycznego Opto Engineering TC23036. Całość systemu pomiarowego sterowana jest przez kartę DAQ NI6229 firmy National Instruments. Oprogramowanie zostało napisane w środowisku LabVIEW z zainstalowanym modułem NI Vision oraz w NI TestStand. Przygotowanie scenariusza pomiarowego umożliwia aplikacja ROI Editor (ang. Region Of Interest – oznacza obszar zainteresowania), której ekran główny przedstawiono na rysunku 3.

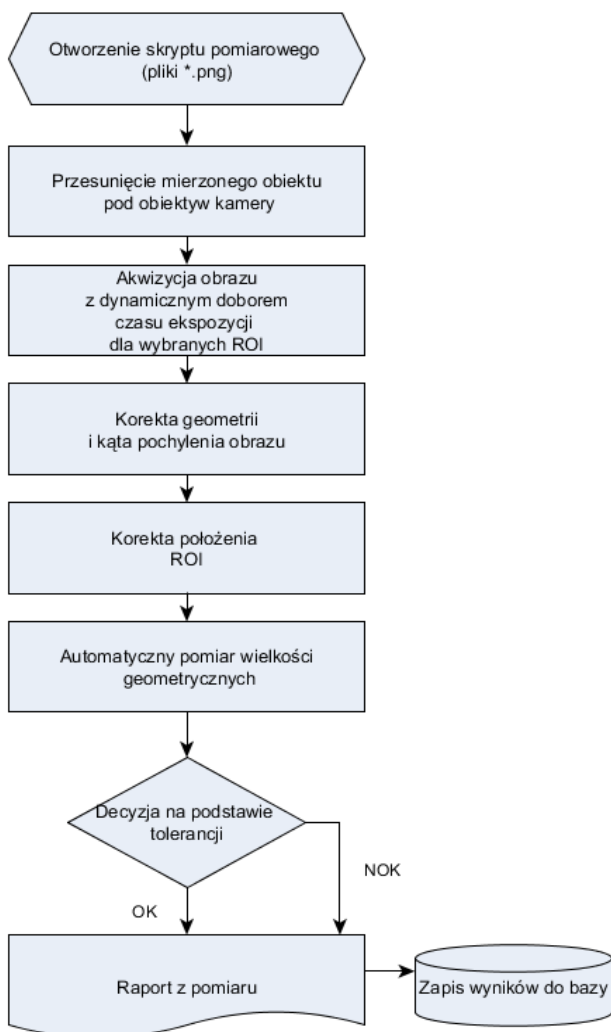


Rys. 3. Okno główne aplikacji ROI Editor z graficzną prezentacją wyników wymiarowania wypraski

Detal z tworzywa przeznaczony do pomiaru umieszczany jest na stoliku pomiarowym w dedykowanym adapterze zapewniającym stabilność i powtarzalność pozycjonowania. Następnie operator pozycjonuje wypraskę pod obiektywem kamery za pomocą napędu silnika krokowego. Kolejnym etapem jest dobór optymalnego czasu ekspozycji w sposób manualny bądź automatyczny. Po akwizycji obrazu jest on poddany korekcji geometrycznej, aby usunąć dystorsje wprowadzone przez obiektyw. Korygowany jest również kąt obrotu wypraski.

Operator wskazuje obszar, w którym znajduje się detal do pomiaru, następnie wybiera jedno z kilkudziesięciu narzędzi pomiarowych (m.in. pomiar długości w pionie i poziomie, średnica okręgu, centryczność okręgów, pole powierzchni, odległość pomiędzy dowolnymi punktami), określa limity, w których musi znaleźć się wynik i nadaje nazwę dla ROI, która jednoznacznie określa punkt pomiarowy. Dostępne są również operacje matematyczne ułatwiające wykonywanie nietypowych lub trudnych pomiarów. Wszystkie ustawienia takie jak: pozycja stolika pod kamerą, czasy ekspozycji dla poszczególnych ROI, obszary zainteresowania, wybrane narzędzie pomiarowe, tolerancje pomiaru, kalibracja, zapisywane są w pliku graficznym z rozszerzeniem png jako metadane. Każdy z utworzonych ROI można dowolnie edytować lub usuwać. Wypraski, które są większe od pola widzenia kamery wymagają przygotowania kilku obrazów i zapisania ich w jednym folderze.

Do automatyzacji procesu pomiarowego została napisana sekwencja dla TestStand. Na rysunku 4 przedstawiono kolejne kroki zaimplementowanej sekwencji. Skrypt pomiarowy jest zapisany w pliku graficznym, jako metadane.



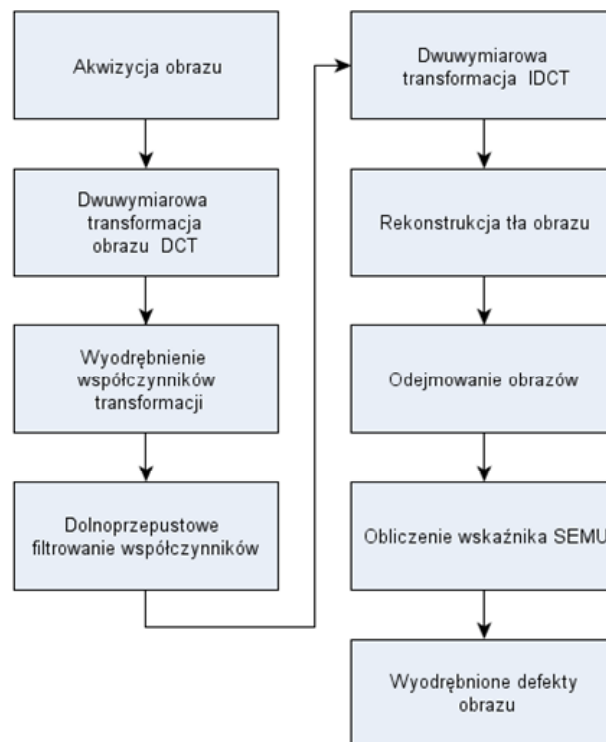
Rys. 4. Automatyczny proces pomiarowy wielkości geometrycznych

Sprawdzanie jakości wyświetlaczy LCD

Współczesne urządzenia dla branży motoryzacyjnej często wyposażone są w wyświetlacz LCD. W celu zapewnienia wysokiej jakości zachodzi potrzeba automatycznej kontroli krytycznych parametrów wyświetlacza takich jak: jasność, równomierność podświetlenia, kontrast czy brak obecności defektów i ciał obcych na powierzchni, bezpośrednio na linii produkcyjnej. Kontrola taka powinna cechować się dużą dokładnością, powtarzalnością i szybkością. Do tego zadania w firmie Bury Sp. z o.o. wykorzystano automatyczny system wizyjny.

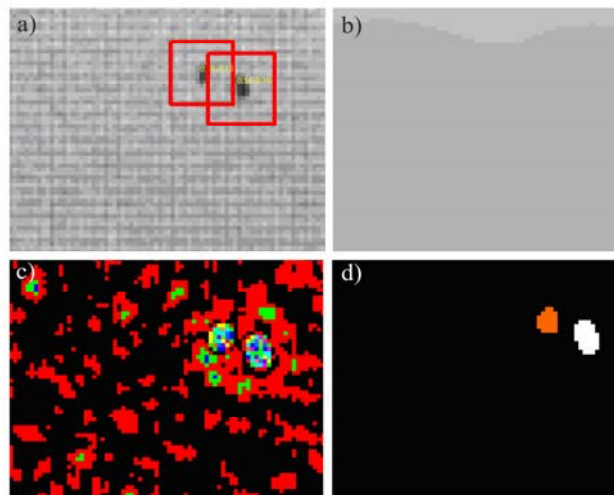
Na potrzeby automatycznego systemu wizyjnego dla wyświetlaczy zaimplementowano kilka algorytmów i technik przetwarzania obrazów. Jeden z nich umożliwia wykrywanie zanieczyszczeń i uszkodzeń na powierzchni wyświetlacza, automatyczny pomiar ich wymiarów i określenie stopnia widoczności względem tła. Algorytm zaimplementowano w środowisku LabVIEW z modułem NI Vision (rys. 5).

Pierwszym etapem jest akwizycja obrazu oraz wyodrębnienie jego tła. Do jego ekstrakcji użyto dyskretnej transformaty kosinusowej (DCT), której współczynniki zostały poddane działaniu filtra dolnoprzepustowego. Częstotliwość odcięcia filtra została wyznaczona eksperymentalnie tak, aby defekty nie były widoczne na tle obrazu. Do rekonstrukcji tła zastosowano odwrotną transformatę kosinusową (IDCT). Dysponując oryginalnym obrazem i jego tłem wykonano kolejno operacje: odejmowania, binaryzacji, progowania i filtracji otrzymanej różnicy.



Rys. 5. Algorytm DCT wykrywania defektów powierzchni wyświetlaczy LCD [7]

Do oceny stopnia widoczności defektów zastosowano wskaźnik SEMU, który pozwala określić stopień czułości ludzkiego wzroku w odniesieniu do defektu, uwzględniając jego kontrast i wielkość. Ostatnim etapem jest filtracja otrzymanych wyników, przyjmując kryterium wielkości i intensywności uszkodzonego obszaru wyświetlacza. Na rysunku 6 przedstawiono poszczególne etapy przetwarzania obrazu.



Rys. 6. Kolejne etapy przetwarzania obrazu: a) oryginalny obraz z zaznaczonymi defektami, b) zrekonstruowane tło, c) różnica obrazu oryginalnego i tła, d) zanieczyszczenia po odfiltrowaniu szumu

Odczyt wartości mierzonej na wyświetlaczu 7-segmentowym

Nie wszystkie przyrządy wyposażane w wyświetlacz LCD umożliwiają komunikację z komputerem. Za pomocą kamery oraz odpowiedniego oprogramowania można automatycznie odczytać oraz zapisać wyświetlane wartości.

Na rysunku 7 przedstawiono obraz wyświetlacza LCD umieszczonego na wadze elektronicznej firmy RADWAG.



Rys. 7. Zdjęcie wyświetlacza LCD wagi elektronicznej

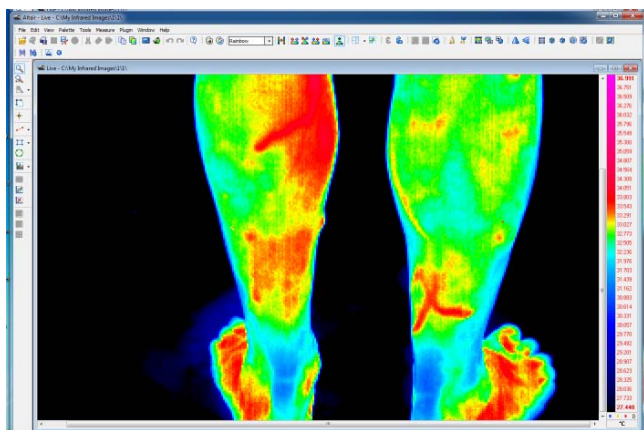
W Zakładzie Metrologii i Systemów Diagnostycznych Politechniki Rzeszowskiej opracowano aplikację do odczytu on-line wartości masy wody mierzonej za pomocą wagi. Waga stanowi element stanowiska do pomiarów przepływów dwufazowych, na podstawie informacji o masie wody oraz czasie można określić wartość przepływu. Opracowana w środowisku LabVIEW aplikacja pozwala na bieżący odczyt wartości zmiennoprzecinkowej, zapis wyników oraz ich analizę.

Kamery termowizyjne

Klasyczna termografia znajduje zastosowanie w wielu rozmaitych dziedzinach wspomagania diagnostyki technicznej oraz medycznej. Jest to metoda bezkontaktowa pomiaru temperatury i jest stosowana m.in. w:

- kontroli produkcji,
- kontroli stanu pracy urządzeń,
- diagnostyce medycznej [8], [9],
- przeglądach instalacji elektrycznych,
- diagnostyce technicznej [10].

Na podstawie termografu można m.in. oceniać stopień zaangażowania wybranych grup mięśni w czasie ćwiczeń leczniczych w procesie usprawniania upośledzonych funkcji organizmu [11].



Rys. 8. Przykładowy obraz termograficzny obiektu biologicznego

Na rysunku 8 przedstawiono obraz termograficzny, zarejestrowany przy pomocy kamery wyposażonej w matrycę chłodzonych detektorów wykonanych z antymonku indu (InSb) SC5000 firmy FLIR [12]. W Zakładzie Metrologii i Systemów Diagnostycznych prowadzone są badania z zakresu wykorzystania kamery termowizyjnej do oceny stanu mięśni na podstawie asymetrii rozkładu temperatury [13].

Wnioski

Przedstawione w artykule wybrane zastosowania różnego rodzaju kamer i opracowanego specjalnie dla nich dedykowanego oprogramowania potwierdzają tezę, iż system wizyjny można traktować jako interfejs pomiarowy. Obraz zarejestrowany przy pomocy kamery tradycyjnej lub termograficznej po przetworzeniu stanowi źródło danych, które mogą być wykorzystane w diagnostyce technicznej i medycznej. W większości prezentowanych przypadków nie ma innej możliwości wprowadzenia danych do systemu pomiarowego. Zastosowane systemy wizyjne są kanałem komunikacyjno-informacyjnym systemu pomiarowego, czyli interfejsem pomiarowym.

LITERATURA

- [1] Słownik Języka Polskiego, PWN, Warszawa 2014
- [2] Winiecki W., Organizacja komputerowych systemów pomiarowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
- [3] https://pl.wikipedia.org/wiki/Interfejs_użytkownika, dostęp 28.09.15
- [4] Sidor K., Zastosowanie środowiska LabVIEW do analizy obrazów, praca dyplomowa, promotor dr inż. Anna Szlachta, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2013
- [5] Szlachta A., Sidor K., Stanowisko do automatycznego odczytu wartości mierzonej miernikiem analogowym, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 60 (2013), nr 8, 548-551
- [6] Szlachta A., Czy przyrząd analogowy może być wirtualny? *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, (2013), nr 34, 63-66
- [7] Chen L.-C., Kuo C.-C., Automatic TFT-LCD mura defect inspection using discrete cosine transform-based background filtering and 'just noticeable difference' quantification strategies, *Measurement Science and Technology*, 19 (2008), n. 1, 015507
- [8] Gros C., Gautherie M., Breast Thermography and cancer risk prediction, *Cancer* 45 (1980), 51-56
- [9] Kaczmarek K., Czernicki Z., Zębała M., Kastek M., Piątkowski T., Polakowski H., Śródoperacyjna metoda obrazowania w podczerwieni ukrwienia tkanek prawidłowych i patologicznych mózgu, *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr 9, 38-41
- [10] Płocica M., Kozik B., Budzik G., Możliwości wykorzystania termowizji do oceny jakości współpracy pary kół zębatych, *Czasopismo Techniczne. Mechanika*, 107 (2010), z. 1-M, 89-96
- [11] Anwajler J., Dudek K., Ocena aktywności wybranej grupy mięśni na podstawie pomiaru zmian temperatury powierzchni ciała, *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*, 15 (2009), 20-22
- [12] Dokumentacja techniczna kamery Flir SC5000
- [13] Ryłski A., Ocena dokładności identyfikacji asymetrii źródeł ciepła w obiekcie biologicznym, *Pomiary Automatyka Kontrola*, (2003), nr 7/8, 32-35

Autorzy: dr inż. Anna Szlachta, Politechnika Rzeszowska, Zakład Metrologii i Systemów Diagnostycznych, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: annasz@prz.edu.pl; dr hab. inż. Andrzej Odon, Politechnika Poznańska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, e-mail: andrzej.odon@put.poznan.pl; mgr inż. Piotr Bednarek, BURY Sp. z o.o., ul. Wojska Polskiego 4, 39-300 Mielec, e-mail: bednarekp@bury.eu.