

**WYKRYWANIE SYGNALIZOWANYCH PUNKTÓW
NA OBRAZACH CYFROWYCH BLISKIEGO ZASIĘGU
Z WYKORZYSTANIEM ANALIZ TYPU GIS**

**DETECTION OF CLOSE RANGE DIGITAL IMAGE
SIGNALIZED POINTS USING GIS ANALYSIS**

Władysław Mierzwa

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: obrazy cyfrowe, wykrywanie obiektów, analiza tekstury, fraktale

STRESZCZENIE: Wykrywanie i automatyczny pomiar położenia punktów na obrazach cyfrowych jest jednym z podstawowych zadań fotogrametrii cyfrowej i realizowane jest przez zaawansowane oprogramowanie fotogrametryczne. W artykule podjęto próbę oceny na ile oprogramowanie GIS, zwłaszcza wykorzystujące rastrowy model danych może być przydatne do znajdowania na obrazach cyfrowych bliskiego zasięgu obiektów o określonych cechach. Dla wyszukiwania obrazów kulek zlokalizowanych na ciele pacjenta w fotogrametrycznym systemie trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów diagnozy wad postawy opracowanym w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, przydatne mogą być analizy tekstury obrazu. Pacjent fotografowany jest na specjalnym stanowisku pomiarowym, równocześnie za pomocą dwóch kamer cyfrowych Sylwetka pacjenta widoczna jest również od tyłu w lustrze usytuowanym za pacjentem. Obrazy wykonano aparatem cyfrowym OLYMPUS CAMEDIA C120 o rozdzielczości 1600×1200 pikseli. Obrazami kulek są jasne lub kolorowe plamki o kształcie zbliżonym do okręgu o wymiarach od kilku do kilkunastu pikseli w zależności od lokalnej skali obrazu. Jako kryteria wyszukiwania kulek przyjęto jednorodność odbicia spektralnego (w przyjętym zakresie), rozmiar oraz kształt zbliżony do okręgu. Obiecujące wyniki uzyskano stosując do wykrywania kulek fraktale. Obraz wartości fraktalnej poddano przekształceniom polegającym na wyeliminowaniu obiektów o wartości fraktalnej mniejszej niż 2.8, usunięciu obiektów o powierzchni większej niż 60 pikseli oraz współczynnika zwartości większego niż 0.72. Parametry ustalono na podstawie szczegółowej analizy cech jednego typowego obrazu i wykorzystano do analizy innych dwóch obrazów. Zastosowana procedura pozwoliła na poprawne wydzielenie 85 % zasygnalizowanych punktów. Przy ustalaniu wartości parametrów kierowano się założeniem, że mniejszym błędem jest wyznaczenie większej liczby obiektów niż pominięcie obiektów przez przyjęcie zbyt ostrych kryteriów. Położenie wydzielonych obiektów określono jako współrzędne środka ciężkości obszaru wyznaczone funkcją *polyras* jako *polygon locator*. W celu oceny dokładności współrzędnych określonych automatycznie porównano je z pomierzonymi manualnie. Odchylenie standardowe różnic współrzędnych wyniosło $S_{x,y} = 0.32$ piksela co odpowiada 1 ± 2 mm w układzie obiektu. Uzyskana dokładność jest wystarczająca dla celów diagnozowania wad postawy. W przeprowadzonych analizach wykorzystano oprogramowanie IDRISI-32.

1. WPROWADZENIE

Wykrywanie obiektów i automatyczny pomiar na obrazach cyfrowych jest jednym z podstawowych zadań w fotogrametrii cyfrowej i teledetekcji. Polega na wyodrębnieniu z całkowitej informacji zawartej w obrazie tej jej części, która jest istotna z punktu widzenia użytkownika. Informatycy zajmujący się komputerową analizą obrazów proces ten nazywają segmentacją obrazu. Obraz dzieli się na fragmenty odpowiadające poszczególnym widocznym na obrazie obiektom (Tadeusiewicz *at al.*, 1997). Jest to, więc technika przetwarzania obrazów umożliwiająca wydzielenie na obrazie obszarów spełniających pewne kryteria jednorodności, którymi mogą być proste cechy jak: kolor, poziom jasności, lub też bardziej złożone jak tekstura czy kształt. W teledetekcji stosuje się nieco inne podejście, gdyż do dyspozycji są obrazy tych samych obiektów zarejestrowane w różnym zakresie spektralnym. Mówimy wtedy o klasyfikacji obrazu. Nie wchodząc szczegółowo w metodykę, przy klasyfikacji poszukujemy podobieństwa w wartościach odbicia spektralnego w różnych zakresach spektralnych. W fotogrametrii oprócz wykrycia obiektu interesuje nas również jego pomiar. Wykrycie obiektu polega najczęściej na poszukiwaniu obiektu identycznego lub podobnego do wzorca (np. znaczka tłowego) lub też na poszukiwaniu na dwóch lub większej liczbie obrazów podobnych fragmentów będących obrazami tego samego terenu na różnych zdjęciach (*image matching*). Pomiar wykrytego obiektu polega na ogół na określeniu współrzędnych jego środka.

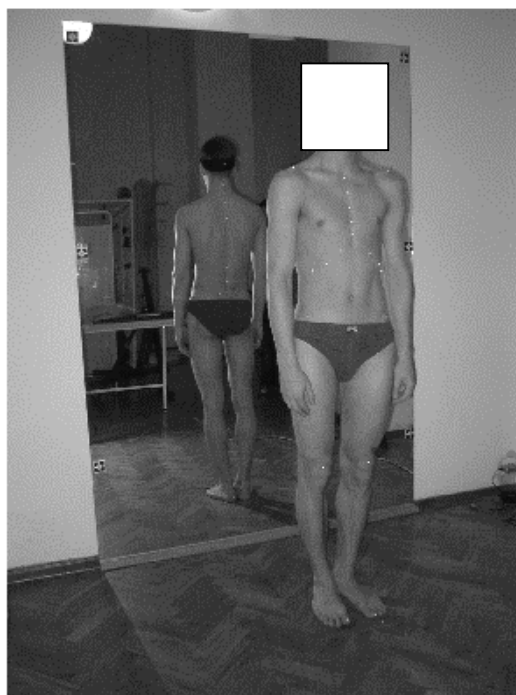
Wykrywanie obiektów odbywa się najczęściej z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowania. W fotogrametrii są to specjalistyczne moduły stanowiące część oprogramowania fotogrametrycznej stacji cyfrowej lub niezależne programy, a w teledetekcji oprogramowanie do klasyfikacji obrazów. Oprogramowanie to jest stosunkowo drogie i nie jest powszechnie dostępne. Zaawansowane oprogramowanie GIS, zwłaszcza wykorzystujące rastrowy model danych, dostarcza narzędzi analitycznych, które mogą być przydatne do poszukiwania na obrazie obiektów o określonych cechach. Oprogramowanie GIS jest powszechniej dostępne i są również jego wersje darmowe.

Celem niniejszego artykułu jest próba oceny na ile oprogramowanie GIS, na przykładzie IDRISI32, może być przydatne do wykrywania i pomiaru obiektów na obrazach cyfrowych. Analizie poddano obraz ciała ludzkiego zarejestrowany aparatem cyfrowym w fotogrametrycznym systemie trójwymiarowego pozycjonowania ciała ludzkiego, który został opracowany dla celów rehabilitacji w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH (Tokarczyk, Mikrut, 1999, Tokarczyk, Mitka, 2002). Wykrycie kulek na ciele pacjenta i pomiar ich położenia było celem analizy.

2. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO OBRAZU

Analizowane obrazy wykonano kompaktowym aparatem cyfrowym OLYMPUS CAMEDIA C120 o rozdzielczości 1600×1200 pikseli. Obrazy przedstawiają sylwetkę badanego pacjenta widoczną również od tyłu w lustrze (rys. 1). Na ciele pacjenta przyklejane są przez lekarza niewielkie kulki (średnica ok. 5 mm), które definiują główne punkty układu kostnego podlegającego pomiarowi. Pacjent fotografowany jest na specjalnym stanowisku pomiarowym, równocześnie za pomocą dwóch kamer cyfrowych. Na lustrze, przyjmowanym jako płaszczyzna pionowa przyklejone zostały również

specjalne znaczki służące jako punkty kontrolne. Obiektami, które podlegają wykryciu i automatycznemu pomiarowi są kulki. W stosunku do innych elementów treści obrazu kulki wyróżniają się: barwą, rozmiarem i kształtem. Jako kryteria wyróżnienia kulek od innych obiektów występujących na obrazie przyjęto zatem: jednorodność odbicia spektralnego w ustalonym zakresie, rozmiar (w przyjętym zakresie, gdyż obrazy kulek usytuowanych z tyłu są mniejsze) oraz kształt zbliżony do okręgu.



Rys. 1. Analizowany obraz z kanału jasność modelu HLS

3. MODUŁY OPROGRAMOWANIA GIS PRZYDATNE DO WYKRYWANIA OBIEKTÓW

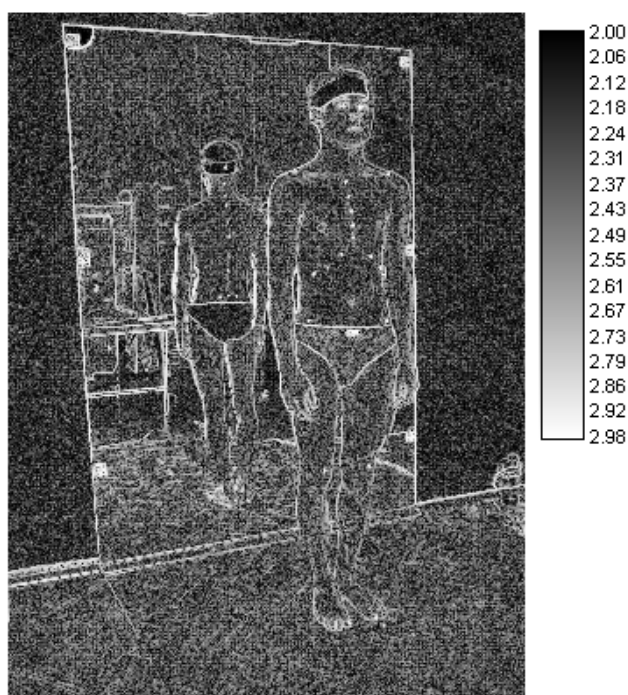
Zaawansowane oprogramowanie GIS zawiera wiele funkcji zgrupowanych w odpowiednich modułach (Eastman J.R., 2001). Spośród wielu analiz, które można przeprowadzić najbardziej przydatne wydają się analizy wykorzystujące operatory sąsiedztwa. Jedną z nich jest analiza tekstury obrazu, która umożliwia określenie: zmienności obrazu (*variability*), wymiaru fraktalnego (*fractal dimension*), częstotliwości klas (*class frequency*), oraz analizę krawędzi (*edge analysis*).

Spośród wielu możliwych funkcji do wykorzystania najlepsze wyniki uzyskano stosując funkcje generującą obraz przedstawiający wymiar fraktalny. Wymiar fraktalny uważany jest również jako miara dobrze oddająca statystyczne samo-podobieństwo.

4. ALGORYTM POSTĘPOWANIA

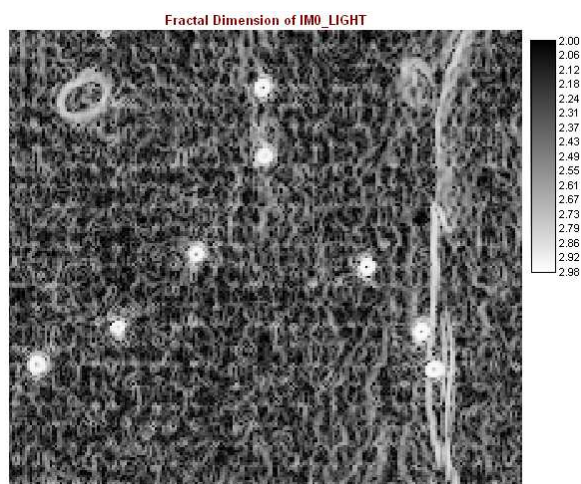
Oryginalny obraz zapisany został w formacie RGB 24 bitowym. Niestety analiza tekstury w tym formacie nie jest realizowana w programie IDRISI-32 stąd pierwszym etapem było rozbicie obrazu na składowe RGB oraz konwersja do modelu HLS (*Hue, Lightness, Saturation*). Do analizy wykorzystano obraz w kanale jasności (L), który wizualnie jest najbardziej czytelny. Korzystając z funkcji *fractal dimension* utworzono obraz przedstawiający wartości fraktalne (rys. 2, rys. 3).

Fractal Dimension of IM0_LIGHT

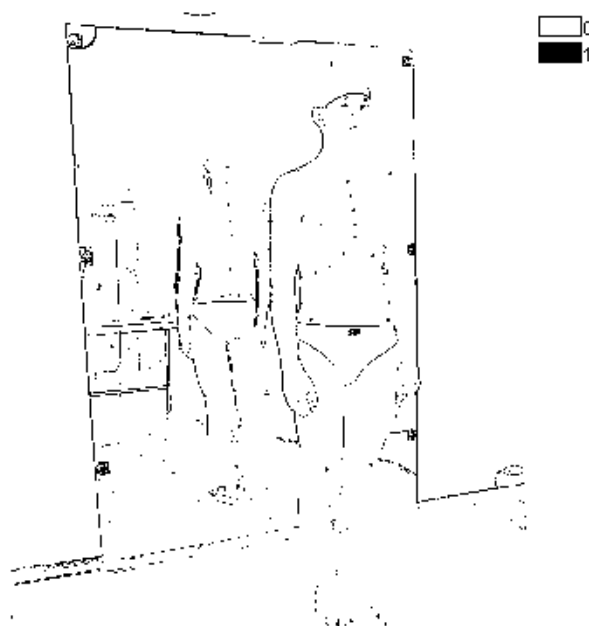


Rys. 2. Obraz wartości fraktalnych

Na obrazie tym wyraźnie widoczne są kulki charakteryzujące się dużą wartością fraktalną oraz krawędzie pomiędzy fragmentami obrazu zróżnicowanymi tonalnie. Zmienność wartości fraktalnych na obrazie wynosiła od 2.0 (opaska na czole) do 2.98 (jasne partie, w tym kulki).



Rys. 3. Powiększony fragment obrazu wartości fraktalnych



Rys. 4. Obraz wartości fraktalnych > 2.8

Szczegółowa analiza uzyskanych obrazów wykazała, że wewnątrz kulek znajdowały się pojedyncze piksele o wartościach fraktalnych mniejszych od 2.8 (rys. 4). Zaszła, więc

konieczność użycia filtrów (zastosowano filtr modalny) aby usunąć te piksele i wygładzić kształt kulek. Kolejnym etapem było wyeliminowanie spójnych obszarów o powierzchni większej niż powierzchnia typowego obrazu kulki. Pozostawiono obiekty o powierzchni większej od 15 pikseli i mniejszej od 60.

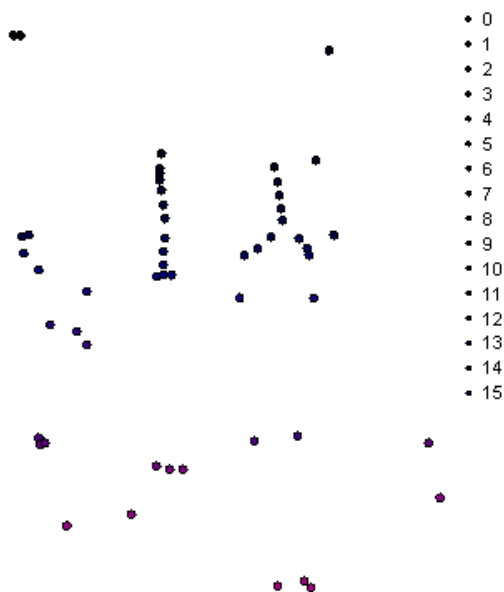
Ostatnim zastosowanym kryterium był kształt obiektu. Wykorzystano do tego celu funkcję *cratio*, która oblicza dla wydzielonych obiektów powierzchniowych (poligonów) współczynnik zwartości z wzoru:

$$C = \text{SQRT}(A_p/A_c) \quad (1)$$

gdzie:

- C – współczynnik zwartości obszaru,
- A_p – powierzchnia obiektu powierzchniowego,
- A_c – powierzchnia okręgu o tym samym obwodzie co powierzchnia analizowanego obszaru.

W wyniku uzyskano obraz współczynników zwartości, które dla wydzielonych obiektów przyjmowały wartości od 0.29 do 0.89. Do dalszej analizy wzięto obszary o współczynniku zwartości większym niż 0.72. Łącznie wyróżniono 54 obiekty (rys. 5).



Rys. 5. Wydzielone obiekty powierzchniowe

Działanie metody przetestowano na trzech obrazach uzyskując wyniki zestawione w tabeli 1. Parametry ustalono na podstawie szczegółowej analizy obrazu Tp11 oraz obrazów pośrednich i wykorzystano do wyszukiwania kulek na pozostałych obrazach.

Tabela 1. Ilość poprawnie, błędnie i nie rozpoznanych kulek

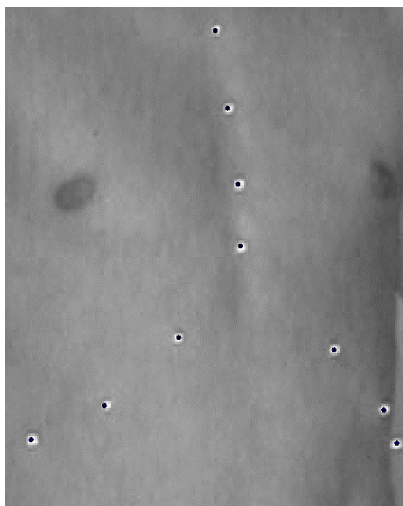
Obiekty rozpoznane	Obraz		
	Tp1l	Cs1l	Cs1p
Obiekty poprawnie rozpoznane jako kulki	33 (97 %)	26 (76 %)	28 (82 %)
Obiekty błędnie rozpoznane	21	20	23
Obiekty (kulki) nie rozpoznane	1	8	6

5. AUTOMATYCZNE OKREŚLENIE POŁOŻENIA

Położenie wydzielonych obiektów określone jest współrzędnymi środka ciężkości obszaru w układzie obrazu cyfrowego o początku w lewym dolnym narożniku obrazu. Aby proces ten odbywał się automatycznie w pierwszym etapie dokonano konwersji obrazu rastrowego na postać wektorową funkcją *polyras*. Funkcja ta oprócz określenia współrzędnych punktów obrysu obiektu wyznacza również środki obiektów (*polygon locator*), które przyjęto jako środki kulek. W celu oceny dokładności tak określonych współrzędnych dokonano manualnego pomiaru środków kulek korzystając z funkcji *digitize* oraz porównano je ze współrzędnymi wyznaczonymi automatycznie, gdyż automatyczny pomiar ma w założeniu zastąpić pomiar manualny w dalszym rozwoju systemu. Odchylenie standardowe różnic współrzędnych wyniosło:

$$S_{x,y} = \pm 0.32 \text{ piksela}$$

Biorąc pod uwagę rozmiary rzeczywiste kulek odpowiada to dokładności $\pm 1 \div 2$ mm wyznaczenia współrzędnych w układzie obiektu. Uzyskana dokładność jest wystarczającą dla celów diagnozowania wad postawy.



Rys. 6. Lokalizacja automatycznie wyznaczonych środków kulek na tle obrazu oryginalnego

6. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że oprogramowanie GIS wykorzystujące rastrowy model danych może być alternatywą dla innych programów pozwalających na wykrywanie i automatyczny pomiar położenia wyróżnionych obiektów na obrazach cyfrowych. Uzyskane wyniki, których miarą jest ilość poprawnie wydzielonych obiektów, zależą od wartości przyjętych parametrów. Przy ustalaniu wartości parametrów kierowano się założeniem, że mniejszym błędem jest wyznaczenie większej liczby obiektów niż pominięcie któregoś z poszukiwanych obiektów przez przyjęcie zbyt ostrych kryteriów. W analizowanym przykładach poprawnie wydzielono około 85 % kulek. Analizując przyczyny nie wykrycia kulek stwierdzono, że modyfikacja przyjętych parametrów dostosowana do specyficznych cech analizowanego obrazu umożliwi ich poprawną detekcję. Przeprowadzono również analizę dla łagodnie przyjętych kryteriów, która pozwoliła na poprawne wykrycie wszystkich kulek jednakże dodatkowo kryteria spełniało ponad 200 obiektów niebędących kulkami.

Eliminacja błędnie rozpoznanych obiektów możliwa jest w kolejnym etapie opracowania, w którym na podstawie współrzędnych w układzie obrazu, co najmniej dwóch zdjęć wyznaczane są współrzędne przestrzenne. Jako kryterium eliminacji można przyjąć położenie homologicznych punktów na promieniach rdzennych, wielkość paralaksy poprzecznej (Tokarczyk, Huppert, 2006) oraz zawartość współrzędnych przestrzennych wewnątrz zdefiniowanego graniastosłupa, w którym mieści się mierzony obiekt (pacjent).

Pełna automatyzacja wykrycia obiektów i pomiar ich położenia jest możliwa przez napisanie odpowiedniego *macro*, które będzie kolejno wywoływało odpowiednie funkcje i umożliwi modyfikację parametrów.

7. LITERATURA

- Tadeusiewicz R., Korohoda P., 1997. *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków
- Tokarczyk R., Mikrut S., 1999. Fotogrametryczny system cyfrowy bliskiego zasięgu do pomiarów ciała ludzkiego dla potrzeb rehabilitacji leczniczej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 9, Kraków 1999, s. 147-154.
- Eastman J.R., 2001. *IDRISI32Release2, Guide to GIS and Image Processing*, Clark University, Worcester, MA.
- Tokarczyk R., Mitka M., 2002. Badanie fotogrametrycznego systemu trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów rehabilitacji leczniczej. *Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja*, T.8 Zeszyt 1, Kraków 2002, s. 89-97.
- Tokarczyk R., Huppert M., 2006. Automatyczna detekcja i pomiar markerów w fotogrametrycznym systemie trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów rehabilitacji leczniczej. *Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja*, T.12 Zeszyt 2/1, Kraków, s. 431-439.

Badania wykonano w ramach grantu KBN nr 4T12E 052 27 „Automatyzacja pomiaru na obrazach cyfrowych w zastosowaniu do fotogrametrycznego systemu trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów rehabilitacji leczniczej”

DETECTION OF CLOSE RANGE DIGITAL IMAGE SIGNALIZED POINTS USING GIS ANALYSIS

KEY WORDS: digital images, object detection, texture analysis, fractal

Summary

Detection and automatic position measurement on digital images is one of the basic tasks of digital photogrammetry and is done using advanced photogrammetric software.

In this paper, an attempt was made to show to what extent GIS software, which uses a raster data model, can be used to detect particular features of objects with close range digital images. Texture analysis can be useful in locating the position of balls attached to the human body in a photogrammetric system for 3D measuring for diagnosis of posture defects, developed in the Department of Photogrammetry and Remote Sensing Informatics of the University of Mining and Metallurgy, Kraków.

The images of the patient are taken on a special measuring stand, simultaneously with the use of two digital cameras. The back of the patient body is also visible in the mirror situated behind the patient. The images were taken with a OLYMPUS CAMEDIA C120 digital camera with a resolution of 1600×1200 pixels. The images of balls are light or colored spots with an approximately circular shape and dimensions ranging from a few to a dozen or so pixels, depending on the local image scale. As criteria for ball detection, the similarity of spectral reflectance (in assumed range), dimension and shape similar to a circle were assumed.

Promising results in detecting the balls have been achieved using the concept of fractal dimension. The image of fractal dimension were processed to eliminate features with fractal dimensions less than 2.8, remove feature areas less than 60 pixels and a compactness ratio greater than 0.72. The parameters were chosen by closely analyzing typical images and then applying these parameters to analyze the other two. The selected procedure properly detected 85 % of the signal points. In determining the value of parameters, it was assumed that there would be fewer mistakes if more features were detected than for using excessively sharp criteria and omitting some features. For the position of detected objects, the coordinates of the center of gravity of the feature determined by *polyras* (*option polygon locator*) were assumed. To estimate the accuracy of the coordinate determined automatically, a manual comparison was done. The standard deviation of the coordinates' differences equalled $S_{x,y} = \pm 0.32$ pixel size, which corresponded to 1 ± 2 mm in the object scale.

The achieved accuracy is sufficient for diagnosis of posture defects. In the analysis, a IDRISI32 was used.

Dr inż. Władysław Mierzwa
e-mail: wmierzwa@uci.agh.edu.pl
tel. +12 6172272