

**ANALIZA TOPOGRAFII CIAŁA LUDZKIEGO W ZASTOSOWANIU DO  
BADANIA WAD POSTAWY**

**HUMAN BODY TOPOGRAPHY ANALYSIS IN POSTURE INVESTIGATION**

**Regina Tokarczyk<sup>1</sup>, Monika Szczygiel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Wydział Geodezji  
Górnictwej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

<sup>2</sup>Absolwentka Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia  
Górnictwo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: cyfrowy aparat fotograficzny, model 3D ciała ludzkiego, wady postawy, analizy GIS

STRESZCZENIE: Celem pracy było wykorzystanie wirtualnego modelu powierzchni ciała człowieka do diagnostyki wad postawy. Model 3D sporządzono wykorzystując do tego celu metodę fotogrametryczną z użyciem cyfrowych aparatów fotograficznych i programu PI 3000 Topcon. Do wykonania zdjęć wykorzystano system PBE, przeznaczony do fotogrametrycznego badania wad postawy. Analizy topografii powierzchni ciała wykonano z użyciem programu GeoMedia i programu MicroStation z pakietem MGE. Wyznaczono przebieg kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej, asymetrię objętościową torsu oraz wzajemne ułożenie części ciała z przekrojów poziomych modelu.

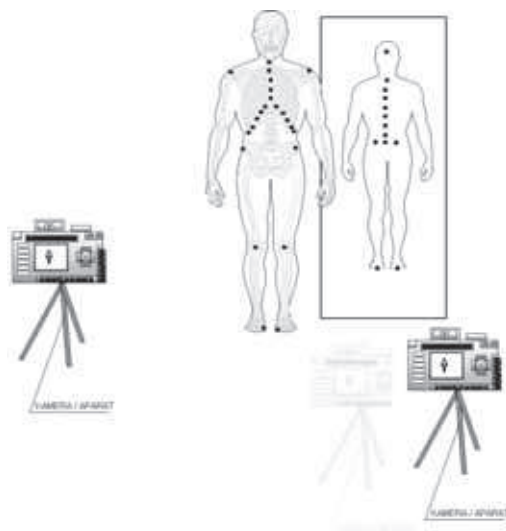
## **1. WSTĘP**

Fotogrametryczne pomiary ciała człowieka w aplikacjach medycznych służą między innymi profilaktyce i diagnozowaniu wad postawy. Każdy system pomiarowy skonstruowany w tym celu musi być dostosowany do pomiaru i oceny badanego zjawiska, jakim jest wzajemne usytuowanie istotnych z punktu widzenia postawy części ciała i odbieganie tego wzajemnego ułożenia od pewnej normy statystycznej lub modelu fizycznego. Ciało człowieka może być reprezentowane przez trójwymiarowy model powierzchniowy, przez grupę wybranych jego punktów lub też jako połączenie obu. Pomiar odpowiednich reprezentacji ma umożliwić lekarzowi prawidłowe wnioskowanie o zdrowiu człowieka i ewentualnym postępowaniu leczniczym, zatem wybór przedmiotu pomiaru jest sprawą najważniejszą.

W przeważającej większości współczesnych systemów pomiarowych przeznaczonych do oceny postawy mierzone jest położenie 2D lub 3D punktów reprezentujących elementy szkieletu kostnego, przeniesione drogą palpacji na powierzchnię ciała. Dokładność takiego przeniesienia jest różna dla różnych elementów i związana jest także z wiekiem i wskaźnikiem BMI osoby badanej. Wynikiem pomiaru nie jest przestrzenne usytuowanie punktów, ale relacje pomiędzy nimi: kąty między odcinkami, długości (zwykle względne) odcinków. Są one wskaźnikami oceny

ewentualnej patologii. Szczególnie niekorzystny wpływ niedokładnego przeniesienia punktów kostnych występuje we wskaźnikach obliczanych z krótkich odcinków, takich jak odcinki między wyrostkami kolczystymi kolejnych kręgów kręgosłupa czy odcinek między tylnymi kolcami biodrowymi górnymi.

Dokładność pomiaru, oferowana przez systemy pomiarowe przewyższa znacznie dokładność usytuowania markera sygnalizującego przeniesioną część szkieletu kostnego i choć często mierzymy nie cechę, a amplitudę zmian zachodzących w obrębie tej cechy (Kasperczyk, 1994), to problem wyboru i sygnalizacji punktów pomiarowych jest kluczowym dla pomiaru przeznaczonym do oceny postawy. Problem ten udało się rozwiązać, jeśli udało się zastąpić „model szkieletowy” diagnostyki wad postawy modelem powierzchniowym, na podstawie którego zostałyby opracowane wskaźniki oceny odpowiadające istniejącym, będące z nimi w korelacji lub też całkiem nowatorskie. Opracowanie takich wskaźników to zadanie przede wszystkim dla lekarzy, przy współdziałaniu twórców systemów pomiarowych.



Rys.1 Schemat części składowych systemu PBE (Photogrammetrical Body Explorer)

Istnieją systemy pomiarowe do badania wad postawy posługujące się oceną powierzchni ciała, a nie położeniem kości. Są to najczęściej systemy fotometryczne, analizujące sylwetkę człowieka w głównych płaszczyznach antropometrycznych (Kasperczyk, 1994). Fakt ten, jak i próby opracowania wskaźników oceny postawy na podstawie trójwymiarowego modelu powierzchni ciała (Patias *et al.*, 2006), (Jaremkó *et al.*, 2002), (Theologis *et al.*, 1997) zachęciły do badań związanych z analizami powierzchni takiego modelu. Tym bardziej, że istnieje szereg narzędzi do takich analiz, używanych głównie do zagadnień GIS.

Fotogrametryczny system pomiarowy PBE (rys.1), opracowany w AGH (Tokarczyk *et al.*, 1999a), (Tokarczyk *et al.*, 2000a), (Tokarczyk *et al.*, 2002), (Tokarczyk, 2007) służy do oceny wad postawy przez wyznaczenie położenia 3D wybranych części kostnych szkieletu, przeniesionych na powierzchnię ciała i sygnalizowanych markerami. System ten postanowiono wykorzystać do wykonania

zdjęć służących do sporządzenia trójwymiarowego modelu powierzchni ciała, co przedstawiono w rozdziale 2. Model ten poddano analizom (opisanym w rozdziale 3) dającym w wyniku parametry przydatne w ocenie postawy, przy czym nie opracowano nowych parametrów, ale udowodniono, że można znane parametry wyznaczać z modelu powierzchniowego. Ten sposób postępowania zmierza do uniezależnienia się od problemu sygnalizacji części wewnętrznych ciała na jego powierzchni.

## 2. UTWORZENIE MODELU 3D CIAŁA CZŁOWIEKA

Podstawą opracowania, na której oparto analizy był trójwymiarowy model ciała ludzkiego uzyskany metodą fotogrametryczną. Pomiary wykonano w Centrum Rehabilitacji „Zdrowie” znajdującym się przy ulicy Św. Gertrudy w Krakowie, gdzie wykorzystywany jest system PBE.

System składa się z dwu cyfrowych kalibrowanych aparatów fotograficznych, lustro o sprawdzonej płaskości oraz oprogramowania, które oprócz modułu fotogrametrycznego posiada bazę danych o pacjentach (Tokarczyk, 2007). Lustro pozwala na równoczesną rejestrację zarówno przodu, jak i tyłu pacjenta, ale jego użycie wymusza stosowanie zdjęć zbieżnych. Jest to korzystne w przypadku pomiaru sygnalizowanych punktów ciała, natomiast mogło być utrudnieniem w pomiarach zmierzających do utworzenia modelu powierzchniowego. Zbieżna konfiguracja zdjęć powoduje bowiem, że do pomiaru punktów homologicznych nie można wykorzystać efektu stereoskopowego, nie było również pewności, czy automatyczny *matching* systemu PI 3000, który postanowiono użyć do wykonania wirtualnego modelu ciała z tym problemem sobie poradzi. Ponieważ ciało ludzkie ma gładką powierzchnię, co dodatkowo utrudnia wybór punktów homologicznych, narzucono na nią teksturę za pomocą rzutnika komputerowego, przy czym wykonano zdjęcia dla dwu różnych rzutowanych obrazów: regularnej siatki kwadratów oraz zdjęcia lotniczego o zróżnicowanych szczegółach (rys. 2a i 2b). Odbicie w lustrze sprawiło, że do narzucenia tekstury wystarczył jeden projektor rzutujący ją zarówno na przód jak i tył fotografowanej osoby. Oprócz narzuconej tekstury osoba fotografowana miała zaznaczone za pomocą markerów standardowe dla PBE punkty pomiarowe.

Do wykonania zdjęć wykorzystano dwie lustrzanki cyfrowe Konica Minolta Dynax 5D o rozdzielczości  $3008 \times 2000$  pikseli z obiektywami 50 mm. Model ten posiada parametry techniczne pozwalające na wykonywanie nim zdjęć fotogrametrycznych. Są to przede wszystkim rozdzielczość matrycy — 6.1 mpx, możliwość zastosowania stałogniskowego obiektywu i manualny sposób ogniskowania. Stanowiska wybrano w odległości około 5 m od obiektu, (wielkość piksela na obiekcie: z przodu około 0,5 mm, z tyłu 0,8 mm) w sposób zapewniający odpowiednią widoczność wszystkich fotopunktów umieszczonych na lustrze jak i maksymalną widoczność istotnych z punktu widzenia badania postawy części ciała zarówno z przodu jak i z tyłu.

Aparaty fotograficzne zostały uprzednio skalibrowane na polu testowym AGH (Tokarczyk *et al.*, 1999b), (Tokarczyk *et al.*, 2000b), (Tokarczyk *et al.*, 2004).



Rys. 2a. Rzutowanie na ciało obrazu siatki kwadratów



Rys. 2b. Rzutowanie na ciało zdjęcia lotniczego

Do sporządzenia modelu 3D ciała wykorzystano system PI 3000 Topcon. Jest to system fotogrametrii cyfrowej, umożliwiający realizację pomiarów głównie naziemnych i w bliskim zasięgu. Służy do wykonywania pomiarów 3D z obrazów stereoskopowych, pochodzących zarówno z niemetrycznych kamer cyfrowych, jak i kamer fotogrametrycznych. Funkcje pomiarowe realizowane przez system PI-3000 to między innymi funkcje określające obrysy obiektów oraz automatyczny pomiar powierzchni obiektu. Rozwiązanie sieci zdjęć odbywa się metodą wiązki.

Na zdjęciach pomierzone zostało 39 punktów wiążących oraz 6 fotopunktów. Cechy geometryczne pary zdjęć przedstawiono w tabeli 1, są tam też również dokładności fotogrametrycznego wcięcia w przód uzyskane dla zdjęć, gdzie na ciało rzutowano zdjęcie lotnicze. Wyrównanie sieci dwóch zdjęć dało średnie błędy RMS na zdjęciach odpowiednio 1,5 i 1,1 piksela, natomiast maksymalna odchyłka na fotopunktach nie przekroczyła 2 mm.

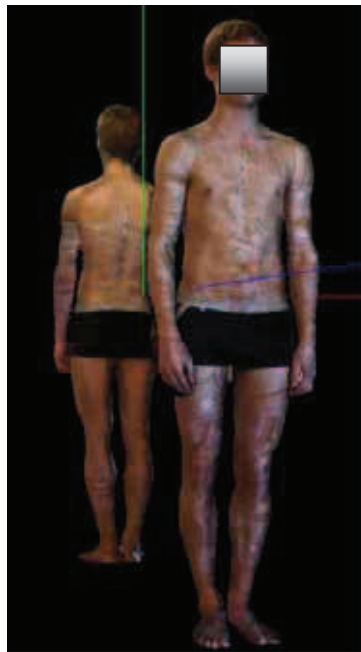
Po wyrównaniu wiązki wygenerowano automatycznie model powierzchni ciała, osobno dla przodu i odbicia w lustrze, przy założeniu siatki punktów pomiarowych na obiekcie co 5 mm. Okazało się, że automatyczny *matching* PI 3000 znacznie lepiej sprawdza się na zdjęciach, gdzie na ciało rzutowano zdjęcie lotnicze niż tam, gdzie teksturę tworzy siatka regularnych kwadratów.

Po wygenerowaniu siatki TIN i rozpięciu na niej powierzchni, wygładzono ją filtrem medianowym i uśredniającym oraz renderowano teksturę pochodzącą ze zdjęcia (rys.3). Uzyskany model ciała człowieka, osobno przedniej i tylnej jego części,

przedstawiony był w układzie współrzędnych definiowanym przez fotopunkty, tzw. układzie lustra.

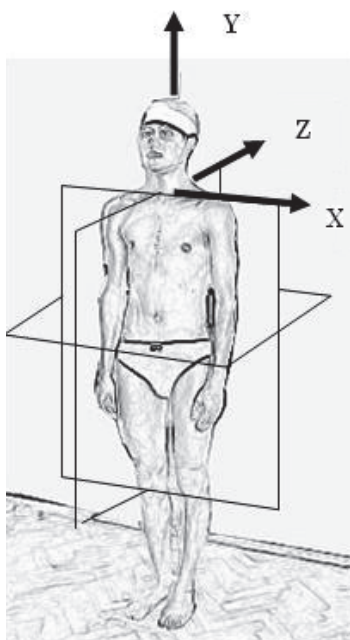
Tabela 1. Charakterystyka geometrii pary zdjęć

Stereopara	Baza Długość [m]	Głębina [m]	B/H Stosunek bazowy	Dokładność w pł. pionowej [m]	Dokładność w kierunku głębokości [m]
L 7 - P 7	3.3157	5.1735	0.64	0.0008	0.0012



Rys. 3. Model ciała pokryty zdjęciem

W celu przeprowadzania dalszych analiz, punkty modelu musiały zostać przetransformowane do tzw. układu pacjenta, definiowanego w PBE. Układ ten związany jest z głównymi osiami antropometrycznymi (rys.4) i pozwala na porównywanie zmian położenia części ciała w procesie rehabilitacji.



Rys. 4. Główne osie i płaszczyzny antropometryczne: XY – płaszczyzna czołowa, YZ – płaszczyzna strzałkowa, XZ – płaszczyzna pozioma

Wykorzystano tu przestrzenne położenie dwu punktów kostnych zamarkowanych uprzednio na powierzchni ciała. Transformację przeprowadzono osobno dla modelu przedniej i tylnej części ciała, po czym wyeksportowano je do programu MicroStation, w którym obie części połączono.

### 3. ANALIZA TOPOGRAFII CIAŁA CZŁOWIEKA NA PODSTAWIE MODELU 3D

#### 3.1. Programy wykorzystane do analiz topografii.

Najistotniejszym zagadnieniem było wyodrębnienie z ogółu danych dostarczanych przez model, informacji istotnych z punktu widzenia analiz postawy ciała. Istnieje szereg programów, stanowiących głównie narzędzia GIS, w których można przeprowadzać analizy powierzchni modelu obiektu. W pracy tej wykorzystano oprogramowanie Bentley MicroStation V8 XM z pakietem MGE oraz system GeoMedia Professional.

Model utworzony przez PI 3000 w postaci siatki trójkątów został zamieniony w MicroStation na postać *mesh* (ang. siatka), dzięki czemu umożliwiona była edycja węzłów. Potrzebna była ona do poprawienia błędów wynikających z niedostatecznej widoczności danego fragmentu ciała na obu zdjęciach.

Wykorzystanie pakietu MGE było niezbędne z uwagi na integrację danych. Wszelkie analizy, które przeprowadzane są w całości lub częściowo w różnych

programach, wymagają ujednoczenia informacji. Proces przygotowania danych przed importem do danego programu może być pracochłonny i wymagać wielu przekształceń, konwersji, zmiany formatu czy ujednoczenia układu współrzędnych. W niniejszej pracy integracja obejmowała przejście od formatu początkowego DXF, w jakim zapisany był model utworzony w systemie PI-3000, do formatu umożliwiającego dalsze prace w programie GeoMedia - formatu GRD. Spośród grupy programów wchodzących w skład MGE do integracji danych wykorzystano Terrain Analyst.

### 3.2. Wyznaczenie przebiegu kręgosłupa

Najważniejszą rolę w ocenie postawy pełni kręgosłup. Na podstawie jego kształtu w dwóch płaszczyznach - strzałkowej i czołowej - ocenić można wady związane z nieprawidłowym przebiegiem jego krzywizn (Kasperczyk, 1994), (Mrozkowiak, 2007). Miarą krzywizn w płaszczyźnie strzałkowej są zwykle kąty kifozy piersiowej, lordozy lędźwiowej, głębokości kifozy i lordozy bezwzględne i znormalizowane, natomiast w płaszczyźnie czołowej: liczba łuków krzywej przecinającej linię zdefiniowaną odpowiednimi wyrostkami kolczystymi, strzałki i cięciwy łuków, szczyt łuku skrzywienia.

a)



b)

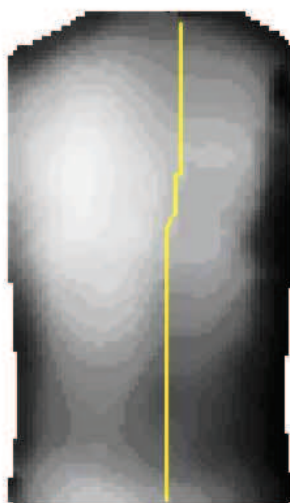


Rys. 5a). Przekrój kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej — wykonany na modelu  
b). Przekrój kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej — wykonany na chmurze punktów

Do wyznaczenia przebiegu kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej wykorzystano przecięcie powierzchni tylnej części modelu ciała - powierzchni pleców - płaszczyzną strzałkową YZ. Założono, że powierzchnia ciała na plecach w odpowiednim miejscu odzwierciedla przebieg kręgosłupa. Specyfika modelu TIN sprawia, że w wyniku przecięcia nie otrzymano jednoznacznego przekroju (rys. 5a) lecz dwa rzędy siatki trójkątów. Dlatego powtórzono czynności na modelu punktowym, otrzymanym przez eksport współrzędnych modelu trójkątowego do pliku TXT i ponowny jego import, już jako chmury punktów (rys.5b).

Przebieg kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej wyznaczono w programie GeoMedia, po zamianie modelu w postaci TIN na postać rastrową. Linię kręgosłupa wyznaczono korzystając z funkcji *Surface-Fill Depressions*, *Downhill Path* i *Downhill*

*Accumulation.* W analizach DTM służą one do detekcji kierunku spływu wody na podstawie spadku. Wykorzystano tu zjawisko podobieństwa powierzchni pleców w rejonie kręgosłupa do doliny rzecznej, z założeniem grawitacyjnego spływu wody. Ostatecznie otrzymany w zapisie rastrowym obraz kręgosłupa został wyeksportowany do postaci wektorowej. Efekt końcowy zaprezentowany został na rysunku 6. Zauważyć można asymetrię pleców, która spowodowana jest brakiem widoczności fragmentu ciała odbitego w lustrze na jednym ze zdjęć. Uniknąć można było tego przez zwiększenie kąta zbieżności zdjęć, co dałoby z kolei pogorszenie modelowania przodu ciała lub też wykonując zdjęcia osoby odwróconej przodem do lustra.



Rys. 6. Wyznaczony w GeoMediach przebieg linii kręgosłupa

Z tak pozyskanego przebiegu kręgosłupa można wyznaczyć większość znanych parametrów oceny jego przebiegu, wymaga to jednak zdefiniowania przynajmniej dwóch punktów charakterystycznych, najlepiej wyrostków kolczystych C7 i S1.

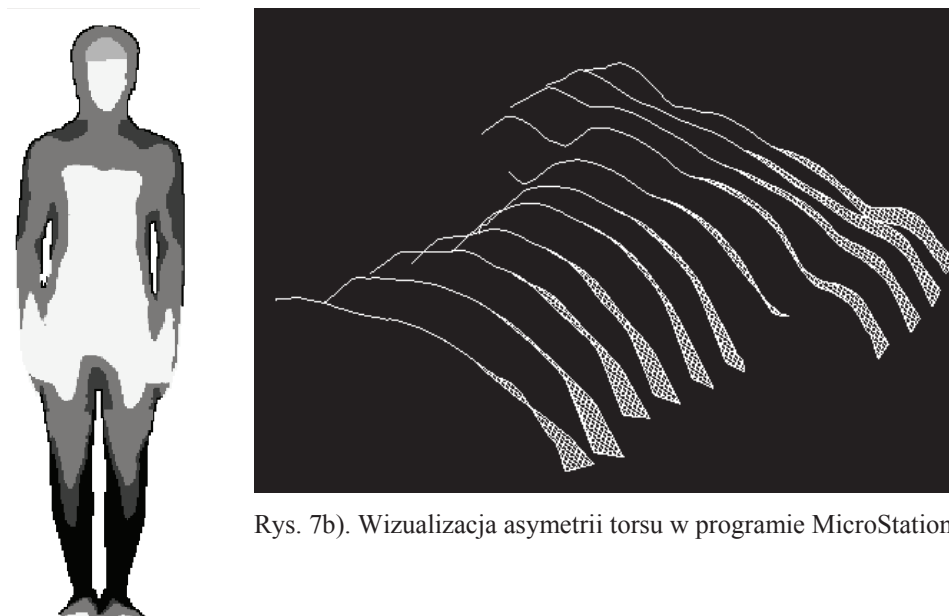
### **3.3. Analiza symetrii ciała**

Analiza symetrii ciała jest jednym z podstawowych parametrów oceny postawy. Symetria jest głównym wskaźnikiem metod wzrokowych oceny, jak również popularnego systemu ISIS (Kasperczyk, 1994), a na jej podstawie wnioskować można o wielu czynnikach składających się na postawę ciała uważaną za prawidłową. Analizę tą dokonano na podstawie przedniej części ciała, jako modelowanej poprawnie (ze względu na widoczność na zdjęciach) w stosunku do tylnej.

Wykorzystano do tego celu opcję obliczania objętości w programie GeoMedia GRID. Pozwala ona na określenie dla każdego piksela numerycznego modelu powierzchni objętości począwszy od zdefiniowanej na pewnej wysokości płaszczyzny źródłowej. Jako rezultat końcowy można uzyskać objętość terenu znajdującego się pod lub nad płaszczyzną. Objętość wówczas podawana jest w pikselach lub w jednostkach metrycznych, w jakich wyrażone są analizowane dane. Asymetrię objętościową można



otrzymać przeprowadzając obliczenie objętości osobno dla dwu połówek ciała, otrzymanych po przecięciu modelu ciała płaszczyzną strzałkową. Wizualizacja asymetrii objętościowej przedniej części ciała jest przedstawiona na rysunku 7a.



Rys. 7a). Graficzna reprezentacja modelu objętościowego ciała uzyskanego w programie GeoMedia

Rys. 7b). Wizualizacja asymetrii torsu w programie MicroStation

Celem przedstawienia różnic w symetrii fragmentu torsu, w programie MicroStation wykonane zostały przekroje poprzeczne. Początkowo jedna z części modelu została odbita względem osi symetrii i nałożona na drugą. Powstały wówczas miejsca asymetrii — różnice w nałożonych na siebie siatkach trójkątów. Następnie asymetria została wizualizowana poprzez wypełnienie powstałych różnic wzorem. Rezultaty przedstawiono na rysunku 7b.

Analizując model warstwowy ciała, można uzyskać również takie wskaźniki asymetrii zarówno w płaszczyźnie czołowej jak i horyzontalnej jak: różnica wysokości ustawienia barków, różnica wysokości ustawienia łopatek, różnica wysokości pach, różnice wysokości symetrycznych punktów powierzchni na poziomie kilku cięć poprzecznych.

### 3.4. Wzajemne ułożenie części ciała

Przekroje poprzeczne w miejscach charakterystycznych — np. obręczy barkowej i miednicowej dają informację o wzajemnym ułożeniu tych części ciała. Przykładowo, analizując najwyższe położone punkty torsu (prowadząc przez nie płaszczyznę XZ) można uzyskać informację o położeniu ramion. Jednym z badań prowadzonych w celu określenia postawy jest także określenie położenia głowy w stosunku do stóp (pochylenie ciała do przodu lub tyłu).

Przekroje poprzeczne modelu ciała uzyskano w MicroStation. Tworzenie przekrojów na modelu trójkątowym jest utrudnione z uwagi na konieczność przecinania płaszczyzną modelu niestanowiącego całość, lecz zbudowanego z wielu trójkątów. Utworzono przekroje na poziomach: nosa, ramion, bioder i stóp, ich wzajemne położenie w płaszczyźnie poziomej jest ważnym wskaźnikiem badania postawy. Dodatkowo, przekrój tylnej części torsu pozwala na uzyskanie wskaźników takich jak lateralna asymetria i asymetria horyzontalna, mających związek z tzw. kątem Cobba (uzyskiwanym tylko ze zdjęć radiologicznych), będącym wskaźnikiem skoliozy.

#### **4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI**

Dokładność pomiaru fotogrametrycznego w badaniu wad postawy jest obniżana przez sygnalizację wewnętrznych elementów szkieletu na powierzchni ciała. Problem ten może być usunięty przez opracowanie metodyki wyznaczania wskaźników jakości postawy na podstawie modelu powierzchniowego ciała. Jednak koszt utworzenia i opracowania tego modelu jest znacznie większy niż dla metody wykorzystującej punkty anatomiczne. Sporządzenie bowiem pełnego modelu ciała wymaga wykonania większej liczby zdjęć i pomiaru na nich bardzo dużej liczby punktów homologicznych powierzchni ciała, co zapewnić może tylko pomiar automatyczny. W pracy do sporządzenia modelu całego ciała wykorzystano system PBE, bazujący tylko na dwóch zdjęciach zbieżnych i wykorzystujący odbicie w lustrze. Do opracowania zdjęć wykorzystany został system PI 3000 Topcon, który bardzo dobrze poradził sobie z automatycznym *matchingiem* na zdjęciach zbieżnych. Mimo niedoskonałości otrzymanego modelu, udało się na jego podstawie wyznaczyć przebieg kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, asymetrię ciała oraz wzajemne ułożenie części ciała. Wykorzystanie powierzchniowego modelu ciała pozwala na znaczne ograniczenie (ale nie całkowite) liczby punktów antropometrycznych szkieletu, przez co uniezależnia pomiar od błędów przenoszenia ich na powierzchnię ciała.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH 11.11.150.659

#### **5. LITERATURA**

Jaremko J.L. P., Poncet P., Ronsky J., Harder J., Dansereau J., Labelle H., Zernicke R. F., 2002. Indices of torso asymmetry related to spinal deformity in scoliosis. *Clinical Biomechanics* 17.

Kasperczyk T., 1994. *Wady postawy ciała. Diagnostyka i leczenie*. Wydawnictwo „Kasper” s.c. Kraków.

Mrozowiak M., 2007. *Uwarunkowania wybranych parametrów postawy ciała dzieci i młodzieży oraz ich zmienność w świetle mory projekcyjnej*. Sonar Sp z o. o. Gorzów Wielkopolski.

Patias P., Stylianidis E., Pateraki M., Chrysanthou Y., Contozis C., Zavitsanakis Th., 2006. 3D Digital photogrammetric reconstructions for scoliosis screening. *Proceedings*

of the ISPRS Commission V Symposium "Image Engineering and Vision Metrology" Vol. XXXVI, Part 5, H.-G. Maas, D. Schneider. Dresden, Germany.

Theologis T., Fairbanks JCT., Turner-Smith A., Pantazopoulos Th., 1997. Early detection of progression in adolescent idiopathic scoliosis by measurement of changes in back shape with the integrated shape imaging system scanner. *SPINE*, Vol. 22, No. 11.

Tokarczyk R., Mikrut S., 1999a. Fotogrametryczny system cyfrowy bliskiego zasięgu do pomiarów ciała ludzkiego dla potrzeb rehabilitacji leczniczej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol.9.

Tokarczyk R., Mikrut S., 2000a. Close Range Photogrammetry System for Medicine and Railways. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. B-5, Amsterdam.

Tokarczyk R., Mitka M., 2002. Badanie fotogrametrycznego systemu trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów rehabilitacji leczniczej. *Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja*, Zeszyt 1.

Tokarczyk R., Boroń A., 1999b. Ocena dokładności rekonstrukcji obiektu z wykorzystaniem aparatu cyfrowego Kodak DC 260. *Zeszyty Naukowe AGH, Półrocznik Geodezja*.

Tokarczyk R., Boroń A., 2000b. Badanie cyfrowych aparatów fotograficznych dla potrzeb fotogrametrii bliskiego zasięgu. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 10.

Tokarczyk R., Stanios I., 2004. Kalibracja cyfrowego aparatu fotograficznego z wykorzystaniem darmowej wersji programu Aerosys. *Przegląd Geodezyjny* Nr 6.

Tokarczyk R., 2007. Automatyzacja pomiaru na obrazach cyfrowych w systemie fotogrametrycznym do badania wad postawy. Pod redakcją Reginy Tokarczyk. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Techniczne AGH, Kraków.

## **HUMAN BODY TOPOGRAPHY ANALYSIS IN POSTURE INVESTIGATION**

KEY WORDS: non-metric digital camera, 3D human body model, posture defect, GIS analysis

### **Summary**

Most of the present body posture measurement systems assess 2D or 3D location of points representing components of a bone structure, which are transferred onto the body surface by means of palpation technique. The accuracy of such transfer varies and depends on different body components; it is also related to the patient's age and BMI. The result of such measurement produces a relation between the points rather than a 3D location of those points, and serves as an indication of a possible pathology. The accuracy of transferring skeleton points greatly affects the indices, particularly those computed by using short segments.

Measurement systems may provide much more accurate data than those obtained by locating the marker which indicates the transferred skeleton component. Thus, the problem of choosing correct points and their indication is crucial for evaluating the body posture. The problem could be solved if it would be possible to replace a point-based model with a surface one.

The paper presents research aimed at solving such problems. A 3D model of the human body was generated photogrammetrically, using a digital camera and Topcon PI 3000 software. Image acquisition was effected by means of PBE (Photogrammetrical Body Explorer), a system designed for examination of posture defects.

By using the Microstation software with the MGE package (body surface analysis) and GeoMedia software (GIS analysis) we were able to determine the position of the spine in the coronal and sagittal planes. We also examined a possible asymmetry of the torso and the location of points most important for posture defects of various parts of the body. Results of the analysis allowed us to determine many indices which are also present in the point-based model.

dr inż. Regina Tokarczyk  
e-mail: tokarcz@agh.edu.pl  
tel. 012 617 22 88

mgr inż. Monika Szczygiel  
e-mail: ms.szczygiel@gmail.com  
tel. 505 502 218