

Józef Jachimski  
Janusz M. Zieliński

## VSD W INWENTARYZACJI ZABYTKÓW\*

### Wstęp

Inwentaryzacja zabytków w rozumieniu tego opracowania dotyczy określania rodzaju, kształtu, wymiarów i przestrzennego położenia składników materialnej kultury człowieka, powstałych w przeszłości w różnych okresach czasu. Metody fotogrametrii i teledetekcji pozwalają często na bezkontaktowe pozyskanie całości lub znacznej części informacji o obiekcie niezbędnej do wytworzenia dokumentacji.

Współcześnie, podobnie jak to miało miejsce na przestrzeni wielu ubiegłych lat, ostateczną formą prezentacji geometrycznej dokumentacji obiektów są plany i mapy, sporządzane w skali umożliwiającej czytelne przedstawienie istotnych szczegółów obiektu. W zależności od celu jakiego ma służyć dokumentacja, dobiera się odpowiednią skalę opracowania, a także przyjmuje się właściwe zasady generalizacji szczegółów. W klasycznej kartografii przyjmuje się, że geometryczne informacje pokazywane na mapie powinny być określone z dokładnością nie gorszą niż 0.3 mm w skali mapy.

Plany i mapy stanowiące dokumentację obiektu zabytkowego mogą zawierać informacje w formie kreskowej lub w formie obrazów półtonalnych. Dopuszcza się też postać mieszaną. W zależności od proporcji tych dwóch form prezentacji, wyróżniamy [Jachimski, 1976]:

- mapy i plany konturowe (kreskowe);
- mapy i plany konturowe ze wstawkami półtonalnymi (fotograficznymi);
- mapy i plany półtonalne uzupełnione rysunkiem konturowym;
- mapy i plany półtonalne (fotomozajki, fotoplany i ortofotoplany).

Przykładem uzasadnionego łączenia różnych form prezentacji może być plan konturowy fasady budynku, na którym dokumentację malowidła naściennego pokazuje się w formie półtonalnej (fotografia stanowi najbardziej wierny obraz dzieła sztuki), lub fotoplan fasady budynku, na którym otwory konstrukcyjne budowli pokazuje się w formie rysunkowej (dla zwiększenia jednoznaczności interpretacji informacji technicznej o dużym znaczeniu dla konstruktorów).

---

\* Praca zrealizowana w ramach projektu KBN: „Dokumentacja zabytków w ramach systemu informacji terenowej z wykorzystaniem kamer niemetrycznych i fotografii cyfrowej”

Obecnie, w dobie skomputeryzowanych systemów informacji przestrzennej, obiekty zabytkowe coraz częściej dokumentuje się z wykorzystaniem takich właśnie systemów. W warstwach tematycznych komputerowej bazy danych można zapisywać zarówno informację wektorową, jak i rastrową (oraz dodatkowo komentarz słowny), a zatem każda z wyżej wymienionych form prezentacji dokumentacji obiektu zabytkowego ma „prawo obywatelstwa” w systemach informacji przestrzennej.

Wektorowy zapis linii konturowych opisujących obiekt może powstać w wyniku pomiarów bezpośrednich lub w wyniku np. interpretacji zdjęć pomiarowych, czyli w wyniku fotogrametrycznej wektoryzacji obrazów półtonalnych. Wektoryzacja linii konturowych znajdujących się na płaskiej ścianie może być przeprowadzona na pojedynczych zdjęciach ściany, jeśli te linie leżą rzeczywiście w licu ściany. Jednakże linie konturowe elementów reliefu wypukłego lub wklęsłego powinny już być interpretowane na obrazach stereoskopowych. To samo dotyczy oczywiście wszystkich form przestrzennych, a w szczególności bryły obiektu.

Współcześnie wektoryzację stereoskopowego półtonalnego modelu obiektu najdogodniej jest wykonać w technologii cyfrowej. Jeśli mamy analogowe obrazy półtonalne obiektu (zdjęcia), to sprowadza się je na drodze skanowania do postaci cyfrowej, co umożliwia opracowanie tych obrazów z wykorzystaniem analitycznych autografów cyfrowych. Analityczne autografy cyfrowe zwane są też często fotogrametrycznymi stacjami cyfrowymi, bowiem oprócz funkcji służących do przestrzennej wektoryzacji obrazów zawierają na ogół szereg innych specjalistycznych programów, służących do opracowania fotograficznych map i planów, lub wspierających opracowania wektorowe.

Technologia rejestracji obrazów bezpośrednio w postaci cyfrowej, bez etapu fotograficznego, jest coraz bardziej zaawansowana. Jednakże dzisiaj jeszcze koszt cyfrowych aparatów fotograficznych o wysokiej rozdzielczości jest wysoki, co powoduje, że nadal najczęściej opracowuje się w cyfrowych autografach zeskanowane fotograficzne zdjęcia pomiarowe.

Pomimo rozwoju pamięci komputerowych i szybkiego spadku cen tych pamięci, stale jeszcze przechowywanie i udostępnianie obrazów o dużej rozdzielczości nastęrcz poważne trudności. Dla tego zamiast obrazów o rozdzielczości najwyższej, rzędu 4000 dpi (zbliżonej do rozdzielczości dobrych obrazów fotograficznych), stosuje się w praktyce stereoskopowych opracowań cyfrowych obrazy o akceptowalnej rozdzielczości 2000 dpi, a nawet o rozdzielczości 1000 dpi, która jest trudna do zaakceptowania. Rozdzielczość obrazów cyfrowych nie tylko warunkuje geometryczną dokładność wektoryzacji, ale też określa czytelność detali, a zatem warunkuje poprawność interpretacji treści modelu stereoskopowego. W obecnej dobie najkorzystniej jest wprowadzać do autografu cyfrowego obrazy zapisane na płytach CD, które nawet w wersji starej generacji (650 Mb) są wystarczająco pojemne i niedrogie, aby umożliwić komfortowe operowanie obrazami cyfrowymi średniej rozdzielczości.

Analityczne autografy cyfrowe można podzielić na dwie kategorie. Kategoria pierwsza, to uniwersalne fotogrametryczne stacje cyfrowe, instalowane na dedykowanych, silnych komputerach, wyposażone w wielofunkcyjne oprogramowanie, dobre ale kosztowne

(np. stacje cyfrowe produkcji Integraph, Zeiss lub Leica). Kategoria druga, to autografy cyfrowe pracujące na standardowych komputerach typu PC, o ograniczonych możliwościach, ale niskiej cenie. Jeśli możliwości techniczne autografu cyfrowego są wystarczające dla potrzeb określonej grupy zastosowań, a cena przyrządu umożliwi szerokie stosowanie metod fotogrametrycznych, to należy uznać, że rozwiązanie sprzyja postępowi technicznemu.

Cyfrowy autograf analityczny Video Stereo Digitizer (VSD) należy do drugiej kategorii. W wyniku wieloletnich prac badawczych prowadzonych w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH powstał uniwersalny przyrząd przeznaczony do wektoryzacji stereogramów i pojedynczych obrazów cyfrowych [Jachimski & Zieliński 1992, 1995], który w ostatnim okresie przystosowany został do szczególnych wymagań, jakie stwarzają zastosowania fotogrametrii w inwentaryzacji zabytków architektury, oraz malarstwa ściennego i rzeźby.

### **Funkcje VSD przydatne w pracach związanych z inwentaryzacją zabytków**

Inwentaryzacja zabytków stawia dokumentacji określone wymagania, a także kreuje nietypowe z punktu widzenia topograficznej fotogrametrii konfiguracje relacji między obrazami a obiektem. Tym wymaganiom musi móc sprostać zarówno sprzęt jak i operator.

Przydatność autografu cyfrowego do potrzeb inwentaryzacji zabytków oceniać należy w aspekcie dokładności, możliwości opracowania obrazów rejestrowanych różnymi kamerami, możliwości opracowania obrazów powiązanych w nietypowy sposób z przestrzenią przedmiotową (orientacja), możliwości selektywnego zapisu wielotematycznej informacji wektorowej, wygody opracowania (stosowanie funkcji wspierających pracę operatora), a także w aspekcie możliwości wytwarzania dokumentacji w nietypowej wektorowo-rastrowej formie.

### **Zasada działania VSD**

Video Stereo Digitizer pozwala na obserwację modelu stereoskopowego utworzonego z obrazów cyfrowych zwizualizowanych na dwóch połówkach ekranu monitora komputerowego. Do obserwacji służy stereoskop zwierciadlany. Dzięki możliwości cyfrowego powiększania i pomniejszania obrazu, operator dobiera powiększenie do aktualnych potrzeb. VSD wyposażony został w algorytmy obliczeniowe bazujące na ścisłych wzorach orientacji modelu. Oparte są one na warunku kompletności i transformacji przestrzennej dla przypadku stereogramu zdjęć metrycznych, a na równaniach DLT dla przypadku stereogramu zdjęć niemetrycznych. Pętla programu realizująca w czasie rzeczywistym relację rzutową pomiędzy przestrzenią przedmiotową i obrazową pracuje w oparciu o równania DLT.

Współrzędne obrazu cyfrowego wyrażone w pikselach przeliczane są do układu tłowego zdjęć metrycznych lub semimetrycznych z wykorzystaniem transformacji wybranej przez operatora spośród dostępnych transformacji: Helmerta, afinicznej, biliniowej i rzutowej. System pozwala na korekcję dystorsji, jeśli znane są współczynniki wielomianów korekcyjnych. Relację pomiędzy układem obrazu cyfrowego a układem tłowym metrycznego lub semimetrycznego obrazu oryginalnego określa się w oparciu



o pomiar obrazów znaczków tłowych, który wykonuje się ręcznie na ekranie monitora z dokładnością subpikselową (przy znacznym, nawet kilkunastokrotnym powiększeniu obrazu). Znaczek mierzący (dostępny w kilku kolorach i kształtach) przesuwany jest po ekranie na tle nieruchomych obrazów. Operator generuje ruchy znacznika z wykorzystaniem 3-przyciskowej myszy lub klawiatury komputerowej. Znacznikiem można sterować w układzie współrzędnych obrazowych (gdy przyrząd działa w systemie stereokomparatorowym), lub w układzie współrzędnych przestrzeni przedmiotowej (gdy przyrząd działa w systemie autogrametrycznym).

### Orientacja modelu

W przypadku zdjęć metrycznych model formuje się w kilku etapach. Po przeprowadzeniu orientacji wewnętrznej i wzajemnej uzyskuje się model geometrycznie poprawny, ale zbudowany w skali odpowiadającej średniej skali zdjęć, w przestrzennym układzie tłowym zdjęcia lewego. Orientację bezwzględną można wykonać jednoetapowo, lub w kilku etapach. Jednoetapowa orientacja bezwzględna oparta jest na pomiarze na modelu co najmniej trzech punktów kontrolnych określonych we wspólnym układzie współrzędnych, które pozwalają określić parametry transformacji z przestrzennego układu tłowego zdjęcia lewego do układu w którym określono punkty kontrolne.

Często przy inwentaryzacji obiektów zabytkowych występuje potrzeba opracowania modelu, który nie jest określony punktami dostosowania o znanych współrzędnych. W takim przypadku można zastosować dwuetapową orientację bezwzględną, która składa się z etapu skalowania i etapu „obracania” modelu. Do skalowania takiego modelu używa się różnych odcinków pomierzonych na obiekcie, a łatwych do identyfikacji na modelu. System uśrednia skalę modelu obliczoną na podstawie różnych odcinków. Do orientacji przestrzennej modelu (w tym do poziomowania) używać można prostych lub płaszczyzn obiektu które definiujemy jako równoległe do głównych płaszczyzn lub do osi układu współrzędnych, który zamierza się wprowadzić jako układ opracowania modelu (np. linie poziome i pionowe, lub płaszczyzny poziome lub pionowe). Czasem poziomowanie modelu może być wygodnie oprzeć na punktach charakterystycznych, których wysokości pomierzono w terenie, ale nie pomierzono współrzędnych sytuacyjnych. Dzięki wprowadzeniu do systemu funkcji wieloetapowej orientacji bezwzględnej (Alt F7), istnieje możliwość przestrajania orientacji zewnętrznej modelu w oparciu o wyżej wymienione zespoły informacji. Warunkiem stosowania takiej wieloetapowej orientacji jest wcześniejsze wykonanie wzajemnej orientacji modelu.

Zarówno w czasie wykonywania orientacji jak i w czasie późniejszego opracowania wektorowego można przełączać układ sterowania znacznikiem pomiarowym pomiędzy układami: przestrzennym układem tłowym zdjęcia lewego (M – kolor fioletowy), układem terenowym do którego odniesiono orientację bezwzględną (G - kolor żółty), i układem – jak poprzedni – ale z kolejnością i zwrotami osi dostosowanymi do zwyczajowo przyjmowanych nazw osi w układzie fotogrametrycznym (F - kolor niebieski). Rejestracja pomiarów szczegółów modelu wykonywana jest we współrzędnych obrazowych, a na końcu sesji może być też zapisana we współrzędnych obiektowych w jednolitym układzie terenowym (tym do którego odniesiono orientację bezwzględną). Liczniki współrzędnych widoczne na ekranie podają informację w jednym z w/w układów lub w układach obrazowych (tłowym w milimetrach lub cyfrowym w pikselach).



Wyświetlanie współrzędnych w różnych kolorach umożliwia identyfikację układu do którego są odniesione.

Niezwykle przydatna, szczególnie w procesie orientacji modelu, jest możliwość animowania znacznika mierzącego przez przesuwanie myszy, w efekcie czego, w zależności od potrzeby, uzyskuje się sytuacyjną lub wysokościową zmianę położenia znacznika mierzącego (przełączanie klawiszem [A]). Ułatwia to szybkie poruszanie się po przestrzennie rozbudowanym modelu. Również można w każdej chwili myszą sterować ruch znacznika mierzącego osobno na tle lewego lub prawego obrazu, a potem ponownie w sposób zsynchronizowany na tle obu obrazów równocześnie (klawisze: [Tab] i [jedynka]).

Model budowany ze zdjęć niemetrycznych określany jest z definicji w układzie współrzędnych w którym podano współrzędne punktów dostosowania. Zmiana układu odbywa się przez ponowną orientację w oparciu o punkty przeliczone do nowego układu.

System prowadzi operatora od etapu do etapu orientacji przez polecenia i komentarze wyświetlane na monitorze, co znacznie ułatwia opanowanie całego procesu nawet przez osoby nie przygotowane teoretycznie do tego rodzaju pracy.

#### Wektoryzacja treści stereogramu

Wektoryzacja treści stereogramu polega na pomiarze konturów obrazu przez pomiar punktów wybieranych na tym konturze i łączonych linią łamaną. Wyniki pomiaru można zapisywać w 250 warstwach tematycznych, a każda warstwa określana jest alfanumerycznym identyfikatorem. W systemie można wizualizować na tle półtonalnego stereogramu również warstwy tematyczne opracowane w innych systemach, jeśli są dostępne w kodzie DXF. Łatwość przywołania stwarza możliwość odwołania się w każdej chwili przez interaktywne menu do zawartości dowolnego katalogu istniejącego w komputerze. Równocześnie można przywołać i wyświetlić na ekranie dowolną liczbę istniejących warstw, przy czym każdej z przywołanych warstw można przypisać jeden z 7 dostępnych jaskrawych kolorów. Każdej z przywołanych warstw można nadać atrybut widoczności lub niewidoczności. Atrybut ten, podobnie jak kolor wyświetlania może być zmieniony w każdej chwili. Do systemu można wprowadzać istniejące informacje wektorowe, jeśli są dostępne w kodzie DXF, zaś wyniki pomiaru można zapisywać we współrzędnych obiektowych 3D w plikach w kodzie wewnętrznym VSD (który jest bardzo oszczędny w zapotrzebowaniu na pamięć komputerową), w kodzie DXF, i we współrzędnych obrazowych w kodzie ASCII. Ta ostatnia opcja stwarza łatwość wektoryzacji modeli stereoskopowych przed określeniem orientacji bezwzględnej, lub stwarza łatwość przeliczania wyników wektoryzacji pomiędzy różnymi zewnętrznymi układami współrzędnych. Dzięki temu można rozdzielić konturowanie informacji od operacji związanych z orientacją, i pierwszą z tych czynności może wykonywać specjalista konserwator, lub historyk architektury lub sztuki, podczas gdy orientację pozostawić można przeskolonemu w tym zakresie technikowi. Operacje te można wykonywać w różnych miejscach, bez konieczności komunikowania się między wykonawcami.

VSD wyposażony jest w szereg funkcji wspierających wektoryzację, takich jak „zatrząskiwanie” poligonu na punkcie domknięcia, lub na punkcie wybranym

na istniejącym wektorze, realizowanie wektorów prostopadłych w przestrzeni do istniejącego wektora, lub takich, których rzut na płaszczyznę główną układu jest prostopadły do rzutu istniejącego wektora.

W każdym momencie opracowania operator może usunąć z ekranu, a następnie przywrócić obraz konturowy lub półtonalny obraz rastrowy. Dzięki temu istnieje możliwość niezakłóconej analizy stereogramu źródłowego lub mapy wektorowej na każdym etapie pracy.

Ważną pomocą dla operatora jest półautomatyczna funkcja autokorelacji obrazów, która ułatwia osadzenie znaczka na modelu w miejscu wskazanym kursorem na lewym obrazie.

### Opracowanie dokumentacji na podstawie różnorodnych zdjęć

Video Stereo Digitizer stwarza łatwość wykorzystywania różnorodnych zdjęć przy sporządzaniu dokumentacji dowolnego obiektu. Można zatem np. opracować główny zarys bryły (krawędzie konstrukcyjne) dużego obiektu na podstawie zdjęć wykonanych kamerą metryczną, podczas gdy stereogramy datali, takich jak okna, portale, czy balkony i krużganki, oraz zdobienia, można rejestrować fotograficznymi kamerami semimetrycznymi lub nawet niemetrycznymi mniejszego lub małego formatu (60x60 lub 24x36mm), lub kamerą cyfrową. Punkty łączenia modeli mogą pochodzić ze stereogramów metrycznych, lub mogą być wyznaczane z bloku zdjęć, z wykorzystaniem informacji pochodzących ze wszystkich zarejestrowanych obrazów.

System VSD daje możliwość pomiaru wybranych punktów na stereogramach stanowiących wielorakie kombinacje różnych obrazów, dzięki czemu punkty przeniesienia, biorące udział w wyrównaniu bloku zdjęć, jest łatwo wybierać i mierzyć nawet na obiektach, na których nie wszędzie można wyselekcjonować punkty o wyraźnym opisie, ułatwiającym identyfikację.

### Wektorowe opracowanie pojedynczych obrazów

VSD posiada opcję opracowania monoskopowego, która umożliwia wektoryzację treści pojedynczych obrazów. Rysunek wektorowy transformuje się na płaszczyznę odwzorowania, a współczynniki transformacji rzutowej wyznaczane są w oparciu o współrzędne wierzchołków wieloboku dostosowania. Płaskie współrzędne punktów dostosowania (współrzędne na płaszczyźnie odwzorowania) można też wyznaczyć z wyrównaniem w VSD na podstawie związków liniowych pomierzonych na obiekcie między tymi punktami.

### Dokumentacja w formie wektorowo- rastrowej

Na ukończeniu są prace związane z wprowadzeniem do VSD funkcji resamplingu obrazów półtonalnych dla potrzeb wytwarzania fotoplanu powierzchni płaskich. Algorytm zaprojektowano następująco. Operator wektoryzuje na stereogramie, na ekranie monitora, obwodnicę obszaru który ma być przedstawiony w postaci fotoplanu. Punkty załamania obwodnicy mają współrzędne określone zarówno w przestrzeni obiektu, jak i na powierzchni obrazu, mogą więc być wykorzystane do obliczenia współczynników funkcji przetwarzania analitycznego (transformacji rzutowej 2D), a w konsekwencji mogą być wykorzystane do wykonania fotoplanu. Warunkiem uzyskania dobrych wyników będzie w miarę równomierne rozmieszczenie punktów na obwodzie obszaru

przetwarzanego, oraz wyznaczenie współrzędnych obiektowych tych punktów w układzie terenowym równoległym do płaszczyzny, na którą ma być wykonane przetwarzanie.

Fotoplan można będzie oczywiście również wykonać w przypadku, gdy opracowuje się pojedynczy obraz, którego relacja z przestrzenią przedmiotową podana jest przez punkty dostosowania wyznaczone we współrzędnych, lub określone przez pomiar liniowych elementów wieloboku (czworoboku) dostosowania.

Z fotoplanów cząstkowych, wypełniających wieloboki składające się z lokalnych punktów dostosowania, można złożyć fotoplan zbiorczy. Wydruk fotoplanu wykonuje się poza VSD, podobnie jak wydrukowuje się rysunki wektorowe. Wydrukowana dokumentacja może się składać z fragmentów samych fotoplanów, lub może to być jedna z mieszanych form prezentacji (fotoplan z kreską lub kreska z fotoplanem).

Przewiduje się wprowadzenie w przyszłości możliwości stosowania do transformacji obrazu półtonalnego również innych funkcji niż transformacja rzutowa, funkcji które mogą być przydatne przy wytwarzaniu fotoplanów nietypowych (np. bardzo wąskie, wydłużone fragmenty obrazu lepiej transformować funkcją biliniową lub afiniczną, zaś w przypadku wykonywania fotoplanu powierzchni niepłaskich w rozwinięciu na płaszczyznę może być korzystne stosowanie do transformacji wielomianów wyższego rzędu).

## Przykłady zastosowań

Dotychczasowe zastosowania VSD obejmują trzy grupy opracowań: opracowania testowe wykonane przez zespół badawczy pracujący nad przystosowaniem VSD dla potrzeb inwentaryzacji zabytków, opracowania wykonane przez studentów Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie w ramach ich kursowych zajęć z fotogrametrycznej inwentaryzacji dzieł sztuki, oraz opracowania wykonane przez użytkowników VSD spoza naszej Uczelni.

W ramach opracowań testowych wykonano dokumentację fasady kościoła w Mondoniedo (Hiszpania). Dokumentacja ta składa się warstwy zawierającej konstrukcyjne krawędzie budowli, warstwy zawierającej wątek kamiennego mury (linie łączenia kamieni) oraz z warstw zawierających detale architektoniczne i rzeźbiarskie (portal, płaskorzeźba „Św. Hieronim”). Opracowanie wykonano na podstawie zdjęć zrobionych kamerą UMK Zeissa 10/1318 w skali 1:300, zeskanowanych z rozdzielczością 1200 dpi (popularny skaner UMAX). Uzyskano dokładność orientacji wzajemnej rzędu 0.5 piksela, a wpasowanie na punktach kontrolnych z dokładnością rzędu  $\pm 0.03$ m.

Innym opracowaniem testowym jest dokumentacja wnętrza biblioteki O.O. Cystersów w Lubiążu, którą wykonano na podstawie zdjęć zrobionych kamerą UMK 10/1318. Wykorzystano 6 stereogramów w skali 1:100, zeskanowanych z rozdzielczością 2000 dpi (skaner fotogrametryczny Leica). Uzyskano dokładność orientacji wzajemnej rzędu 0.3 piksela, a na punktach kontrolnych uzyskano odchyłki rzędu 0.01 m. Analiza dokładności na stykach stereogramów wykazała rozbieżności rzędu 0.02m.

Ciekawym zastosowaniem doświadczalnym VSD jest pomiar modelu numerycznego powierzchni sklepień kolebkowych w kościele O.O. Pijarów w Krakowie i w Kaplicy



Świętokrzyskiej na Wawelu. W obu tych obiektach barwne zdjęcia niemetryczne tworzące stereogramy orientowane były w VSD jednoetapowo (DLT) w oparciu o punkty kontrolne mierzone metoda geodezyjną na obiekcie, lub mierzone na metrycznych stereogramach czarno-białych wykonanych w celu zapewnienia pomiaru dużej liczby punktów kontrolnych. Pomiar kształtu sklepienia bezpośrednio na barwnych stereogramach, które miały być w następnym etapie podstawą do opracowania fotoplanu sklepienia w rozwinięciu na płaszczyznę, dawał możliwość wykorzystywania przy wykonywaniu fotoplanu dowolnych punktów sklepienia, nie koniecznie będących łatwymi do identyfikacji punktami charakterystycznymi. Różniczkowe przetwarzanie zdjęć mające na celu wyprodukowanie fotoplanu w rozwinięciu na płaszczyznę wymaga pomiaru bardzo wielu punktów na sklepieniu, punktów dzielących to sklepienie na elementarne trójkąty. Wspomniana technologia znacznie przyspieszyła i ułatwiła proces pomiarowy. VSD okazał się doskonale przystosowany do tych prac, bowiem pozwala wizualizować na ekranie i wskazywać zarówno miejsca w których wykonano pomiary, jak i numery pomierzonych punktów.

VSD sprawdził się również w prostych zastosowaniach wykonywanych przez niewprawnych operatorów. Studenci Wydziału Konserwacji Dzieł Sztuki ASP w Krakowie opracowali monoskopowo konturową dokumentację treści ikonograficznej przeznaczonej do konserwacji zabytkowej chorągwi Książąt Szujskich, a także szereg malowideł ściennych z kościoła Św. Anny w Krakowie i z kościoła O.O. Pijarów w Krakowie. Dokumentacja taka wykonywana jest na podstawie zdjęć robionych amatorskimi kamerami, często przez samych studentów, a wysokie dokładności są łatwo osiągalne, z uwagi na bardzo dużą skalę zdjęć. Opracowania te mają jednak niezwykle wysoką wartość dla naszych prac badawczych, bowiem pozwoliły nam stwierdzić, jak niezwykle szybko można opanować posługiwanie się VSD. Studenci uczelni artystycznej, a więc nie przygotowani do tego rodzaju opracowań, stykający się niejednokrotnie po raz pierwszy z komputerem, już na pierwszych lub drugich zajęciach bez trudności radzili sobie z poprawnym prowadzeniem znacznika po konturach malowidła, a także swobodnie operowali doбором warstw tematycznych w których zapisywali różne fragmenty ikonograficzne. Większość zdjęć wykonywali sami studenci bez pomocy z naszej strony. Również związki liniowe wyznaczające czworobok dostosowania studenci mierzyli sami na obiekcie, a pod okiem prowadzącego zajęcia wykonywali orientację obrazu w VSD.

Oprócz monoskopowej inwentaryzacji malowidła studenci ASP wykonywali konturową dokumentację rzeźby w oparciu o stereogram obiektu zrobiony przez nich samych małoobrazkową kamerą semimetryczną w dużej skali. W tym przypadku występowały większe trudności operatorskie, ale również zadziwiająco szybko większość z nich opanowała stereoskopowe prowadzenie znacznika po modelu. Większe trudności napotykali w poprawnej selekcji linii konturowych (krawędziowych) reprezentatywnych dla inwentaryzowanej rzeźby, niż w poprawnym osadzeniu znacznika mierzącego. Dokumentację rzeźby można prezentować w formie konturowego stereogramu, lub w formie konturowego rysunku rzeźby w rzucie ortogonalnym na wybrane płaszczyzny.

Profesjonalni użytkownicy naszego sprzętu nie mają jeszcze wielu opracowań przykładowych.

Warto jednak zwrócić uwagę na prezentowane na sympozjalnej wystawie opracowanie fasady wieży ratuszowej w Zamościu, wykonane przez firmę „GEOPOMIAR”. Wektorowy

pierworys wirtualny, wykonany stereoskopowo w VSD, poddany został opracowaniu edytorskiemu w programie AutoCAD, co pozwoliło nadać surowej inwentaryzacji obiektu konwencjonalną postać rysunkowej dokumentacji architektoniczno-konserwatorskiej.

Dziękujemy również Przedsiębiorstwu usług Geodezyjno-Kartograficznych i Fotogrametrycznych „GEOFOT” w Łodzi, które udostępniło nam na dyskietce dokumentację fasad zabytkowego dworku w Falęcinie. Dokumentacja ta opracowana została w całości z wykorzystaniem VSD, a mgr Jacek Tyrowicz napisał w liście towarzyszącym przesyłce, że w czasie wykonywania tego zlecenia uzyskali pewność, że „posiadają w ręku narzędzie w pełni zastępujące tradycyjny autograf”, co nas bardzo ucieszyło.

## Wnioski

Video Stereo Digitizer posiada szereg cech, które potwierdzają jego przydatność do inwentaryzacji zabytków. Do najważniejszych należy zaliczyć możliwość opracowania dowolnych stereogramów i pojedynczych fotogramów, zarówno metrycznych, jak i niemetrycznych, z wykorzystaniem osnowy w dogodnej formie. System jest łatwy w obsłudze i może być wykorzystywany przez niefotogrametrów już po krótkim treningu. Operator dysponuje szeregiem funkcji wspierających opracowanie. Jedną z ważniejszych zalet systemu jest stała konfrontacja opracowania wektorowego z półtonalnym obrazem w tle, która jednak może być doraźnie wyłączana przez operatora w miarę potrzeby.

Na koniec trzeba jednak podkreślić, że możliwość wdrażania metod nowoczesnej fotogrametrii cyfrowej do prac konserwatorskich zależy w znacznym stopniu od czynnika ekonomicznego, a VSD może sprostać wymaganiom również w tym zakresie.

System VSD pozwala na etapową organizację opracowania. Można w pierwszej kolejności wykonać interpretację merytoryczną, czyli konturowanie (wektoryzację) treści zdjęć, a następnie, w innym miejscu i czasie, wykonać orientację bezwzględną i zabiegi scalające informacje pozyskane z różnych stereogramów. Stwarza to szansę dla konserwatorów, architektów i archeologów, którzy mogą osobiście wykonywać część merytoryczną opracowania, bez konieczności angażowania się w fotogrametryczne niuanse metody. Taka organizacja pracy może być pierwszym krokiem na drodze szerokiego wdrażania fotogrametrycznych metod inwentaryzacji zabytków do praktyki konserwatorskiej.

## Literatura

Jachimski J., 1976, *Nonconventional applications of differential rectifier and analytical plotter in the recording of historic monuments*, Materiały XIII Kongresu International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Helsinki 1976;

Jachimski J., Zieliński J., 1992, *Digital stereoplotting using the PC-SVGA monitor*, Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.29-B2,s.127, Washington 1992;

Jachimski J., 1995, *Video Stereo Digitizer – a small digital stereophotogrammetric working station for the needs of LIS and other applications*, Geodezja 38, Prace Komisji Geodezji i Inżynierii Środowiska PAN, Kraków 1995, s.71-91;

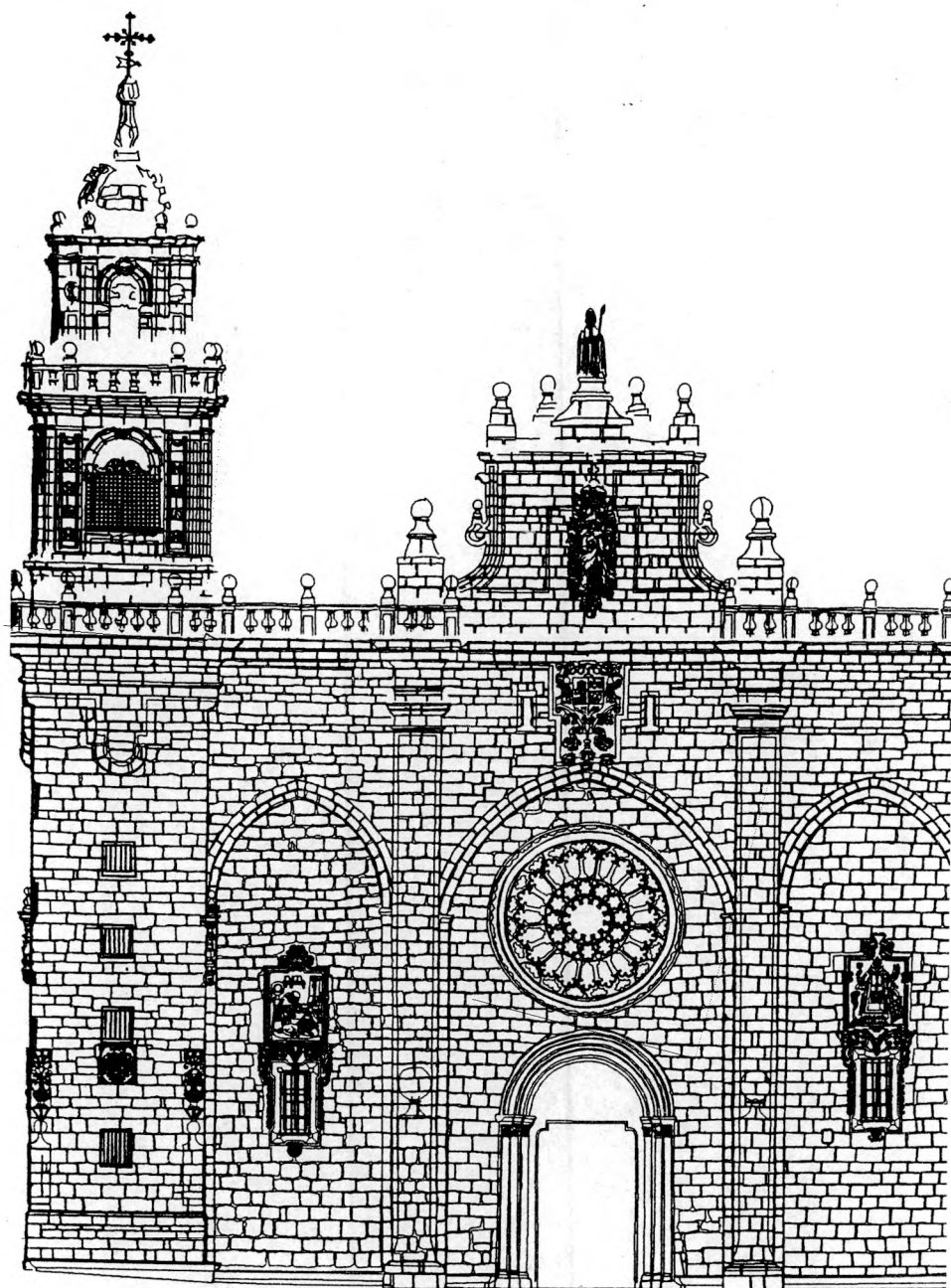
Jachimski J., Zieliński J. M., 1996, *Digital stereoplotter for historic monuments recording*, Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.31-B5, str.259, Vienna 1996.

Waldhausl P., 1992, *Defining the future of architectural photogrammetry*, Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.29-B5, str.256, Washington 1992;

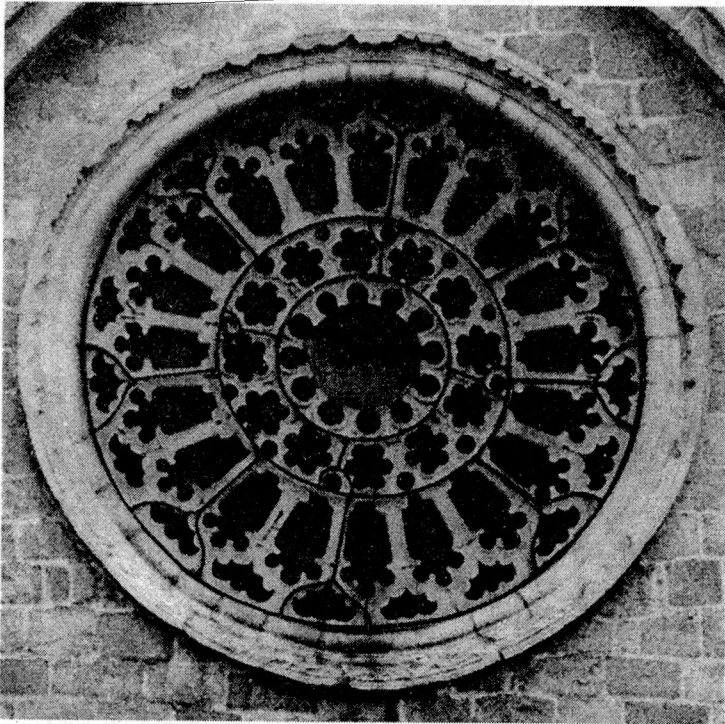
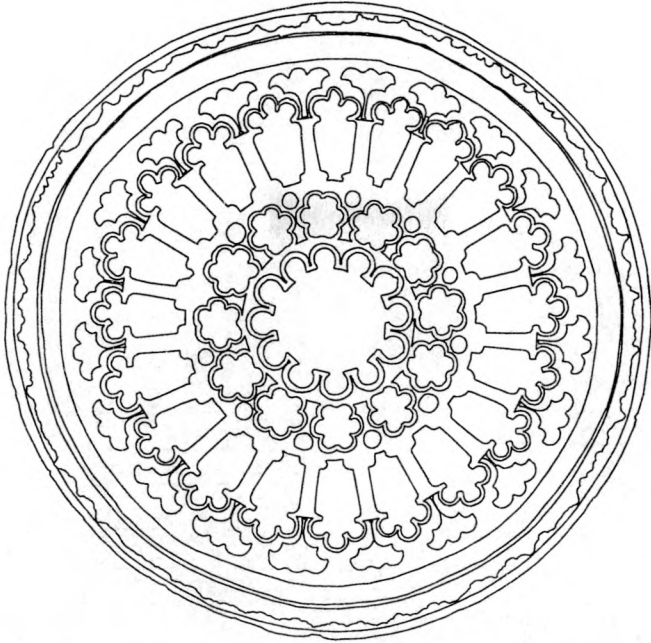
Zieliński J., 1995, *Internal structure of the VSD program*, Geodezja 38, Prace Komisji Geodezji i Inżynierii Środowiska PAN, Kraków 1995, s.95-104;

Recenzował: prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik

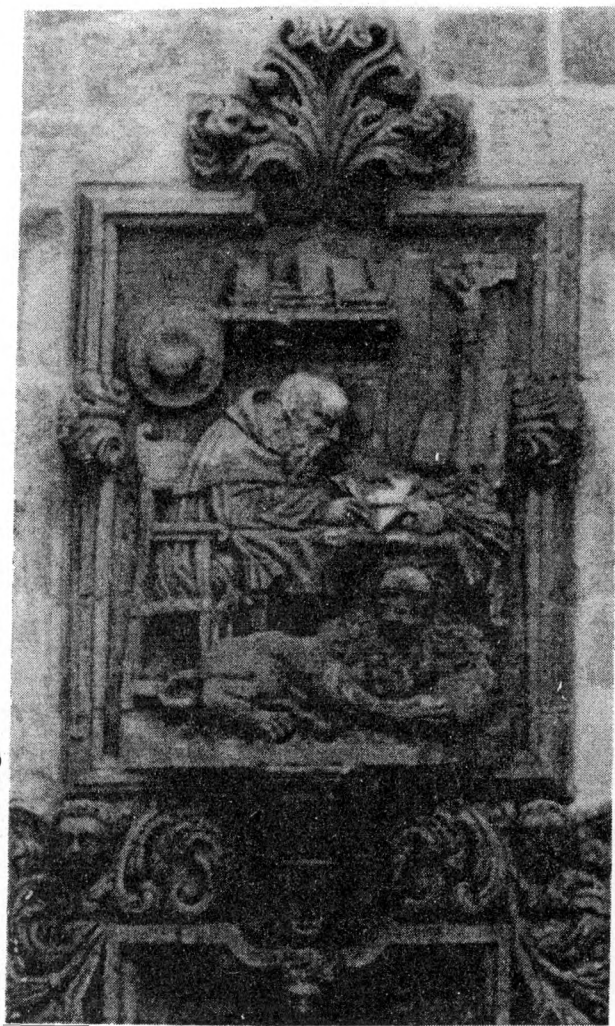
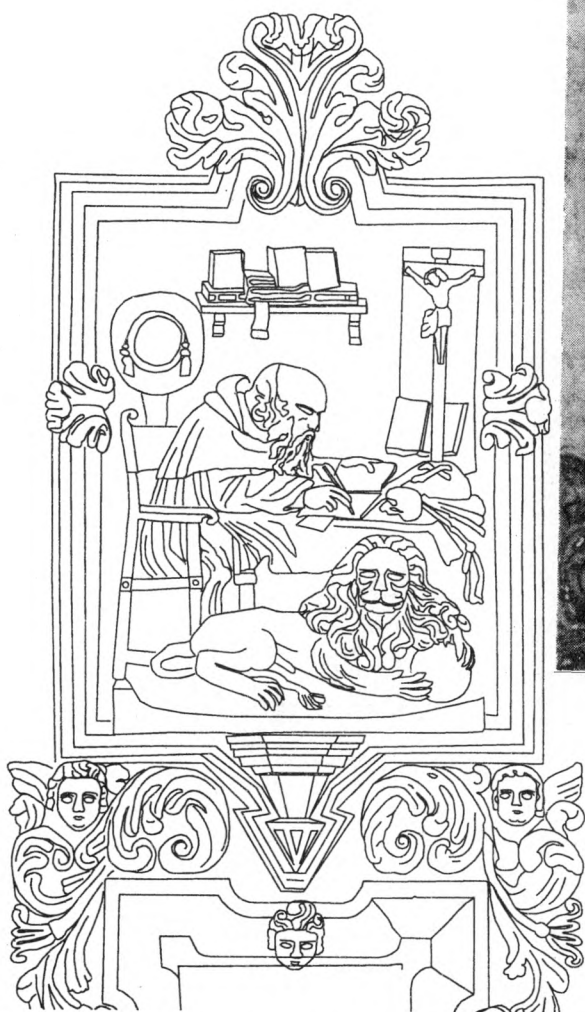




Rys. 1: Elewacja kościoła w Mondoniedo (Hiszpania). Rysunek wykonany z wykorzystaniem VSD zawiera linie konstrukcyjne i wążek muru.

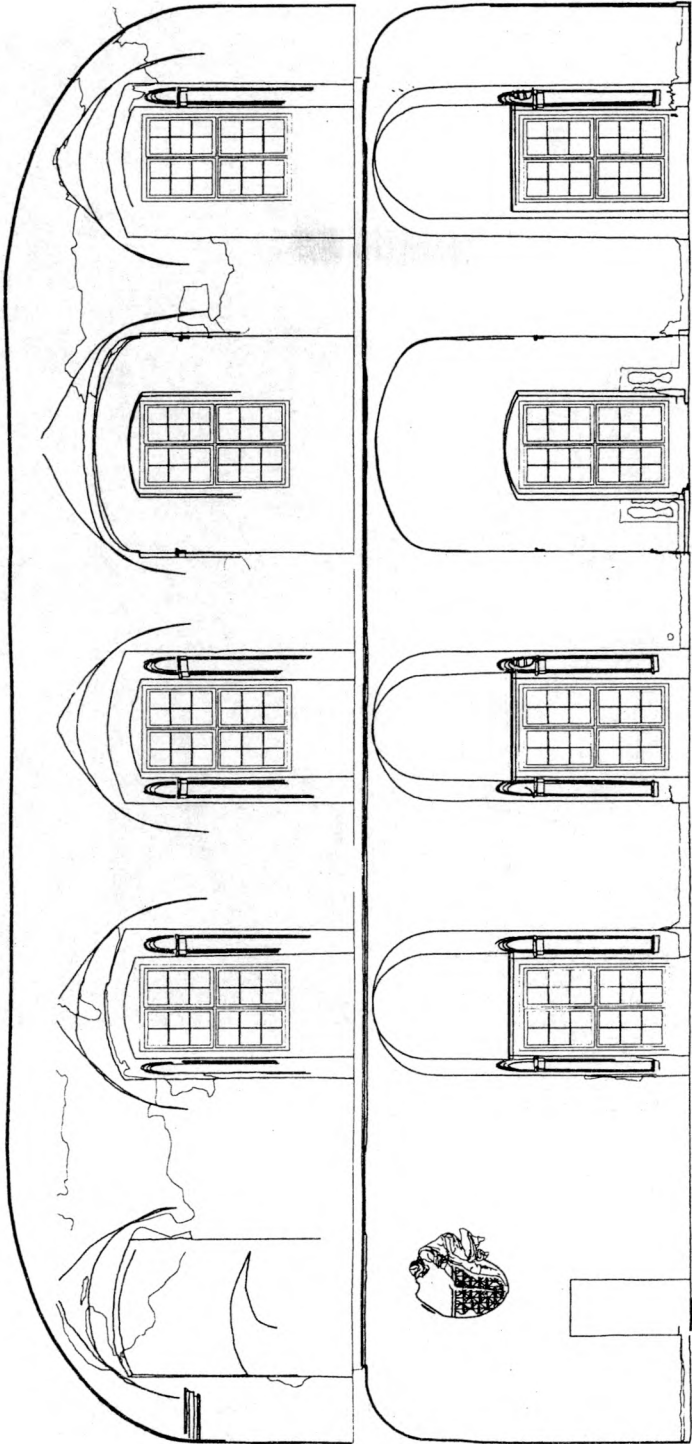


**Rys. 2: Elewacja kościoła w Mondoniedo (Hiszpania). Detal architektoniczny. Rysunek wykonany z wykorzystaniem VSD pokazano obok obrazu źródłowego.**

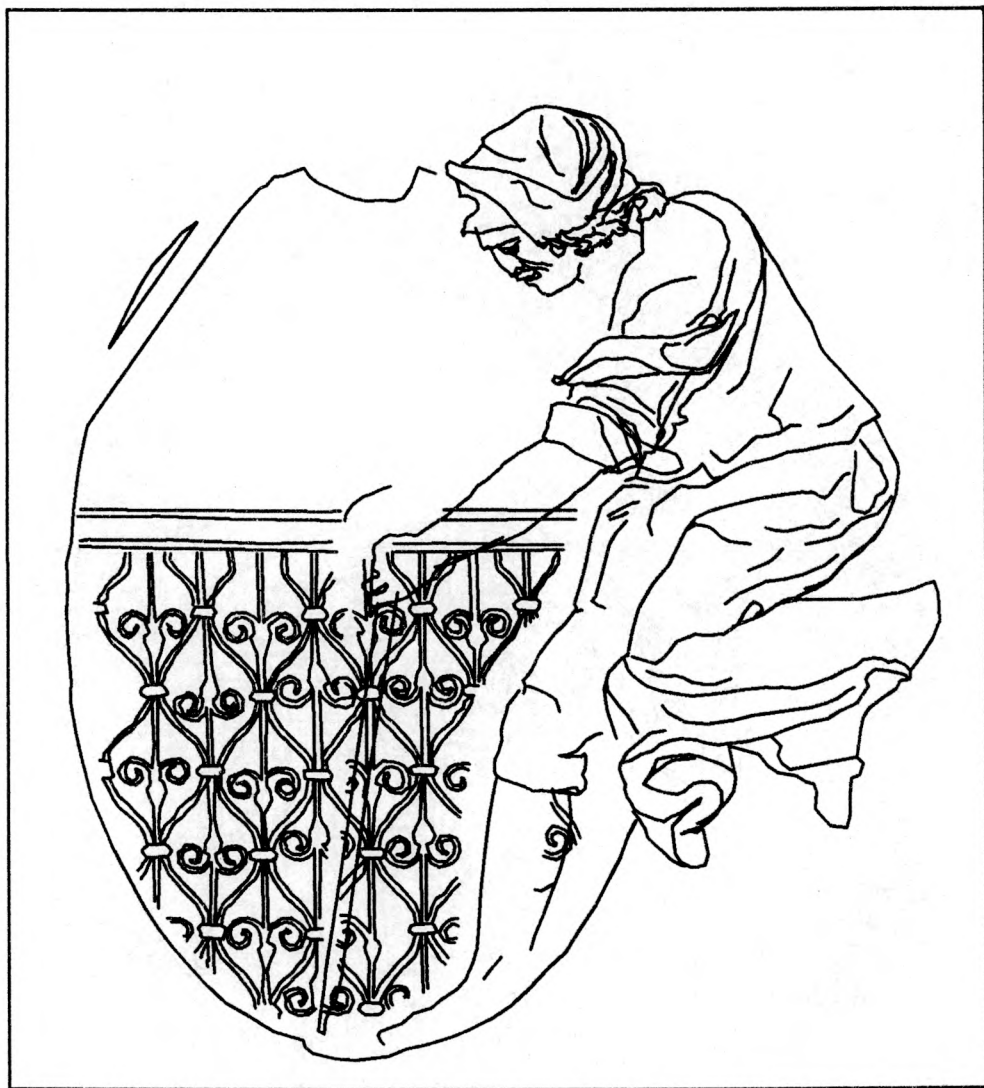


Rys. 3: Elewacja kościoła w Mondoniedo (Hiszpania). Płaskorzeźba przedstawiająca św. Hieronima. Rysunek wykonany z wykorzystaniem VSD pokazano obok obrazu źródłowego.





a).



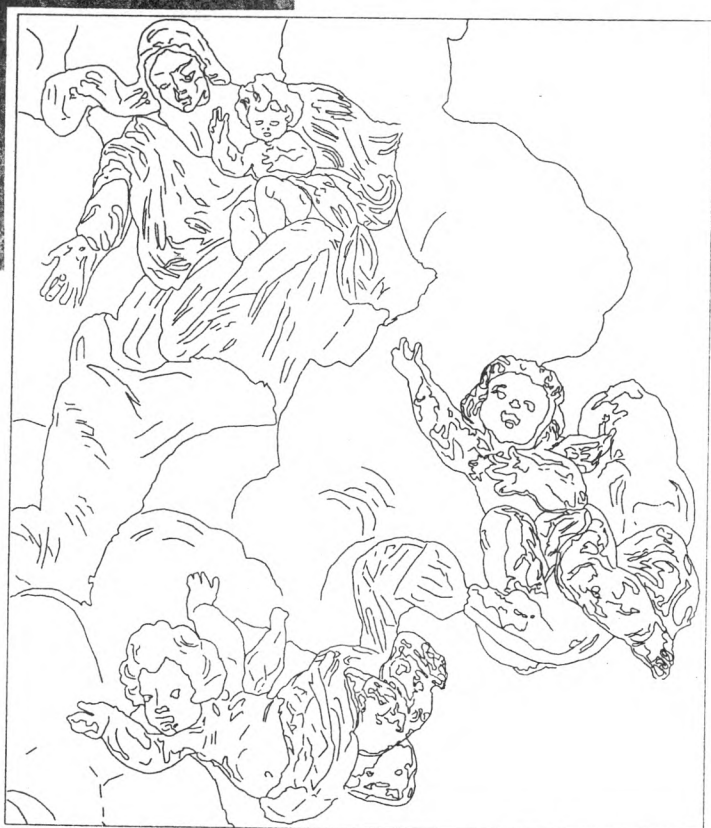
b)

Rys. 4: Biblioteka poklasztorna O.O.Cystersów w Lubiążu: a) przekrój podłużny z widokiem na ścianę wschodnią; b) detal opracowania konturowego. Wektoryzację wykonano z wykorzystaniem VSD.

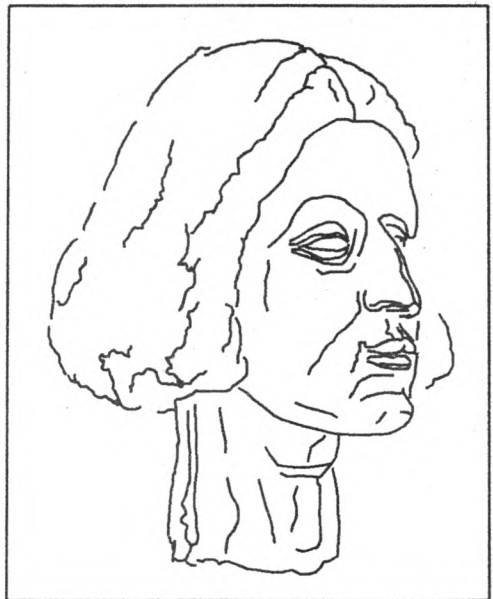
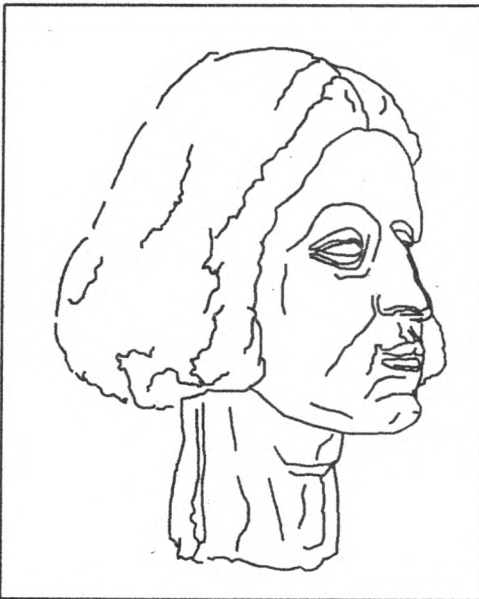
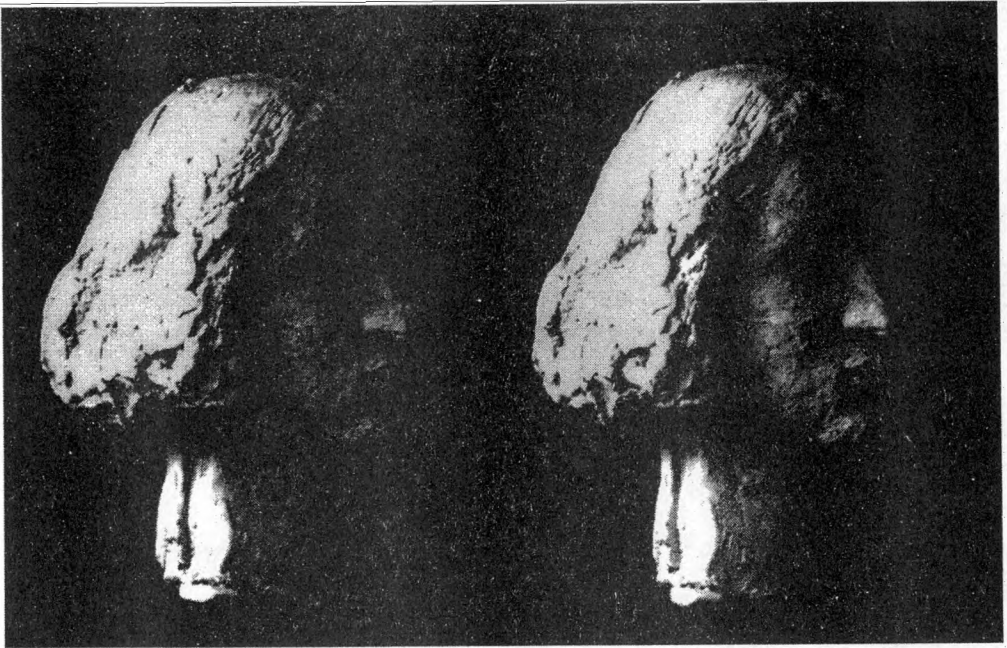


Rys. 5: Fragment chorągwi książąt Szujskich. Wektoryzację wykonali studenci ASP w Krakowie z wykorzystaniem VSD w ramach ćwiczeń kursowych.





Rys. 6: Malowidła ściennie z kościoła O.O. Pijarów w Krakowie. Wektoryzację wykonali z wykorzystaniem VSD studenci ASP w Krakowie w ramach ćwiczeń kursowych. Obok rysunku konturowego umieszczono obraz źródłowy.



Rys. 7: Stereoskopowa konturowa dokumentacja rzeźby oraz stereogram źródłowy. Wektoryzacje wykonali z wykorzystaniem VSD studenci ASP w Krakowie w ramach ćwiczeń kursowych.