



WIRTUALNE MUZEUM

PRZESTRZENNA DOKUMENTACJA OBIEKTÓW MUZEALNYCH

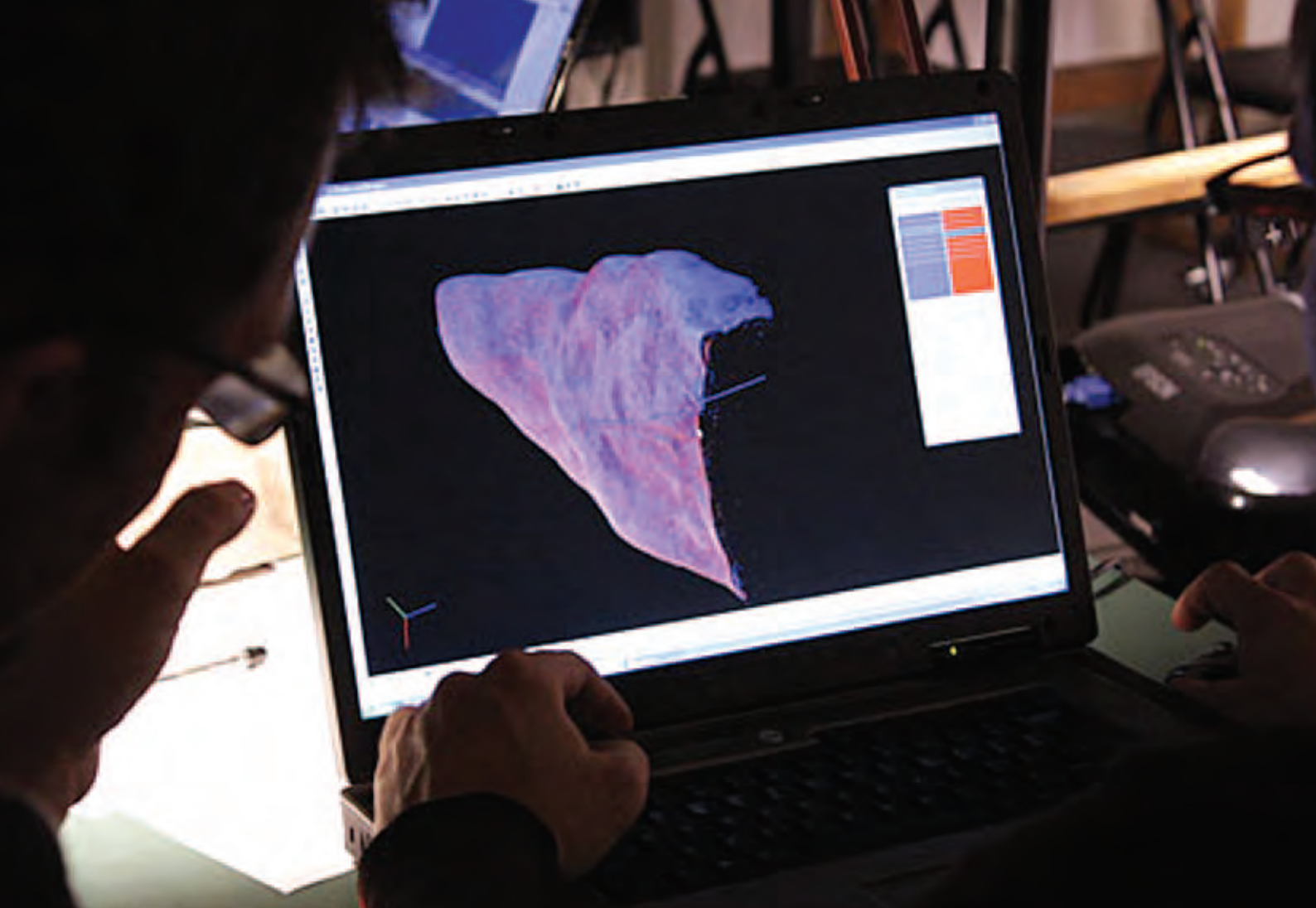
Marek Grzyb

W niniejszym artykule chciałbym zaprezentować korzyści i problemy, jakie dla archiwizacji i prezentacji obiektów muzealnych niesie optyczny pomiar powierzchni znany pod potoczną nazwą – skanowanie 3D. Chciałbym przedstawić jego podstawowe cechy, z których wynikają jego zalety, ale też i problemy.

Ideą skonstruowania optoelektronicznych systemów pomiaru powierzchni było skrócenie czasu projektowania oraz projektowanie na podstawie istniejących obiektów, tzw. projektowanie odwrotne. Pierwszą grupą takich urządzeń spełniających kryteria czasu i dokładności pomiaru są systemy oparte na pomiarach wiązką laserową. Druga grupa, powstała dzięki rozwojowi fotografii cy-

In this article I wish to present the benefits and problems that the optical surface measurement, commonly known as 3D scanning, brings to archiving and presentation of museum pieces. I would like to show its primary features which result both in its advantages as well as disadvantages.

The idea to construct optoelectronic systems of surface measurement was to decrease the engineering time and to do the process basing on existing objects, a so-called reverse engineering. The first group of the tools that meet the criteria of time and accuracy of measurement are laser-based measurement systems. The second group emerged as a result of development in digital photo-



Chmura punktów powstała po pomiarze powierzchni

frowej (zwiększenie rozdzielczości zapisu obrazu), wykorzystuje do pomiarów światło białe.

Urządzenia te, zwane potocznie skanerami 3D, znajdują zastosowanie w grafice komputerowej, wzornictwie przemysłowym, antropologii, przemyśle (obuwniczym, odzieżowym), medycynie (ortopedii, protetyce) i wielu innych dziedzinach. W każdym z tych zastosowań liczy się szybki, dokładny i bezdotkowy pomiar oraz w późniejszej fazie możliwość komputerowego dopasowania i modelowania bez konieczności obróbki w fizycznym materiale.

Aby takie urządzenia miały sens, ich pomiar musi posiadać wysoką dokładność metryczną. Obecnie precyzja ich pomiaru oscyluje pomiędzy 0,5 a 0,03 mm. Przy szczególnych wymaganiach pomiaru i odpowiedniej kalibracji (małe objętości pomiarowe) dokładność może wynosić nawet 0,01 mm. W obu metodach pomiarowych rezultatem końcowym jest chmura punktów o określonych współrzędnych (x, y, z). Chmurę tę możemy następnie przekształcić w siatkę trójkątów odpowiednią do zastosowań w grafice 3D lub druku 3D.

Pomiar taki jest mierzaniem optycznym (bezdotkowym), co jest ważnym argumentem w przypadku obiektów podatnych na uszkodzenia mechaniczne. Jest on oparty na analizie odgięcia serii rzutowanych prąż-

graphy (increase in resolution of stored image) and uses white light in the measurements.

These devices, commonly known as 3D scanners, find their use in computer graphics, industrial design, anthropology, industry (shoe, textile), medicine (orthopaedics, prosthetics) and many other fields. What counts in all these applications is a fast, precise and non-contact measurement as well as, at the further stage, a possibility of computer adjustment and modelling without the need of processing the real material.

In order to be of use, the measurement accuracy of this devices needs to be high. Currently their accuracy oscillates between 0.5 – 0.03 mm. With special requirements of measurement and appropriate calibration (small measurement volume), the accuracy can reach up to 0.01 mm. In both methods of measurements, the final result is a point cloud of set coordinates (x, y, z). The cloud can be further transformed into a triangle mesh which can be used in 3D graphics or 3D printing. It is an optical (non-contact) measurement, which is an important argument in case of objects prone to mechanical damages. It is based on analysis of deflection in series of striped patterns projected onto the object. Lines which are parallel on a flat surface, become deflected on a scanned object according to the object's shape. The

kowych obrazów na obiekt. Linie, które na powierzchni płaskiej są względem siebie równoległe, na skanowanym obiekcie ulegają ugięciu wynikającemu z ukształtowania obiektu. Ugięcie to jest rejestrowane i przeliczane przez algorytm tworzący opisywaną wcześniej chmurę punktów.

Aby obiekt mógł zostać zmierzony ze wszystkich stron, trzeba wykonać kilka pomiarów lub posłużyć się numerycznym stolikiem obrotowym. Każdemu punktowi w chmurze przypisywana jest wartość barwowa (R, G, B) bezpośrednio z wykonywanego w czasie pomiaru zdjęcia, które wykorzystywane jest także jako tekstura dla powstałego później obiektu 3D.

Podstawą poprawnego pomiaru jest dobrze widoczne, kontrastowe odwzorowanie rzutowanych na skanowany obiekt biało-czarnych prążków. To wymaganie powoduje duże problemy przy skanowaniu obiektów refleksyjnych, takich jak szkło czy błyszczący metal. W tym przypadku pokrywa się powierzchnię specjalnym proszkiem, który ma za zadanie rozproszyć odbicie światła.

Największe zainteresowanie pomiarem 3D wykazują te dziedziny działalności, w których pracę z rzeczywistym obiektem można zastąpić operacjami wykonywanymi na jego cyfrowym odpowiedniku. Jak pisałem na wstępie, skupię się na prezentacji korzyści i zastosowań pomiaru 3D w dokumentacji i prezentacji obiektów muzealnych. Forma cyfrowej dokumentacji 3D nie ogranicza się tylko do inwentaryzacji obiektów, tworzy wirtualną replikę tworząc de facto całkowicie nową jakość. Obiekty materialne odnajdywane są w najrozmaitszych miejscach i w różnym stanie. Na stan zachowania zabytków mają wpływ głównie: materiał, z jakiego zostały wykonane, oraz warunki, w jakich przebywały. Takim przykładem

deflection is recorded and converted by an algorithm that creates the point cloud mentioned before.

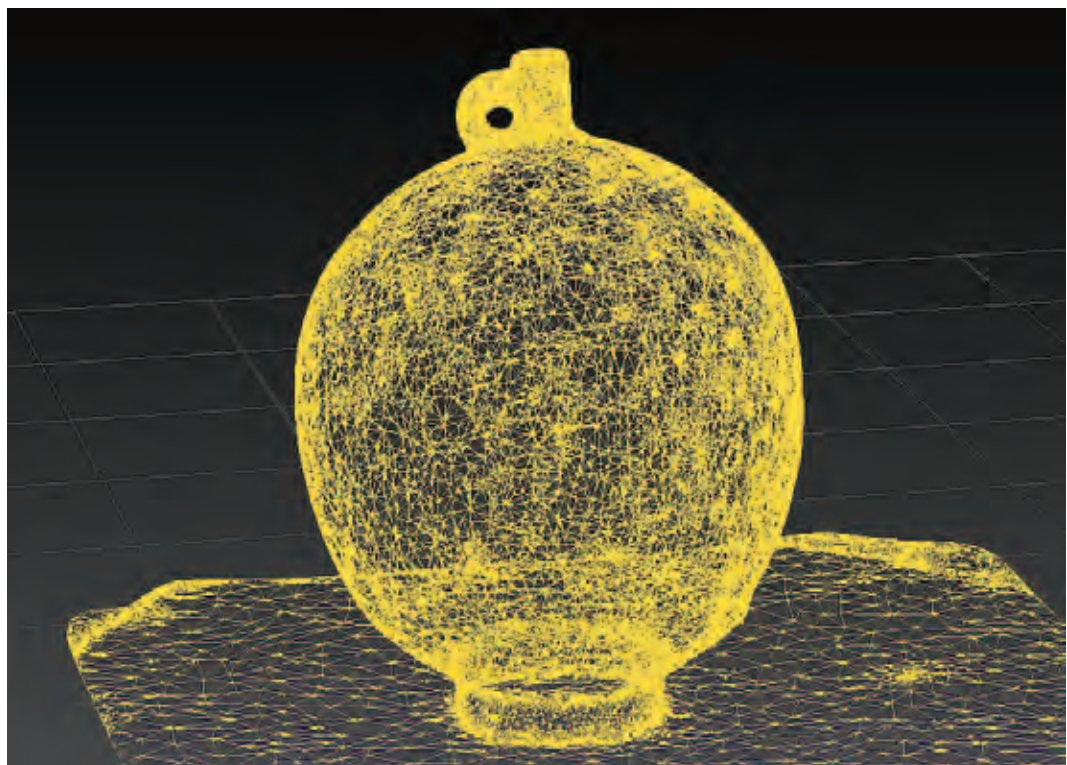
Measuring the object from all sides requires carrying out a few measurements or using a numerical control rotary table. Each point in the cloud is given a colour value (R, G, B) directly from an image captured during the measurements. This photograph is also used as a structure of a 3D object created afterwards.

The basis of an accurate measurement is a clear, contrasting representation of black and white stripes projected onto the scanned object. This requirement results in considerable problems with scanning reflective objects, such as glass or shiny metal. In this case their surface is covered with a special powder, which aim is to diffuse the reflection of the light.

The largest interest in 3D measurement is shown in those disciplines in which the work with the real object can be replaced with operations made on its digital equivalent. As I have stated in the introduction, I shall focus on the presentation of advantages and applications of 3D measurements in documentation and presentation of museum objects.

The form of digital 3D documentation is not limited only to archiving objects, it also creates their virtual replicas, and thus – de facto – a completely new quality.

Material objects are found in many various places and in different condition. The state of preservation of objects depends mainly on the material they are made of and conditions in which they were kept. As an example may serve wooden pieces found in water environment (in oxygen-free conditions), in which, after being extracted, the processes of decay of the organic substance they are made of, take place. Endangered are also metal objects



Skan 3D – siatka trójkątów

są obiekty drewniane odnajdywane w środowisku wodnym (w warunkach beztlenowych), gdzie po wydobyciu uruchamiane są procesy rozpadu tworzącej je substancji organicznej. Także zagrożone są obiekty metalowe podlegające procesowi korozji lub ceramiczne niszczone przez krystalizację soli. Dzięki zastosowaniu dokumentacji 3D można zapisać zarówno kształt, jak i barwę, a zapis ten może posłużyć do tworzenia replik obiektów, mimo że oryginalny obiekt uległ już często degradacji.

Wykonywanie replik obiektów zabytkowych to jedna z form zachowania oraz popularyzacji tzw. Dziedzictwa Kulturowego. Jest wiele czynników, które powodują, że oryginały muzealiów nie zawsze mogą być pokazywane publicznie, np. zły stan zachowania, ograniczenia konserwatorskie lub niejasne prawa własności. Repliki są w tej sytuacji naturalną formą zastępczą.

Ważną kwestią przy realizacji kopii obiektów jest rzeczywiste oddanie kształtu i barwy w sposób nieodróżnialny od oryginału. W tej sytuacji nie powinno dziwić, iż sprawą zasadniczą podczas wykonywania kopii jest odpowiednie odwzorowanie kształtu z oryginału na wykonywaną kopię czy replikę. Najbardziej efektywną drogą do tego celu jest wykonanie bezpośredniego odlwu lub odcisku w plastycznym tworzywie. Niestety, często stan zachowania zabytku oraz wymagania konserwatorskie na to nie pozwalają. Pozostaje nam metoda pomiaru 3D, gdy niemożliwe jest wykonanie kopii metodami kontaktu fizycznego.

Dokładny bezdotkowy pomiar optyczny (dokładność rzędu 0,01mm) umożliwia wykonanie cyfrowej kopii zmierzonego obiektu. Taki obiekt pod postacią modelu, zapisany w formie siatki trójkątów, staje się plikiem źródłowym dla programów z rodziny CAD-CAM. Dzięki takiej formie zapisu pomierzonych obiektów można z nich przygotować matrycę służącą do wykonywania kopii skanowanego pierwowzoru. Otwiera to możliwość wykonywania replik obiektów na skalę przemysłową.

Wciąż rosnąca precyzja urządzeń, spadek cen i upowszechnienie tzw. druku 3D w oparciu o pliki dokumentacji w formatach CAD-CAM pozwala realizować

undergoing the processes of corrosion or ceramic items destroyed by the salt crystallization. Thanks to the application of 3D documentation it is possible to document both shape and colour, and this record can serve to create replicas of objects, despite the partial degradation of the original.

Making replicas of historic pieces is one of the forms of preservation and popularization of so-called National Heritage. There are many factors that prevent the original museum objects from being displayed in public, such as bad state of preservation, restrictions of preservation or unambiguous property rights. In such a situation, replicas are the natural substitutes.

An important issue related to creating replicas of objects is the accurate representation of shape and colour to make the copy indistinguishable from the original. In this situation it is no wonder that the key issue is the accurate mapping of the original shape onto the copy or replica. The most effective way to do it is to make a direct cast or an imprint in a plastic material. Unfortunately, the state of preservation of a historic piece and conservatory requirements often do not allow that. When making a copy by means involving physical contact is impossible, the only thing left for us is the 3D measurement method. An accurate non-contact optical measurement (accuracy of about 0.01mm) enables making a digital copy of a measured object. Such an object in a form of a model saved as a triangle mesh becomes a source file for CAD-CAM programmes. Thanks to this method of recording measured objects it is possible to prepare a template used for making copies of the scanned original. This opens up a possibility to create replicas of objects on an almost mass scale.

Continually growing accuracy of devices, decrease in prices and increased popularity of so-called 3D print based on files in CAD-CAM formats enable the execution of accurate copies of objects in various synthetic and natural materials. It is important that the digital spatial documentation of an object can serve to make a replica a year later or in a few dozen of years. In some



Wirtualne muzeum Smithsonian National Museum of Natural History. Źródło: <http://www.mnh.si.edu/vtp/1-desktop/>

precyzyjne kopie obiektów w różnych materiałach, zarówno sztucznych, jak i naturalnych. Co ważne, cyfrowa dokumentacja przestrzenna obiektu może posłużyć do wykonania repliki za rok lub kilkadziesiąt lat.

W wyjątkowych sytuacjach kopia może stać się jedynym świadectwem istnienia pierwowzoru, który uległ zniszczeniu lub zaginął. Kopia taka staje się wówczas wyłącznym nośnikiem informacji o zabytku. Z czasem, jak można podejrzewać, sama stanie się zabytkiem, czego przykładem mogą być kopie greckich lub rzymskich posągów.

Dzięki możliwości edycji danych, pozyskanych w czasie skanowania przestrzennego, możemy wykorzystać pomiar 3D do rekonstrukcji uszkodzonych lub zniszczonych obiektów zabytkowych. Każdy fragment obiektu można skanować, a potem dokonać wirtualnego połączenia. Taka komputerowa rekonstrukcja może w dalszej kolejności posłużyć do wykonania formy i pełnego odtworzenia.

Inną ważną formą cyfrowej rekonstrukcji jest odtwarzanie ubytków, gdzie na bazie zachowanych elementów można dokonać rekonstrukcji nieistniejącej części.

Dzięki możliwościom ingerencji (modelowanie 3D) w strukturę modelu obiektu można doprojektować elementy nieistniejące lub brakujące. Także w razie postępującej i nieuchronnej degradacji obiektu muzealnego skanowanie 3D jest najlepszą metodą dokumentacji, często nabierającej wartości muzealnej (porównywalnie i dokumentacja zmienianego w procesie badawczym stanowiska archeologicznego), stając się jedynym nośnikiem informacji o utraconym zabytku. Nośnikiem pozwalającym odtworzyć całość lub niektóre elementy obiektu w formie fizycznych uzupełnień, kopii czy replik. Dzięki skanowaniu 3D ujawniane są wartości służące do tworzenia metrycznych baz danych operujących na seriach. Co istotne, pomiary te mogą być dowolnie uzupełniane bez względu na upływ czasu. Jest to szczególnie ważne w przypadku wykorzystania skanowania 3D do badań antropometrycznych szczątków ludzkich odkrywanych drogą ekshumacji lub prac archeologicznych.

Dokumentacja przestrzenna stała się doskonałym narzędziem badań porównawczych różnych typów znalezisk. Można dzięki niej sprawdzać w wypadku zabytków metalowych czy odlane zostały z tej samej formy, a w przypadku rzeźby zrekonstruować zastosowane techniki rzeźbiarskie.

Dysponując tego typu archiwizacją 3D, można sprawdzić, czy zabytek nie pochodzi z kradzieży oraz czy nie jest falsyfikatem. Dzięki przestrzennej formie dokumentacji konserwator zabytków otrzymuje możliwość stałej kontroli obiektów, weryfikacji stanu jego zachowania oraz autentyczności. Komputerowe biblioteki obiektów zabytkowych to bardzo ważna forma katalogowania dóbr kultury. Bazy te oprócz elementów informatycznych, materiałów źródłowych jak dźwięk, fotografia czy dokumentacja techniczna uzupełniane są o przestrzenną dokumentację przy zastosowaniu skanera 3D. Pozwala to wykorzystać dane do różnych celów, zarówno czysto ewidencyjnych, edukacyjnych lub naukowych.

Wirtualne muzeum

Pod pojęciem „wirtualne muzeum” kryje się zespół

sytuacji a kopia może stać się jedynym świadectwem istnienia obiektu. Taka kopia staje się wówczas jedynym nośnikiem informacji o zabytku. Z czasem, jak można podejrzewać, sama stanie się zabytkiem, czego przykładem mogą być kopie greckich lub rzymskich posągów.

Another important form of digital reconstruction is reproduction of lost parts of objects. It is possible to reconstruct the non-existent fragments basing on preserved elements.

Thanks to the possibilities of interference (3D modeling) in the structure of the object's model, the non-existent or missing elements can be produced. What is more, in case of developing and unavoidable degradation of a museum piece, 3D scanning is the best method of documentation, often gaining museum value (comparatively, also a documentation of an archaeological site undergoing changes in the course of a research process), becoming the only device storing information about the lost piece. A medium allowing to recreate the whole or some elements of objects in a form of physical fillings, copies or replicas.

3D scanning reveals the properties that serve to create metric databases operating on series. What is important is that these measurements can be freely supplemented regardless of the lapse of time. This is especially significant in application of 3D scanning in anthropometric research on human remains uncovered by exhumation or archaeological works.

Spatial documentation has become a perfect tool for comparative studies on different types of findings. It can be used to find out if different metal pieces were cast from the same form or, in case of sculpture, to reconstruct applied sculpture techniques.

This kind of 3D archiving allows to check if the historic object comes from an illegal source or if it is a forgery. Thanks to the spatial form of documentation, art conservators have constant control over the objects, can verify the state of their preservation and authenticity. Computer libraries of historic objects are exceptionally important forms of cataloguing cultural goods. These databases, apart from IT elements, source materials such as sound, photographs or technical documentation are supplemented with spacial documentation made with 3D scanners. This allows to use the data in various ways: simply for registry as well as for educational and scientific purposes.

Virtual Museum

The notion of “Virtual Museum” consists of a set of popularizing activities related to electronic means of presenting information about museum objects. These activities are addressed to general public and museum visitors rather than academic circles. The phrase “Virtual Museum” is used to emphasize the modernization of objects displays and making them more attractive.

działań o charakterze popularyzatorskim związanych z elektronicznymi sposobami prezentacji informacji o obiektach muzealnych. Głównym adresatem tych działań jest raczej ogół ludzi zwiedzających muzeum niż środowiska naukowe. „Wirtualne muzeum” jest pojęciem stosowanym dla podkreślenia unowocześnień i uatrakcyjnienia ekspozycji obiektów. Często pod tym określeniem kryje się wybrana część ekspozycji, która została zdigitalizowana i udostępniona na płytach CD–DVD lub na specjalnych stanowiskach, tzw. kioskach multimedialnych.

Wirtualna prezentacja w istotny sposób podnosi atrakcyjność oglądanych zbiorów, ale także ich wartość edukacyjną jak i naukową. Tego typu forma ekspozycyjna stanowi bardzo dobre uzupełnienie stałych wystaw.

Dzięki oprogramowaniu oglądający może obiekt 3D dowolnie „obracać”, sterować wielkością poprzez dokonywanie zbliżeń. Może umieścić go w jego „naturalnym” środowisku, np. w miejscu pochodzenia zabytku, lub umiejscowić go w stworzonym kontekście historycznym. Całość często jest uzupełniana o dodatkowe elementy, takie jak dźwięk lub animacja. Stanowiska multimedialne pełnią często rolę ekwiwalentu dla zabytków, których wystawienie w muzeum jest niemożliwe np. z powodu przeprowadzanej konserwacji. Dzięki wirtualnym rekonstrukcjom możliwe jest „przywracanie zabytków”, ukazanie ich pierwotnego znaczenia oraz pełnionych funkcji. Możliwe staje się pokazanie rzeczywistego kontekstu wynikającego z miejsca czy czasu pochodzenia, a nie – jak często dzisiaj – lokalizacji w gablocie muzeum.

Powszechniejsze wykorzystanie technik multimedialnych w prezentacji obiektów dziedzictwa kulturowego zmienia sposób myślenia o metodach organizacji wystaw i prezentacji. To one wymuszają (umożliwiają) nowe formy prezentacji informacji o obiektach zabytkowych.

Także Internet to ogromna platforma do prezentacji zdigitalizowanych zbiorów. Internetowe „wirtualne muzea” pozwalają na zapoznanie się z obiektami niezależnie od pory dnia czy fizycznej odległości od rzeczywistego muzeum. Pomiar 3D jest doskonałym narzędziem do realizacji tego typu internetowych prezentacji, zwłaszcza w zakresie wizualizacji zabytków ruchomych. Internet to dobry sposób promocji zbiorów, ale też możliwość rozszerzenia „powierzchni prezentacyjnej” danej placówki. Duże zainteresowanie tego typu prezentacją obiektów wykazują galerie oraz domy aukcyjne prowadzące aukcje zabytków za pośrednictwem Internetu. To dzięki pomiarowi można przybliżyć wystawiany obiekt, ukazując jego budowę i elementy składowe.

Także prezentacje na płytach CD z nagranyymi wizualizacjami różnych obiektów: zabytków, obiektów biologicznych, sztuki współczesnej, stają się „przedłużeniem” muzeum. Odpowiednio reżyserowane umożliwiają dalsze odkrywanie obiektów muzealnych. Płyty takie mogą być wydawane zarówno w formie katalogowej, w formie programów edukacyjnych czy gier komputerowych. Płyty CD mieszczą zarówno wizualizacje obiektów, jak i ich techniczną dokumentację w postaci chmur punktów oraz siatek trójkątów. Obok funkcji czysto edu-

It often describes a selected part of an exhibition that has been digitized and released on CD-DVD or made available through special stands, so-called multimedia kiosks.

Virtual presentation significantly raises attractiveness of exhibited collections, as well as its educational and scientific value. Such a form of display is a very good supplement of permanent exhibitions. Thanks to the software, the viewer can freely “rotate” the 3D object or change its size by zooming. The object can be placed in its “natural” environment, for example its place of origin, or located in its historical context. The whole is often complemented with additional elements, such as sound or animation. Multimedia stands often serve as equivalents of historic objects that cannot be put on display, for example because of being restored. Thanks to virtual reconstructions it is possible to “bring back” the objects, show their original meaning and performed functions. It is also possible to present the real context of place and time in which the pieces used to function, instead of – as it often happens today – simply displaying them in a museum showcase.

The more common use of multimedia techniques in presentation of cultural heritage objects changes the way of thinking about the methods of organizing exhibitions and displays. It is them that force (and enable) new forms of presenting information about historic objects.

The internet is also a great platform for presentation of digitized collections. “Virtual Museums” online provides the public with access to the objects regardless of the physical distance from the actual museum. 3D measurement is a perfect tool for realization of this sort of online presentations, especially when it comes to visualization of moving objects. The internet makes a good tool for collections promotion, as well as expansion of the institution’s “exhibition space”. Large interest in this type of object display is shown by galleries and auction houses holding online auctions. Thanks to the measurement method presented objects can be zoomed in to show its construction and components.

Presentations on CDs, featuring visualizations of various objects: monuments, organic elements, contemporary art also become “extensions” of a museum. Properly directed, they enable further discoveries of museum objects. The CDs can be released as catalogues or in a form of educational programmes and computer games. CDs can contain both visualizations of objects, as well as their technical documentation in shape of a point cloud or triangle mesh. Apart from serving strictly educational purposes, the media also present scientific values. They often come with traditional publications as supplements, for example to books on typology of certain type of monuments. The uses of optical methods of surface measurement in documentation of museum objects listed here confirm the value of this type of data record. What makes this method significant is the fact that it combines a few important elements. It is a physical measurement method, provides scientific data about objects (revealing the technique of their production and typology) and constitutes a good archiving tool. Moreo-

kacyjnych spełniają one także rolę nośników wartości naukowych. Często stanowią uzupełnienie tradycyjnych publikacji książkowych, np. pozycji poświęconej typologii danej kategorii zabytków.

Wymienione tu zastosowania pomiaru optycznego powierzchni w dokumentacjach obiektów muzealnych pozwalają na potwierdzenie ważności tej formy zapisu informacji o obiekcie. Metoda ta jest szczególna, gdyż łączy kilka ważnych elementów. Jest metodą pomiaru fizycznego, zdobywania informacji naukowych o obiekcie (ujawnienie techniki tworzenia i typologia), a także dobrą metodą archiwizacyjną, ale – co dla niej charakterystyczne – jej wynik (obiekt 3D) jest ważnym i atrakcyjnym elementem prezentacyjnym. Ta wielowątkowość i mnogość form zastosowania każe stawiać skanowanie 3D na szczycie metod pozyskiwania i archiwizacji informacji o obiektach. Wydaje się, że wraz z jej upowszechnieniem stanie się ona ważnym narzędziem w badaniu i przybliżaniu nam naszego dziedzictwa kulturalnego.

ver, what is characteristic of it is that its result (3D object) makes an important and attractive display piece. This multiplicity and variety of uses places 3D scanning on the top of the list of methods for obtaining and storing information about objects. It appears that once it is popularized it will become an important tool in research and dissemination of our cultural heritage.



Rekonstrukcja cyfrowa