

Jakub Bil*

Modelowanie 3D w projektowaniu konserwatorskim

3D modelling in conservation designs

Słowa kluczowe: digitalizacja, wirtualizacja, modelowanie, obiekty trójwymiarowe

Key words: digitalisation, modelling, three-dimensional objects

Wprowadzenie

W ostatnich dwudziestu latach XX i na początku XXI wieku rozwój nowych technologii pozwolił na szerokie zastosowanie ich w wielu dziedzinach, m.in. konserwatorstwie. Ochrona zabytków dziedzictwa kulturowego przyjęła nieznaną dotąd formę. Dzięki rewolucji technologicznej i informatycznej pojawiła się nowa forma ochrony – wirtualizacja. Przełom wieków XX i XXI to początek nowej ery technologii i informatyki.

Rzeczywistość tych dziedzin znacząco wpłynęła na możliwości i zakres ochrony dziedzictwa. Rozpoczęła się nowa epoka w sferze technologii wykorzystywanych w konserwatorstwie, takich jak informatyka i systemy wirtualne. Nowoczesna technologia znacząco wpłynęła na proces zarówno badawczy, jak i dokumentacyjny. Możliwości zapisu cyfrowego stworzyły wirtualny świat, którego częścią stały się także obiekty zabytkowe. Dotychczas możliwości dokumentacji, badania i ochrony zabytków były ograniczone do rozwiązań uzależnionych od poziomu zaawansowania technologicznego. Całokształt procesów badawczych i analiz opierał się na systemach i rozwiązaniach będących odzwierciedleniem zastosowań technologii do zadań konserwatorskich. W ostatnich kilkudziesięciu latach nastąpił znaczący postęp w wykorzystaniu nowych urządzeń i możliwości, jakie dawała technika, przy dokumentacji i analizie danych, począwszy od rejestracji aparatem fotograficznym, poprzez zaangażowanie analogowego fotogrametru, aż do dnia dzisiejszego, kiedy korzysta się z całego spektrum urządzeń laserowych i bardzo zaawansowanych cyfrowych stacji obliczeniowych. Znaczący rozwój cyfrowych systemów obróbki danych o coraz większej mocy niezaprzeczalnie przyczynił się do usprawnienia pracy konserwatorskiej, ale także zaopatrzył specjalistów w narzędzia pozwalające odczytywać i opracowywać niedostępne wcześniej informacje. Dzięki nauce powoli odchodzą w przeszłość klasyczne formy archiwizacji danych o zabytkach. Cyfrowy zapis i miniaturyzacja nośników pozwalają na gromadzenie coraz większej ilości tekstu, rysunków, zdjęć, zajmując coraz mniejszą powierzchnię. Klasyczne archiwa są

Introduction

During the last 20 years of the 20th and the beginning of the 21st century, the development of new technologies allowed for their wide use in many disciplines, e.g. in monument conservation. Protection of cultural heritage monuments was given a new, previously unknown, form. Owing to the technological and computer science revolution, there appeared a new form of protection – virtualisation. The turn of the 20th and 21st century was the beginning of the new era of technology and computer science.

Development of those disciplines has significantly influenced the possibilities and range of heritage protection. There began a new epoch in the sphere of technologies applied in conservation, as well as computer science and virtual systems. Modern technology has had a significant impact on the processes of research and documentation. The possibility of digital recording created a virtual world, in which also historic monuments became an integral part. So far, the possibilities of documentation, research and protection of monuments were limited to the solutions dependent on the level of technological advancement. The entire research processes and analyses were based on systems and solutions reflecting the implication of technology for conservation purposes. During the last few decades significant progress has been observed in the application of new devices and opportunities offered by technology for documentation and data analysis: starting with recording by means of a camera, through the use of analogue photogrammetry, up to the present day, when a whole spectrum of laser appliances and very advanced digital computing stations are being used. Significant development of more and more powerful digital systems of data processing has undoubtedly contributed to streamlining conservation work, but also provided specialists with tools allowing for decoding and processing previously inaccessible information. Thanks to science, the classical forms of archiving data concerning monuments are slowly becoming a thing of the past. Digital recording and

* mgr inż. arch. Jakub Bil, Krakowska Akademia im. Frycza Modrzewskiego, Wydział Architektury i Sztuk Pięknych.

* mgr inż. arch. Jakub Bil, A. Frycz Modrzewski Krakow University, Faculty of Architecture and Fine Arts.

digitalizowane i dzięki temu udostępniane większej liczbie zainteresowanych. Powstała nowa forma ochrony zabytków. Jest to ochrona przez wirtualizację. Zastąpiła ona dotychczasową ochronę przez dokumentację.

Tworzenie obiektów wirtualnych wykorzystywanych w projektowaniu architektonicznym i konserwacji zabytków jest procesem wymagającym odpowiedniego oprogramowania i przygotowania materiału wyjściowego. Następuje to w procesie digitalizacji. Jest to pojęcie obejmujące bardzo szeroki wachlarz działań, przy których wykorzystywane są różne technologie i urządzenia. Jest to pierwszy etap w procesie projektowania, podczas którego pojawiają się dane cyfrowe definiujące przestrzeń. Odpowiednia obróbka danych pozwala na zastosowanie zebranych informacji na kolejnym etapie. Dane konwertowane są do odpowiednich formatów plików i edytowane w środowisku programów klasy BIM i programów graficznych 3D [16]. Przy użyciu tych narzędzi następuje proces modelowania i projektowania. Zasadniczo programów klasy BIM używa się do prostego definiowania przestrzeni z małą liczbą poligonów, natomiast programów do grafiki 3D – do projektowania parametrycznego skomplikowanych form zbudowanych z wielokątów i splinów, przeznaczonych do wydruku, jako elementów w procesie rekonstrukcji i uzupełniania ubytków, a także jako elementów środowisk VR (*Virtual Reality*) i AG (*Augmented Reality*). Środowisko VR jest w całości wygenerowanym cyfrowo światem, natomiast środowisko AG jest rodzajem rzeczywistości, gdzie otoczenie odbierane jest w pełni sensorycznie, a percepcyjna przestrzeń wzbogacona o obiekty wirtualne [2]. Niezwykle istotną zaletą programów 3D jest generowanie formy za pomocą siatki poligonów, co pozwala na jej precyzyjne zdefiniowanie. W procesie projektowania konserwatorskiego ma to istotne znaczenie ze względu na możliwość sporządzenia szczegółowej dokumentacji, jak i dokładnego odwzorowania obiektu w celach badawczych.

Oprogramowanie

W procesie projektowym w konserwacji zabytków stosowane są różne rodzaje oprogramowania. Definiowanie przestrzeni odbywa się m.in. za pomocą oprogramowania klasy BIM (*Building Information Modeling*). Jest to klasa oprogramowania w grupie programów typu CAD (*Computer Aided Design*). Obiekty tworzone są na podstawie elementów trójwymiarowych określających ich formę, a także pozwalających na generowanie zestawień ilościowych i zarządzanie wirtualnym obiektem.

Jest to parametryczne modelowanie obiektu w czasie rzeczywistym, zawierające wszystkie wymagane dane. Rozwój tego oprogramowania pozwala na definiowanie prostych elementów, brył obrotowych i detali. Jednak w całym procesie definiowania przestrzeni i elementów architektury dla potrzeb konserwatorskich stosuje się m.in. oprogramowanie do grafiki 3D, zarówno renderujące, jak i modelujące. Oprogramowanie to pozwala na precyzyjne zdefiniowanie przestrzeni. Działa na podstawie danych określających siatkę werteksów. Stanowi ono doskonałe uzupełnienie programów klasy BIM w procesie projektowym. Pozwala w sposób precyzyjny określić nie tylko formę obiektu, ale też zdefiniować informacje dotyczące tekstury i faktury obiektu. Stanowi również punkt wyjścia dla reali-

miniaturyzacji urządzeń pamięci masowej pozwalają na przechowywanie coraz większych ilości danych, rysunków czy zdjęć, zajmując coraz mniej miejsca. Klasyczne archiwizacje są digitalizowane, dzięki czemu mogą być udostępniane dla znacznie większej liczby zainteresowanych klientów. Nową formą ochrony zabytków jest ochrona przez wirtualizację. Zastąpiła ona dotychczasową ochronę przez dokumentację.

Tworzenie obiektów wirtualnych wykorzystywanych w projektowaniu architektonicznym i konserwacji zabytków jest procesem wymagającym odpowiedniego oprogramowania i przygotowania materiału wyjściowego. Następuje to w procesie digitalizacji. Jest to pojęcie obejmujące bardzo szeroki wachlarz działań, przy których wykorzystywane są różne technologie i urządzenia. Jest to pierwszy etap w procesie projektowania, podczas którego pojawiają się dane cyfrowe definiujące przestrzeń. Odpowiednia obróbka danych pozwala na zastosowanie zebranych informacji na kolejnym etapie. Dane konwertowane są do odpowiednich formatów plików i edytowane w środowisku programów klasy BIM i programów graficznych 3D [16]. Przy użyciu tych narzędzi następuje proces modelowania i projektowania. Zasadniczo programów klasy BIM używa się do prostego definiowania przestrzeni z małą liczbą poligonów, natomiast programów do grafiki 3D – do projektowania parametrycznego skomplikowanych form zbudowanych z wielokątów i splinów, przeznaczonych do wydruku, jako elementów w procesie rekonstrukcji i uzupełniania ubytków, a także jako elementów środowisk VR (*Virtual Reality*) i AG (*Augmented Reality*). Środowisko VR jest w całości wygenerowanym cyfrowo światem, natomiast środowisko AG jest rodzajem rzeczywistości, gdzie otoczenie odbierane jest w pełni sensorycznie, a percepcyjna przestrzeń wzbogacona o obiekty wirtualne [2]. Niezwykle istotną zaletą programów 3D jest generowanie formy za pomocą siatki poligonów, co pozwala na jej precyzyjne zdefiniowanie. W procesie projektowania konserwatorskiego ma to istotne znaczenie ze względu na możliwość sporządzenia szczegółowej dokumentacji, jak i dokładnego odwzorowania obiektu w celach badawczych.

The VR environment is a totally digitally generated world, while the AG environment is a kind of reality where the we have the full sensory perception of the surroundings and the perceived space is enhanced by virtual objects [2].

The essential advantage of 3D programmes is the ability to generate a form using a grid of polygons, which allows for defining it precisely. In the conservation design process it is of vital significance because it allows for preparing a detailed documentation as well as an exact reproduction of the object for research purposes.

Software

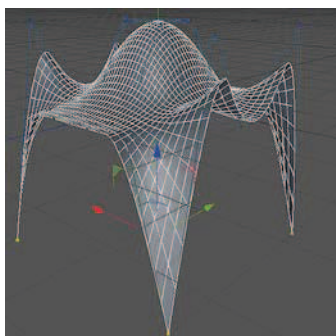
Various kinds of software are applied during the designing process in monument conservation. Defining the space is done using e.g. the software of BIM class (*Building Information Modelling*). It is a class of software in the group of programmes of the CAD type (*Computer Aided Design*). Objects are created on the basis of three-dimensional elements determining their form, but also allowing for generating quantitative comparisons and management of the virtual object.

It is parametric modelling of the object in real time, including all the required data. Development of such software allows for defining simple elements, solids of revolution and details. However, in the whole process of defining space and elements of architecture for conservation needs, both rendering and modelling software for 3D graphics is used. Such software allows for precise defining of space. It operates on the basis of vertices, data defining a grid, and constitutes a perfect supplement for the programmes of BIM class in the designing process. It allows for precisely determining not only the form of the object but also defining information concerning the texture and surface of the object. It also constitutes a starting point for

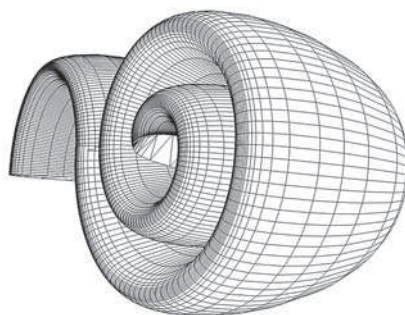
zacji w środowisku VR (*Virtual Reality*). Modele architektury tworzone są przy użyciu oprogramowania klasy BIM, jak i programów graficznych 3D. Uszczegółowienie formy następuje w środowisku 3D. Oba rodzaje oprogramowanie są ze sobą kompatybilne [1].

Definiowanie przestrzeni wirtualnej

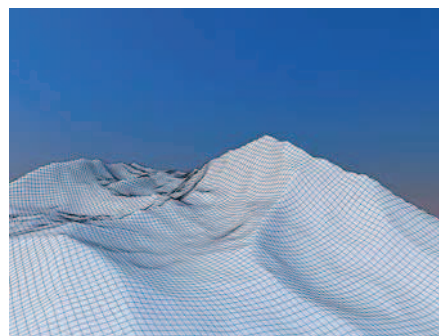
Obiekty w przestrzeni wirtualnej określa siatka wielokątów, która tworzy obiekty przez określanie płaszczyzny na podstawie współrzędnych co najmniej trzech punktów w przestrzeni. Płaszczyzny te są ze sobą połączone mając wspólne punkty, tworzące wspólne wierzchołki, czyli wertyksy, oraz wspólne krawędzie. Wierzchołki i płaszczyzny rozpięte pomiędzy nimi tworzą siatkę. Geometria siatki określana jest przez operacje na poligonach – składowych tej siatki. Obiekt może być również utworzony z trójwymiarowych pikseli, wokseli generowanych na podstawie danych: normalnej i koloru. Do generowania obiektów można posłużyć się także równaniami matematycznymi. Tym sposobem tworzone są tzw. prymitywy, jak i powierzchnie Beziera, Hermite’a i Nurbs. Import danych pozwalających na stworzenie modelu zależy od urządzenia generującego informacje o przestrzeni. Najdokładniejszym z tych urządzeń jest skaner 3D. Dokładność skanera, czyli odległość pomiędzy skanowanymi punktami może wynosić 0,01 mm, przy 8 mln punktów pomiarowych na powierzchni 3 mln mm², co daje



Ryc. 1. Płaszczyzna Beziera z punktami kontrolnymi (archiwum autora)
Fig. 1. Bezier's surface with control points (author's archive)



Ryc. 2. Siatka złożona z 16 092 poligonów (archiwum autora)
Fig. 2. A mesh consisting of 16 092 polygons (author's archive)



Ryc. 3. Siatka cyfrowego modelu terenu złożona z około 62000 poligonów (archiwum autora)
Fig. 3. A mesh of a digital model of an area consisting of about 62000 polygons (author's archive)

około 200 poligonów na 1 mm². Oprócz skanerów, stacji fotogrametrycznych i innych urządzeń cyfrowych informacje dotyczące formy obiektu mogą być wprowadzone przy użyciu ortofotoplanów i blueprintów. Obie metody polegają na wprowadzeniu bitmapy o wysokiej rozdzielczości w środowisko 3D i stworzenie na tej podstawie formy obiektu. Bitmapy oprócz widoku frontowego zawierają informacje o cechach przestrzennych obiektów. Obrys formy tworzony jest za pomocą odcinków, krzywych i płaszczyzn. Modelowanie może być wykonane parametrycznie.

Ze względu na wymagany w opracowaniu stopień dokładności tworzone są obiekty z małą liczbą poligonów – *Low poly* lub obiekty z dużą liczbą poligonów, tzw. *High poly*. Modele *Low poly* wykorzystywane są głównie w programach klasy BIM oraz jako reprezentacja form nie wymagających dużej szczegółowości. Są to głównie poglądowe przedstawienia obiektów architektonicznych oraz kompleksów urbanistycznych [14].

realisations in the VR environment (*Virtual Reality*). Models of architecture are created using software of the BIM class, as well as programmes for 3D graphics. Elaborating the form takes place in the 3d environment. Software is mutually compatible for both [1].

Defining virtual space

Objects in virtual space are determined by a polygon mesh, which creates objects by determining the surface on the basis of data of coordinates of a minimum three points in space. The surfaces are mutually combined and have common points, making up common peaks or vertices, and common edges. Vertices and surfaces stretching between them create a grid. Geometry of the grid is determined by operations on the polygons – components of the grid. An object can also be made from three-dimensional pixels, called voxels, generated on the basis of data: normal and colour. Objects can also be generated by mathematical equations. This method allows for creating the so called primitives as well as the Bezier's, Hermite's and Nurbs surfaces. Import of data allowing for creating the model depends on the device generating information about space, the most precise of which is the 3D scanner. Scanner's accuracy, i.e. the distance between scanned points can equal 0.01 mm, with 8 million measuring points on the surface of 3 million mm², which equals approximately 200 polygons

in 1 mm². Besides scanners, photogrammetric stations and other digital appliances, information concerning the object can be fed in using orthophotoplans and blueprints. Both methods involve introducing a bitmap of high resolution into the 3d environment and creating the form of the object on that basis.

Bitmaps, besides the front view, include information concerning spatial properties of objects. The form outline is created using sections, curves and surfaces. Modelling can be done parametrically.

depending on the degree of accuracy required in the study, the created objects can either have a small number of polygons – *Low poly*, or a large number of polygons – the so called *High poly*. *Low poly* models are mostly used in the BIM class programmes, and as a representation of forms which do not require much detail. They include visual representations of architectonic objects and urban complexes [14].

Przykładowo model założenia urbanistycznego wykonanego w programie klasy BIM, bez zastosowania optymalizacji, złożonego z około 5 obiektów o małym stopniu szczegółowości (razem około 0,3 mln poligonów) oraz jednego obiektu architektonicznego o dużej liczbie detali (0,5 mln poligonów), dróg i niewielkiej liczby obiektów zieleni jest zbudowany z około 2,3 mln poligonów. Dzięki optymalizacji i likwidacji zbędnych werteksów liczba poligonów może być zmniejszona do około 0,9 – 1,2 mln. Detal architektoniczny, np. głowica koryncka lub żygacz, wykonane w programie grafiki 3D, mogą liczyć 0,3 mln poligonów, zakładając dobre odwzorowanie formy. Przedstawienie formy najbardziej zbliżone do rzeczywistości wymaga większej liczby poligonów. Modele *high poly* często wymagają optymalizacji w celu zwiększenia wydajności sprzętu i zmniejszenia wielkości pliku. Odbyna się to przez redukcję liczby poligonów do wartości optymalnej zachowującej wymagany kształt. Wykonuje się również operację likwidacji trójkątów. Na każde dwa trójkątne poligony przypada jeden prostokąt. Nie w każdym miejscu siatki jest to możliwe. Wszystkie operacje w przestrzeni: przesuwanie, skalowanie, obroty są możliwe do zrealizowania zarówno na grupie poligonów, jak i na pojedynczych elementach. Programy 3D posiadają również wbudowane algorytmy operacji takich jak wytłaczanie, przesuwanie wzdłuż ścieżki, modyfikowanie siatek poligonów [4], [6].

W przypadku zastosowania jako podstawy określenia formy blueprintów wykonywane jest wytłaczanie. Polega ono na przesunięciu zdefiniowanego kształtu przez krzywą po ścieżce określonej przez drugą krzywą. W tym wypadku siatka tworzona jest na zasadzie przekształcenia węzłów kształtu i ścieżki w werteksy. Następnie ze zdefiniowanych wierzchołków po ich połączeniu krawędziami generowane są poligony. Model uzyskany w taki sposób pozwala na operacje modyfikacji parametrów pozycji poligonów lub modyfikacji przestrzeni przy użyciu siatki punktów kontrolnych. Istnieje wiele zdefiniowanych modyfikatorów w programach 3D. Pozwalają one na tworzenie skomplikowanych form geometrycznych. Zarówno podstawowe narzędzia modyfikujące poligony, jak i narzędzia operujące na parametrach krzywych i płaszczyzn Nurbs pozwalają na szybkie wymodelowanie obiektu i zmianę jego formy [17], [18], [19]. Wiele programów do grafiki 3D pozwala na wykonywanie operacji booleanskich, czyli technikę modelowania CSG (*Constructive Solid Geometry*). Są to operacje polegające na definiowaniu obiektów przez iloczyn, różnicę i sumę brył. Szczególnie przydatna jest ta technika w generowaniu modelu pozwalającego na uzupełnienie braków w tkance obiektu. Dokładny model, pozytywny, wydrukowany umożliwi montaż elementu na miejscu. Po wyeksportowaniu tego modelu do programu BIM można wykonać projekt konstrukcji, a także sprawdzić wytrzymałość elementów [4].

Oprócz modelowania parametrycznego poligonów do dokładnego zdefiniowania formy powierzchni używane są mapy wysokości i mapy przemieszczeń. Mapy wysokości (*height map*) generowane są na podstawie informacji o kolorze. Jest to technika, w której wysokość piksela powiązana jest z wysokością punktu na bitmapie. Mapy przemieszczeń (*displacement mapping*) jako źródło danych wykorzystują wartości teksele bitmapy nałożonej na mesh i na tej podstawie generują przemieszczenie werteksów [17].

Modelowanie 3D daje prawie nieograniczone możliwości budowania formy architektonicznej i detalu. Jakość

For instance, a model of an urban layout designed in the programme of BIM class, without optimisation, consisting of about 5 objects with a low degree of detail (altogether around 0.3 mln polygons) and one architectonic object with a large number of detail (0.5 mln polygons), roads and a few greenery objects consists of about 2.3 mln polygons. Due to optimisation and elimination of unnecessary vertices, the number of polygons may be reduced to about 0.9 – 1.2 million. Architectonic details e.g. a Corinthian capital or a gargoyle, rendered in a 3D graphic programme, can reach 0.3 mln polygons, assuming an appropriate reproduction of the form. Presenting a form in a way closest to reality requires a larger amount of polygons. High poly models frequently require optimisation in order to enhance equipment efficiency and to reduce the size of the file. It is achieved by means of reducing the number of polygons, to the optimal number preserving the required shape. The operation of eliminating triangles is also carried out. There is one rectangle for every two triangular polygons, but it is not possible in every area on the mesh. All the operations in space: shifting, calibrating, rotation are possible to realise both on a group of polygons and on individual elements. 3D programmes also possess built-in algorithms for operations such as extrusion, shifting along a path, modification of polygon meshes [4], [6].

In cases where blueprints were used as basis for determining the form, extrusion takes place. It involves shifting the shape determined by a curve along a path determined by another curve. In that case the mesh is created on the basis of converting the knots of shape and path into vertices, and then polygons are generated from the defined peaks after they have been linked by edges. The model obtained in that way allows for modifications of parameters of polygon position, or modification of space by using a mesh of control points. There exist many defined modifiers in 3d programmes. They allow for creating complex geometrical forms. Both basic tools modifying polygons and tools operating on the parameters of curves and Nurbs surfaces allow for quick modelling of the object and alteration of its form [17], [18], [19]. Many programmes for 3D graphics allows for implementing Boolean operations, that is the CSG modelling technique (*Constructive Solid Geometry*). They are operations which involve determining objects by the product, difference and sum of solids. This technique is particularly useful in generating a model allowing for filling in gaps in the object tissue. A precise model, a positive, printed out, allows for fixing an element in its place. After exporting the model to the BIM programme, one can make the design of the construction and test the strength of elements [4].

Besides parametric modelling of polygons, height maps and displacement maps are used for precise defining of the form of surface. Height maps are generated on the basis of information about colour. In this technique the height of a pixel is correlated with the height of a point in a bitmap. Displacement maps use values of texels from a bitmap superimposed on the mesh as a source of data, and on that basis generate the shift of vertices [17].

3D modelling offers almost unlimited possibilities of building architectural form and detail. The quality of currently applied tools (algorithms) allows for easily manipulating the space. The modelling process requires not

obecnie używanych narzędzi (algorytmów) pozwala na bardzo łatwe manipulowanie przestrzenią. Proces modelowania wymaga nie tylko doboru odpowiednich narzędzi do formy końcowej obiektu (*low poly* lub *high poly*), ale też określenia przeznaczenia obiektu wirtualnego. Modele 3D przeznaczone do wydrukowania bądź stanowiące wierną kopię dokumentowanego obiektu mają inną konstrukcję niż modele przeznaczone dla środowiska AG lub rozszerzonego VR, a jeszcze inną używane do filmu animowanego i wizualizacji [12], [20].

Proces digitalizacji i modelowania obiektów zabytkowych jest możliwy dzięki zastosowaniu zaawansowanych narzędzi na każdym etapie procesu tworzenia dokumentacji konserwatorskiej. Szczególnie rozbudowany jest on przy pracy z obiektami kulturowego dziedzictwa architektonicznego [10]. Ze względu na bogactwo formy, rozmiaru, już na etapie inwentaryzacji wymagana jest bardzo szeroka diagnostyka, jak i dokładne udokumentowanie stanu istniejącego, procesów korozyjnych zachodzących w obiekcie, a także opracowanie jak najszerszej dokumentacji historycznej i analitycznej [1].

Dzięki zastosowaniu odpowiednich metod inwentaryzacji otrzymuje się zbiór informacji pozwalających nie tylko na podjęcie pracy badawczej z wykorzystaniem narzędzi porównawczych w postaci obrazów dwuwymiarowych, ale do porównania mogą posłużyć efekty skanowania 3D obiektu i modele pozyskane z odpowiedniej biblioteki cyfrowej [8]. Opracowana w formie plików dokumentacja naukowa jest bardzo dobrą bazą dla dalszych prac, które nadal pozostają w środowisku wirtualnym. Informacje zostają wyeksportowane do pliku. Oprogramowanie pozwala na pracę projektową bazującą na modelu trójwymiarowym. Wirtualne modele służą również jako baza do wykonywania fotorealistycznych wizualizacji. Wysoki stopień triangulizacji oraz duża rozdzielczość tekstury powodują, iż wygenerowany obraz nieznacznie odbiega od rzeczywistości [7]. Staje się on integralną częścią opracowania jako jeden z zasadniczych nośników informacji. Efektem końcowym pozostaje wirtualny obiekt, zaopatrzony w hipertekst, rysunki architektoniczne i branżowe w formie projektu budowlanego, zapisane na nośniku CD, DVD, BD, HDD.

Podsumowanie

Współczesne narzędzia pozwalają nam nie tylko zachować, ale i odtworzyć obiekty świadczące o wcześniejszych kulturach. Dzięki pojawieniu się nowego świata, świata wirtualnego, możemy zaprogramować dowolną rzeczywistość. Znajdziemy w niej nieistniejące już dziedzictwo i olbrzymią liczbę informacji. Wirtualizacja umożliwia zachowanie obiektów ulegających wpływowi czasu i przyrody. Obecnie ochrona przejawia się w archiwizacji, ale jest to archiwizacja w świecie wirtualnym. Możliwość utworzenia nieskończonej liczby kopii sprawia, że informacja cyfrowa jest medium niezniszczalnym [9]. Na każdym etapie procesu projektowania konserwatorskiego i tworzenia dokumentacji wykorzystuje się zapis cyfrowy. Ochrona poprzez wirtualizację następuje na bieżąco. Jest to proces ciągły i nieskończony. Dzięki niemu współczesne i dawne dziedzictwo kulturowe pozostanie udokumentowane.

only a selection of tools suitable to the final form of the object (Low poly or high poly) but also are determining the purpose of the virtual object. 3D models, intended for printing out or constituting an accurate copy of the documented object, have a different construction than models intended for the AG environment or expanded VR, and still different for an animated movie and visualisation [12], [20].

The process of digitalisation and modelling of historic objects has been made possible thanks to the application of advanced tools at every stage of the process of creating conservation documentation. It is particularly elaborate while working on objects representing cultural architectural heritage [10]. Because of the wealth of forms and size, even at the inventorying stage a wide-range diagnostics is required as well as precise documentation of the current state of preservation, corrosive processes occurring in the object, and preparation of the widest possible historical and analytical documentation [1].

Thanks to applying suitable methods of inventorying, a collection of information is obtained which allows not only for undertaking research work using comparative tools in the form of two-dimensional images, but effects of 3D scanning of the object and models obtained from an appropriate digital library can also be used for comparison [8].

Scientific documentation prepared in the form of files is a very good basis for further work which is still carried out in the virtual environment. Information is exported to the file. Software allows for project work based on a three-dimensional model. Virtual models also serve as a basis for performing photo-realistic visualisations. A high degree of triangulization and high resolution of texture cause the generated image to differ slightly from the reality [7]. It becomes an integral part of the design, as one of the basic information storage devices. The final result is the virtual object provided with hypertext, architectonic and specialised drawings in the form of a building project, recorded on such data storage devices as CD-ROM, DVD, HDD, BD.

Conclusion

Modern tools allow us to not only preserve but also recreate objects which bear evidence of earlier cultures. Owing to the appearance of a new, virtual world we can program any reality in which we can find the no-longer-existing heritage and an enormous amount of information. Virtualisation allows for preserving objects normally subjected to the passage of time and natural processes. Nowadays protection takes the form of archiving, but it is archiving in the virtual world. The possibility of creating an infinite number of copies means that digital information is a practically indestructible medium [9]. Digital recording is used at each stage of the process of conservation design and creation of documentation. Protection by means of virtualisation is systematically carried out. It is a continuous and endless process, due to which the modern and ancient cultural heritage will be kept well documented.

Bibliografia

- [1] Coralini A. Scagliarini Corlaita D. (red.), *Un Natura Ars: Virtual Reality e archeologia*, University Press Bologna, 2002.
- [2] Azuma R.T., *A Survey of Augmented Reality*, Teleoperators and Virtual Environments 1997 (6), 4, s. 355-385.
- [3] Novitski B.J., *Rendering Real and Imagined Buildings – The Art of Computer Modeling*, Rockport Publishers, 1998.
- [4] Chevrier Ch., Charbonneau N., Grussenmeyer P., Perrin J.-P., *Parametric Documenting of Built Heritage: 3D Virtual Reconstruction of Architectural Details*, International Journal of Architectural Computing 2010, vol. 8, no. 2, s. 131-146.
- [5] Conti G., Ucelli G., De Amicis R., *JCAD-VR – a multi-user virtual reality design system for conceptual design*, Reports of the INI-GraphicsNet 2003, 15: 7-9.
- [6] House D.H., *Overview of Three-Dimensional Computer Graphics*, ACM Computing Surveys 1996, vol. 28, no. 1.
- [7] Biocca F., Levy M.R., *Communication in the Age of Virtual Reality*, Routledge Communication Series 1995.
- [8] Rowe J., Razdan A., Simon A., *Acquisition, representation, query and analysis of spatial data: a demonstration 3D digital library*, JCDL '03: Proceedings of the 3rd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, IEEE Computer Society, Washington, DC, 2003, s. 147-158.
- [9] Oliverio J., Sompura R., *Extending Virtual Heritage Beyond the Local Site: Creating An International Digital Network*, <http://www.digitalworlds.ufl.edu/research/virtualheritage.asp>, 2003.
- [10] Richards J.D., *Digital Preservation and Access*, European Journal of Archaeology 2002, vol. 5(3), s. 343-366.
- [11] Ku K., Mahabaleshwar P.S., *Building Interactive Modeling for Construction Education in Virtual Worlds*, Journal of Information Technology in Construction 2011.
- [12] Liu X., Akinici B., *Requirements and Evaluation of Standards for Integration of Sensor Data with Building Information Models*, Computing in Civil Engineering 2009.
- [13] Forte M., *DVR-Pompei: a 3D information system for the house of the Vettii in openGL environment*, Proceedings of the 2001 Conference on Virtual reality, Archeology, and Cultural Heritage, New York 2001.
- [14] Mordohai P. et al., *Real-time Video-based Reconstruction of Urban Environments*, Proc. of 3D-ARCH 2007 Workshop, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Zurich 2007.
- [15] Hofer M., Flory S., Thuswaldner B., Huang Q.-X., Thur H., *3D Technology Research Challenges for the Digital Anastylis of Ancient Monuments Illustrated by means of the Octagon in Ephesos*, ACM Journal on Computers and Cultural Heritage 2006, vol. V, no. N (December).
- [16] Grussenmeyer P., Patias P., Hanke K., *Applications in cultural heritage documentation*, [w:] *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book*, E. Baltsavias, Z. Li, J. Chen (eds.), s. 363-383, CRC Press 2008.
- [17] Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N., *Real-time rendering*, A.K. Peters, Wellesley (MA) 2008.
- [18] Kotnik T., *Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions*, International Journal of Architectural Computing 2010, vol. 8, no. 2, s. 1-16.
- [19] Song X., Jüttler B., *Modeling and 3d object reconstruction by implicitly defined surfaces with sharp features*, Industrial Geometry Report 79, December 2008.
- [20] Yezioro A., Dong B., Leite F., *An applied artificial intelligence approach towards assessing building performance simulation tools*, Energy and Buildings 2008, 40 (4): 612.

Streszczenie

Przełom wieków XX i XXI to początek nowej ery technologii i informatyki. Rozwój tych dziedzin znacząco wpłynął na możliwości i zakres ochrony dziedzictwa kulturowego.

Możliwości zapisu cyfrowego stworzyły wirtualny świat, którego częścią stały się m.in. obiekty zabytkowe. W artykule został opisany proces digitalizacji i modelowania architektonicznych obiektów zabytkowych. Autor opisuje możliwości i sposoby wykorzystania oprogramowania niezbędnego do tworzenia trójwymiarowych obiektów wirtualnych wykorzystywanych w procesie projektowania konserwatorskiego. Przedstawia podstawowe zasady oraz narzędzia niezbędne do definiowania przestrzeni wirtualnej.

Abstract

The turn of the 20th and 21st century was the beginning of a new era of technology and computer science.

The development of those disciplines significantly influence the possibilities and range of cultural heritage protection.

The possibility of digital recording created a virtual world, which encompassed e.g. historic monuments as its part. The article describes the process of digitalising and modelling architectonic objects of historical value. The author describes the possibilities and ways of using the software indispensable for creating three-dimensional virtual objects used in the process of conservation designing, and presents the essential principles and tools necessary to define virtual space.