



## **WIZUALIZACJA - ELEMENT WARSZTATU WSPÓŁCZESNEGO ARCHITEKTA**

### **VISUALIZATION – THE ELEMENT OF CONTEMPORARY ARCHITECT'S WORKSHOP**

**Małgorzata Rogińska-Niestuchowska**  
dr inż. arch.

Politechnika Gdańska  
Wydział Architektury  
Katedra Sztuk Wizualnych

#### **STRESZCZENIE**

Artykuł dotyczy wizualizacji architektonicznej jako realistycznej prezentacji projektu za pomocą grafiki komputerowej. Został tu przedstawiony w zarysie zakres problematyki, z którą styka się użytkownik programów komputerowych w kolejnych etapach tworzenia wirtualnego obrazu. Wiele zagadnień wykracza poza zakres przygotowania przeciętnego architekta. Intencją autorki jest wskazanie obszaru wiedzy, która powinna być dostępna dla studenta w programie studiów, aby nie był on skazany na samodzielne jej odkrywanie.

Słowa kluczowe: CAD, wizualizacja architektoniczna, modelowanie 3D, rendering

#### **ABSTRACT**

This article relates to architectural visualization, as a realistic presentation of the design, using computer graphics. During the steps of creating a virtual image, the user of computer programs must deal with a range of problems. A lot of them go beyond the skills of the average architect. The intention of the author is to show the area of knowledge, which should be available to student in the program of study, in order that he needn't explore it by himself.

Keywords: CAD, architectural visualization, 3D modeling, rendering

#### **O AUTORZE:**

Autorka prowadzi zajęcia z przedmiotu Techniki komputerowe w projektowaniu na Wydziale Architektury PG. Interesują ją inspiracje światłem w projektowaniu architektonicznym.

## 1. WPROWADZENIE

Zarówno w procesie projektowania, jak i w prezentacji wyników pracy architekta najistotniejsze znaczenie ma obraz, wizualizacja<sup>1</sup>, czyli przedstawienie projektowanych obiektów metodami graficznymi. Do niedawna warsztatem pracy architekta była deska kreślarska i ogromne znaczenie odgrywały posiadane zdolności rysunkowe oraz umiejętności graficzne projektanta dla przedstawienia wizji projektowych. Dziś również nie należy ich bagatelizować, gdyż są niezbędne np. we wstępnej fazie projektowania - umożliwiają najszybsze przelanie rodzącego się pomysłu na papier i jego wstępną weryfikację oraz pozwalają na łatwą, bezpośrednią komunikację w trakcie całego procesu inwestycyjnego zarówno z inwestorem, jak i współpracownikami, branżystami wykonawcą. Jednak w zasadniczych fazach projektowania podstawowym narzędziem projektanta stał się komputer wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem przeznaczonym do wykonywania konkretnych zadań projektowych.

Stymulatorem procesu komputeryzacji projektowania architektonicznego jest bardzo szybki rozwój informatyki. Grafika komputerowa, która zajmuje się generowaniem obrazów metodami cyfrowymi, jest jedną z trzech dziedzin informatyki zajmujących się obrazem obok przetwarzania obrazów<sup>2</sup> i rozpoznawania obrazów<sup>3</sup>. Znajduje ona szerokie praktyczne wykorzystanie: od informatyki<sup>4</sup>, poprzez zastosowania prezentacyjne, wizualizację informacji, zastosowania biurowe, wspomaganie prac inżynierskich (CAD/CAM), symulację i wirtualną rzeczywistość, poligrafię i skład drukarski<sup>5</sup>, kartografię i systemy informacji przestrzennej GIS, medycynę, aż po przemysł rozrywkowy. To wykorzystanie grafiki komputerowej w kinematografii i grach komputerowych przyczyniło się do ogromnego rozwoju programów komputerowych służących generowaniu realnych fizycznie i fotorealistycznych obrazów, wykorzystywanych obecnie powszechnie do wizualizacji projektów architektonicznych. Grafika komputerowa stała się nieocenionym narzędziem w pracowniach urbanistów i architektów, a także architektów krajobrazu i projektantów wnętrz.

Komputerowa wizualizacja architektoniczna jest sposobem przedstawiania projektu poprzez wykorzystanie komputerowej grafiki trójwymiarowej w celu ukazania realistycznej wizji zrealizowanego projektu. Pierwszym etapem jest stworzenie trójwymiarowego geometrycznego modelu opracowywanej przestrzeni, zwykle w grafice wektorowej i w oparciu o rysunki 2D. Następnym etapem jest przyporządkowanie poszczególnym powierzchniom odpowiednich tekstur, które mają za zadanie imitować wygląd i naturalne właściwości materiałów. Kolejną czynnością jest wybranie kadru i przygotowanie konkretnej sceny, poprzez ustawienie kamery, skadrowanie widoku oraz - najbardziej istotne dla końcowego efektu wizualizacji - ustawienie oświetlenia. Ostatnia faza renderingu to proces w którym komputer oblicza akcję światła (odbicia, rozpraszanie, przenikanie, refrakcja...) w przygotowanej scenie, aby otrzymać realistyczny obraz uzyskiwany w technice rastrowej.

---

<sup>1</sup> W szerokim pojęciu wizualizacja to rodzaj komunikacji, posługującej się grafiką w przedstawieniu danych oraz związków między nimi zachodzących. Z założenia powinna być ona czytelna dla jak największej grupy odbiorców.

<sup>2</sup> Przetwarzanie obrazów to dziedzina informatyki zajmująca się reprezentacją obrazów w postaci cyfrowej oraz ich obróbką za pomocą przekształceń algorytmicznych.

<sup>3</sup> Rozpoznawanie obrazów to dziedzina informatyki zajmująca się metodami zmiany treści obrazu na opis, w celu jego dalszej obróbki.

<sup>4</sup> Tworzeniu środowiska graficznego programów czyli tzw. graficznego interfejsu użytkownika (ang. Graphical User Interface – GUI)

<sup>5</sup> systemy DTP

## 2. MODEL PRZESTRZENNY

### 2.1. Prezentacja przestrzeni trójwymiarowej

Językiem programów komputerowych do wspomagania prac inżynierskich (CAD/CAM) jest grafika inżynierska, której zapis można nazwać językiem technicznym inżynierów i architektów. Grafika inżynierska opiera się na prawach i ustaleniach geometrii. Wykorzystuje teorię aksjomatów, model geometrii euklidesowej, dwu- i trójwymiarową przestrzeni kartezjańską. W grafice inżynierskiej znajduje zastosowanie geometria wykreślna, która jest teoretyczną podstawą sporządzania graficznych zapisów konstrukcji stosowanych w technice. Jej przedmiotem są metody odwzorowań obiektów przestrzennych na płaszczyźnie - rzutowanie. Wykorzystywane są dwa podstawowe rodzaje rzutów: rzutowanie równoległe (rzut prostokątny Monge'a i rzut aksonometryczny) oraz rzutowanie środkowe. Rzuty prostokątne stosowane są w profesjonalnym, technicznym zapisie projektu. Rzut aksonometryczny wykorzystywany jest w praktyce handlowej i komercyjnej, gdyż jest powszechnie zrozumiały dla osób bez wykształcenia technicznego. Rzut środkowy, czyli perspektywiczny służy do tworzenia fotorealistycznych obrazów oraz do symulacji i animacji przestrzeni wirtualnej.

### 2.2. Modelowanie obiektów

Modelowanie w grafice 3D to tworzenie i modyfikacja obiektów trójwymiarowych za pomocą programu komputerowego. Modelowanie w grafice wektorowej, ze względu na szerokie wykorzystanie oraz możliwość współpracy ze specjalistycznymi programami obliczeniowymi, dąży do stworzenia prostego i efektywnego systemu, który daje możliwość definicji kształtu za pomocą minimalnej liczby parametrów i umożliwia jego modyfikację w wybranym fragmencie. Obiekty modelowane w grafice 3D to krzywe, powierzchnie i bryły.

Krzywa Bézier'a, która swą nazwę zawdzięcza twórcy pierwszego systemu modelowania dla komputerowego wspomagania projektowania<sup>6</sup>, stała się punktem wyjścia do tworzenia coraz doskonalszych systemów modelowania dowolnych krzywych i powierzchni. Modelowanie NURBS (ang. Non-Uniform Rational B-Spline<sup>7</sup>) określa matematycznie najbardziej elastyczną metodę przedstawienia krzywych i powierzchni. Wykorzystuje nierównomierne, wymierne krzywe B-sklejane<sup>8</sup> do tworzenia powierzchni B-sklejanych, o dowolnych kształtach (z możliwością konstruowania również krzywych i powierzchni stożkowych), łatwych w modyfikacji<sup>9</sup>. Przykłady innych sposobów modelowania krzywych i powierzchni to krzywe i powierzchnie Hermite'a, Płaty Coonsa (definiowane za pomocą czterech powierzchni brzegowych), powierzchnie Gordona

<sup>6</sup> Pierwszy system modelowania geometrycznego na użytek komputerowego wspomagania projektowania rozpoczął pracę w latach sześćdziesiątych XX wieku w fabryce Renault. Jego twórcą był P. Bézier.

<sup>7</sup> B-spline — krzywe B-sklejane, parametryczne krzywe, które są złożone z wycinków krzywych wielomianowych, Rational — krzywe wymierne, zdefiniowane we współrzędnych jednorodnych,

Non-uniform — cecha krzywej B-sklejanej: węzły krzywej nie muszą być rozmieszczone równomiernie.

<sup>8</sup> Wymierne krzywe B-sklejane łączą cechy krzywych Béziera i krzywych B-sklejanych, ich zalety to:

- konstrukcja krzywej B-sklejanej może być opisana wielomianami, których stopień nie zależy od liczby punktów kontrolnych,

- wpływ punktu kontrolnego na kształt krzywej istnieje tylko w zakresie lokalnym, dodatkowo wagi każdego punktu kontrolnego pozwalają na precyzyjne lokalne zmiany kształtu krzywej,

- krzywe wymierne dają możliwość wykreślenia dowolnej krzywej stożkowej,

- krzywe wymierne są niezmiennie względem przekształceń obrotu, skalowania i przesunięcia oraz przekształcenia perspektywicznego punktów kontrolnych.

<sup>9</sup> Każdy biegun siatki kontrolnej wpływa na kształt powierzchni tylko w ograniczonym stopniu, a siatka kontrolna jest analogiczna do wieloboku kontrolnego krzywej B-sklejanej

(będące uogólnieniem płatów Coonsa) oraz płaty trójkątne (w postaci powierzchni Béziera i B-sklejanej).

Zastosowanie programów CAD/CAM w symulacjach na bazie wirtualnych modeli wymagało opracowania obiektów przestrzennych, które reprezentują pewne cechy fizyczne np. możliwość rozgraniczenia powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych, generowanie przekrojów, wyznaczanie położenia środka ciężkości czy objętości obiektu. Wymagają one również możliwości łatwej edycji oraz przechowywania opisu. Konstruktywna geometria brył (ang. CSG –constructive solid geometry) jest metodą modelowania przestrzennego polegająca na definicji obiektu jako wyniku operacji boolowskich (suma, różnica, iloczyn) na innych bryłach – prymitywach<sup>10</sup>. Aby zdefiniować obiekt trzeba podać z jakich elementów (prymitywów) jest on zbudowany oraz w jaki sposób tzn. podać drzewo operacji koniecznych do uzyskania obiektu. (Obiekt jest zapisywany jako drzewo o odpowiedniej budowie, z określonymi operacjami w węzłach i prymitywami w liściach). Inną metodą modelowania brył jest reprezentacja z przesunięciem (ang. sweep), która buduje obiekt przez przesunięcie przekroju wzdłuż pewnej trajektorii (ścieżki). Obiekt tworzą wszystkie punkty znajdujące się na drodze przekroju.

Fraktale stosuje się w grafice komputerowej do modelowania kształtu obiektów naturalnych wykazujących samopodobieństwo. Przykładem może być modelowanie krajobrazu. L-systemy (nazwane także L-układami) służą natomiast do opisu wzrostu roślin. Elementy roślin (gałęzie, liście itp.), które zachowują samopodobieństwo i podlegają pewnym regułom związanym z rozwojem i wzrostem rośliny, są bardzo trudne do wygenerowania klasycznymi metodami modelowania (np. CSG lub reprezentacją powierzchniową).

### 3. TEKSTURY

Nakładanie tekstury na powierzchnie obiektów ma na celu zwiększenie realizmu generowanych obrazów poprzez nadanie im pewnych cech jak:

- barwa i wzór,
- właściwości związane z obróbką i wykończeniem powierzchni,
- odbiciem lub przenikaniem światła.

Polega ono na odwzorowaniu obrazu (mapy) na powierzchni materiału, jest więc techniką szybszą i efektywniejszą niż definiowanie „rzeczywistych” właściwości powierzchni. Nie jest to tylko nałożenie obrazu – zdjęcia, bo poprzez nałożenie odpowiedniej tekstury możemy także zmienić pewne postrzegane właściwości materiału jak:

- odwzorowanie wzoru i przeniesienie mapy barw na powierzchnię (zdjęcie)
- odwzorowanie cech zależnych od obserwatora (sceny), związanych z kierunkiem oświetlenia lub samym obiektem (anizotropia),
- odwzorowanie zmieniające geometrię powierzchni materiału.

Oczywiście zmiana cech obiektu jest pozorna ale nałożenie tekstury powoduje powstanie wrażenia zgodnego z oczekiwaniem - podczas renderingu efekt padania promieni światła na ścianki obiektu informuje nas o rodzaju powierzchni (gładkiej, porowatej, połyskującej, lustrzanej czy przezroczystej)<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Prymityw w grafice komputerowej oznacza element, z którego buduje się bardziej skomplikowane obiekty (np. odcinek, figura geometryczna, bryła). W tym przypadku chodzi o najprostsze bryły geometryczne jak prostopadłościan, ostrosłup, kula, walec, stożek itp.

<sup>11</sup> Np. tekstura wypukłości (z przypisaną mapą 'bump') modyfikuje kierunek wektorów normalnych pojedynczych poligonów powierzchni. Interpretacja zmienionych kierunków wektorów przez źródło światła daje efekt

## 4. ŚWIATŁO I BARWA W GRAFICE KOMPUTEROWEJ

### 4.1. Efekty działania światła

Światło jest definiowane przez następujące wielkości fizyczne:

- strumień świetlny<sup>12</sup>,
- światłość<sup>13</sup>,
- luminacja - odpowiada pojęciom jaskrawości (dla obiektów emitujących światło) i jasności (dla obiektów odbijających).<sup>14</sup>

Barwy, faktury i inne właściwości obiektów postrzegamy dzięki temu, że przedmioty te są oświetlone lub same emitują światło. Każda powierzchnia reaguje we właściwy sobie sposób na padające na nią światło. Mogą zachodzić niezależne zjawiska: odbicie światła i przenikanie światła (dla materiałów przezroczystych) oraz pochłanianie. Rozróżniamy odbicie kierunkowe (lustrzane) lub rozproszone (dyfuzyjne). Odbicie rzeczywiste od powierzchni materiału jest zjawiskiem złożonym, zawsze zachodzą oba przypadki (kierunkowe i rozproszone) i jednocześnie odbicie lustrzane nie występuje w postaci idealnej, dodatkowo może występować składowa odbicia powrotnego w kierunku, z którego padało światło (ang. glossy – odbicia połysku). Analogiczne przypadki można wyróżnić rozpatrując załamanie promieni. Wiele powierzchni odbija światło w sposób anizotropowy - zależny od położenia powierzchni względem źródła światła.<sup>15</sup>

Luminancja oświetlonej powierzchni zależy od współczynnika odbicia światła danego materiału oraz ilości i jakości światła, które na nią pada. Może być ona modyfikowana przez kąt nachylenia powierzchni w stosunku do źródła światła oraz odległością i kierunkiem patrzenia z pozycji obserwatora. Jasność oświetlonej powierzchni jest odbierana w relacji z innymi powierzchniami, znajdującymi się w polu widzenia. Rezultatem wielokrotnych odbić światła przez znajdujące się na jego drodze powierzchnie, jest tzw. światło otoczenia („ambient light”). To dodatkowe światło, z którym w naturze zawsze mamy do czynienia, może zmieniać jasność oświetlanych powierzchni. Światło i cień na powierzchniach to również efekty działania światła.

### 4.2 Barwa

W grafice komputerowej używane jest pojęcie barwa na określenie wrażeń wzrokowych (dotyczących koloru) wywołanych w mózgu przez promieniowanie padające na receptory oka. Atrybuty barwy to:

- odcień barwy (ton, walor) – wrażenie związane z konkretną długością fali
- nasycenie – „wymieszanie” z barwą białą (0 – 100%)
- jasność (luminacja) – wrażenie związane z wielkością strumienia świetlnego (skala umowna 0–1)

---

'wypukłości. W przypadku mapy nierówności ('displacement') dochodzi do zwiększenia ilości poligonów, a zarazem wektorów. Zmiana kierunków wektorów w nowo utworzonych poligonach wymusza zmianę ich położenia, a co za tym idzie - zniekształca siatkę obiektu. W wyniku tego otrzymujemy zniekształcenia, które są w stanie rzucać prawidłowe cienie.

<sup>12</sup> Strumień świetlny jest podstawową wielkością fotometryczną, opisuje ilość energii przenoszonej przez fale świetlne w jednostce czasu, dotyczy przede wszystkim źródła światła, ale również światła odbitego.

<sup>13</sup> Światłość to gęstość kątowna strumienia świetlnego. Jednostką światłości jest kandela

<sup>14</sup> Są to wrażenia bardzo subiektywne, dodatkowo zależą od czynników zewnętrznych jak jasność tła, stan adaptacji oka.

<sup>15</sup> Np. powierzchnia drewna odbija światło zależnie od kąta między kierunkiem padania a kierunkiem słoików na przekroju, polerowana powierzchnia metalu odbija światło zależnie od kąta między padającym promieniem a kierunkiem obróbki.

Dla projektanta konieczna jest świadomość, że jakość i ilość światła jest szczególnie ważna dla oddania koloru, gdyż kolory są postrzegane jako wypadkowa wartość ich jasności. Dlatego kolor powinien być wprowadzany do przestrzeni architektonicznej przy jednoczesnym kontrolowaniu kompozycji pod względem jasności. Różnica jasności barw jest tak samo ważna jak różnica barw w wizualnej percepcji przestrzeni. Jasność koloru wpływa na percepcję głębokości przestrzennej i pozorną lokalizację przestrzenną. Ciemny kolor może zostać rozjaśniony dużą ilością światła.

Większość światła, które odbieramy w otaczającej nas przestrzeni jest światłem odbitym. W rezultacie odbicia światła część promieniowania jest pochłaniana przez powierzchnie, a reszta odbijana. Różnice w kolorze światła zmieniają wygląd koloru na powierzchni. W konsekwencji rzadko widzimy czyste kolory, otoczenie jest pełne odcieni barw, jako rezultat różnych właściwości odbijających powierzchni odpowiadających na różny kolor światła.

## 5. RENDERING SCEN TRÓJWYMIAROWYCH

Rendering trójwymiarowych scen wykonanych w programach do tworzenia grafiki 3D wykonywany jest za pomocą specjalnych programów (rendererów) wykorzystujących specjalne algorytmy do obliczania drogi światła w przestrzeni. Mogą działać wewnątrz oprogramowania do tworzenia grafiki 3D<sup>16</sup> lub jako niezależne programy wykorzystujące do wykonania renderingu odpowiedni zapis sceny<sup>17</sup>.

Efekty najbardziej zbliżone do realnego działania światła można uzyskać dzięki metodzie śledzenia promieni (Raytracing). Polega ona na analizie przebiegu promieni między obserwatorem a źródłem światła.<sup>18</sup> Promień biegnący od obserwatora (tzw. promień pierwotny) napotyka na swojej drodze dowolny obiekt wywołuje określoną reakcję – generuje powstawanie tzw. promieni wtórnych - odbitych lub załamanych - w zależności od rodzaju napotkanej powierzchni. Wyznaczane są również tzw. promienie cienia w kierunku każdego źródła światła, nazywane też promieniami oświetlenia. Rozwój metody śledzenia promieni polegał na dodawaniu coraz bardziej skomplikowanych przypadków, które mogą się pojawić na drodze promienia pomiędzy źródłem a obserwatorem. Istnieje kilka różnych wersji realizacji tego algorytmu:

- Śledzenie klasyczne (Whitteda) – polega na analizie pojedynczego promienia w kierunku od obserwatora do źródła światła,
- Śledzenie stochastyczne - promienie wysyłane są na zasadzie próbkowania pewnego obszaru, odbicie lub załamanie światła jest modelowane na zasadzie funkcji prawdopodobieństwa, która określa kierunek odbicia lub załamania promienia.
- Śledzenie dwukierunkowe - analiza przeprowadzana jest w dwu kierunkach: od obserwatora i od źródła światła.
- Mapowanie fotonowe (Jensena) - jest śledzeniem dwukierunkowym, rozszerzonym o tworzenie pośrednich źródeł światła na powierzchniach rozpraszających.

Algorytmy do obliczeń oświetlenia lokalnego, gdzie obiekty oświetlane są wyłącznie bezpośrednio przez źródło światła są znacznie prostsze niż te, do obliczania oświetlenia globalnego (Global Illumination) – czyli modelu oświetlenia, w którym każdy obiekt na scenie oświetlany jest zarówno przez światło emitowane bezpośrednio ze źródła światła,

<sup>16</sup> jak w programach 3DS Max, LightWave 3D, Blender

<sup>17</sup> np. Mental Ray, V-ray, Maxwell render, czy POV-Ray

<sup>18</sup> Analiza „drogi światła” prowadzi się od obserwatora (kamery – środka rzutowania) do obiektów na scenie – w kierunku przeciwnym do rzeczywistego rozchodzenia się światła, stąd używana jest też nazwa metoda (śledzenia) promienia odwrotnego.

jak również przez światło odbite od innych obiektów na scenie. Przykłady złożonych rendererów do obliczania oświetlenia globalnego to:

- Path tracing (algorytm Monte Carlo) – analizuje losowo wybrane ścieżki promieni światła, aby wyznaczyć aproksymację globalnego rozkładu światła, posiada możliwość łatwego modelowania promieniujących powierzchni (w metodzie Raytracing rozważane są jedynie światła punktowe)
- Photon mapping (technika map fotonowych) – technika symulowania realistycznego oświetlenia - z obszarów w których znajdują się źródła światła, w różnych kierunkach "emitowane" są "fotony" (w liczbie kilkudziesięciu tysięcy lub milionów) i badane się ich interakcje ze sceną typowymi metodami śledzenia promieni,
- Radiosity (metoda bilansu energetycznego) - wyznacza globalny rozkład natężenia światła uwzględniając pochłanianie i odbicia światła jakie mają miejsce na wszystkich powierzchniach znajdujących się na scenie,
- Metropolis Light Transport.

Dodatkowe logarytmy:

- Caustic - pozwala na zobrazowanie wielokrotnych odbić i wzmocnień światła w wodzie i szkłe (np. migoczące światła na dnie basenu)
- Area shadows - pozwala na uzyskanie prawidłowych cieni uwzględniających wielkość emitera światła.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawiłam zarys zagadnień, z którymi styka się architekt - użytkownik programów komputerowych, podczas tworzenia wizualizacji projektu. Uwzględniając kwestie związane z wykonaniem wektorowego modelu 3D oraz statycznego obrazu rastrowego, pominęłam problemy dotyczące deformacji, animacji i zapisu obrazu oraz jego przetwarzania, jako wychodzące poza ramy tego opracowania.

Znajomość podstaw geometrii i zasad rzutowania jest niezbędna do poruszania się w przestrzeni trójwymiarowej nie tylko tej określonej wirtualnie. Aby świadomie wykorzystać możliwości systemów modelowania CAD należy poznać ich filozofię oraz elementy (prymitywy), którymi się posługują. Dotyczy to między innymi elastycznych modelerów dowolnych krzywych i powierzchni typu NURBS, gdzie znaczącą pomocą w praktycznym opanowaniu modelowania jest poznanie matematycznych podstaw wyznaczania krzywych Bézier'a oraz B-sklejanych. Znajomość podstaw grafiki komputerowej z elementami programowania znacząco wpływa na jakość komunikacji z programami graficznymi.

Aby tworzyć fotorealistyczne obrazy rzeczywistości wirtualnej o walorach estetycznych potrzebny jest odpowiedniej klasy program renderujący oraz umiejętność wnikliwej obserwacji otoczenia i odczuwania jego piękna. Niezbędna jest również szeroka wiedza dotycząca teorii widzenia, odbioru barwy, wizualnej percepcji, właściwości i zjawisk fizycznych dotyczących światła, rodzajów jego źródeł, znajomość właściwości różnych materiałów (np. nowoczesnych materiałów wykończeniowych) oraz szeregu metod i sposobów symulacji tych zagadnień wykorzystywanych w grafice komputerowej.

Rozwój oprogramowania komputerowego dąży do uproszczenia interfejsu użytkownika, a coraz bardziej wydajne komputery, są w stanie sprawnie wykonywać obliczenia związane z symulacją drogi światła, co w konsekwencji daje możliwość wykonywania fizycznie poprawnych wizualizacji komputerowych szerszemu gronu użytkowników oprogramowania. Jednak, aby zaprojektować i wygenerować atrakcyjne wizualnie obrazy, potrzebna jest umiejętność budowania sceny i przewidywania możliwych do otrzymania efektów zarówno w przestrzeni jak i na jej płaskim obrazie. Możliwość współpracy architekta ze specjalistami w dziedzinie grafiki komputerowej nie powinna

zwalniać go z podstawowej znajomości tego warsztatu, gdyż jako autor projektu ponosi on odpowiedzialność nie tylko za jakość renderingu ale przede wszystkim projektowanej architektury.



Il. 1. Przykłady prac studenckich zrealizowanych na Wydziale Architektury PG w ramach zajęć Wizualizacja obiektów architektonicznych w programie 3D STUDIO Viz pod kierunkiem mgr inż. arch. Tomasza Kamińskiego

## BIBLIOGRAFIA:

- [1] Birn J.: Cyfrowe oświetlenie i rendering, Wyd. II, Helion 2007
  - [2] Jankowski M.: Elementy grafiki komputerowej, WNT 2006
  - [3] Kiciak P., Podstawy modelowania krzywych i powierzchni, Wyd. II, WNT 2005
  - [4] Kudrewicz J., Fraktale i chaos, Wyd. IV, WNT 2007
  - [5] Michel L., Light: The Shape of Space. Designing with Space and Light, Van Nostrand Reinhold, New York 1996
  - [6] Pastuszek W.: Barwa w grafice komputerowej, PWN 2000
  - [7] Pharr M., Humphreys G.: Physically Based Rendering, from Theory to Implementation, Morgan Kaufmann 2004
  - [8] Popek S., Barwy i psychika, Wydawnictwo UMCS lublin 2001
  - [9] Zabrodzki J.: Grafika Komputerowa, metody i narzędzia, WNT 1994
- Strony internetowe:
- [10] FORUM 3D [www.forum3d.pl](http://www.forum3d.pl)
  - [11] MAX3D [www.max3d.pl](http://www.max3d.pl)
  - [12] ACM SIGGRAPH: [www.siggraph.org](http://www.siggraph.org)
  - [13] EUROGRAPHICS: [www.eg.org](http://www.eg.org)