4

KOMPUTERYZACJA – SZANSA CZY ZAGROŻENIE DLA NASZEJ WYOBRAŹNI

ARCH-ECO
NR 4 (2019) Komputeryzacja – szansa czy zagrożenie dla naszej wyobraźni

REDAKTORZY NAUKOWI
dr hab. inż. arch. Mateusz Gyurkovich, prof. PK
dr inż. arch. Wojciech Sumlet

RECENZENCI
dr hab. inż. arch. Justyna Kobylarczyk, prof. PK
dr hab. inż. arch. Dominika Kuśnierz-Krupa, prof. PK
dr hab. inż. arch. Patrycja Haupt
dr inż. arch. Elżbieta Kusińska

REDAKTOR SERII (ARCH-ECO 1-5)
dr hab. inż. arch. Patrycja Haupt

AUTORZY
Adrianna Kaczor
Michał Kołodziej
Tomasz Obara
Agnieszka Olearczyk
Jakub Pagacz
Dawid Stanek
Karol Wawrzkiewicz
Justyna Wojanek
Wojciech Wojas

SKŁAD, ŁAMANIE, PROJEKT OKŁADKI
Małgorzata Murat-Drożyńska

Katedra Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego

© Copyright by Politechnika Krakowska

ISBN 978-83-953573-3-6

SPIS TREŚCI

Słowo wstępne 5

MICHAŁ KOŁODZIEJ
Cyfrowe narzędzia a zawód architekta 7

WOJCIECH WOJAS
Korzyści wynikające z zastosowania robotyki w architekturze 17

JAKUB PAGACZ
Co zmieni sztuczna inteligencja w architekturze? 29

KAROL WAWRZKIEWICZ
Parametryzm 3x 37

AGNIESZKA OLEARCZYK
Komputerowa popkultura, czyli wpływ technologii na sztuki współczesne 47

TOMASZ OBARA
Wizualizacje komputerowe i VR vs. rysunek odręczny 65

STANEK DAWID
Komputeryzacja - szansa czy zagrożenie dla naszej wyobraźni? 75

ADRIANNA KACZOR
Rozwój technologii komputerowej 89

JUSTYNA WOJANEK
Nowy wymiar wizualizacji w perspektywie postępującego rozwoju nowoczesnych technologii 97

Podsumowanie i wnioski 109

SŁOWO WSTĘPNE

Czwarty tom serii „Arch–Eco" zatytułowany „Komputeryzacja – szansa czy zagrożenie dla naszej wyobraźni" podejmuje problematykę dotyczącą zdominowaniu każdej niemal dziedziny ludzkiej działalności poprzez wszechobecną informatyzację. Publikacja ta stanowi zbiór tekstów na temat przekształceń zachodzących we współczesnym środowisku pracy człowieka, w szczególności warsztatu architekta i urbanisty, ale także omawia problematykę związaną z obecnością technik cyfrowych we współczesnej sztuce.

Artykuły prezentowane w książce były przedstawiane podczas dwóch ogólnopolskich konferencji z cyklu „Arch–Eco" organizowanych przez Katedrę Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej. Wypowiedzi studentów, doktorantów, a także naukowców łączy wspólny obszar zainteresowań transformacji zachodzących w wykonywaniu zawodów związanych z kształtowaniem przestrzeni architektoniczno-urbanistycznej oraz z realizacją zmieniających się w tym zakresie potrzeb człowieka. Dyskurs prowadzony jest przez przedstawicieli różnych środowisk – architektów, urbanistów, inżynierów środowiska, rehabilitantów przez co ma charakter interdyscyplinarny.

Wypowiedzi uczestników podejmują tematykę od ogólnej – rozwoju technologii cyfrowej do szczegółowych aspektów związanych z działalnością i warsztatem architekta. Począwszy od fazy koncepcyjnej, gdzie dla zaprezentowania autorskiej wizji mamy coraz doskonalsze narzędzia wizualizacji, poprzez techniki BIM pozwalające na zarządzanie projektem, aż do projektowania parametrycznego, które ułatwia nam wprowadzenie w przestrzeń skomplikowanych struktur możliwych do zapisania i precyzyjnego wykonania jedynie z pomocą algorytmów wykonywanych przez komputer. Tematem rozważań stały się nie tylko aspekty techniczne, ale również dylematy etyczne zawodu takie jak wartość pracy odręcznej, idei przekazywanej za pomocą autorskiej kreski. Całość ukazano na tle narzędzi cyfrowych, jakie wykorzystywane są współcześnie przez inne sztuki wizualne oraz ich wpływ na percepcję sztuki.

Celem publikacji jest opisanie sposobów współczesnego wykorzystania technik cyfrowych w środowisku pracy, a także dylematów z nimi związanych na podstawie przebiegających obecnie procesów transformacji. Przedmiotem książki są również rozważania nad właściwym kierunkiem przekształceń w środowisku pracy, a także nad możliwymi dalszymi działaniami interdyscyplinarnymi na tym polu.

Patrycja Haupt

MICHAŁ KOŁODZIEJ

CYFROWE NARZĘDZIA A ZAWÓD ARCHITEKTA

Wprowadzenie

Rozwój technologii wpłynął na transformację warsztatu pracy architekta oraz projektowania architektury. Zmiany, które zaszły w dzisiejszej architekturze, można zestawić ze średniowiecznym odkryciem perspektywy[1]. Połączenie nauki i sztuki na zawsze zmieniło sposób myślenia i odczuwania – możliwości modelowania, symulacji i graficznego przedstawiania zapisu przestrzeni przyczyniły się do stworzenia przez architektów form o dowolnej strukturze i geometrii. Architektura projektowana w taki sposób poszukuje nowych rozwiązań technologicznych i materiałowych. Do niedawna komputer służył przede wszystkim do uzyskiwania dokumentacji projektowej, zaś szybki rozwój technologii i rewolucja informatyczna umożliwiły wykorzystanie tego narzędzia do bardziej zaawansowanych zadań, takich jak analizy i obliczenia projektowe. To właśnie one gruntownie zmieniły metodykę i tryb pracy architekta. Coraz bardziej popularne staje się łączenie architektury z niekonwencjonalnymi dziedzinami nauk i technologii, czego wynikiem jest powstawanie nowych metod projektowania, integracja programów projektowych. Daje to nowe możliwości budowania obiektów o niespotykanych, kreatywnych kształtach. Cyfrowe narzędzia w warsztacie architekta przestają być tylko instrumentami rysunkowymi lecz biorą udział w kreacji, w roli uczestników i współtwórców. Czy więc w obliczu nowoczesnych technologii zniknęło miejsce tradycyjnych narzędzi projektowych, takich jak rysunek odręczny? Czy architekt jest wciąż tylko architektem?

[1] K. Januszkiewicz, *O projektowaniu architektury w dobie narzędzi cyfrowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010, s. 5.

Zarys rozwoju narzędzi cyfrowych i ich zastosowania w projektowaniu architektonicznym

Rozwój technologii cyfrowych przyczynił się do zmiany postrzegania budynków i myślenia o nich, ich projektowania i realizacji. Komputer, który zdominował współczesny warsztat pracy architektów, wykorzystywany jest nie tylko jako narzędzie do opracowania wizualnej reprezentacji projektu, ale również do obliczania, analizowania i odnajdywania formy, budowania jej struktury. Na takie opracowanie projektów pozwalają systemy CAD, CAAD czy CAM, które umożliwiają szybką kreację idei. Jednakże programy komputerowe nie automatyzują całościowo procesu projektowania, pełnią raczej rolę doradcy, podpowiadając architektowi optymalne rozwiązania.

Początek rozwoju technologii komputerowej przyjmuje się na lata 40. ubiegłego stulecia, kiedy rozpoczęto badania nad skonstruowaniem samoliczącej maszyny – przyszłego komputera. Opracowano wtedy kilka matematycznych deskrypcji krzywych dzięki zasłudze Isaaca J. Schoenberga i Roya Liminga[2]. Jednym z inicjatorów opracowania takiego typu urządzenia był David Hilbert, jego kontynuatorem stał się angielski matematyk Alan Turing[3]. Koncepcja dotyczyła programowania i przeprogramowywania numerycznego. Tak nowatorskie podejście było początkiem rozwoju nauk komputerowych. Główny obszar badań naukowców dotyczył wówczas wynalezienia maszyny przetwarzającej i powtarzającej otrzymane informacje. W 1946 r. powstały maszyny ENIAC[4] (Electronic Numerical Integrator and Computer), uważane za pierwsze komputery. Jedna z takich maszyn używana była podczas II wojny światowej przez armię USA do obliczeń tablic balistycznych, badań promieni kosmicznych czy do projektowania bomb atomowych, bazowała na systemie dziesiętnym. Kolejnym etapem rozwoju nauk komputerowych było skonstruowanie urządzenia kontrolowanego numerycznie NC (Numerical Control) oraz opracowanie języka obliczeń numerycznych. Związane było to z przemysłem zbrojeniowym i miało na celu pokonanie ograniczeń produkcji masowej. Pierwszy język programowania wyższego rzędu opracował John Backus w latach 1954-1957 na zlecenie IBM. Stosowany był głównie na potrzeby obliczeń naukowo-inżynierskich. Podobnie jak ENIAC język programowania wykorzystanie znalazł w przemyśle zbrojeniowym. Należy zaznaczyć, że to dzięki stale rosnącym potrzebom przemysłu lotniczego, samochodowego oraz okrętowego doszło do osiągnieć

[2] K. Januszkiewicz, *O projektowaniu architektury...*, op. cit., s. 15.

[3] Informacje w oparciu o badania J. Frazera opublikowane w książce *An evolutionary architecture*, Londyn 1995.

[4] Skonstruowany przez J. P. Eckerta i J. W. Mauchly'ego z USA.

w rozwoju grafiki komputerowej. W latach 60. XX wieku powstały pierwsze programy do projektowania powierzchni konstrukcyjnych. Ważne dokonania w tej dziedzinie były zasługą Pierre'a Béziera (Renault), Paula de Casteljau (Citroen), Stevena Ansona Coonsa (MIT/Ford), Jamesa Fergusona (Boeing), Carla de Boora (GM), George'a Davida Birkhoffa (GM) i Mitchella Garabediana (GM)[5]. Opracowali oni podstawy zapisu i przetwarzania cech i przestrzennych warunków projektowanych obiektów. W 1959 r. zapoczątkowano współpracę General Motors i IBM. Prace dotyczyły ujednolicenia pomocy komputerowej w projektowaniu. Efekty działań opublikowano w 1964 r., przedstawiając system DAC-1 (Design Augmented by Computer), pierwszy system bazujący na specyfikacjach dostarczonych przez General Motors. Później powstał CADD Company MCS – system uważany jest dziś za pierwszy system CAD ze względu na zdolność wykonywania przekształceń, transformacji obiektów geometrycznych oraz ich rotacji, możliwych do zobaczenia na konsoli graficznej IBM Alpine. Dokonania znalazły zastosowanie w produkcji samochodów oraz samolotów, jednak wciąż nie zostały wykorzystane w budownictwie i architekturze. Rok 1963 okazał się przełomowy w rozwoju narzędzi cyfrowych wspomagających projektowanie, wówczas Ivan Sutherland z MIT zbudował rewolucyjny program *SKETCHPAD*: *A Man-machine Graphical Communications System* (szkicownik). Przyczyniło się to do rozwoju i zmiany metod interakcji człowieka z maszyną. Na lata 60. i 70. XX wieku przypada okres badań nad modelowaniem 3D, wizualizacjami, projektowaniem analitycznym, pracowano również z systemami generatywnymi oraz symulacją. Nowe narzędzia cyfrowe nie były gotowe jednak do dystrybucji na skalę masową. W tym czasie komputery wykonywały rysunki techniczne względem osi X i Y, wyręczając w ten sposób projektantów. Polskie próby wykorzystania komputerów w projektowaniu architektonicznym przypadają na lata 1967-1968 (obrony prac magisterskich z wykorzystaniem algorytmów optymalizacyjnych). Tak późny udział Polski w badaniach nad użyciem komputera związany był z sytuacją polityczną i separacją Polski przez wpływy radzieckie od świata zachodniego. Gwałtowny rozwój nauk komputerowych oraz upowszechnienie komputerów osobistych PC przyczyniło się do bardziej wszechstronnego ich wykorzystania, zaś w 1982 r. ukazała się pierwsza wersja programu Archicad skierowana do studentów architektury. Najbogatszy okres rozwoju kultury komputerowej przypada jednak na lata 90. Doszło wtedy do popularyzacji programów do wykonywania rysunków 2D oraz modeli bryłowo-powierzchniowych 3D. Do branży trafiły udoskonalone wersje programów projektowych, AutoCAD, ArchiCAD, które stały się nieodzownym atrybutem architekta. Dzięki nowym możliwościom zaczęto

[5] K. Januszkiewicz, *O projektowaniu architektury...*, op. cit., s. 16.

projektować krzywoliniowe formy architektoniczne, wykorzystując krzywą B-Spline oraz powierzchnie NURB8. Możliwości modelowania 3D rozwijały rzeczywistość wirtualną (*Virtual reality*), co dało architektom sposobność prezentacji i ukazania obiektu z punktu widzenia użytkownika. Istotnym wydarzeniem było pojawienie się systemu CAM, który pozwolił na szybką wizualizację modelowanych prototypów oraz późniejszą produkcję masową. Zintegrowany system CAD pozwolił na wymianę informacji z urządzeniami CNC, co umożliwiło wykorzystanie różnorodnych materiałów w budynkach różnej wielkości. W wyniku tego komputer przestał być postrzegany jako narzędzie, ale stał się doradcą i asystentem architekta. Dzisiaj dostępne są wielorakie komercyjne programy komputerowe, odnajdujące zastosowania w projektowaniu architektonicznym i urbanistycznym. Obiektowe programy nowszej generacji, jak Revit, zapewniają nową drogę zapisu idei architektonicznej bazującą na obiektach parametrycznych, co było wykorzystywane wcześniej w programach ArchiCAD czy 3Ds Max. Opracowanie dokumentacji 2D nie stanowi odrębnej czynności, a jest ściśle połączone z pracą nad koncepcją. Narzędzia cyfrowe odnalazły swoje zastosowanie w architekturze i znacznie ułatwiają pracę projektantom, stając się przy tym bezpowrotnie znakiem naszych czasów. Nasuwa się więc pytanie, w jakim kierunku podąży rozwój nauk komputerowych?

Korzyści z narzędzi cyfrowych w projektowaniu

Pomijając oczywistość wykorzystania narzędzi cyfrowych do sporządzania rysunków koncepcyjnych i wykonawczych, a także dokumentacji 2D i prezentacji projektu w postaci wizualizacji, z użytkowania narzędzi cyfrowych płyną również inne korzyści. Mowa tu o generowaniu, analizie i obliczaniu form o złożonych parametrach i geometrii kształtu. Elektroniczne narzędzia cyfrowe wypierają tradycyjny ołówek i stół kreślarski ze względu na możliwość tworzenia wizualizacji, czyli generowania realistycznych modeli 3D. Dodatkowym atutem jest także możliwość tworzenia realistycznych animacji czy krótkich filmów video. Potencjał informatyczny objawia się w umiejętności przeprowadzania operacji numerycznych oraz liczbowych, stosowanych przy tworzeniu zestawień powierzchni czy przy składaniu zamówień na materiały. Korzystanie z narzędzi komputerowych pozwala także operować złożonymi geometriami, przy czym jest stosunkowo proste w obsłudze. Nic więc dziwnego, że wraz z rozwojem nowych technologii zaczęły powstawać budynki uznawane dziś za ikony architektury – projekty Franka Gehry'ego czy Zahy Hadid byłyby praktycznie niemożliwe do zrealizowania bez wykorzystania możliwości płynących z cyfrowego projektowania. Komputer sprawdza się więc tam, gdzie wymagane są precyzyjne rysunki techniczne złożonych form.

Programy projektowe znacznie usprawniają pracę, architekci korzystają z funkcji powielania poszczególnych rozwiązań projektowych, oszczędzając czas i pracę. Kolejnym ich atutem jest możliwość pracy kilku osób na jednym modelu/pliku równocześnie – rzadko kiedy nad projektem pracuje jedna osoba, gdyż są to zazwyczaj duże zespoły łączące fachowców z wielu branż. Systemy komputerowe zrewolucjonizowały również pracę inżynierów, ograniczyły czas potrzebny do przeprowadzenia skomplikowanych obliczeń, co pozwala na szacowanie konstrukcji, ogrzewania czy klimatyzacji. Ukazuje to dobitnie zacierające się granice miedzy architekturą a inżynierią.

Wprowadzenie komputera do biura architekta przyniosło więc mnogość korzyści, związanych z przygotowaniem dokumentacji technicznych, a także dawało wiele nowych narzędzi cyfrowych – model 3D i wizualizacja są już standardem. Skutkiem ubocznym komputerowej rewolucji była jednak redukcja etatów, zaś stół kreślarski przestał być już potrzebny w pracowni architekta.

Edukacja architektoniczna w czasach panowania komputerów

Środowisko pracy architekta zmienia się w szybkim tempie. Zmianie ulega nie tylko warsztat, ale także sposób myślenia i metody projektowania. Niestety program nauczania uczelni architektonicznych nie ulega większym zmianom. Nauczanie innowacyjnych metod projektowania korzystających z technik informatycznych i nowoczesnych technologii jest nadal domeną zaledwie kilku uczelni zagranicznych. W programach nauczania wielu europejskich wydziałów architektury jako narzędzie do rysowania dokumentacji architektoniczno-budowlanej wykorzystywany jest program AutoCAD. Sprawne posługiwanie się tym programem wymaga od studentów pewnej wiedzy teoretycznej z zakresu ścisłych konwencji rysunku budowlanego. Taka polityka uczelni względem studentów powoli ulega zmianie na rzecz promocji programów z rodziny BIM. Biegłość w posługiwaniu się programami graficznymi w dużej mierze zależy od uczelni: programu nauczania, zapewnienia studentom dostępu do darmowych wersji programów projektowych czy graficznych. Niestety, w obliczu braku licencji uczelnianej, student ubiegając się o darmowe wersje programów projektowych, kieruje się bezpośrednio do producenta. Inaczej wygląda sytuacja na zagranicznych wydziałach architektury (na Politecnico di Milano studenci I stopnia dostają od uczelni wszystkie programy w wersji edukacyjnej[6]). Zaskakujący jest dość niski poziom umiejętności obsługi tychże programów w porównaniu do umiejętności polskich studentów architektury, którzy na własną

[6] Autor uczestniczył w wymianie studenckiej na Politecnico di Milano.

rękę muszą zapewniać sobie dostęp do narzędzi cyfrowych; wśród studentów powszechne jest korzystanie z kursów oraz szkoleń w zakresie korzystania z oprogramowania. Chęć doskonalenia warsztatu jest oczywiście czymś naturalnym i wynika ze zrozumienia obecnej sytuacji ciągłego rozwoju narzędzi cyfrowych. Architekt musi dążyć do stałego rozwoju, edukacji i poszerzania horyzontów – nie chodzi tu bowiem tylko o wiedzę z zakresu konstrukcji, budownictwa czy materiałoznawstwa, ale również z zakresu wspomagania komputerowego – programów projektowych oraz graficznych. Nie powinno się jednak edukować przyszłych architektów wyłącznie poprzez skupienie się na rozwoju umiejętności obsługi komputera. Należy pamiętać, że architektura to złożona rzecz i nie wystarczy posługiwać się nowymi technologiami, by projektować budynki przyjazne człowiekowi. Wśród studentów można zauważyć pewnego rodzaju niechęć do zajęć z rysunku odręcznego czy historii architektury, widoczny jest brak świadomości, że są to równie ważne elementy budujące warsztat architekta, jak nowe technologie.

Rysunek jako (nie)zastąpione narzędzie

Nastała era renderingów. Dziś konkursów architektonicznych nie wygrywają projekty, a wykonywane do nich wizualizacje, często wyglądające jak fotorealistyczne zdjęcia. Czy w takim razie odręczny rysunek perspektywiczny odszedł w zapomnienie? O warsztacie pracy architekta jako pierwszy pisał Witruwiusz, podkreślając znaczenie rysunku odręcznego:

Wiedza architekta łączy w sobie wiele nauk i różnorodnych umiejętności [...]*. Wiedza ta rodzi się z teorii i praktyki* [...]. *Teoria zaś jest czynnikiem, który na podstawie biegłości i znajomości zasad proporcji może wyjaśnić i wytłumaczyć stworzone dzieło. Architekt* [...] *musi znać rysunek, aby przy pomocy szkiców łatwo stworzyć obraz zamierzonego dzieła*[7].

Rysunek był główną formą przekazu do czasów, gdy komputer zastąpił stół kreślarski. Wtedy jego rola się zmieniła. Poprzez szkic architekt zapisuje myśli, bada i odkrywa rzeczywistość, rozwija wyobraźnię. Rysunek jest sposobem komunikacji i przekazu idei, a jako tradycyjne narzędzie w warsztacie współczesnego architekta odgrywa bardzo ważną rolę, pozwala zachować indywidualność projektanta, pobudza kreatywność. Zarówno nowe, jak i te tradycyjne narzędzia mają istotną wartość w warsztacie pracy architektów. Dominacja komputerowych środków i instrumentów nad rolą rysunku odręcznego w procesie twórczym projektowania architektury może przyczynić się do utraty indywidualności w procesie twórczym.

[7] Witruwiusz, *O architekturze. Ksiąg dziesięć*, tłum. K. Kumaniecki, Warszawa 1956, s. 11, 12.

Językiem architektury jest szkic. Architekt obecnie nie może być wrogiem szybkich metod komputerowych, jednak musi on wiedzieć, gdzie i w jaki sposób należy stosować te nowoczesne osiągnięcia techniki. Nie można zaprzeczyć, iż w wyniku niekontrolowanego stosowania programów CAD w praktyce indywidualna, oparta na zmysłach, praca projektowa coraz bardziej ulega zapomnieniu. Jednak twórcza działalność oraz animacja są nieodzowne na wszystkich etapach projektowania, jeżeli chcemy uzyskać niezbędną kreatywność. Z tego punktu widzenia konieczne jest zwrócenie uwagi na wagę i istotę rysunku odręcznego[8].

Problem rysunku odręcznego w warsztacie architekta stał się w ostatnim czasie bardzo aktualny. Ma to ścisły związek z powszechnym użyciem komputera jako głównego narzędzia pracy – pomimo swoich wszystkich zalet nie jest on w stanie zastąpić twórczego sposobu kreowania przestrzeni architektonicznej. Rysunek realizuje dwa podstawowe zadania: rozwija i pobudza wyobraźnię przestrzenną oraz jest głównym środkiem przekazu, komunikacji i przepływu informacji[9]. Co więcej, rysowanie z natury pozwala na obserwację przestrzeni, co znajduje swoje odbicie przy projektowaniu architektury. Wykorzystując współczesne narzędzia, obraz projektowanej formy można bardzo szybko uzyskać bez używania ołówka, jednakże nie można ujmować kluczowości roli rysunku przy kształceniu wyobraźni architektów. W dzisiejszych czasach tak ważna jest wiec kwestia, czy rysunek to zastąpione narzędzie? Z pewnością jest wciąż aktualne i choć straciło na ważności to jest niezastąpione w procesie twórczym. Można zauważyć, że perspektywy odręczne są pewnego rodzaju luksusem i stanowią o prestiżu biura. Rysunek odręczny powinien towarzyszyć architektowi na każdymi etapie projektowania, zaczynając od szkiców koncepcyjny, kończąc na prezentacji projektu inwestorowi.

Połączenie narzędzi cyfrowych i narzędzi tardycyjnych w praktyce projektowej

Wśród architektów popularną obecnie praktyką w procesie projektowym jest łączenie narzędzi tradycyjnych i cyfrowych w procesie projektowania. Wielu z nich stopniowo wprowadza nowinki techniczne do swoich biur, co wiąże się z kosztami, jakie trzeba ponieść przy zakupie sprzętu oraz oprogramowania. Każdy dąży do minimalizacji kosztów, korzystając ze starych wersji programów lub ograniczając się tylko do koniecznych narzędzi cyfrowych, łącząc je z tradycyjnymi narzędziami projektowymi. Relacja mózg–ręka–mózg jest nieprzerwanie ważna w procesie

[8] G. Peichl, *Back to the pen – back to the pencil*, Salzburg 2003, s. 7.

[9] A. Białkiewicz, *Współczesny kontekst witruwiuszowskiej teorii rysunku architektonicznego*, „Czasopismo Techniczne" 1-A/2009, s. 16.

projektowym, dlatego bardzo często wykorzystuje się wydruki komputerowe, by nanosić wszelkie korekty i poprawki. Popularne staje się wykorzystanie tabletów graficznych do szkicowania wstępnych koncepcji projektowych. Tworzy to wzajemne związki przenikania nowych technologii z tradycyjnym narzędziem rysunku odręcznego. Najłatwiej rozmawia się z inwestorem przy użyciu ołówka i kartki, szybki szkic bardzo często potrafi wyjaśnić naszą ideę trafniej niż projekt techniczny, wizualizacje i animacje stanowią dopełnienie rysunkowego zapisu przestrzeni. Odręczne rysunki powinny być łączone z komputerowo wygenerowanymi obrazami, dzięki czemu projekty architektoniczne mają sposobność przemawiania językiem architektów, ale również, a raczej przede wszystkim, językiem odbiorców tej architektury – jej obserwatorów. Renderingi nie pobudzają wyobraźni, inaczej jest jednak ze szkicem, który przez swoją wieloznaczność, wielowarstwowość może intrygować widza. Z tego względu należy wykorzystywać i łączyć dostępne media, narzędzia cyfrowe i tradycyjne, posługując się ich atutami, ale też być świadomym wad, jakie posiadają.

Podsumowanie

Wiek XX był dla architektury wiekiem zaawansowanego rozwoju technologicznego, budowlanego czy technicznego. Tradycyjny sposób projektowania został wyparty przez projektowanie komputerowe, co przyczyniło się do realizacji nowatorskich pomysłów architektów i artystów, pozostających wcześniej w sferze marzeń. Współczesne technologie dostarczają wielu narzędzi dostępnych dla architektów, a proces zmian w architekturze odbywa się w błyskawicznym tempie. Czy zmienia się także rola i warsztat pracy architekta? Nowe pokolenia architektów na bieżąco wprowadzają innowacyjne narzędzia i pomoce technologiczne, które usprawniają proces projektowania. Od następców Witruwiusza wymaga się dzisiaj nie tylko bogatej wiedzy branżowej, ale przede wszystkim umiejętności obsługi nowych programów projektowych, wiedzy informatycznej. Posługiwanie się tymi instrumentami powinno odbywać się z dystansem, co pozwoli na tworzenie projektów spójnych architektonicznie zarówno w formie, jak i w treści. W dzisiejszych czasach łatwo zaobserwować nieustanny rozwój nowatorskich metod, dziedzin i sposobów podejścia do projektowania. Nowy wymiar współpracy komputer–człowiek przyczynia się do powstania kierunków w architekturze, gdzie swobodny i nowoczesny wygląd otrzymuje się, bazując na regułach, algorytmach czy parametrach. Twórcza praca z komputerem pozwala na zerwanie ze schematami, przyjętymi regułami i zasadami, łamiąc bariery naszego mózgu. Dominacja technik komputerowych w projektowaniu nad rysunkiem odręcznym jest szansą, ale też i zagrożeniem

dla architektury. Negatywnym skutkiem tego procesu może być utrata indywidualności i kreatywności. Odbija się to też negatywnie na wyobraźni architektów. Brak udziału tradycyjnych narzędzi projektowania wpływa na jakość architektury. Rysowanie jest procesem twórczym, podczas którego architekt wypracowuje odpowiednie proporcje, wyobraża sobie jak będzie wyglądał budynek w przyszłości, dostrzega relacje pomiędzy poszczególnymi elementami. Współcześnie rola rysunku odręcznego jest zatem bardzo istotna w kształtowaniu wyobraźni przestrzennej architektów, stanowi jedną z form przekazu oraz jest sposobem zapisu przestrzeni, myśli. [...] *Zarówno tradycyjne, jak i współczesne narzędzia plastyczne spełniają istotną rolę w zapisie myśli i komunikacji architektów z odbiorcą, dlatego niezwykle ważna jest ich wzajemnie uzupełniająca się rola*[10]. Tak jak podkreśla Beata Makowska, ważne jest, by wykorzystywać zalety rysunku i komputera, współcześni architekci powinni posługiwać się nowymi narzędziami w projektowaniu i realizacji w połączeniu z tradycyjnym ołówkiem i kalką. Zapewnia to kontynuację tradycji w odniesieniu do rozwoju zaawansowanych narzędzi cyfrowych w architekturze.

BIBLIOGRAFIA

[1] Białkiewicz A., *Współczesny kontekst witruwiuszowskiej teorii rysunku architektonicznego*, „Czasopismo Techniczne" 1-A/2009.

[2] Baran M., *Szkic czy wizualizacja*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 2, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.

[3] Bonenberg A., *Rysunek architektoniczny jako kontynuacja tradycji w kontekście rozwoju zaawansowanych narzędzi cyfrowych w projektowaniu*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 1, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.

[4] Ciepłucha W., *Rola cyfrowych narzędzi w projektowaniu architektury*, „Środowisko Mieszkaniowe. Housing Environment" 19/2017.

[5] Frazer J., *An evolutionary architecture*, Londyn 1995.

[6] Helenowska-Peschke M., *Architektura cyfrowa - o miejscu technologii informatycznych w kształceniu architektonicznym*, „Przestrzeń i forma" 11/2009.

[7] Januszkiewicz K., *O projektowaniu architektury w dobie narzędzi cyfrowych*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2010.

[10] B. Makowska, *Szkice i ich rola w twórczym procesie zapisu przestrzeni architektonicznej*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 2, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013,

[8] Makowska B., *Szkice i ich rola w twórczym procesie zapisu przestrzeni architektonicznej*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 2, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.
[9] Makowska B., *Znaczenie szkiców w nauczaniu architektów i rozwijaniu ich warsztatu*, „Czasopismo Techniczne" 4-A/2015.
[10] Marciniak P., *Mój syn ma komputer. Krótka refleksja na temat przemian kulturowych w zapisach przestrzeni*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 1, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.
[11] Peichl G., *Back to the pen – back to the pencil*, Salzburg 2003.
[12] Stolarewicz M., *Komputer jako elektroniczny partner projektowania*, „Architecturae et Artibus" 9(3)/2011.
[13] Witruwiusz, *O architekturze. Ksiąg dziesięć*, tłum. K. Kumaniecki, Warszawa 1956.

WOJCIECH WOJAS

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z ZASTOSOWANIA ROBOTYKI W ARCHITEKTURZE

Triumf rzepy

Spoglądając na panoramę Florencji, nie sposób nie zauważyć katedry Santa Maria del Fiore z jej wręcz ikoniczną, potężną kopułą zaprojektowaną w 1418 roku przez jednego z pionierów architektury renesansu – Filippa Brunelleschiego. Jego budynek, a przede wszystkim wcześniej wymieniona czasza, choć ze względu na konstrukcję klasyfikowana jest ona jako dwupowłokowe sklepienie klasztorne, tworzona była pod presją wielkich ambicji władzy florenckiej. Miała to być najnowocześniejsza konstrukcja, przebijająca swoimi gabarytami rozpiętość kopuły Panteonu w Rzymie (co też uczyniła, przeganiając ją o całe 2,1 metra)[1].

Nie trudno sobie wyobrazić, jak wiele problemów w XV wieku musiał przysporzyć tak zaawansowany i ambitny projekt, który swymi rozmiarami z łatwością może konkurować ze współczesnymi wielkimi realizacjami. Pomijając problemy czysto techniczne, jak transportowanie ogromnej ilości materiałów kilkadziesiąt metrów nad poziom placu, czy też samo planowanie logistyczne całej budowy, największym i najbardziej uciążliwym dla architekta problemem stały się komunikacja werbalna i zrozumienie z ekipą budowlaną.

W ciągu długich lat budowy Brunelleschi spędzał coraz więcej czasu na miejscu prac. Nadzorował produkcję cegieł o różnej formie i wymiarach oraz dbał o dostawę kamienia i marmuru z kamieniołomów. Prowadził całą armię murarzy i kamieniarzy, cieśli, kowali, czołowych naganiaczy, beczkowozów, przewoźników wodnych i innych rzemieślników z całych Włoch. Jak donoszą źródła[2], przez długie

[1] Wymiary średnicy kopuł według informacji zamieszczonej w książce - „Architektura świata" - Wydawnictwo Historia, Bielsko Biała 2011.

[2] Na podstawie artykułu: T. Melleer, *Mystery of Florence's Cathedral Dome May be solved*, http://ngm.nationalgeographic.com/2014/02/il-duomo/mueller-text [dostęp 03.04.2018]

lata budowa kopuły była dla Brunelleschiego praktycznie całym życiem. Aż trudno sobie wyobrazić, aby we współczesnych czasach architekt spędzał na placu budowy każdy dzień, od położenia pierwszego kamienia węgielnego aż po ukończenie dzieła. Niestety w ówczesnych realiach przy podobnym projekcie niemożliwym było, aby architekt wykonał szereg wszystkich potrzebnych rysunków detali każdego z ornamentów, niekonwencjonalnych rozwiązań czy chociażby układu cegieł.

Brunelleschi widząc w kopule dzieło swojego życia, ponad wszystko obawiał się błędów wynikających z niezrozumienia, zaniedbania, czy też braków w dokumentacji projektu. Wypracował więc system, w którym będąc na placu budowy, rzeźbił w bulwie rzepy odpowiedź na każde pytanie nurtujące jego robotników. Każdy warzywny detal, czy też mini-makietę, wzbogacał o szereg jak najdokładniejszych opisów, wymiarów czy sposobu wykonania, by skończona kopuła w jak największym stopniu równała się z jego oczekiwaniami. Po skończeniu każdego z podobnych wykładów zjadał swoje dzieło, zmierzając do kolejnego robotnika, zmagającego się z pozornie niezrozumiałym i nierozwiązywalnym elementem projektu.

Architekci już wtedy darzyli wielką nieufnością robotników na budowie, którzy w większości byli prostymi, niewykształconymi ludźmi. Jak pisze w 1452 roku Leon Battista Alberti w swoim wywodzie "De Re Aedificatoria":

Z pewnością wystarczy, jeśli stworzysz uczciwe Porady i poprawny Projekt, do którego [robotnicy] będą się dostosowywać. Jeśli później zobowiążesz się do nadzorowania i wykonywania Pracy, spotkasz się z olbrzymią trudnością uniknięcia wszelkich Błędów i Pomyłek popełnionych przez Ignorancję lub Zaniedbanie innych Pracowników: A na tym samym Poziomie musisz zadbać o Uczciwe Wsparcie sumiennych i surowych Nadzorców budowlanych, którzy opiekują się robotnikami pod sobą[3].

Rewolucja w pracy architekta

Powyższe przykłady obrazują, jak mocno różni się praca współczesnego architekta od tego sprzed kilkuset lat. Cała masa błędów i niezgodności dzieła z ideą projektanta brała swą przyczynę w niedokładnościach i niejednoznacznościach rysunkowych. Zmagania w celu poprawy tej kwestii projektowania trwały przez całe dziesięciolecia. Wielu architektów uważa, iż największy kamień milowy w postępie wydajności pracy projektanta przypada na koniec roku 1983 i jest nim wydanie przez firmę Autodesk pierwszej wersji oprogramowania AutoCAD[4], służącego

[3] Tłumaczenie własne na podstawie fragmentu: L.B. Alberti, *The Architecture of Leon Battista Alberti Ten Books*, London 1755, [online] http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de.

[4] Na podstawie informacji zamieszczonych na stronie producenta: https://www.autodesk.pl/products/autocad/overview – zob. http://www.shigerubanarchitects.com/.

w głównej mierze do wykonywania rysunków technicznych. Pierwsze „wspomagacze" w zawodzie architekta nie przyczyniły się jednak do znacznej poprawy jakości projektowanej architektury. Skupiały się one bowiem na podniesieniu wydajności produkcyjnej stojącej w opozycji do konwencjonalnych zestawów kreślarskich. Powszechne stosowanie oprogramowania typu CAD nie przyczyniało się początkowo do polepszenia walorów tworzonej architektury, lecz do minimalizacji kosztów pracy, jako maksymalizacji zysków przez wielkie firmy architektoniczne. Z czasem jednak wraz z kolejnymi wersjami tychże oprogramowań ich potencjał obliczeniowo-konstrukcyjny wzrastał, dzięki czemu istniejące wcześniej projekty, ograniczane do etapów koncepcyjnych czy schematycznych, mogły zostać wprowadzone do fazy dokumentu konstrukcyjnego. Ten wzrost elastyczności był w dużej mierze nieoczekiwany przez wcześniej wspomnianego profesjonalistę stosującego technologię w nadziei obniżenia kosztów produkcji. Był cichą wskazówką tego, iż obliczenia i oferta programów komputerowych mogą mieć znacznie więcej do zaoferowania niż zwykła transpozycja wcześniejszych działań fizycznych do sfery cyfrowej.

Kolejnym skokiem milowym w optymalizacji pracy projektowej było wprowadzenie i spopularyzowanie oprogramowania bazującego na technologii BIM (*Building Information Modelling*). Jest to system projektowy, który jeszcze bardziej zintegrował ze sobą zawód architekta i inżyniera. W owym systemie każdy projekt przedstawiony jest nie jako zestaw płaskich rysunków, lecz trójwymiarowa w sferze wirtualnej bryła budynku, w której każdy element i każda przegroda ma własne, odpowiadające rzeczywistym realiom cechy materiałowe. Dzięki architekturze systemów BIM w obszarze jednego projektu może pracować wielu ludzi zajmujących się odmiennymi dziedzinami projektowania, jak inżynieria, elektryka, czy właśnie architektura.

Możemy śmiało stwierdzić, iż ostatnie dziesięciolecia były dla dziedziny projektowania największym skokiem technologicznym w historii architektury. Optymalizacja pracy w porównaniu z okresem lat siedemdziesiątych czy osiemdziesiątych ubiegłego wieku skoczyła do przodu w sposób diametralny. Już dawno zapomnieliśmy o czasie, w którym narzędzia komputerowe w projektowaniu przyczyniały się do redukcji walorów estetycznych architektury. Wręcz przeciwnie, dzięki projektowaniu parametrycznemu (wiodącym programem z tej dziedziny jest Rhino z integralną wtyczką Grasshopper, co opisane będzie w dalszej części artykułu) współczesny architekt z łatwością i niewyobrażalną precyzją może zoptymalizować swój projekt budynku w każdym praktycznie aspekcie. Przykładowo dzięki rozszerzeniom do Grasshoppera takim jak Octopus czy Galapagos możemy dostosować kształt, obrót lub położenie projektowanego przez nas budynku względem kierunku słońca i wiatru w celu zwiększenia jego energooszczędności. Udoskonalanie projektowania zrównoważonego i optymalizacja pracy nie są oczywiście jedynymi

celami celem stosowania parametryki w architekturze. Szybko odkryto bowiem potencjał w fabrykacji za pomocą robotów, której główną zaletą jest wytwarzanie niepowtarzalnych kształtów bez potrzeby projektowania każdego elementu z osobna. Ta młoda jeszcze w naszym zawodzie dziedzina skrywa olbrzymi potencjał, który pragnę opisać w niniejszym wywodzie, opierając się na najnowszych badaniach z dziedziny fabrykacji drewna, marmuru oraz przegród ceramicznych.

Robotyka w fabrykacji drewna

Drewno uważane jest za najlepszy stosowany obecnie odnawialny materiał budowlany. Niegdyś używane głównie przez mniej zamożnych ludzi, dzisiaj swoje zastosowanie znajduje zarówno w budynkach o konstrukcji kanadyjskiej, coraz bardziej popularnych domach z bali, czy też większych założeniach, czego przykładem są realizacje wybitnego japońskiego architekta, laureata nagrody Pritzkera z 2014 roku – Shigeru Bana. Autor biurowca firmy Tamedia w Zurychu – największego ówcześnie budynku o całkowicie drewnianej konstrukcji, czy wspaniałego centrum Pompidou w Metz zyskał sławę na całym świecie. Jego wspaniała drewniana architektura parametryczna pomimo niewątpliwej ekologii generowała sporą ilość odpadów, ścinek i zużytej energii za sprawą stosowanej technologii frezowania CNC[5]. Na powyższe aspekty swą uwagę zwrócił zespół młodych architektów z Shanghaju, działających w grupie DigitalFUTURE. Rozwiązanie, którym była zupełnie nowa metoda fabrykacji drewna, zaprezentowali w swym projekcie „Robotic Wood Tectonics" z 2016 roku.

Jednym z pierwszych wniosków, do jakich doszli podczas swoich badań, była konieczność użycia w swojej pracy sześcioosiowych robotów przemysłowych, które gwarantowały niewyobrażalną precyzję wykonania. Ekipa postawiła więc sobie następujące pytania:

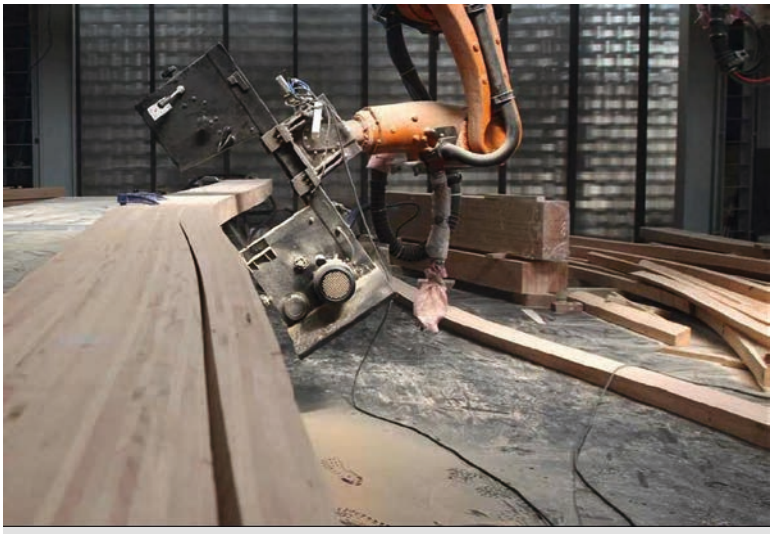
- Jak pogodzić techniczne aspekty, takie jak szybkość, dokładność, stabilność fabrykacji z zapewnieniem optymalnych wyników produkcji?
- Jak przystosować tradycyjne materiały i przyrządy do technologii oferowanej przez roboty przemysłowe?
- W jaki sposób pełne zastosowanie istniejącej technologii produkcji drewna może poprawić praktyczne znaczenie robotyki w architekturze?

Rozwiązaniem okazało się stworzenie urządzenia bazującego na hybrydzie technologii piły taśmowej i cięcia drutem oporowym. Zasada i konstrukcja opracowanego przyrządu w uproszczeniu polegała na stworzeniu prostokątnego, dobrze

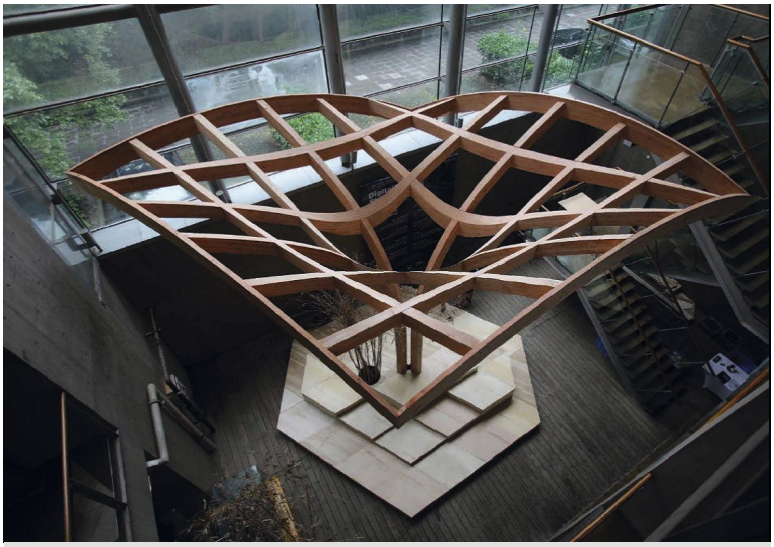
[5] Frezarka CNC – typ frezarki wyposażonej w układ sterowania numerycznego, wyposażony w mikrokomputer, który można dowolnie interaktywnie zaprogramować.

usztywnionego obwodu z drutem, który wprawiony w ruch obwodowy był w stanie przecinać drewno klejone, którego architekci z DigitalFUTURE używali do stworzenia prezentacyjnego pawilonu (ryc.1). Urządzenie zostało przyczepione do ramienia sześcioosiowego robota KR120-KUKA. W celu zaprogramowania ścieżek dla robota użyto programu Rhino 4.0 wraz z wtyczką Grasshopper. Dzięki aspektom parametrycznym oprogramowania zaprojektowaną geometrię pawilonu podzielono na odpowiednią ilość punktów (skonwertowanych później na płaszczyzny definiowane trzema wektorami i przetłumaczonych do formatu .XML, który mógł już zostać odczytany przez robota). W ten sposób otrzymano urządzenie, które potrafiło wycinać z prędkością 5-8 metra na godzin, oraz z dokładnością do milimetra krzywopłaszczyznowe elementy, z których złożony został pawilon.

Podczas dalszych badań grupa natrafiła na kolejne problemy, tym razem dotyczące samej konstrukcji i zasady działania ich urządzenia tnącego. Przyrząd ten, który swoją formą przypomina nić dentystyczną na patyczku, miał ograniczoną głębokość, jaką był w stanie wejść w płytę drewna. W tym momencie parametryka ponownie pokazała swoje główne zalety. W celu rozwiązania problemu nie było potrzeby przerabiania kosztownego i skomplikowanego przyrządu. Wystarczyło wprowadzić jedną, pomysłową funkcję do kodu w programie Grasshopper, który generował ścieżki omijające moment zahaczania drewna o ramę piły. Zastosowanie projektowania parametrycznego oprócz łatwości w implementacji modelu na język robota zapewniło najbardziej optymalny sposób wycinania, który emitował



Ryc. 1. Narzędzie wycinające na ramieniu robota. Źródło: *Fabricate 2014*, F. Gramazio, M. Kohler, S. Langenberg (eds.), UCL PRESS, s. 45



Ryc. 2. Gotowy pawilon. Źródło: *Fabricate 2014*, F. Gramazio, M. Kohler, S. Langenberg (eds.), UCL PRESS, s. 44

maksymalnie niski poziom odpadków. Gotowy projekt, którego gabaryty wynoszą 7 x 4,5 metra, zachwyca swą idealną formą i reprezentuje ogrom zalet i możliwości łączenia architektury parametrycznej z robotyką przemysłową (ryc. 2).

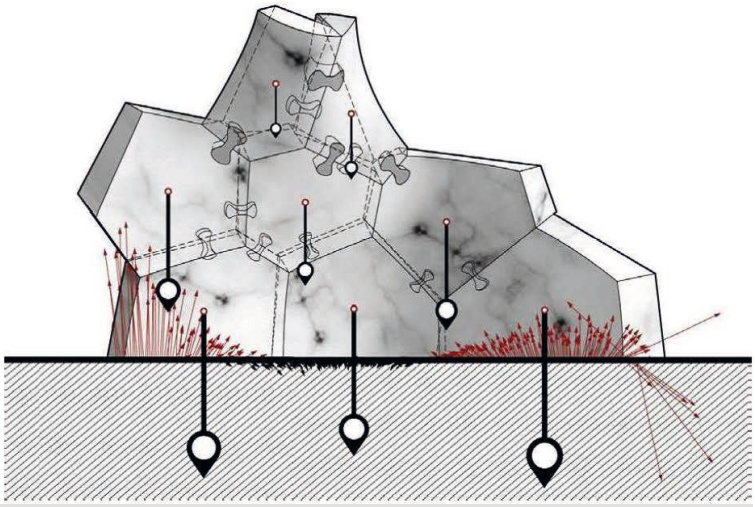
Robotyzacja w produkcji detali kamiennych

Marmur znany jest w architekturze od tysięcy lat. Początki jego powszechnego stosowania datuje się na okolice 450 roku przed naszą erą. Ze względu na swe specyficzne cechy fizyczne stosowany jest głównie jako element rzeźbiarski lub wykończeniowy – a nie konstrukcyjny. Ostatnie badania udowadniają jednak, iż dzięki zastosowaniu najnowszych technologii z dziedziny komputeryzacji jesteśmy w stanie zaprojektować i zoptymalizować dowolny kształt z marmuru w taki sposób, by spełniał on wszystkie potrzebne warunki statyczności. Pojawiła się więc potrzeba rozwinięcia technologii kamieniarskiej poprzez zastosowanie zupełnie nowego podejścia do rzeźbienia w kamieniu.

Grupa architektów i konstruktorów z Instytutu Technologii w Massachusetts, Uniwersytetu w Michigan oraz firm Quarra Stone i Matter Design podjęła się trudnego zadania stworzenia trójwymiarowej rzeźby-powłoki z marmuru przy zastosowaniu dogodności płynących z projektowania parametrycznego. Głównym celem obranym przez ekipę badawczą było opracowanie formy geometrycznej składającej się z kilku płyt kamiennych o jak najmniejszej grubości (tudzież masie)

i wygenerowaniu minimalnie niskich strat energetycznych oraz materiałowych. Otrzymanie najbardziej optymalnej geometrii było możliwe poprzez wprowadzenie wszystkich wymaganych cech wytrzymałościowych do programu Grasshopper z zaimplementowanym specjalnym rozszerzeniem KARAMBA. Głównym zadaniem tej wtyczki jest przeliczanie wszystkich sił wewnątrz opracowanej bryły z wskazaniem jej punktów krytycznych. Powszechnie stosowana w inżynierii budowlanej swój użytek znajduje również w małej architekturze. Aplikacja ta zoptymalizowała kształt oraz układ projektowanych płyt, dzięki czemu finalnie uzyskano bryłę o zminimalizowanych i scentralizowanych w żądanych punktach siłach reakcji podporowych (ryc. 3). Ponadto możliwe było przystosowanie geometrii płyt w taki sposób, by podczas składania, niezależnie od ilości złączonych ze sobą elementów, całość ciągle pozostawała w równowadze statycznej, co eliminowało potrzebę wykorzystywania dodatkowej konstrukcji montażowej. Rozwiązaniem stało się zastosowanie planu Voronoi – algorytmu matematycznego stosowanego do wyznaczenia granic najdalej odległych od populacji dowolnie rozmieszczonych punktów.

Najdoskonalszym narzędziem do fabrykacji geometrii podobnej, jak w przypadku opisywanego przeze mnie pawilonu drewnianego – okazał się robot przemysłowy, tym razem z piłą tarczową przyczepioną do jego ramienia. Zastosowanie tej technologii oprócz zminimalizowania strat materiałowych względem konwencjonalnych metod obróbki kamienia jako jedyne ze znanych rozwiązań zapewniło odpowiednią dokładność umożliwiającą wykonanie wzajemnych łączeń poszczególnych płyt.



Ryc. 3. Wykres sił ciążenia i reakcji ww projektowanej rzeźbie. Źródło: *Fabricate 2014*, F. Gramazio, M. Kohler, S. Langenberg (eds.), UCL PRESS, s. 106

Uogólniony przebieg pracy nad całym złożonym projektem można więc przedstawić za pomocą planu:

- Opracowanie bazowej geometrii;
- Dyskretyzacja kształtu i cech materiałowych;
- Analiza fizyczna za pomocą algorytmu KARAMBA;
- Zaprojektowanie odpowiedniego detalu łączenia płyt;
- Fabrykacja za pomocą robota przemysłowego;
- Montaż kompozycji rzeźbiarskiej.

Innowacja w ceramicznych systemach budowlanych

Śledząc historię rozwoju cegły ceramicznej na przestrzeni setek lat, zauważyć można, iż mimo znaczącej ewolucji technik produkcyjnych (przechodząc od metod ręcznego kształtowania i formowania do dzisiejszych zmechanizowanych procesów cechujących się wysoką jakością) sam kształt bloczków zdaje się pozostawać niemal niezmienny. Wizualna różnica przejawia się wyłącznie w proporcjach poszczególnych boków prostopadłościennego klocka, czy też w barwie (choć w tym wypadku jest to bardziej wpływ dostępności materiałowej niż rozwoju technologii). Oczywiście, w historii architektury nie sposób nie znaleźć przykładu dzieł z mocno rozwiniętym detalem ceglanym. Sztandarowym przykładem jest tu gotyk płomienisty. Jednakże ten sposób formowania bloczków zaliczany jest jako produkt manufaktury rzeźbiarskiej, a nie uprzednio zaplanowany system wykończeniowy.

Jak pokazały ostatnie badania w kwestii wpływu struktury przegród zewnętrznych ścian elewacyjnych (przeprowadzane między innymi na ETH[6] w Zurychu – 2014 rok) na przykładzie wyrobów ceramicznych, odpowiednie dobranie kształtu cegieł w celu zwiększenia bądź zmniejszenia powierzchni naświetlanej ma realny wpływ na aspekty cieplno-wilgotnościowe budynku. Przekłada się to z kolei na podwyższenie walorów związanych z projektowaniem zrównoważonym. Współczesna technologia umożliwia rozszerzenia roli tego tradycyjnego materiału na współczesny język projektowania, a tym samym zajęcie się dyskursem na temat dostosowywania fasady i ornamentacji przy jednoczesnym ulepszeniu roli cegły jako elementu aktywnego termicznie. Badania mające na celu stworzenie hybrydy estetyczno-funkcjonalnej dla przegród ceglanych zostały zainicjowane przez Harvard Graduate School of Design (GSD). Aby poprawić efektywność energetyczną ceramicznych systemów elewacyjnych za pośrednictwem badań, zaproponowano projekt specjalnych kształtów cegieł, mogących maksymalnie wykorzystać

[6] ETH – Politechnika Federalna w Zurychu (niem. *Eidgenossische Technische Hochschule Zurich*, ETH).

walory charakterystyczne danego materiału. Powstają dzięki temu selektywne pod względem słońca systemy masy termicznej, tj. systemy materiałoznawcze, których geometria i struktura fizyczna skalibrowane są w taki sposób, aby zmaksymalizować korzyści energetyczne wynikające z promieniowania słonecznego. W rzeczywistości – korzystając z geometrycznej złożoności, uzyskanej dzięki proponowanemu procesowi kształtowania – można opracować produkt architektoniczny, który odpowiada różnym cyklom klimatycznym i dobowym (ryc. 4).

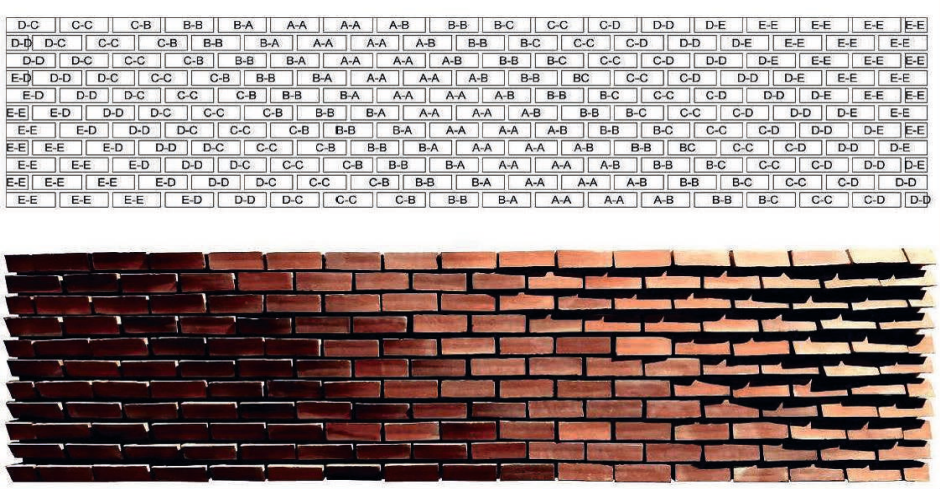
Główne parametry wpływające na charakterystykę cieplną ceramicznych systemów elewacyjnych można zasadniczo podzielić na trzy kategorie:

- geometria cegieł,
- kolor powierzchni wykończeniowej,
- grubość przegrody materiałowej.

Według badań przeprowadzonych przez Harvard GSD Fabrication Lab w 2016 roku zmiana geometrii cegieł z płaskiej na podwyższającą powierzchnię przyjmowania promieniowania pozwala zredukować koszty ogrzewania budynku nawet o 20% w skali roku.

Stosując się do powyższych wniosków, zaproponowano dwa typy elewacji w odniesieniu do różnych warunków klimatycznych:

- systemy samozacieniające, stosowane w przypadku nadmiernego promieniowania słonecznego. Projekt, po wstępnej diagnozie przebiegu nasłonecznienia może zostać zoptymalizowany do zacieniania tylko w określonych porach dnia bądź roku;



Ryc. 4. Widok na rozmieszczenie cegieł na elewacji. Źródło: *Fabricate 2014*, F. Gramazio, M. Kohler, S. Langenberg (eds.), UCL PRESS, s. 187

- systemy przechowywania termicznego jako wykończenie maksymalizujące powierzchnię odbioru energii słonecznej.

Pierwszym wnioskiem, wysnutym podczas badań nad produkcją, okazała się konieczność wykonania projektu parametrycznego fasady i późniejszej fabrykacji cegieł za pomocą robota przemysłowego. Zalety to przede wszystkim minimalizacja strat materiałowych (formacja cegieł przebiegać miała jeszcze przed ich wypaleniem, dzięki czemu ewentualne odpadki mogły zostać poddane ponownej obróbce) oraz szybkość produkcji połączona z olbrzymią dokładnością. Dzięki zastosowaniu oprogramowania Rhino z rozszerzeniem Grasshopper grupa projektowa miała możliwość stworzenia praktycznie dowolnej formy elewacyjnej, stosując ograniczoną liczbę różnych modułów ceglanych, co ułatwia późniejsze wykonanie przegrody. Warto również wspomnieć, iż powyższe oprogramowanie korzysta z modułów pozwalających na mapowanie dowolnej tekstury na fasadę budynku poprzez, przykładowo, wprost proporcjonalny obrót cegły do natężenia koloru w danym punkcie obrazu. Stwarza to niesamowite możliwości kreacji fasad, które bez zastosowania robotyki i parametryki byłyby niemal niemożliwe do wykonania.

Robotyka w architekturze nadal traktowana jest jako temat niszowy i stosunkowo niewielu architektów decyduje się na implementowanie jej do swych projektów. Związane jest to prawdopodobnie z wysoką ceną robotów przemysłowych, jak i wymaganej wiedzy z zakresu narzędzi cyfrowych. Mimo to na podstawie powyższych przykładów widać ogromny potencjał tej technologii. Z roku na rok coraz więcej biur

Ryc. 5. *Pawilon The Pink Thing - autorstwa Koła Imago.* Fot. Wojciech Wojas

architektonicznych decyduje się na jej implementację w swoich realizacjach. Również na Wydziale Architektury Politechniki Krakowskiej powstaje projekt Eksperymentalnego Pawilonu Styropianowego, wykonanego przez Koło Imago za pomocą sześcioosiowego robota firmy FANUC (ryc. 5). Całość składa się ze 132 styropianowych elementów o indywidualnych kształtach. Charakterystyka materiału pozwala na stosunkowo proste wycinanie za pomocą rozgrzanego drutu rozpiętego na specjalnie skonstruowanym narzędziu. Całość ma wymiary około 13 m x 6,5 m x 3,3 m i co jakiś czas można ją zobaczyć na różnych festiwalach naukowych lub wystawach czasowych.

BIBLIOGRAFIA

[1] Andreani S., Bechthold M., *[R]evolving brick: geometry and performance innovating in ceramic buinding system through design robotics*, Design Robotics Group, Graduate School of Design, Harvard University, Harvard 2012.

[2] Ariza I., Sutherland T.S., Durham J.B., Mueller C.T., McGee W., Clifford B., *Robotic fabrication of stone assembly details*, Massachusetts Institute of Technology, University of Michigan, Quarra Stone oraz Matter Design Michigan, 2015.

[3] Białostocki J., *Sztuka cenniejsza niż złoto*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.

[4] Buck B., *Who's afraid of fabrication? Why teach digital fabrication now*, Stuttgart 2014.

[5] *Fabricate 2014*, F. Gramazio, M. Kohler, S. Langenberg (eds.), UCL PRESS.

[6] *Crafting robustness: rapidly fabricating ruled surface acoustic planes*, RMIT University, Melbourne 2016.

[7] *Future-based design and fabrication of nested freeform surfaces in wood*, Greyshed and Princeeton University, Filadelfia 2014.

[8] Hauck A., Bergin M., *The triumph of the Turnip*, Autodesk, Stuttgart 2017.

[9] Piróg M., Chądzyński A., *Współczesny obraz tradycyjnego budownictwa drewnianego*, Wydawnictwo Zakładu Konstrukcji i Budownictwa Ogólnego, Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010.

[10] Radziszewski K., *Architektura parametryczna*, Architektura Murator, Warszawa 2018.

[11] Radziszewski K., *Metody cyfrowej fabrykacji*, Architektura Murator, Warszawa 2018.

[12] Tamedia New Office building, http://www.shigerubanarchitects.com/works/2013_tamedia-office-building/index.html [dostęp: 03.04.2018].

[13] Yuan P.F., Chail H., *Robotic wood tectonics*, Tongji University, Tongij 2013.

JAKUB PAGACZ

CO ZMIENI SZTUCZNA INTELIGENCJA W ARCHITEKTURZE?[1]

Czym jest dla nas sztuczna inteligencja?

Zazwyczaj wokoło nowej technologii narasta wiele mitów, pojawia się wiele problemów, próbujemy znaleźć odpowiedź na pytanie: jak nowe technologie mogą zmienić życie każdego z nas i ogółu społeczeństwa? W przypadku technologii, która prawdopodobnie stworzy nowe rozdziały w historii, zawsze są głosy, które demonizują nowe rozwiązania. Istnieją również poglądy na temat działania destrukcyjnego innowacji technologicznych. Pojawiają się też głosy, które bezkrytycznie gloryfikują nadchodzące rewolucje. W związku z tym, że sztuczna inteligencja jest tematem, który rozwija się i zmienia z dnia na dzień, warto poddać wskazaną problematykę analizie.

Na obecny czas postępu technologicznego sztuczna inteligencja to w większości przypadków maszyny i programy komputerowe zdolne do realizacji wybranych funkcji ludzkiego mózgu i naszych zmysłów, których nie da się zapisać tak, jak zapisuje się algorytm. Również pomocnym w dzisiejszym rozumieniu sztucznej inteligencji jest paradoks Moraveca, który brzmi: *Stosunkowo łatwo sprawić, żeby komputery przejawiały umiejętności dorosłego człowieka w testach na inteligencję albo w grze w warcaby, ale jest trudne albo wręcz niemożliwe zaprogramowanie im umiejętności rocznego dziecka w percepcji i mobilności*[2]. Ciekawego komentarza na ten temat udzielił psycholog Steven Pinker, który określił to jako najważniejsze odkrycie, jakiego dokonano w dziedzinie sztucznej inteligencji. W swojej książce *The Language Instinct* napisał:

> *Główną lekcją, wyniesioną z trzydziestu pięciu lat badań nad sztuczną inteligencją jest to, że trudne problemy są łatwe, a łatwe problemy są trudne. Umysłowe zdolności czterolatka, które uważamy za oczywiste − rozpoznanie twarzy,*

[1] Elektroniczna wersja artykułu dostępna pod adresem: http://kreaturazine.pl/2019/07/sztuczna-inteligencja-w-architekturze/

[2] H. Moravec, *Mind Children*, Harvard University Press, 1988, s. 15.

podniesienie ołówka, przejście przez pokój – faktycznie rozwiązują jedne z najtrudniejszych inżynieryjnych problemów... Gdy pojawi się nowa generacja inteligentnych urządzeń, to analitycy giełdowi, inżynierowie i ławnicy sądowi mogą zostać zastąpieni maszynami. Ogrodnicy, recepcjoniści i kucharze są bezpieczni w najbliższych dekadach[3].

Sztuczna inteligencja jeszcze przez długi czas nie będzie postrzegać świata tak jak człowiek, czy nawet lepiej niż człowiek. Ważnym argumentem w całej tej dyskusji jest to, że sami nie znamy tajemnic działania naszego mózgu i procesów w nim zachodzących. Owszem być może dzięki rozwojowi sztucznej inteligencji będziemy bliżej tego, aby zrozumieć nas samych, ale najpierw musimy wnikliwie poznać złożoność naszej natury, aby być w stanie stworzyć coś na wzór ludzkiej inteligencji. Dopiero gdy uda nam się to osiągnąć, być może uda nam się skopiować nas samych do postaci cyfrowej.

Sztuczna inteligencja w mieście

Z roku na rok coraz więcej ludzi przybywa do miast, które stają się coraz większe. Włodarzom miast jest coraz trudniej zarządzać, ponieważ coraz większe struktury urbanistyczne potrzebują innego podejścia niż dotychczas. W 1950 r. tylko 30% światowej populacji mieszkało w miastach. Dzisiaj jest to wartość 54%, w 2050 r. – według prognoz – dwie trzecie ludności świata będzie mieszkać w mieście. Nie możemy też zapominać, że żyjemy w świecie, gdzie ilość produkowanych przez nas danych jest tak duża, że w sumie ciężko ją już do czegokolwiek porównać. W ciągu ostatnich dwóch lat (2015-2017) wyprodukowaliśmy więcej danych niż od początku istnienia ludzkości. Przykładowa ilość danych produkowanych przez nas tylko na Facebooku i Google wygląda następująco:

- Facebook ma średnio 1,32 miliarda aktywnych użytkowników dziennie od czerwca 2017 r.,
- 4,3 miliarda wiadomości na Facebooku jest publikowanych codziennie,
- zaznaczamy 5,75 miliarda polubień na Facebooku każdego dnia,
- wysyłamy 22 miliardy tekstów każdego dnia,
- odnotowywano 5,2 miliarda dziennych wyszukiwań w wyszukiwarce Google w 2017 r.

A to tylko namiastka ilości produkowanych przez nas danych. Jak można połączyć problemy z coraz większymi miastami oraz z coraz większą ilością danych?

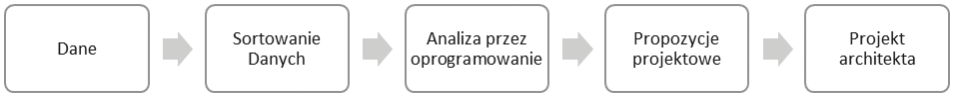
[3] S. Pinker, *The Language Instinct*, Harper Perennial Modern Classics, 2007, s. 190–191.

Już dziś wiele miast tworzy fundamenty powstania wizji *smart city*. I tak, na przykład, możemy rozróżnić trzy poziomy inteligentnego miasta. Pierwszy poziom polega na wynajęciu prywatnej firmy technologicznej, która kompleksowo „zaopiekuje się miastem", ale zazwyczaj samorządowcy nie rozumieją i nie mają pomysłu na zastosowanie nowych technologii. Takie bezgraniczne zaufanie i brak zrozumienia mogą prowadzić do nadużyć ze strony firmy dostarczającej usługi miastu. Jak również w tym przypadku pomija się ważną kwestię, jaką są relacje między mieszkańcami a samym miastem. Drugim poziomem *smart city* jest sytuacja, gdzie burmistrzowie i samorządy wiedzą, jakie zmiany można wprowadzać za pomocą technologii, więc zatrudniają koncerny technologiczne jako partnerów do współpracy w celu poprawy jakości standardów życia samych mieszkańców. Jednym z najlepszych przykładów inteligentnych miast 2.0 jest Rio de Janeiro. W sytuacji, kiedy fawele zaczęły się osuwać ze zboczy, burmistrz miasta poszukiwał pomocy u IBM, prosząc firmę o wsparcie w tworzeniu sieci czujników, które pomogą ograniczyć to zjawisko. Projekt szybko się rozwinął do nowoczesnego, pełnowymiarowego centrum operacyjnego, opierającego się na transmisji video online czy bieżącym monitorowaniu zagrożonych terenów za pomocą specjalnych czujników. Dzięki nim miasto jest w stanie szybciej reagować na zagrożenia osuwisk i dodatkowo dzięki kamerom szybciej wykrywa i zapobiega napadom oraz kradzieżom, a także jest w stanie lepiej koordynować działanie służb ratowniczych. Trzeci poziom rozwoju technologicznego obecnych miast można uzyskać w sytuacji, gdy do współpracy z samorządem i dostawcą technologii zaprasza się samych obywateli miasta. Taką strategię zaczął wprowadzać Amsterdam. Miasto wprowadziło program CityService Development Kit, który jest jednorodnym interfejsem do tworzenia nowych, innowacyjnych rozwiązań. Jest to tak naprawdę cyfrowa platforma, na której powstają serwisy, np. ułatwiające planowanie podróży, komunikowanie się z władzami miasta, ew. tworzenie ułatwień dla turystów.

Ważną rolę w tworzeniu fundamentów sztucznej inteligencji działającej w miastach odgrywa obecnie tzw. *Internet rzeczy*. Jest to tak naprawdę sieć, która łączy przedmioty codziennego użytku oraz praktycznie wszystkie rzeczy, które nas otaczają i które sami wytworzyliśmy, jak np. urządzenia gospodarcze, drogi, samochody, infrastruktura drogowa, budynki itp. Wszystkie te rzeczy będą mogły gromadzić, przetwarzać lub wymieniać dane za pośrednictwem instalacji elektrycznej inteligentnej KNX lub sieci komputerowej. Taka sieć najczęściej jest budowana w oparciu o sieć Wi-Fi. Już w niedługim czasie każda rzecz wokół nas będzie nafaszerowana dużą ilością czujników, które będą zbierać dane i za pomocą nadajników Wi-Fi będą mogły je przysyłać między sobą oraz do większych systemów. Na przykład w mieście można zastosować nadajniki umieszczone w koszach na

śmieci, które wysyłają sygnał do służb oczyszczania miasta jaki jest poziom zapełnienia pojemnika. Później zebrane dane dostarczane są do systemu. Następnie aplikacja planuje optymalną trasę objazdu śmieciarek, przez co zmniejsza się koszt opróżniania śmietników.

Ważną kwestią jest też dążenie do społecznej i elastycznej architektury. Na przykład, gdy populacja dzieci w mieście przekroczy próg maksymalny w stosunku do liczby szkół, może zostać wysłane zawiadomienie do rady powiatu, że nadszedł czas, aby zlecić nową szkołę. Sztuczna inteligencja może zatem w efekcie napisać założenia projektowe dla architektów, zlecić im analizę i przystosowanie projektu do potrzeb. Architekci, używając analiz i propozycji projektowych stworzonych przez sztuczną inteligencję, tworzą własną koncepcję do realizacji. Dzięki takiemu systemowi możemy tworzyć nowe projekty tam, gdzie są najbardziej potrzebne. Poniższy diagram przedstawia, jak miałby działać przepływ informacji w takim systemie (ryc. 1).



Ryc. 1. Diagram przypływu informacji – analiza danych

Taki sposób zarządzania miastem również może pomóc w opanowaniu chaosu, który panuje na drogach. Warto też wspomnieć, iż z dnia na dzień rozwijają się autonomiczne auta, które świetnie mogą działać w tego rodzaju systemie. Wyobraźmy sobie, że samochody przekazują między sobą wszelakie dane o natężeniu ruchu wypadkach i warunkach drogowych. W sytuacji zwiększenia natężenia ruchu, sztuczna inteligencja zawarta w tym systemie będzie w stanie przekierowywać nasze pojazdy tak, aby nie powodowały korków lub w przypadku wypadku natychmiastowo znajdowały nowe przejazdy bez znacznego obciążania dróg objazdowych. Na podstawie zebranych danych auta mogą uczyć się, jak uniknąć podobnych zdarzeń i tego typu dane o wypadkach będą rozsyłać do innych samochodów. Proces uczenia się będzie mógł zachodzić w bardzo szybkim tempie, co przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa na drogach. Podobnie można rozwiązać kwestie szukania miejsc parkingowych. Wystarczy, że samochody w najbliższym otoczeniu będą się informować o wolnych miejscach na postój, a nasz pojazd automatycznie skieruje nas na takie miejsce. Podobna usługa informująca o natężeniu ruchu oraz wypadkach już działa i dostarczana jest na telefony przez aplikację firmy Google, ale nie jest to jeszcze popularne narzędzie. Dopiero gdy uda się podłączyć do wspólnej sieci wszystkie samochody, taki system może dużo bardziej usprawnić naszą komunikację. W wyniku efektywniejszego korzystania

z posiadanej infrastruktury może okazać się, że część dróg nie będzie nam już potrzebna. Powstaną nieużytki, które będzie trzeba jakoś zagospodarować.

Ciekawym zagadnieniem, które być może również ulec zmianie, jest kwestia projektowania ulic pod nowe technologie. Czy obecne zasady oraz kształt dróg będzie wystarczający i sprosta wyzwaniom, jakie stawiają autonomiczne pojazdy podłączone do wspólnej sieci? Być może tak, a być może trzeba będzie przeprojektować obecny system dróg. Czeka nas niemała rewolucja w kwestii tego, jak funkcjonują miasta. Szacuje się, że 60% obszarów miejskich, które będą pokrywać powierzchnię ziemi w 2050 r., jeszcze nie powstało. Przy takich prognozach nie musimy się obawiać, że nagle sztuczna inteligencja zabierze nam pracę. To będzie jedno z wielu narzędzi, które skutecznie polepszą jakość życia w miastach.

Sztuczna inteligencja w architekturze

Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, założyciele Computational Architecture, sugerują na swojej stronie internetowej, że *zbieżność postępów w technologii obliczeniowej i produkcji pozwala nam tworzyć architekturę dotychczas niewyobrażalnych form, o niewidocznym poziomie szczegółowości, tworząc zupełnie nowe wrażenia przestrzenne*[4]. Najprawdopodobniej czeka nas mała rewolucja w projektowaniu form, aczkolwiek nie mam na myśli wymyślania sześcianu na nowo, ale wytwarzanie przestrzeni, które będą mogły na nas wywoływać konkretne zachowania i emocje. Dzisiaj próbujemy nauczyć komputery rozpoznawania emocji poprzez analizowanie milionów zdjęć ludzkich twarzy. Więc dlaczego by nie przeanalizować w ten sposób stworzonych projektów, by na podstawie tych danych kreować przestrzenie wywołujące zdecydowanie silniejsze emocje oraz zachęcić ludzi do większej integracji między sobą. Wydaje się, że obecnie taką rolę spełnia kierunek tzw. architektury parametrycznej. Dość mocno korzysta się w nim z najnowocześniejszych rozwiązań i osiągnięć technologicznych. Jeśli mogłoby się wydawać, że jest to rewolucyjny kierunek, który odmieni dzisiejszą architekturę, można by się rozczarować. Być może jest to jeden z tych kierunków w naszej kulturze, który wyprzedza swoje czasy i znajdzie zastosowanie dopiero w niedalekiej przyszłości.

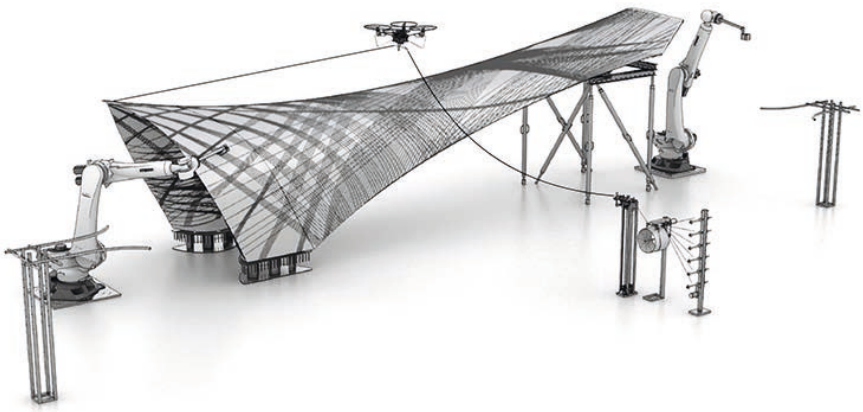
Jeśli chodzi o budowanie podstaw technologii pod sztuczną inteligencję w architekturze, obecnie warto przytoczyć tzw. inteligentne budynki, które w dość dużym stopniu opierają się na wcześniej wspomnianym *Internecie rzeczy*. Dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu budynek może reagować na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz, co prowadzi do maksymalizacji funkcjonalności,

[4] http://www.michael-hansmeyer.com

komfortu i bezpieczeństwa, minimalizacji kosztów eksploatacji i modernizacji oraz ograniczenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń. Na przykład w całym domu system wykrywa, w których konkretnie pomieszczeniach znajdują się ludzie i tylko wyłącznie w tych pokojach reguluje ogrzewanie, wilgotność, natężenie światła, które jest dobierane do odpowiedniej pory dnia i wykonywanych czynności. Również najnowsze systemy uczą się naszego zachowania i naszych nawyków, aby coraz bardziej naturalnie reagowały na nasze potrzeby. Inteligentne systemy kontrolują zużycie energii, czujniki umieszczone w ścianach mogą kontrolować, czy czasem nie nastąpiło uszkodzenie jednej z warstw, czyli coś, co dzisiaj jest ciężkie do wykrycia, najczęściej zauważamy, gdy objawią się przykre skutki takiego uszkodzenia.

Czeka nas też nie mała rewolucja w kwestii budowy budynków. Już dzisiaj prowadzi się badania i realizuje pierwsze domy oraz budynki z wykorzystaniem druku 3D. Aby stworzyć taki dom wykorzystuje się do tego przemysłowe ramię robotyczne, który ma dużo większe pole robocze niż zwykłe drukarki 3D. Do realizacji bardziej skomplikowanych form można wykorzystać drony. Tak właśnie uczynili badacze z Instytutu projektowania komputerowego na Uniwersytecie w Stuttgarcie. Stworzyli oni pawilon z wykorzystaniem właściwie zaprogramowanych dronów i ramion robotycznych. Poniższy schemat przedstawia proces produkcyjny pawilonu.

Na koniec tej części warto wspomnieć o VR, czyli wirtualnej rzeczywistości, oraz AR, czyli rozszerzonej rzeczywistości. Są to doskonałe narzędzia do przedstawienia naszych wizji projektowych w realnej skali 1:1. Dzięki nim jesteśmy w stanie zrealizować naszą wizję zanim powstanie w rzeczywistym świecie i wydamy na realizację



Ryc. 2. Schemat przedstawiający proces produkcyjny pawilonu.
Źródło: http://icd.uni-stuttgart.de/?p=18905

dużą ilość pieniędzy. Dodatkowo informacje zwrotne zebrane przez rozszerzoną rzeczywistość mogą być bezpośrednio wykorzystane w projekcie, umożliwiając modelom bezpośrednią interakcję i dostosowanie do przyszłych użytkowników. Inteligentne narzędzia do projektowania, takie jak *Materialable by Tangible Media*, zaczynają eksperymentować z tym, jak AI może zacząć się angażować i uczyć się na ludzkich zachowaniach.

Podsumowując tę część, można powiedzieć, że to sztuczna inteligencja w dużej części przejmie współczesne zadania architekta oraz wpłynie na automatyzację procesu powstawania architektury. Takie rozwiązanie (jak wszystko) ma swoje wady i zalety. Z jednej strony zostaniemy odciążeni od żmudnych i „rzemieślniczych" obowiązków i przez to będziemy mogli poświęcić nasz czas na problemy, jakie ma rozwiązać projektowana przez nas architektura. Z drugiej strony zapotrzebowanie na architektów może się zmniejszyć, a sam proces dzięki odciążeniu nas od dużej części obowiązków może przeobrazić się w fabrykę projektów na masową skalę, z których każdy będzie dopasowany indywidualnie.

Zagrożenie dla zawodu architekta czy rewolucyjne narzędzie w projektowaniu?

Według strony willrobotstakemyjob.com [tłum. „Czy roboty odbiorą mi pracę"] szansa na przejęcie naszego zawodu przez automatyzację wynosi 1.7%, czyli raczej niewiele. Niestety w przypadku architekta, który zajmuje się zawodowo wykreślaniem rysunków technicznych, procent prawdopodobieństwa wynosi już 52. Więc prawdopodobnie w przyszłości uda się zaprzęgnąć roboty do wykonania za nas „czarnej roboty" w postaci tworzenia rysunków oraz dokumentacji budowlanych.

Od zawsze zadaniem architekta było podejmowanie decyzji w oparciu o skomplikowane, przeplatane i czasami sprzeczne zbiory informacji. Odkąd sztuczna inteligencja stopniowo poprawia się w tworzeniu przydatnych danych w rzeczywistych sytuacjach, nietrudno wyobrazić sobie, że procesy te nakładają się na siebie i nawzajem się angażują. Chociaż zmiany te mogą potencjalnie budzić wątpliwości w zakresie własności, prywatności w gromadzeniu i wykorzystywania danych, wzrost samokształcenia technologii już zmienia siłę i pole manewru architektów w zakresie projektowania i budowy. Architekt i projektant Christopher Alexander powiedział w 1964 roku: *Musimy stanąć oko w oko z faktem, że jesteśmy na krawędzi czasów, kiedy człowiek może powiększyć swoją zdolność intelektualną i wynalazczą, tak jak w XIX wieku użył maszyn do powiększenia jego fizycznych możliwości.*

W przełożeniu definicji sztucznej inteligencji i paradoksu Moraveca na dziedzinę architektury wygląda to tak, że jeśli jakieś programy w przyszłości miałyby

przejąć nasz zawód, to najprawdopodobniej zajmą się tematami związanymi z generowaniem rysunków technicznych, dokumentacji budowlanej, obliczeń konstrukcyjnych, analiz urbanistycznych, dotyczącymi zarówno projektowanego budynku, czyli analiz energetycznych, akustycznych itp., jak i pomocy w analizie zapotrzebowania przyszłego klienta, wyszukiwania błędów projektowych i propozycji zastępczych rozwiązań, pomocy w podejmowaniu decyzji w warunkach braku wszystkich danych, generowania zoptymalizowanych rozwiązań projektowych.

Dzięki odciążeniu architektów od rzemieślniczej i powtarzalnej części ich pracy, będziemy mogli się bardziej skupić na ludzkiej stronie architektury i rozwiązywaniu problemów za pomocą naszych projektów. Poczucie estetyki, formy, proporcji czy umiejętności wyczucia rozwiązań właściwych dla ludzi jeszcze długo będą naszym atutem w walce z automatyzacją. W efekcie czego nasze projekty będą mogły być bardziej indywidualne oraz dopasowane na miarę, czyli przeciętnego „Kowalskiego" będzie stać na indywidualny projekt i nie będzie zmuszony do sięgania po najtańsze projekty z katalogów, które pod względem jakości estetyki pozostawiają wiele do życzenia. Oczywiście musimy zadbać o to, by przeciętna osoba rozumiała, na czym będzie polegać nasza nowa rola. Nie możemy dopuścić do tego, żeby inwestor myślał, że za proces projektowy jest odpowiedzialny program czy jakiś „cudowny" automat.

Nasz zawód czeka ciekawa przyszłość, mimo że prawdopodobnie otrzymamy nowe narzędzie, które będzie bardzo pomocne w procesie projektowania, to musimy mieć się na baczności, aby nie zatracić tego, co w architekturze naturalne i piękne. Maszyny w najbliższym czasie nam tego nie odbiorą, jedynie to my – ludzie – sami możemy zatracić piękne umysły.

BIBLIOGRAFIA

[1] Wood H., *The Architecture of Artificial Inteligency*, https://archinect.com/features/article/149995618/the-architecture-of -artificial-intelligence.
[2] Ile waży praca?, https://www.forbes.pl/technologie/jak-wiele-danych-produkujemy-kazdego-dnia/4mn4w69.
[3] Jak budować inteligentne miasto, ICD/ITKE Research Pavilion 2016-17, http://www.miasto2077.pl/jak-budowac-inteligentne-miasto-innowacje-technologiczne-w-miescie/.
[4] http://icd.uni-stuttgart.de/?p=18905.
[5] http://kreaturazine.pl/2019/07/sztuczna-inteligencja-w-architekturze.
[6] http://www.michael-hansmeyer.com.
[7] Moravec H., *Mind Children*, Harvard University Press, 1988.
[8] Pinker S., *The Language Instinct*, Harper Perennial Modern Classics, 2007.

KAROL WAWRZKIEWICZ

PARAMETRYZM 3X

- *Największym marzeniem parametryków jest pokrycie całej planety szarą mazią.*
- *Niepohamowany populista Patrik Schumacher próbował zdefiniować parametrycyzm w odniesieniu do społecznej teorii komunikacji Niklasa Luhmanna. Mimo jego wysiłków wszyscy nadal komentują ten nurt w oderwaniu od jakichkolwiek idei.*
- *Tylko na pozór parametrycyzm wydaje się być pochodną dekonstruktywizmu. Ten nowy styl międzynarodowy jest idealnym narzędziem w rękach piewców globalizacji, dla których stare wartości nie mają wielkiego znaczenia. Lokalność i kulturowe odniesienia postmodernizmu są dla nich zbyt odległe, a kanciasty dekonstruktywizm zbyt wyzywający.*
- *Globalni gracze potrzebowali stylu, który może reprezentować międzynarodową agendę polityczno-ekonomiczną – ruch bez postępu, kierunku, bez początku ani końca.*
- *Mimo wszystko także ten styl wydaje się odchodzić w zapomnienie.*

W ten sposób Graham McKay, architekt, krytyk architektury i publicysta, skwitował jeden z najnowszych nurtów architektury i projektowania, jakim jest *Parametryzm*[1]. Mim że felieton miał wyraźnie ironiczny i prowokujący wydźwięk, a samo stwierdzenie wydawać by się mogło przesadne, to bardzo dobrze obrazuje ono populistyczną opinię dotyczącą architektury parametrycznej przez większość uważanej jedynie za nietypowy sposób kształtowania formy oraz arbitralnej decyzji projektanta. Jako przykład dzieł takich architektów najczęściej przywołuje się przedsięwzięcia Zahy Hadid czy Franka Gehry'ego, nie są oni jednak jedyni.

[1] Oryginalny tekst Grahama McKay z bloga jego autorstwa, misfit's architecture, tytuł postu: *Old Ideas for New Architectures*, 28.01.2015. Wersja polska w tłumaczeniu Katarzyny Billik oraz Łukasza Stępnika ukazała się w Kwartalniku Architektonicznym Rzut, Nowoczesność, wiosna 2016.

Parametryzm jako styl

Pierwszym poziomem definicji parametryzmu jest wyróżnienie go jako nurtu estetycznego. Formy tego typu nie są tworzone manualnie poprzez stawianie kolejnych kresek na rzutach i przekrojach, ale są generowanena podstawie narzuconych przez projektanta algorytmów, czyli cyklu następujących po sobie instrukcji. Oznacza to budowanie formy bazującej na pojęciu parametru, który jest terminem matematycznym oznaczającym zmienną. Stoi za tym idea, że wszystkie elementy takiej kompozycji architektonicznej mogą być zmiennymi, co daje, możliwość szybkiego i łatwego dostosowywania i adaptowania formy do okoliczności. Dzięki temu sztywna i geometryczna struktura staje się elastyczna i płynna. Te początkowo postawione założenia, kryteria modyfikacji oraz kolejne etapy przekształcania w połączeniu z danymi liczbowymi w postaci zmiennych generują końcowy kształt projektowanego obiektu. Najpowszechniejszym wykorzystaniem takiej techniki jest rozbudowa modulowanych powierzchni przy pomocy adoptowalnych komponentów. Taki komponent może być zbudowany z licznych elementów powiązanych skomplikowanymi relacjami w taki sposób, iż struktura nadrzędna dostosowuje się do warunków środowiskowych. Związek pomiędzy elementem podstawowym a jego rodziną dookreśleń zachodzi poprzez punkty wymiany informacji ze środowiskiem. To właśnie dzięki tej zdolności określania i wielokrotnej konfiguracji powiązań geometryczno-iteracyjnych technika ta jest wyjątkowo cenna. Przestrzeń parametryczna wydaje się być nieskończoną liczbą obiektów geometrycznych, a jest to jedynie wynik równania matematycznego, w którym stałe zastępujemy zmiennymi.

Taka metodyka jest bardzo często wykorzystywana w małych projektach instalacyjnych, rzeźbiarskich lub artystycznych. Najczęściej eksponowana jest pozorna złożoność formy, której osiągnięcie z wykorzystaniem narzędzi parametryzujących okazuje się być niezwykle proste. Przykładem takich instalacji może być The Cube – szesnastometrowa kostka wykonana ze stalowej ramy oraz w bardzo specyficzny sposób zawiązanej liny polipropylenowej (ryc. 1). Według słów projektantów aspiracją instalacji jest osiągnięcie transcendencji pierwszego wymiaru – linii – poprzez symulowanie wypaczonych dwuwymiarowych płaszczyzn, które penetrują i wypełniają szkielet obiektu, tworząc percepcję nadającej się do zamieszkania trójwymiarowej przestrzeni. Całość podświetlona w różnych kolorach daje nietypowy efekt. Mimo swej niezwykle skomplikowanej struktury, okazuje się, że sekwencje wiązań występują w modułach oraz są powtarzalne z niewielkimi różnicami wymiarowymi, które zostały określone poprzez parametry zmienne. Elementy złączone w całość stanowią nie lada wyzwanie dla percepcji ludzkiej, co zdecydowanie wpłynęło na atrakcyjność instalacji oraz otoczenia Biennale 2013 w Pekinie, gdzie

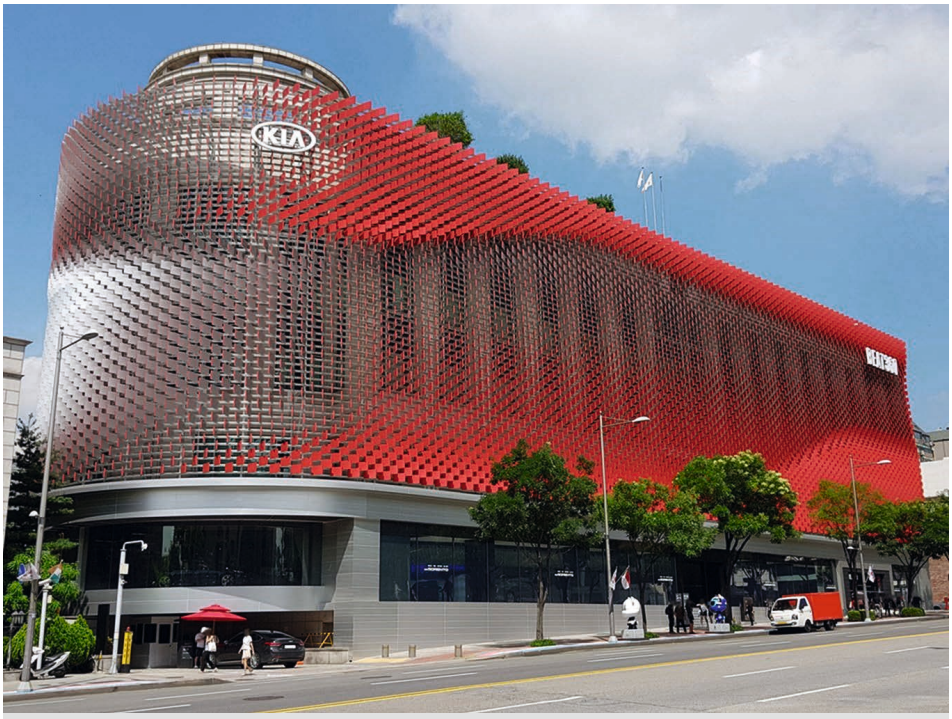
się znalazła. Innym przykładem, tym razem zrealizowanym w Polsce, jest niedawno otwarty pawilon na Wyspie Daliowej we Wrocławiu. NAWA projektu Oskara Zięty to forma rzeźbiarska składająca się z 35 stalowych łuków wykonanych w autorskiej technologii Zięty – FiDU[2] (ryc. 2). Elementy po zestawieniu ze sobą tworzą bramę, pod którą można swobodnie się przemieszczać. Szerokość, wysokość oraz krzywizna każdego elementu jest inna. Podczas procesu projektowego wykonano ponad 60 koncepcji oraz próbnych modeli, które poddawane były analizie w odniesieniu do otoczenia. Proces parametryzacji pozwolił na szybką manipulację kształtem oraz na łatwe wprowadzanie wielu poprawek. Oba obiekty nie pełnią żadnej dodatkowej funkcji oprócz podwyższenia walorów estetycznych przestrzeni, w której się znajdują. Forma dla formy, forma, która jest niezwykle nietypowa, atrakcyjna i niepowtarzalna.

Ryc. 1. The Cube, instalacja tymczasowa, Pekin, Chiny 2013, arch. Oyler Wu Collaborative. Źródło: https://www.archdaily.com/484551/perspective-on-the-cube-by-oyler-wu-collaborative

Ryc. 2. NAWA, pawilon, Wrocław, Polska 2016, arch. Zięta Prozessdesign Studio. Fot. Karol Wawrzkiewicz

[2] FiDU – z niem. *Freie Innendruck Umformung*, technika opracowana przez Oskara Ziętę na politechnice w Zurychu. Polega ona na deformacji kształtu wykonanego z rolowanej blachy od wewnątrz pod wpływem ciśnienia.

Przykładem realizacji architektonicznej trwałej, opierającej się na powyższych zasadach, jest najnowszy budynek centrum ekspozycyjnego południowokoreańskiego przedsiębiorstwa motoryzacyjnego Kia Motors zrealizowany w 2017 roku w Seulu. BEAT360, autorstwa grupy projektowej CA Plan, jest renowacją obiektu biurowego z 1992 roku na wielofunkcyjne centrum ekspozycyjno-promocyjne samochodów marki Kia (ryc. 3). Zabieg polegał na stworzeniu dodatkowej warstwy elewacyjnej, zaprojektowanej właśnie przy pomocy parametru. Nowa fasada składa się z 7553 ruchomych elementów, które dają nieskończoną liczbę wariacji efektu wizualnego[3]. Każdy moduł może zmieniać swoje położenie według swojej indywidualnej osi obrotu. Dzięki temu możemy doprowadzić do sytuacji, w której każdy moduł ma inne odchylenie względem wszystkich pozostałych. Parametry zdefiniowane w procesie projektowym, odpowiadające za oś obrotu modułu, zostały wykorzystane do



Ryc. 3. BEAT360, budynek ekspozycyjny Kia Motros, Seul, Korea Południowa 2017, arch. CA Plan.
Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20170801_BEAT360.jpg

[3] Zakładając, że zakres obrotu zawiera się w przedziale od 0 do 180 stopni z dokładnością do 1 stopnia, przy liczbie 7753 elementów, liczba wszystkich wariacji to 181^{7753} czyli, liczba która ma ponad 17 tysięcy zer. Taka byłaby liczba możliwości konfiguracji elewacji przy powyższych założeniach, dokładność obrotu jest jednak zapewne dużo większa niż jeden stopień, a więc rzeczywista liczba konfiguracji jest również znacząco większa.

zaprogramowania specjalnej aplikacji kontrolującej sekwencje ruchów wszystkich elementów w czasie rzeczywistym. Elewacja zostaje wprowadzona w ruch i zaczyna żyć swoim życiem. Efekt wizualny został dodatkowo wzmocniony poprzez zastosowanie dwóch kolorów na module, czerwony na awersie, biały na rewersie. Forma architektoniczna dzięki parametryzacji nabiera zupełnie nowego znaczenia. Dotychczasowa – stała, trwała i nieruchoma, zaczyna być zmienna, ruchoma i automatyczna. Nietypowe kształty zostały również wprowadzone do wnętrza budynku, które stało się dzięki temu niezwykle atrakcyjne dla odwiedzających. Parametryzm został wykorzystany do stworzenia atrakcji wizualnej, swego rodzaju urozmaicenia przestrzeni. Sprawia, że budynek wyróżnia się na tle innych obiektów.

Parametryka w procesie projektowym

W roku 1990 w Wielkiej Brytanii zrealizowano pierwszą inwestycję, która w całości bazowała na projekcie parametrycznym. Było to przekrycie peronów International Rail Terminal Waterloo w Londynie opracowane przez biuro Nicholas Grimshaw and Partners oraz SmartGeometry Group (ryc. 4). Zadaszenie peronu, który rocznie obsługuje ponad 15 milionów pasażerów, jest długi na 400 metrów i na całej swojej długości ma zmienną szerokość w zakresie od 35 do 50 metrów. Przekrycie składa się z 36 łukowych elementów nośnych o zmiennych wymiarach, lecz analogicznym względem siebie kształcie. Proces projektowy tego obiektu polegał na stworzeniu modelu parametrycznego jednego elementu, którego wymiary i krzywizny były zdefiniowane zmiennymi. Na jego podstawie po określeniu reguł generujących rozpiętość i krzywiznę pozostałe elementy zostały wygenerowane pokrewnie. W parametrycznej przestrzeni cyfrowej powstają formy, które charakteryzują się specyficznym zestawem hierarchicznych zależności pomiędzy elementami składowymi. Projektanci wykorzystują to podczas opracowywania kompleksowych struktur, które mogą analizować, zmieniając wartości parametrów odpowiedzialnych za kontrolowanie formy. W taki sposób zaprojektowano również dwukrzywiznową formę domu towarowego Weltstadthaus w Kolonii, w Niemczech, autorstwa Renzo Piano (ryc. 5). Fasada została zdefiniowana jedynie przez dwie krzywe – jedą w kierunku horyzontalnym, będącą obrysem budynku oraz determinującą jego rzut, drugą, określająca grzbiet budynku. Tylko te dwie krzywe pozwoliły wyznaczyć powierzchnię elewacji i jej podziały, które zostały zdefiniowane przez kilka zasad algorytmicznych. Parametryczny opis jednego elementu przyjętego systemu strukturalnego został analogicznie zastosowany we wszystkich pozostałych ponad 3800 szklanych taflach, mimo tego, że żadna z nich nie jest identyczna. Wyznaczenie takiej ilości elementów pojedynczo, każdego krok po kroku, byłoby

prawdopodobnie niewykonalne ze względu na częstotliwość poprawek i niedokładności. Jeżeli jednak taki proces by się powiódł, wiązałby się on z nieopłacalnie dużym nakładem pracy, ściśle związanym z ogromnym poświęceniem czasowym. Parametryczny model tego budynku stworzony przez Arnolda Walza, mimo swojej złożoności, mógł zostać wygenerowany w bardzo krótkim czasie. Następstwem takiego modelu są również ogromne oszczędności pracy i czasu w kolejnych etapach projektowych, kiedy to wprowadzona poprawka do elementu nadrzędnego dostosowuje się do wszystkich rodzimych elementów. Nowe wariacje trójwymiarowej fasady mogą być z łatwością wielokrotnie modyfikowane. Projekt Renzo Piano jest powszechnie uważany za znakomity przykład zastosowania prostych rozwiązań algorytmicznych oraz parametrycznych przy pozornie dużej złożoności formy.

W tych przypadkach wykorzystanie narzędzi parametryzujących nie było warunkowane chęcią uzyskania konkretnej nietypowej formy architektonicznej. Ta technika projektowa została obrana z czysto ekonomicznej przyczyny. Dzięki niej możliwe było znacznie szybsze opracowanie detali oraz rysunków technicznych. Nakład pracy został dzięki temu znacząco zredukowany, a wszelkiego rodzaju

Ryc. 4. Waterloo International Station, Londyn, Wielka Brytania 1993, arch. Nicholas Grimshaw and Partners. Źródło: http://miesarch.com/work/2647

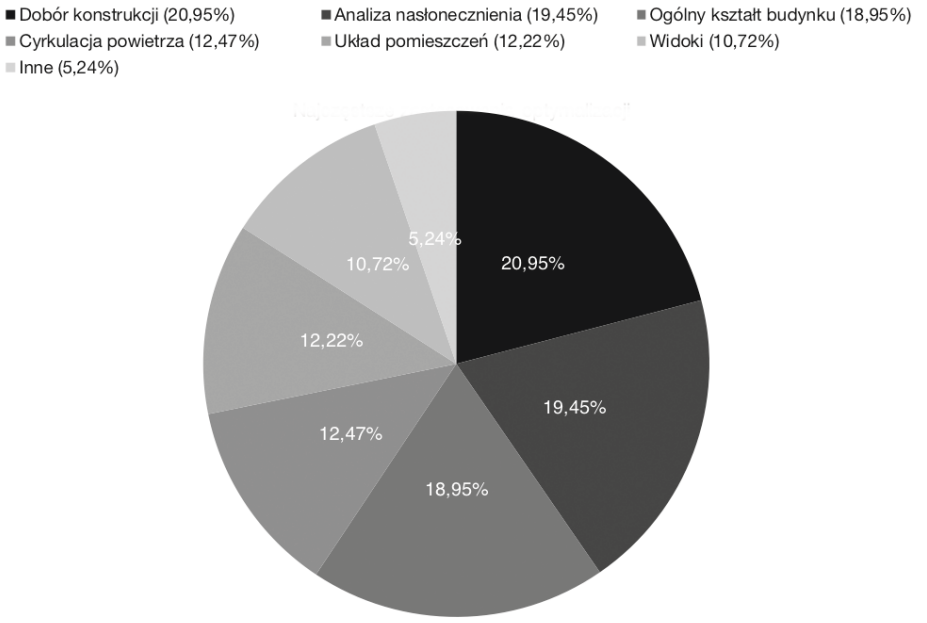
Ryc. 5. Weltstadthaus, Kolonia, Niemcy 2005, arch. Renzo Piano Building Workshop. Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baustelle_in_Koeln.jpg

poprawki były stosunkowo łatwe do wprowadzenia w modelu komputerowym. Ponadto taki model jest opracowany z niezwykłą dokładnością, znacznie przewyższającą zdolności ludzkie manualnego wprowadzania kresek w oprogramowaniach typu CAD. Daje to dużo większą pewność, że taki projekt nie będzie miał nieścisłości, które mogłyby się pojawić na budowie. Parametryczny model komputerowy to korzyść zarówno dla inwestora, jak i dla projektantów.

Parametryka optymalizacyjna

Zastosowanie twierdzeń matematycznych oraz cyklów algorytmicznych w szeroko rozumianych procesach projektowych miało miejsce na dużo wcześniej, niż zaczęto mówić o projektowaniu parametrycznym. Jednym z takich przykładów jest zastosowanie Diagramu Woronoja, którego historia sięga wieku XVII (choć zdefiniowany został przez Gieorgija Woronoja dopiero w 1908 roku). Jest to podział płaszczyzny składającej się z określonej liczby *n* punktów, na taką samą ilość *n* komórek w taki sposób, że każdy punkt wewnątrz komórki znajduje się bliżej jednego z *n* punktów niż pozostałych *n-1* punktów. Taki podział pozwala na rozwiązanie szeregu problemów logistycznych. Przykładem może być określenie najbliżej znajdującego się lotniska względem dowolnej lokalizacji na Ziemi lub określenie najbardziej optymalnej lokalizacji nowego punktu poczty w mieście w taki sposób, aby znajdował się on w miejscu, gdzie odległość do istniejących punktów poczty była zmaksymalizowana. Takie działania w odniesieniu do dzisiejszych problemów projektowych nazywamy optymalizacją. Optymalizacja polega na określeniu kryteriów wyboru, a następnie wyborze najlepszego elementu z puli dostępnych alternatyw. Projektowanie parametryczne, dzięki swobodnemu operowaniu parametrem, daje możliwość tworzenia tysiąca wariacji tego samego konceptu. Tak jak w przypadku budynku BEAT360, gdzie 7753 elementów może być usytuowanych względem siebie w ogromnej liczbie konfiguracji (liczba mająca ponad 17 tysięcy zer), manualna analiza każdego z tych przypadków jest niemożliwa. W tym celu wykorzystujemy moc obliczeniową komputerów, która pozwala nam na szybkie prześledzenie warunków wszystkich wariacji i wskazania takich wyników, które będą dawały najbardziej zadowalający nas rezultat. Wynik jest uzależniony od początkowo zdefiniowanego parametru, czyli czynnika decyzyjnego, który ma być zmaksymalizowany lub zminimalizowany. Podłoże takiego działania jest ściśle związane z ekonomią, czy to na etapie projektowym – redukcja czasu pracy, czy na etapie wykonawczym – redukcja potrzebnych materiałów, lub na etapie eksploatacji – redukcja zapotrzebowania na energię. Wynikiem tych wszystkich działań jest redukcja podstawowego czynnika wiodącego każdego projektu,

czyli nakładu finansowego. Najczęstszymi zastosowaniami optymalizacji są: dobór konstrukcji (20,95%), analiza nasłonecznienia (19,45%), ogólny kształt budynku (18,95%), cyrkulacja powietrza (12,47%), układ pomieszczeń (12,22%), widoki (10,72%) oraz wiele innych (5,24%)[4].



Ryc. 6. Najczęstsze zastosowania optymalizacji

Optymalizacja konstrukcji polega na osiągnięciu maksymalnej nośności lub wytrzymałości elementu przy jednoczesnym jak najmniejszym zużyciu materiału budowlanego. Analiza nasłonecznienia polegać może na osiągnięciu jak najlepszych warunków oświetleniowych przy jednoczesnym jak najmniejszym stopniu narażenia budynku na przegrzanie. Kształt budynku możemy optymalizować w celu osiągnięcia jak największej powierzchni użytkowej, minimalizując objętość sześcienną. Osiągnąć najlepszą cyrkulację powietrzną w budynku możemy przy inteligentnym i odpowiednim rozprowadzeniu instalacji. Układ pomieszczeń może być planowany ze względu na odpowiednie połączenia funkcjonalne. Możemy maksymalizować lub minimalizować widok na dany obiekt. Wszystkie te elementy mogą być zapisane za pomocą danych liczbowych oraz odpowiednich

[4] J.M. Cichocka, W.N. Browne & E. Rodriguez, *Optimization in the architectural practice*, 2017, http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2017_155.pdf [dostęp: 02.04.2018].

przedziałów, a następnie wybierać taki wynik, który spełnia nasze oczekiwania. Między podanymi przykładami możemy się dopatrzeć podstawowejróżnicy – w ilości kryteriów optymalizacji. Wyróżnia się optymalizację jednokryterialną oraz wielokryterialną. W przypadku tej pierwszej wynik zwykle jest bezpośredni oraz jednoznaczny. Jedno kryterium, które chcemy zminimalizować lub zmaksymalizować przy pomocy parametru zmiennego, daje jeden wynik, który jest najbardziej optymalny. Jeśli chodzi o optymalizację wielokryterialną, sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Jeżeli mamy dwa kryteria, jesteśmy jedynie w stanie określić grupę rozwiązań optymalnych, ale nie jesteśmy w stanie określić, czy jedno jest lepsze bądź gorsze od drugiego. Wyboru dokonujemy dzięki dodawaniu kolejnych warunków. Powołać się można na przykład optymalizacji przekroju belki nośnej. Określamy dwa kryteria, jakimi są: maksymalna nośność oraz minimalne zużycie materiału. W tym przypadku mamy do czynienia z dwoma skrajnymi wynikami. Maksymalna nośność zostanie osiągnięta przy nieskończenie dużym przekroju, co jest związane z nieskończenie dużym zużyciem materiału. Drugi skrajny wynik to nieskończenie małe zużycie materiału, które wiąże się z nieskończenie małą nośnością. Optymalne wyniki, jak można się domyślać, znajdują się gdzieś pośrodku. Nie sposób jednak wybrać, który będzie najlepszy, bez dodatkowych warunków, jak na przykład minimalnej nośności, którą chcemy, aby belka na pewno przenosiła. Kolejnym warunkiem może być nasz budżet i zdolność do poświęcenia większych kosztów celem zwiększenia zapasu bezpieczeństwa. Kolejno dodawane warunki zawężają naszą grupę optymalnych rozwiązań, stąd przy optymalizacji z dwoma kryteriami wybór właściwego rozwiązania jest jedynie możliwy po dodaniu kolejnych kryteriów. Wiele decyzji projektowych jest rozwiązywanych właśnie przy pomocy systemów optymalizacyjnych, które nie byłyby możliwe do wykorzystania bez parametrycznie opracowanego projektu. Te zmienne, którymi operujemy w modelu parametrycznym, są analizowane w w procesie optymalizacyjnym.

Czy słowa Grahama McKay'a są więc w jakimś stopniu zasadne? O ile wizja ciemnej mazi rozprzestrzeniającej się na powierzchni naszej ziemi brzmi bardzo interesująco, to reszta stwierdzeń nie wydaje się być do końca adekwatna. Parametryka w procesie projektowym, w szczególności w dziedzinie architektury, jest po prostu kolejnym krokiem na drodze rozwoju sposobu pracy. Tak jak w przypadku pierwszej digitalizacji studium projektowego, jaką było wprowadzenie komputerowych desek kreślarskich w postaci programów typu CAD, naturalną rzeczą jest poszukiwanie kolejnych rozwiązań, które ułatwią proces projektowy. Kolejno wprowadzone oprogramowania typu BIM, stające się powoli standardem, już dzisiaj nie dla wszystkich okazują się być wystarczające. Na przestrzeni dziejów od zawsze potrzeba jest matką wynalazków – narzędzia do projektowania

parametrycznego są kolejnym wynalazkiem, który ma nam ułatwić życie. Nie jest to żadnego rodzaju zamach na dziedzictwo kulturowe lub na kreatywny kunszt architektów. Jest to jedynie narzędzie i jeżeli w odpowiedni sposób z niego skorzystamy, może przynieść nam oszczędność pracy, czasu i pieniędzy oraz możemy dzięki niemu stworzyć wiele projektów, których opracowanie bez narzędzia parametrycznego nie byłoby po prostu możliwe.

BIBLIOGRAFIA

[1] Ayoubi A., *KIA Beat 360*, 16.01.2018, http://www.architectmagazine.com/project-gallery/kia-beat-360_o [dostęp: 02.04.2018].
[2] *CA Plan*, https://www.ca-plan.com/p-060-1 [dostęp: 02.04.2018].
[3] Cichocka J.M., Browne W.N., Rodriguez E., *Optimization in the architectural practice*, 2017, http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2017_155.pdf [dostęp: 02.04.2018].
[4] Davies J., *World Airports Voronoi,* https://www.jasondavies.com/maps/voronoi/airports/ [dostęp: 02.04.2018].
[5] Karam M., *A 3D Facade Of 7,553 Tiles by CA Plan*, 13.01.208, http://www.fubiz.net/en/2018/01/13/a-3d-facade-of-7553-tiles-by-ca-plan-2/ [dostęp: 02.04.2018].
[6] McKay G., *Stare Pomysły na Nową Architekturę*, RZUT – Kwartalnik Architektoniczny. Nowoczesność, wiosna 2016, tłum. Katarzyna Billik, Łukasz Stępnik.
[7] McKay G., *Old Ideas for New Architectures*, misfits' architecture, 28.01.2015, https://misfitsarchitecture.com/2015/01/28/old-ideas-for-new-architectures/ [dostęp: 19.03.2018].
[8] *Oyler Wu Collaborative, Beijing Biennale Cube*, 2013, https://www.oylerwu.com/beijing-biennale-cube [dostęp: 02.04.2018].
[9] Szalapaj P., *Parametric Propagation of Form*, 2001, http://www.architectureweek.com/2001/0919/tools_1-2.html [dostęp: 01.04.2018].
[10] The Grimshaw Studio, https://grimshaw.global/projects/international-terminal-waterloo/ [dostęp: 01.04.2018].
[11] *Zięta Prozessdesign Studio, NAWA*, 2016, http://zieta.pl/nawa/ [dostęp: 02.04.2018].

AGNIESZKA OLEARCZYK

KOMPUTEROWA POPKULTURA, CZYLI WPŁYW TECHNOLOGII NA SZTUKI WSPÓŁCZESNE

Wstęp

Wraz z rozwojem technologii komputery stają się coraz ważniejszą częścią otaczającej nas rzeczywistości. Wpływają niemal na każdy aspekt naszego życia codziennego, a prawidłowe funkcjonowanie dzisiejszego świata jest od nich niepokojąco uzależnione. Trudno nam sobie nawet wyobrazić życie bez smartfona, laptopa czy innych technologicznych udogodnień. Nawet nasze domy są kontrolowane przez urządzenia takie jak Amazon Echo czy Google Home, które mogą m.in. włączać i wyłączać światła i alarmy, otwierać bramy, odpowiadać na zadane pytania czy odtwarzać dowolną muzykę.

Technologia wpływa również na aspekt społeczny życia codziennego. Stajemy się coraz bardziej nietowarzyscy, rozmowy ograniczamy do niezbędnych informacji wymienianych drogą elektroniczną, a na spotkania nie tracimy czasu. Wiadomości ze świata zapewniają nam różnego rodzaje portale informacyjne, a zakupy zostają nam dostarczone pod same drzwi. Ludzie bardzo dużą wagę zaczęli przywiązywać do posiadania, czy to nowych gadżetów, czy znajomych na portalach społecznościowych, czy ilości lajków pod zdjęciami i postami.

Komputery i Internet mają wpływ również na ewolucję. W wyniku badań przeprowadzonych na Columbia University przez Betsy Sparrow został odkryty tak zwany 'efekt Google'. Jest to zjawisko, które dotyczy naszej pamięci. Coraz częściej pozwalamy sobie na zapominanie różnych faktów, informacji czy danych, a w ramach tego zapamiętujemy, gdzie i w jaki sposób możemy szybko je znaleźć. Internet stał się naszą pamięcią zewnętrzną, co spowodowało zminimalizowanie wysiłku poświęcanego na zapamiętywanie informacji[1].

[1] M. Osowiecka, *Google przyjacielem twojej pamięci*, http://badania.net/google-przyjacielem-twojej-pamieci/ (dostęp: 16.03.2018).

Jest wiele negatywnych aspektów komputeryzacji współczesnej cywilizacji, które są niemożliwe do zlikwidowania. O ich wpływie na życie dorosłych czy dzieci różne opinie mają psycholodzy, lekarze medycyny czy kognitywiści. Skupmy się jednak na wpływie technologii na otaczający nasz świat doświadczalny – jak technologia wpływa i zmienia postrzeganie współczesnej sztuki, muzyki czy architektury. Z biegiem lat komputeryzacja rozwija się coraz szybciej i możemy obserwować jej wpływ na wszelkie formy współczesnej kultury, wprowadzając nowe możliwości i nietradycyjne rozwiązania. Komputery stworzyły dla nas całkiem nową płaszczyznę twórczą, która odbiła swoje piętno w popkulturze. Nie boimy się wykorzystać danej nam szansy, aby stworzyć nowy kanon piękna.

Wpływ komputerów na muzykę

Komputeryzacja nie tylko wpływa na nasze życie codzienne, lecz również na szerszy zakres sztuk. Jej obecność możemy wyczuć nawet w takich dziedzinach jak muzyka. Technologia otworzyła całkiem nowe drzwi dla współczesnych muzyków, którzy wykorzystują ją do subtelnych ulepszeń utworów lub tworzenia całkowicie nowych piosenek, w których jedynym instrumentem jest komputer. W przeciągu ostatnich kilkudziesięciu lat świat muzyki wzbogacił się w szereg nowych gatunków muzycznych związanych z elektroniką.

Muzyka elektroniczna jest tworzona za pomocą elektrofonów, czyli elektromechanicznych i elektronicznych instrumentów muzycznych. Jej początki sięgają aż XIX wieku, kiedy to w 1876 roku został wynaleziony pierwszy elektroniczny instrument – muzyczny telegraf (ryc. 1). Z czasem do kontrowersyjnych dźwięków dodano nową ideologię, sformułowaną przez futurystę Filippa Marinettiego: *Celem jest stworzenie muzycznej duszy mas pracujących, wielkich fabryk, kolei żelaznej, transatlantyckich liniowców, samochodów i samolotów, by połączyć wielkie tematy muzyczne z królestwem maszyn i zwycięskiej elektryczności*[2]*. Z* biegiem lat gatunek ten coraz bardziej się rozwijał poprzez próby stosowania nowoczesnych technik nagraniowych, przetwarzanie dźwięków instrumentów lub pozamuzyczne – oraz generowanie dźwięków elektronicznych i komponowanie ich w całość. Wraz z rozwojem technologii komputerowych zaczęto rozwijać algorytmy pozwalające na komputerowe komponowanie muzyki, co dało jeszcze więcej możliwości. Muzyka elektroniczna stała się jednym z najbardziej awangardowych kierunków sztuki w XX wieku, a z końcem XX wieku sklasyfikowała się w czołówce najpopularniejszych gatunków muzycznych.

[2] F. Marinetti, *Manifest „Musica Futurista"*, 1912.

Ryc. 1. *Telharmonium, Thaddeus Cahill, 1897 r.*
Źródło: *https://pl.wikipedia.org/wiki/Muzyka_elektroniczna* (dostęp: 16.03.2018)

Również sztuczna inteligencja zaczyna znajdować swoje miejsce w świecie muzyki. W 2016 roku został zaprezentowany projekt *Magenta* badający rolę uczenia maszynowego w procesie tworzenia sztuki i muzyki. Miało to na celu stworzenie nowych algorytmów uczenia w celu generowania utworów, obrazów, rysunków czy innych materiałów, jak również inteligentnych narzędzi i interfejsów, które pozwalają artystom i muzykom rozszerzyć swoje procesy twórcze.

Rok później stworzony został NSynth, czyli algorytm tworzący nowe dźwięki poprzez manipulowanie falami akustycznymi wydobywanymi z istniejących instrumentów. Program dynamicznie przetwarza sygnały biegnące z używanych instrumentów i na ich podstawie tworzy nowe, zaskakujące dźwięki. Jest to kompletnie przetworzona ścieżka akustyczna, a nie miks dwóch fal dźwiękowych. Daje to bardzo interesujący efekt, tworząc nieograniczony zasób całkiem nowych brzmień, które nabierają swego rodzaju kosmicznego charakteru. Algorytm został umieszczony w małym, niepozornym, minimalistycznym pudełku i stworzył instrument nazwany NSynth Super (ryc. 2). Jest to kolejny krok na drodze rozwoju muzyki współczesnej, który otwiera nowe drzwi młodym kompozytorom.

Współczesna muzyka nie tylko zyskała nowy gatunek, który stworzył ogromne pole do popisu dla wielu muzyków, lecz niestety straciła możliwość selekcji osób utalentowanych od tych nieobdarzonych talentem muzycznym. W ostatnich latach popularność zyskał Auto-tune, czyli rodzaj procesora dźwięku, który używany jest do korekcji wysokości dźwięku instrumentów muzycznych i ludzkiego głosu. Pierwszym utworem, w którym zastosowano tą technologię była piosenka Cher „Believe", w której urządzenie pozwoliło na uzyskanie nierealistycznego, robotycznego efektu.

Ryc. 2. NSynth.
Źródło: http://www.factmag.com/2018/03/14/google-magenta-nsynth-super/ (dostęp: 15.03.2018)

Auto-tune szybko zyskał popularność w branży muzycznej, ponieważ sprawiał, że każdy człowiek był w stanie „trafiać w dźwięki". Doprowadziło to do ujednolicenia współczesnej muzyki rozrywkowej oraz zatracenia przez nią prawdziwości oraz artystycznego wyrazu. Tygodnik „Time" nazwał program Auto-tune jednym z 50 najgorszych wynalazków w historii[3].

Współczesne technologie zdecydowanie wpływają na kierunek, w którym zmierza muzyka. Pokazują nam wiele nieodkrytych jeszcze szlaków, które otwierają nas na całkowicie nowe doświadczenia. Trzeba jednak pamiętać, gdzie leży granica. Przecież nie chcemy, aby w przyszłości muzykę komponowały roboty. Sztuka kreowana przez maszynę traci swoją duszę, prawdę i głębię, za którymi stać może jedynie człowiek. Dlatego też sztuczna inteligencja może jednocześnie przyczynić się do rozwoju współczesnej muzyki, jak i do jej destrukcji.

Wpływ komputerów na sztuki plastyczne

Wraz z rozwojem technologii również sztuka wzbogaciła się o nowy kierunek. Pojawiła się sztuka nowych mediów, wideo czy cyberkultury. Jej powstawanie można było zaobserwować już w latach 30, XIX wieku, gdzie zaczęły pojawił się dagerotyp, czyli proces fotograficzny, w wyniku którego na metalowej płytce otrzymywany jest unikatowy obraz. Kilka dekad później impresjoniści zaczęli używać fotografii jako pomocy przy malowaniu obrazów, a fotografia jako sztuka zapoczątkowana została na przełomie XIX i XX wieku.

[3] D. Fletcher, *The 50 Worst Inventions*, http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1991915_1991909_1991903,00.html (dostęp: 15.03.2018).

Przełomowym wydarzeniem była wystawa 9Evenings, która odbyła się w 1966 roku, na której przez 9 kolejnych wieczorów prezentowali się artyści we współpracy z inżynierami. Tydzień później została utworzona organizacja Experiments in Art and Technology (E.A.T.), która popularność zyskała w bardzo szybkim tempie. Od początku XXI wieku sztuka elektroniczna stała się jednym z najważniejszych nurtów w historii sztuki współczesnej i zaczęła się rozwijać w błyskawicznym tempie. Profesor Krzysztof Kluszczyński w wywiadzie na temat sztuki technologicznej mówi: *Wyodrębniłem osiem różnych strategii sztuki interaktywnej. Niektóre zaprzeczają temu, co proponują inne. Łączy je to, że dzieła nie mają ostatecznego kształtu, nie mają charakteru artefaktu. Są wydarzeniami, których przebieg jest uwarunkowany zachowaniem odbiorców. Artyści różnie określają ramy tych interakcji. To nie są dzieła, które artyści porzucają i które w zamian tworzy publiczność. Dzieła powstają w wyniku dialogu, zwykle pośredniego. Często publiczność poprzez kontakt z dziełem musi sama ustanowić swoją relację z artystą*[4].

Jedno z dzieł sztuki elektronicznej zostało zaprezentowane przez grupę Opto Pussies na targach ARTMUC Art w 2015 roku. „Mirror of Minds" to ekspozycja, która przyjęła formę ciemnego pomieszczenia, w którym znajdowała się projekcja w formie pękniętego lustra, na którym prezentowane były rozpraszające uwagę obrazy (ryc. 3). Obserwator na wejściu zostaje wyposażony w czerwoną folię, która staje się oknem do drugiego dna przekazu. Po spojrzeniu na tę samą projekcję przez folię, ukazują się nam zupełnie inne obrazy, niosące głębszą treść i przekaz. Praca ta zachęca widzów do krytycznego myślenia i refleksji na temat rzeczywistości.

Ryc. 3. *Opto Pussies – „Mirror of Minds".*
Źródło: *https://vimeo.com/130809632* (dostęp: 16.03.2018)

[4] R. Kluszczyński, *Sztuka interaktywna. Od dzieła-instrumentu do interaktywnego spektaklu*, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2010.

Ryc. 4. *Gramazio Kohler Research, ETH Zurich oraz MIT – „Rock Print".*
Źródło: https://www.chicagoarchitecture.org/2015/10/09/self-assembly-lab-defies-gravity-at-biennial-with-rock-print/ (dostęp: 16.03.2018)

Kolejnym ciekawym przykładem jest „Rock Print", który został stworzony jako intrygujący pionowy obiekt złożony z losowych, nadających się do wielokrotnego użytku poliuretanów. Początkową fazą jest ustawienie struktury przez roboty, dzięki czemu powstaje masywna konstrukcja oparta na szkielecie ze sznurków. Następnie powstała rzeźba rozsypywana jest na części pierwsze, co ukazuje całkowitą odwracalność materiału i losowość rozproszenia struktury. Ten wizjonerski projekt jest pierwszą wspólną instalacją Gramazio Kohler Research, ETH Zurich[5] oraz MIT[6] (ryc. 4)[7].

Nowoczesne technologie wykorzystane zostały również w serii Light Barrier autorstwa studia Kimchi and Chips. Są to wolumetryczne rysunki stworzone za pomocą setek skalibrowanych projekcji wideo. Lekkie emisje łączą się we mgle, wytwarzając obiekty graficzne, które animują rzeczywistą przestrzeń. Instalacja materializuje przedmioty ze światła, zaburzając granicę między rzeczywistością i iluzją (ryc. 5). Dzieło składa się z 8 architektonicznych projektorów, które zostały podzielone na 630 podprojektów przy użyciu aparatu z wklęsłymi lusterkami. Każde lustro i jego struktura nośna są generowane obliczeniowo w celu utworzenia grupy, która współpracując, tworzy pojedynczy obraz w powietrzu. Następnie budowane jest pole dźwięku dzięki 40 kanałom dźwiękowym. „Light Barrier" jest dziełem,

5 Swiss Federal Institute of Technology in Zurich.

6 Massachusetts Institute of Technology.

7 Arch Daily, *Gramazio Kohler and Skylar Tibbits' „Rock Print" Is a Gravity-Defying Pile of Stones*, https://www.archdaily.com/775343/gramazio-kohler-and-skylar-tibbets-rock-print-pushes-the-limits-of-stone-structures-at-chicago-architecture-biennial (dostęp: 16.03.2018).

Ryc. 5. *Kimchi and Chips – „Light Barrier".*
Źródło: https://pl.pinterest.com/pin/546131892303365529/?lp=true (dostęp: 16.03.2018)

które intensywnie działa na zmysły widza, zapewniając całkiem nowe wrażenia i przenosi wirtualną rzeczywistość do prawdziwego świata, rzucając nowe światło na potencjał sztuki współczesnej[8].

Jednym z najważniejszych artystów sztuki elektronicznej jest Myron W. Krueger, którego serie dzieł przyczyniły się do powstania wirtualnej rzeczywistości. Swoje wytwory nazywał środowiskami responsywnymi, czyli takimi, w których komputer odbiera działania użytkownika i odpowiada na nie w sposób przemyślany poprzez złożony system środków wizualnych i akustycznych. Jego najbardziej znanym dziełem jest instalacja „Videoplace", w której używając technik telewizyjnych, osadził uczestników w dwóch różnych pomieszczeniach, które mogą być oddalone od siebie zarówno o kilka metrów, jak i tysiące kilometrów. Obrazy z obu lokalizacji są na siebie nakładane, a uczestnicy mają wrażenie, że znajdują się tuż obok siebie (ryc. 6). Choć Krueger po „Videoplace" nie stworzył już żadnych przełomowych projektów, jego roli w rozwoju systemów rzeczywistości wirtualnej i sztuki interaktywnej nie sposób nie docenić. Jego środowiska responsywne stanowić miały także prototyp dla podobnych projektów, mających swoje zastosowanie w edukacji, psychologii i psychoterapii[9]

.Rozwój technologii i komputerów jedynie pobudził kreatywność współczesnych artystów, dziękim którym możemy doświadczyć dotąd nieznanego. Oczywiście istnieje też druga strona medalu. Do dyspozycji mamy coraz więcej nowych urządzeń i programów, które automatycznie generują sztukę. Niedawno powstały takie udogodnienia, jak drukarka do graffiti, która umożliwia naniesienie

[8] *Kimchi and Chips*, https://www.kimchiandchips.com (dostęp: 16.03.2018).

[9] *VIDEOPLACE – Myron Kruger*, https://www.aneddoticamagazine.com/videoplace-myron-krueger/ (dostęp: 16.03.2018).

Ryc.6. *Myron W. Krueger – „Videoplace".*
Źródło: http://hplusmagazine.com/2015/01/22/welcome-mixed-reality/ (dostęp: 16.03.2018)

dowolnego obrazu na ścianę, czy też aplikacja Prisma, która przerabia dowolne zdjęcie na wybrany styl artystyczny, tworząc ciekawy obraz jednym kliknięciem. Podobnie jak w przypadku muzyki trzeba zapobiec przejęciu sztuki przez sztuczną inteligencję, aby nie straciła ona swojego sensu i treści.

Wirtualna rzeczywistość

Wirtualna rzeczywistość w ostatnich latach zawładnęła światem. Obraz sztucznego świata, stworzony przy wykorzystaniu technologii informatycznych, może reprezentować nie tylko elementy realne, ale również zupełnie fikcyjne. Prekursorem tego zjawiska jest wspomniany wcześniej artysta Myron W. Krueger, który stworzył projekty-wideoinstalacje. Pierwszym takim projektem był „Glowflow", czyli konstrukcja składająca się z zaciemnionego pokoju, w którym znajdowały się cztery przezroczyste rury. Przepływające przez nie fluorescencyjne cząsteczki zmieniały kolory pod wpływem ruchów obserwatora. Wszystkiemu towarzyszyły dźwięki syntezatora Mooga[10].

Obecnie, wirtualna rzeczywistość jest generowana głównie za pomocą obrazów i efektów dźwiękowych i umożliwia interakcje ze środowiskiem symulowanym przez komputer. Zyskała popularność niemal w każdej dziedzinie naszego prawdziwego życia. Dzięki różnego rodzaju symulacjom wirtualna rzeczywistość wykorzystywana jest m.in. w medycynie, lotnictwie czy turystyce. Ma również ogromny wpływ na współczesną rozrywkę, gdyż zapewnia nam zupełnie nowe gry, zabawy czy inne formy spędzania wolnego czasu. Na rynku pojawił się cały

[10] *Virtual reality, czyli czym jest wirtualna rzeczywistość?*, https://www.systel.pl/virtual-reality/ (dostęp: 03.04.2018).

szereg urządzeń, które pozwalają nam doświadczać i przenieść się do komputerowo wygenerowanego świata, takie jak konsole do gier z sensorem kinetycznym czy oculusy. Dzięki temu możemy przenieść się w dowolne miejsce, realne bądź fikcyjne, bez konieczności wychodzenia z domu.

Wirtualna rzeczywistość nie tylko pomaga nam przenieść się w całkiem fikcyjne miejsca, lecz również przenosi fikcyjne obiekty do świata rzeczywistego. Przykładem tego mogą być animowane zespoły muzyczne. Najbardziej popularne były one w krajach Azji Wschodniej, do czasu aż swoją światową popularność zyskała grupa Gorillaz, która składa się z czterech animowanych postaci wykreowanych przez artystę komiksowego Jamie'ego Hewletta oraz muzyki tworzonej przez Damona Albarna z grupy Blur w kolaboracji z licznymi artystami z całego świata. Dzięki animowanym teledyskom oraz krótkim filmikom z członkami zespołu postacie zostały przywołane do życia i każda z nich zyskała swój niepowtarzalny charakter. W 2005 roku na gali EMA został zaprezentowany niesamowity występ, gdzie wygenerowany komputerowo wokalista zespołu wykonał piosenkę na jednej scenie z Madonną. W ostatnim czasie mieliśmy także okazję oglądać wywiady z wirtualnymi członkami zespołu na żywo, co zaburzyło granicę między rzeczywistością i fikcją (ryc. 7). Mieliśmy również do czynienia z przywróceniem zmarłych już artystów na scenę poprzez hologramy. Z jednym z takich efektów spotkaliśmy się podczas gali Billboard Music Awards 2014, gdzie mogliśmy raz jeszcze zobaczyć zmarłego króla muzyki pop – Micheala Jacksona. Dzięki takim zabiegom możemy uwierzyć, że nasza wyobraźnia nie musi mieć ograniczeń, ponieważ dzięki komputerom jesteśmy w stanie wszystko umieścić w otaczającym nas świecie.

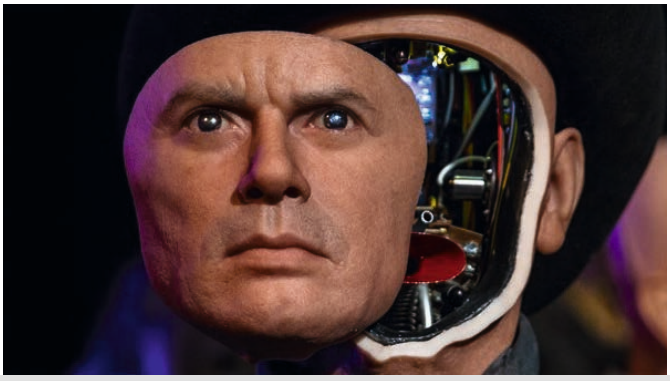
Ryc. 7. *Występ Gorillaz na Gali EMA 2005.*
Źródło: https://www.telegraph.co.uk/music/what-to-listen-to/grammy-duets-through-the-years/gorillaz-appeared-onstage-with-madonna-as-a-3d-colour-hologram-t/ (dostęp: 03.04.2018)

Wpływ komputerów na kinematografię

Jedną ze sfer, w której najbardziej zauważalny jest wpływ komputerów, jest kinematografia. We współczesnych filmach mamy do czynienia z coraz bardziej realistycznymi efektami specjalnymi, które trudno odróżnić od rzeczywistości. Rozwój technologii pozwolił na taki poziom tworzenia filmowego świata, że nic już nie jest niemożliwe. Filmy zapewniają nam niesamowite wrażenia wizualne, których nie bylibyśmy sobie w stanie nawet wyobrazić. Do życia powołane zostają najbardziej fantazyjne kreatury, tworzone są całkowicie nowe światy i odgrywane są niesamowite bitwy.

Wszystko to jest możliwe dzięki nowoczesnej technologii CGI, czyli Computer Generated Imagery – technologii efektów specjalnych. Aktorzy nie muszą już być zabezpieczeni cienkimi linami i ryzykować życiem, zwisając z fasady wysokich domów. Zamiast tego grają przed zielonymi tłami, a później za pomocą CGI wmontowywani są w scenografię. Zanim powstało CGI, każdy wizualny efekt filmowy wymagał ogromnych nakładów pracy. Opracowywano w tym celu szereg różnych filmowych trików, jak na przykład malowanie na szkle, retusz zdjęcia farbą albo ręcznie robione modele i scenografie. Takich metod używano aż do roku 1973, kiedy to w filmie „Westworld" można było zobaczyć pierwszy efekt komputerowy w postaci morderczego androida wygenerowanego z warstwy pikseli (ryc. 8). Każda dziesięciosekundowa sekwencja tego efektu wymagała ośmiogodzinnego renderowania.

Dziewięć lat później powstała pierwsza wygenerowana całkowicie komputerowo sekwencja filmowa na potrzeby „Star Treka II: Gniew Khana", a z biegiem czasu stało się jasne, że każdy efekt specjalny będzie tworzony za pomocą komputerów.



Ryc. 8. *Scena z filmu „Westworld", 1973 r.*
Źródło: https://nerdist.com/how-westworld-the-show-differs-from-westworld-the-movie/ (dostęp: 28.03.2018)

W 1990 roku po raz pierwszy zastosowano technologię CGI zwaną *motion capturing*, która stała się standardowym elementem każdego filmu fantasy i science fiction. Do tej metody wykorzystywane są specjalne stroje, wyposażone w wiele punktów referencyjnych. Odbijają one światło podczerwone, które jest rejestrowane przez specjalny system kamer. Aktorzy poruszają się na siatce współrzędnych, która ma swoje analogiczne odbicie w komputerze, dzięki czemu ruch aktorów jest zapisywany i przenoszony na wygenerowany komputerowo model. Jednym z najbardziej znanych przykładów wykorzystania tej metody jest rola aktora Andy'ego Serkisa jako Golluma w serii „Władca Pierścieni" (ryc. 9).

Ryc. 9. *Andy Serkis jako Gollum – „Władca Pierścieni"*.
Źródło: https://www.thecinemaholic.com/the-genius-of-andy-serkis-explained/
(dostęp: 28.03.2018)

Rozwój CGI przyczynił się nie tylko do ulepszenia efektów wizualnych w filmach, ale również zapoczątkował nowy gatunek filmowy. W 1995 roku powstał pierwszy film wygenerowany całkowicie w komputerze. Była to trwająca 81 minut animacja wytwórni Pixara – „Toy Story" (ryc. 10). Potrzebna do tego moc obliczeniowa była wówczas olbrzymia, a wynajęta farma komputerów renderujących składała się ze 117 superkomputerów, które generowały 3 minuty filmu tygodniowo, ale efekt był zniewalający. Potwierdzają to liczne nagrody, a nawet nominacje do Oscara. Od tego czasu powstał cały szereg różnego rodzaju komputerowych animacji, które z biegiem czasu robią się coraz dokładniejsze i bardziej zaawansowane.

We współczesnym świecie trudno znaleźć hit kinowy nie wykorzystujący CGI. Wykorzystanie tej technologii jest nie tylko łatwiejsze, ale też tańsze niż efekty uzyskiwane w tradycyjny sposób. Jednak jest wielu przeciwników efektów tworzonych w ten sposób. Przykładem są fani serii „Gwiezdnych Wojen" czy „Władcy Pierścieni", gdzie pierwsze filmy, robione w tradycyjny sposób, okazały się być o wiele lepsze niż ich komputerowe kontynuacje. Problemem również jest natarczywe

Ryc. 10. „Toy Story", 1995 r.
Źródło: https://www.youtube.com/watch?v=tN1A2mVnrOM (dostęp: 28.03.2018)

wykorzystywanie efektów specjalnych w filmach, w których nie jest to wymagane, co powoduje mniejsze skupienie na fabule i gorszy ogólny odbiór efektu końcowego. Należy pamiętać, że pomimo niesamowitego wpływu, jaki na kinematografię ma technologia CGI, istnieją elementy dużo ważniejsze, bez których nie może powstać dobry film, jak scenariusz, umiejętności aktorskie czy przede wszystkim - ciekawa fabuła. Widzowie zdążyli się już przyzwyczaić do komputerowych obrazów i stali się bardziej krytyczni wobec filmu, przez co dobre efekty specjalne przestały być kartą przetargową w zwabieniu ich do kina.

Wpływ komputerów na architekturę

> *Zamiast determinowania ludzkiego zachowania, albo pozwalania na to by było ono określane przez rysunek błyskotliwego architekta, przestrzeń powinna ewoluować i zmieniać się w zgodzie ze społecznym i kulturowym kontekstem i potrzebami jej mieszkańców* (Daan Roosegaarde, 2006)[11].

Wszyscy się zgodzimy, że XXI wiek diametralnie zmienił życie architektów. Długie i żmudne procesy kreślarskie zostały przeniesione do szerokiego wyboru programów komputerowych. Projekty stały się dokładniejsze, a niezbędne poprawki proste i mniej uciążliwe. Cały zestaw przyrządów, które niegdyś były niezbędne do wykonywania zawodu architekta, został przeniesiony do pojedynczych programów, dzięki którym projektowanie stało się proste i niemalże nieograniczone. Projektowany budynek przedstawia się w formie wizualizacji, która do złudzenia przypomina zdjęcie, jak również model 3D, filmik czy wirtualną wycieczkę po obiekcie.

[11] M. Helenowska-Peschke, *Architektura cyfrowa – o miejscu technologii informatycznych w kształceniu architektonicznym*, Przestrzeń i Forma, 11/2009, s. 125.

Forma architektoniczna powoli przestaje mieć jakiekolwiek granice, dzięki programom, które same wykonują niezbędne obliczenia i umożliwiają modelowanie dowolnych kształtów elementów budowlanych.

Dzięki nowym technologiom używanym przy projektowaniu organicznych kształtów powstał nowy temat architektoniczny, którym jest projektowanie parametryczne, czyli budowanie zależności pomiędzy poszczególnymi elementami – parametrami – w przestrzeni, na bazie których powstaje modularna struktura. Zaczęło ono zajmować coraz ważniejsze miejsce w architekturze współczesnej. Dzięki niemu możliwe jest nie tylko stworzenie nietypowej formy budowli, ale również ciekawego wnętrza i oryginalnego wyposażenia. Postęp ten jest możliwy dzięki coraz szerszej gamie materiałów, ich lepszej dostępności oraz coraz niższym cenom. Przedstawia to zupełnie nowe możliwości dla architektów i pozwala stworzyć projekt jednocześnie wyjątkowy i nietypowy, ale również racjonalny i dostosowany do warunków środowiskowych. Projektowanie parametryczne pozwala na zmniejszenie zużycia energii oraz zoptymalizowanie funkcji we wnętrzu. Nieregularne, organiczne kształty budynku zazwyczaj wynikają z wewnętrznej funkcji. Rozwiązuje to problemy z komunikacją w budynku, zacienianiem sąsiednich budowli oraz zapewnia odpowiednie oświetlenie. Programy odpowiedzialne za projektowanie parametryczne również analizują nasłonecznienie, ruch ludzi, czy też ilość ciepła przenikającą przez przegrody. Wziąwszy pod uwagę wszystkie dane, które mogą być w każdej chwili zmieniane, program dostosowuje bryłę. Projektowanie parametryczne okryło się sławą dzięki znakomitym projektom takich architektów jak Zaha Hadid, Norman Foster czy Jean Nouvel (ryc. 11).

Ryc. 11. *Norman Foster – „The Gherkin".*
Źródło: https://www.azuremagazine.com/article/10-buildings-redefined-cities-ando-koolhaas-jeanne-gang/ (dostęp: 28.03.2018)

Kolejną nowością technologiczną, która powoli rewolucjonizuje współczesną architekturę, jest druk 3D. Pomimo bardzo dużych kosztów trójwymiarowego druku coraz więcej firm decyduje się na jego stosowanie. Dzięki tej technologii jesteśmy w stanie urzeczywistnić nawet najbardziej skomplikowany projekt oraz mieć jego dokładny model. Technologia druku 3D jest wykorzystywana nie tylko do przedstawiania koncepcji architektonicznych, ale również do tworzenia elementów konstrukcyjnych, mebli czy nawet pełnoformatowych budynków. Na całym świecie powstają liczne projekty domów, a nawet osiedli z wykorzystaniem drukarek 3D. Dzięki temu jesteśmy w stanie postawić dom nie tylko bardzo szybko, ale również za bardzo niską cenę. Jedną z pierwszych takich realizacji jest znajdująca się w Chinach wydrukowana dwupiętrowa willa (ryc. 12). Ma aż 1100 m^2 powierzchni użytkowej, a jej koszt wyniósł pół miliona złotych. Do produkcji willi został użyty beton i odpady przemysłowe, które zostały nałożone na dyszę drukarki 3D. Metoda ta zostawia za sobą charakterystyczną fakturę ścian, która wymaga kompletnego wykończenia wnętrz. Technologia druku 3D pozwala nam zaoszczędzić do 60% środków na materiałach budowlanych i do 80% kosztów robocizny. Kilka lat później, w Rosji, został zaprezentowany dom mieszkalny wydrukowany na miejscu w 24 godziny. Z roku na rok słyszymy o coraz większej liczbie tego typu realizacji.

Ryc. 12. *Willa wydrukowana w 3D, Chiny.*
Źrodło: STR / China OUT /AFP

Budynki dzięki podłączeniu do światowej sieci informatycznej i wyposażeniu w urządzenia sensoryczne staną się interaktywnymi hiperciałami zdolnymi do adaptacji do warunków środowiska (Kas Oosterhuis, 2006)[12].

Współczesna architektura przechodzi metamorfozy, w których możemy wyróżnić takie kierunki jak: projektowanie budynków inteligentnych, odejście od powtarzalności w geometrii brył oraz projektowanie zrównoważone. Komputery nie tylko pomagają w projektowaniu obiektów, ale również niejednokrotnie stanowią element wykończenia czy osobną strukturę architektoniczną. Możemy się spotkać z różnymi projektami, w których jako elementy elewacji wykorzystane są wyświetlacze cyfrowe czy obrazy rzucane przez projektory. Może to stwarzać ciekawe efekty, które odpowiednio użyte tworzą architekturę wyjątkową i niepowtarzalną. Jednak w dzisiejszych czasach ilość ekranów i wyświetlaczy, które nas otaczają, w niektórych miastach staje się przytłaczająca i niszczy piękno architektury. W miejscach takich jak Time Square w Nowym Yorku (ryc. 13) czy centrum Hong Kongu ilość reklam w formie cyfrowych billboardów zdominowała środowisko, tworząc z miasta formę kiczu. Ciężko sobie wyobrazić, jak wyglądały te miejsca bez wszechobecnych reklam i jak naprawdę wyglądają znajdujące się tam budynki.

Ryc. 13. *Times Square, New York.*
Źródło: https://www.nycgo.com/attractions/times-square (dostęp: 28.03.2018)

[12] M. Helenowska-Peschke, *Architektura cyfrowa...,* op.cit., s. 125.

Podsumowanie

Czy komputeryzacja ogranicza naszą wyobraźnię? Biorąc pod uwagę wyżej wymienione przykłady, dochodzę do wniosku, że może się tak dziać jedynie w przypadku osób, których wyobraźnia i tak nigdy nie została rozwinięta. Dla osób kreatywnych technologia otwiera jedynie kolejne drzwi, które kryją za sobą niezliczoną ilość nowych możliwości. Patrząc na to, ile niespotykanych dotąd doświadczeń przyniósł nam XXI wiek, jesteśmy ciekawi, co jeszcze nas czeka, jak bardzo świat jest w stanie nas zaskoczyć. Owszem, technologia niesie ze sobą wiele niebezpieczeństw, może negatywnie wpływać na nasze życie codzienne czy kontakty społeczne. Jest to jednak zupełnie inny aspekt tego tematu. Na naszą wyobraźnię wpływ mamy jedynie my sami, a sposobów, żeby ją rozwijać, możemy szukać wszędzie.

BIBLIOGRAFIA

[1] Architektura przyszłości. *Projektowanie parametryczne i druk 3d – czy zmienią oblicze architektury?*, https://archirama.muratorplus.pl/architektura/architektura-przyszlosci-projektowanie-parametryczne-i-druk-3d-czy-zmienia-oblicze-architektury,67_2587.html (dostęp: 27.03.2018).

[2] Bardzo HR, *Efekt Google*, https://bardzohr.pl/2012/05/11/efekt-google/ (dostęp: 28.03.2018).

[3] *Deinstallation of Rock Print, Architectural Installation at the inaugural Chicago Architecture Biennial 2015*, https://vimeo.com/156608890 (dostęp: 16.03.2018).

[4] *Domy drukowane na drukarce 3D? To już rzeczywistość*!, http://biznes.interia.pl/budownictwo/news/domy-drukowane-na-drukarce-3d-to-juz-rzeczywistosc,2535065,4209 (dostęp: 28.03.2018).

[5] Helenowska-Peschke M., *Architektura cyfrowa – o miejscu technologii informatycznych w kształceniu architektonicznym*, Przestrzeń i Forma, 11/2009, s. 119–129.

[6] Kluszczyński R., *Sztuka interaktywna. Od dzieła-instrumentu do interaktywnego spektaklu,* Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2010.

[7] *Light Barrier Third Edition [2016]*, https://vimeo.com/218354021 (dostęp: 16.03.2018).

[8] *Magenta, Make music and Art Using Machine Learning*, https://magenta.tensorflow.org (dostęp: 15.03.2018).

[9] Marinetti F., *Manifest „Musica Futurista"*, 1912.

[10] *Mirror of Minds at ARTMUC 2015*, https://vimeo.com/130809632 (dostęp: 16.03.2018).

[11] Osowiecka M., *Google przyjacielem twojej pamięci*, http://badania.net/google-przyjacielem-twojej-pamieci/ (dostęp: 16.03.2018).
[12] *Posłuchaj dźwięków dosłownie nie z tego świata. Google stworzył... instrument muzyczny oparty o SI*, https://www.spidersweb.pl/2018/03/nsynth-super-google-magenta.html (dostęp: 15.03.2018).
[13] *PRIX ARS ELECTRONICA 2017*, http://prix2017.aec.at/prixwinner/27291/ (dostęp: 16.03.2018).
[14] *Projektowanie parametryczne. Architektura w nowym wydaniu*, http://www.projektowanieparametryczne.pl/?p=3 (dostęp: 27.03.2018).
[15] Sural A., *Prof. Kluszczyński: Jesteś interaktywny, więc jesteś*, Culture.pl, listopad 2015, http://culture.pl/pl/artykul/prof-kluszczynski-jestes-interaktywny-wiec-jestes-wywiad (dostęp: 16.03.2018).
[16] Zalewski K., Gil A., *Innowacyjne obiekty architektoniczne a możliwości i ograniczenia techniczno-materiałowe w ich realizacji*, Czasopismo Techniczne, 2-A/1/2011, s. 271–278.

TOMASZ OBARA

WIZUALIZACJE KOMPUTEROWE I VR VS. RYSUNEK ODRĘCZNY

Wstęp

Współczesny architekt kojarzony jest z godzinami spędzonymi przed komputerem, ciągle goniącymi go terminami, litrami wypitej kawy i bliżej nieokreślonymi zdolnościami manualno – artystycznymi, które musiał posiadać, aby dostać się na studia. Nie ulega wątpliwości, że jednym z jego nieodłącznych atrybutów jest rysunek. Czy ten odręczny czy komputerowy, jest sposobem zapisu przestrzeni, tej rzeczywistej, już istniejącej, lub wirtualnej, która jest nieustannie kreowana w jego głowie. To sposób komunikacji pomiędzy projektantem wizjonerem a odbiorcą, do którego rysunek jest kierowany. Rysunek to także od wieków sposób na wyrażanie emocji, ekspresji, to zapis przeżyć, sposób na udokumentowanie wydarzenia bądź podróży – jednym słowem to rodzaj wypowiedzi, kontaktu z otoczeniem.

Czy w XXI wieku, kiedy prawie wszystko mogą za nas zrobić maszyny, architekci korzystają jeszcze ze swoich zdolności artystycznych, przedstawiając swoje koncepcje? Czy rysunek odręczny nie został odstawiony na dalszy plan, nie przegrał bitwy z fotorealistycznymi wizualizacjami? Który sposób pozwala na lepsze pokazanie idei i klimatu projektu? Czy rysunek odręczny czytelny jest dla zwykłego odbiorcy i czy piękne wizualizacje go czasami nie oszukują? To tylko kilka pytań, które nurtują wiele osób związanych z dziedzinami architektonicznymi.

Rysunek jako element dydaktyki

*Jednym z najważniejszych środków wykształcenia architekty (*architekta*) jest nauka rysunku. Dobry architekt, tworząc bryłę w przestrzeni, powinien nie tylko umieć narysować ją samą, ale i wszystko, co dookoła niej widzi. W ten tylko sposób zrozumie i odczuje zależność wzajemną mas w naturze*[1]. Słowa Wacława Krzyżanowskiego,

[1] W. Krzyżanowski, *Architekt. Miesięcznik poświęcony architekturze, budownictwu i przemysłowi artystycznemu rok styczeń 1908 r. Zeszyt 1,* Kraków 1908, s. 3.

jednego z najwybitniejszych architektów krakowskich i polskich, pokazują, jak ważna jest umiejętność rysowania w zawodzie architekta. Bez umiejętności dokładnego przestudiowania elementów składowych kompozycji – czy to brył czy elementów, z których składa się budynek, nie można dobrze przygotować się do zawodu. Doskonale obrazują to słowa Paula Valery'ego zawarte w *Degas, taniec i rysunek*: *Jest ogromna różnica między widzeniem czegoś bez ołówka w ręce, a widzeniem podczas rysowania. Inaczej mówiąc widzimy dwie różne rzeczy. Przedmiot, do którego przywykły nasze oczy, staje sie zupełnie inny, kiedy chcemy go narysować. Spostrzegamy, że nie znaliśmy go, że nigdy nie widzieliśmy go naprawdę*[2]. Rysując, poznajemy proporcje, wzajemne relacje zachodzące pomiędzy częściami składowymi obiektu, i nierzadko na rysunku oddajemy jego charakter, co wspaniale ujęła w słowa Beata Makowska: *Szkice odręczne są niezwykle istotne w pracy architekta. Są znakomitym językiem pomocnym w wyrażaniu idei, precyzowaniu formy, jej zasadniczych proporcji i relacji z otaczającą przestrzenią*[3].

Od dawna to rysunek był narzędziem nie tylko służącym do udokumentowania określonych zdarzeń czy przedstawienia przestrzeni, ale ukazującym wrażliwość rysującego względem otaczającego go świata. Trafnym może być stwierdzenie, że ostatnia cecha niezbędna jest do prawidłowego ukształtowania architekta jako artysty kreującego otaczający go świat. Wrażliwość na dostrzeganie pewnych cech otoczenia jest nieocenioną pomocą podczas procesu twórczego, kiedy dogłębna znajomość przestrzeni owocuje w prawidłowo przyjętych rozwiązaniach zarówno estetycznych, jak i funkcjonalnych.

Aparat czy ołówek?

Oczywiście, rysunek jest jedną z kilku dróg prowadzących do poznania i przeanalizowania otoczenia, jednak dla architekta najnaturalniejszą do wykonania nawet w postaci szybkich szkiców czy zapisu myśli na miejscu, podczas wizji lokalnej lub w czasie podróży. Niestety, zapominaną praktyką wśród studentów, dydaktyków i praktykujących architektów staje się prowadzenie rodzaju dziennika szkiców – czy to z wyjazdu, czy podczas studiowania określonego tematu. Jednym z powodów jest z pewnością postęp techniki i upowszechnienie się aparatów fotograficznych, dzięki którym można szybko sfotografować przestrzeń, ale mimo wszystko w żaden sposób nie mogą one konkurować z rysunkiem odręcznym. Postawienie

[2] P. Valery, *Degas, taniec, rysunek*, tłum. J. Guze, Wydawnictwo Pavo, Warszawa 1993.

[3] B. Makowska*, Szkice i ich rola w twórczym procesie zapisu przestrzeni architektonicznej,* [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 2, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013,

więc w tym miejscu pytania odnośnie do potrzeby praktykowania przez architekta rysunku odręcznego wydaje się nie wymagać odpowiedzi. To dobrze wykonany rysunek w obecnych czasach staje się czymś pożądanym i wywołującym podziw. Doskonale wyraziła to Maria Żychowska: *w nowoczesnym świecie rysunek odręczny nie jest konieczną ani niezbędną umiejętnością dla architekta do wykonywanie zawodu. Jest raczej przywilejem albo błogosławieństwem dla tych, którzy potrafią używać tego ekskluzywnego środka ekspresji*[4]. W świetle tych słów warto zadać pytanie, dlaczego tak mało studentów stara się pokazać swoje umiejętności rysunkowe? Na wydziałach architektury w kręgach studentów padają także pytania o konieczność rysowania. Można usłyszeć głosy, że to niepotrzebne. Należałoby zadać pytanie: skąd takie myśli? Nie będzie odkryciem stwierdzenie, że w dużej mierze to komputeryzacja przyczyniła się do odstawienia na bok tradycyjnych technik plastycznych. Potwierdzeniem tego są słowa Leszka Malugi, który prowokacyjnie stwierdza, że *koniec rysunku architektonicznego w jego tradycyjnym rozumieniu został ogłoszony*[5].

Wyścig z ołówkiem

Od pierwszych dni studiów trwa rywalizacja między studentami, którą według nich wygrywa ten, kto umie zrobić najbardziej realistyczne wizualizacje. Oglądając dziesiątki wizualizacji dziennie, studenci sami napędzają się, chcąc przedstawiać swoje pomysły tak, aby wyglądały jak ze zdjęcia, co wzbudza podziw wśród kolegów. Pomijając fakt, że dążenie do poprawienia swojego warsztatu pracy to nic złego, a jest wręcz wskazane, warto zaznaczyć w tym miejscu, że studenci odchodzą od rysunku odręcznego, chcąc za wszelką cenę wykonywać wszystkie prace za pomocą komputera. Ze względu na brak edukacji w zakresie oprogramowania dla niektórych wizualizacje to nadal „czarna magia" i nie umiejąc ich tworzyć, wstydzą się pokazywać swoje projekty, nawet wykonując do nich rysunek odręczny. Największą uwagę zawsze zwraca przekaz wizualny. Chcąc przykuć uwagę, studenci dążą do ideału, jednak jest to droga wymagająca dużej ilości poświęconego na naukę czasu. Podczas rozstrzygania konkursu chwila, którą poświęca się na oglądanie projektu, jest tak krótka, że najlepiej „sprzedać" pracę dobrą prezentacją. „Sucha" wizualizacja czy wątpliwej jakości rysunek nie potrafią dobrze przekazać idei autora. Rysunki powinny być wykonywane na wysokim poziomie merytorycznym

[4] *Wyzwania XXI wieku. Rysować, malować czy skorzystać z komputera*, t. I, pod red. M.J. Żychowskiej, Wydawnictwo PK, Kraków 2015, s. 7 (tłum. T. Obara).

[5] L. Maluga, *Rysunek architektoniczny a kultura zawodowa*, [w:] *Wyzwania XXI wieku. Rysować, malować czy skorzystać z komputera*, t. I, pod red. M.J. Żychowskiej, Wydawnictwo PK, Kraków 2015, s. 55 (tłum. T. Obara).

i estetycznym, a często ich wykonanie pozostawia wiele do życzenia, gdy tworzone są na przysłowiowym kolanie w noc przed oddaniem projektu.

Rola rysunku i modelu w projektowaniu

Najnaturalniejszą formą wyrazu graficznego dla człowieka jest pismo lub rysunek. Jak już zostało wyżej zaznaczone, dla architekta rysunek odręczny jest nieocenioną pomocą w trakcie projektowania. Dzięki pracy nad wyobraźnią przestrzenną przed i w trakcie studiów szkicowanie koncepcji w przestrzeni pomaga w lepszym doborze proporcji, pozwala na ustalenie charakteru projektowanej architektury, może nawet nie na samym szkicu, ale w głowie architekta. Bez rysowania nie do końca byłoby to możliwe. Tworzenie bryły wirtualnej już na samym początku może nie tylko zaszkodzić, ale spowodować niepotrzebną stratę czasu. Mimo iż model wirtualny jest pewnego rodzaju odpowiednikiem modelu fizycznego, to jednak często nie do końca oddaje skalę czy relacje pomiędzy budynkami. Praca nad modelem fizycznym jest obecnie bardzo popularna (niestety krakowski Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej nie posiada modelarni). Działa na podobnej zasadzie do rysunku – pozwala na ustalenie proporcji, zobaczenie projektu w przestrzeni i wstępną pracę nad pomysłem, kiedy wszystko układa się powoli w jedną całość w głowie projektanta. Nie wszystko bowiem widać na rysunku, jednak to rysunek zajmuje pierwsze miejsce, ponieważ od niego wszystko się zaczyna – często jest to kilka kresek postawionych na kartce papieru. Minusem jednak źle wykonanej pracy może być niedokładne przedstawienie projektu, odbiorca może nie widzieć kontekstu, rysunek może nie do końca odpowiadać rzeczywistości.

Czym jest wizualizacja?

Suchy opis ze Słownika Języka Polskiego przedstawia wizualizację jako *przedstawienie czegoś za pomocą obrazu*[6]. Na popularnej *Wikipedii* możemy znaleźć bardziej rozbudowaną wersję tej definicji: (wizualizacja to) *ogólna nazwa graficznych metod tworzenia, analizy i przekazywania informacji* [...]*, służy celom dydaktycznym, a także bywa pojmowana jako środek wyrazu artystycznego*[7]. To ostatnie stwierdzenie zdaje się zezwalać na podporządkowanie wizualizacji pod pojęcie ogólnie rozumianej sztuki, pamiętajmy jednak, że w części skomercjalizowanej, służącej do owocnego „sprzedania" towaru. Wizualizacje bowiem nie są używane tylko przez

[6] *Słownik jezyka polskiego*, https://sjp.pwn.pl/sjp/wizualizacja;2536700.html (dostęp: 30.03.2018).

[7] *Wizualizacja*, https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Wizualizacja (dostęp: 30.03.2018).

architektów, służą także celom reklamowym czy informacyjnym. Ogólnie mówiąc, wizualizacja architektoniczna to rodzaj rysunku architektonicznego, przedstawiającego projekt za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego, posiadającego narzędzia symulacji pór roku, dnia i godziny oraz warunków atmosferycznych. Oprogramowanie do tworzenia wizualizacji stara się stworzyć jak najbardziej realistyczne warunki otoczenia, najogólniej mówiąc, poprzez dokładny rozkład oświetlenia i przeliczanie ilości światła odbitego od wszystkich powierzchni na jak najnaturalniejszym oświetleniu sceny. Od sposobu, w jaki jest oświetlony dany obiekt, zależy to, czy jest postrzegany przez nas jako naturalny.

W tytule artykułu zaznaczony także został skrót VR. To skrót od angielskiego hasła *Virtual Reality*, wirtualnej rzeczywistości, czyli według Encyklopedii PWN *syntetyzowania przez programy komputerowe doznań odbieranych przez zmysły ludzkie (najczęściej dźwięku i obrazu, ale także dotyku), np. w symulatorach lotów lub w grach komputerowych*[8]. W ostatnim czasie robi się coraz bardziej popularna, a to za sprawą zwiększenia jej dostępności poprzez urządzenia pozwalające na twórcze jej wykorzystywanie, takie jak okulary do wirtualnej rzeczywistości. Wystarczy przyzwoity smartfon, specjalna aplikacja i gogle, nawet kartonowe, wyposażone w soczewki. Wirtualny świat może pomóc zobaczyć projekt w trzech wymiarach. To bardzo dobra propozycja dla osób, którym trudno wyobrazić sobie przestrzeń na podstawie płaskich rysunków. Jako narzędzie kontaktu z klientem jest nieocenioną pomocą w wykonywaniu pracy przez architekta, niestety, jeszcze mało popularną i niedostępną chociażby przez wysoką cenę komercyjnego oprogramowania komputerowego. Na szczęście dostępne jest oprogramowanie dla studentów, które pozwala na rendering ujęć panoramicznych z możliwością oglądania ich w przestrzeni. W perspektywie czasu możliwa będzie prezentacja dyplomów inżynierskich i magisterskich przy użyciu wirtualnej rzeczywistości.

Zadanie wizualizacji w procesie projektowym

Dobrze wykonane wizualizacje pomagają zobaczyć projekt w rzeczywistym kontekście. Dzięki nim możemy dobrze odczytać, czy w naszej opinii wpasuje się on w otoczenie, czy podoba nam się w tym miejscu, czy nie. Są środkiem przedstawienia wizualnego w ramach konsultacji społecznych, gdyż duża część odbiorców potrzebuje obrazu, aby dobrze odczytać korelację między budynkiem czy placem a otoczeniem. Wizualizacje są głównym sposobem na kontakt z odbiorcą, dlatego nie bez przyczyny na ogrodzeniach działek nowych inwestycji widnieją ujęcia

[8] *Wirtualna rzeczywistość,* https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/wirtualna-rzeczywistosc;3996681.html (dostęp: 31.03.2018).

prezentujące realizowane obiekty, które pomagają w sprzedaży powierzchni użytkowych. Już na etapie koncepcji w pewien sposób praca na modelu wirtualnym zastępuje rysunek i model fizyczny. Pozwala na tworzenie kilku wariantów modelów za pomocą kopii bez konieczności wykonywania całej pracy jeszcze raz, od początku. Możemy stworzyć obrazy prezentujące ten sam model, ale inaczej wykończony czy pokazany w innej aurze. Z pewnością wizualizacje są na pewnym etapie szybszą i lepszą metodą niż rysunek odręczny. Obecnie duża część praktykujących architektów nie posiada zdolności pozwalających na wykonanie wizualizacji. Wynika to oczywiście z szybkiego postępu techniki, który zastał ich już z wypracowanymi metodami twórczymi, jednak i na niektórych wydziałach architektury w Polsce nauka specjalistycznego oprogramowania jest w powijakach. Konieczne jest dokształcanie się przez udział w różnych kursach, najlepiej certyfikowanych, bądź samodzielnie, poświęcając czas na naukę. Często obserwujemy przejaskrawienie wizualizacji. Pierwszy plan zajmują rozmazani, wklejeni w Photoshopie ludzie bądź samochody niedostosowane do sceny, a wszystko zasłania projekt. Niestety urodzaj darmowych plików *.png* (ang. *Portable Network Graphics*) dostępnych na różnych stronach internetowych powoduje, że chcąc stworzyć szybką wizualizację, autorzy wklejają mnóstwo zbędnych elementów, nierzadko niepasujących do siebie, tak aby wypełnić pustą przestrzeń. Kolejnym negatywnym aspektem przekłamującym wizualizacje jest maksymalne „wyśrubowanie" ich za pomocą programów do obróbki graficznej. Wyglądające na piękne na wizualizacji kolory w rzeczywistości stają się różnymi wariacjami materiałów wykończeniowych, daleko odbiegając od prezentowanych

Ryc. 1. Porównanie budynku przy Dietla 113: wizualizacja / budynek po realizacji. Źródło: https://flcprojekty.pl/portfolio-item/dietla-117/#lightbox[auto_group1]/2/ (dostęp: 4.04.2018) / fot. autorska

Ryc. 2. Porównanie dla budynku przy Piłsudskiego 1: wizualizacja / budynek po zdjęciu rusztowań / tan po malowaniu elewacji.
Źródło: http://krakow.wyborcza.pl/krakow/1,44425,20670884,nowa-kamienica-powstanie-w-miejscu-dawnego-baru-barcelona.html (dostęp: 4.04.2018) / http://krakow.fotopolska.eu/1128622,foto.html (dostęp: 4.04.2018) / fot. autorska

obrazów. Głośne były w ostatnim czasie dwa krakowskie przypadki: biurowiec „Spiridion" przy ulicy Dietla 113 autorstwa grupy FLCprojekty i kamienica przy ulicy Piłsudskiego 1 projektu grupy Sao Investments. Obie inwestycje po zdemontowaniu rusztowań „subtelnie" różniły się od wizerunku z wizualizacji. Ostatnia zaskoczyła krakowian czarną okładziną ceglaną, zamiast zapowiadanej *cegły w kolorze szarym*[9]. Skutkiem protestu mieszkańców była konieczność przemalowania wykończenia na jaśniejszy, bardziej wpisujący się w kontekst kolor. Tak samo w przypadku budynku przy Dietla okładzina ścienna zmieniła kolor – z dobrze pasującej, beżowej, z piaskowca na smutną, bliźniaczo podobną do wcześniej wspominanej, szarą.

W jednym z wywiadów, niestety niedostępnym dziś do darmowego odsłuchania, profesor Ewa Kuryłowicz opowiada o sposobie przeprowadzania konkursów architektonicznych „na Zachodzie"[10]. Otóż architekci zobligowani są do przedstawienia w miejscu wizualizacji, czarnobiałych rysunków odręcznych, które nie mogą oszukać części niewyspecjalizowanego jury (w każdej komisji oprócz architektów znajdują się też osoby niewykształcone architektonicznie, na przykład związane z miastem – burmistrz lub radni, a na nich największe oddziaływanie mają fotorealistyczne wizualizacje). Aby nie zwodzić ich lepiej wykonanymi ujęciami, które ukrywają wady projektu, zasady przewidują jednakowy, odręczny,

[9] *Szarość szarości nie równa: inwestycja przy ul. Piłsudskiego,* http://krakow.pl/stanowiska__opinie__nieopublikowane/215299,28,komunikat,szarosc_szarosci_nie_rowna__inwestycja_przy_ul__pilsudskiego.html (dostęp: 2.04.2018).

[10] *Dlaczego architekci nie lubią konkursów architektonicznych? Rozmowa z prof. Ewą Kuryłowicz,* http://audycje.tokfm.pl/podcast/Dlaczego-architekci-nie-lubia-konkursow-architektonicznych-Rozmowa-z-prof-Ewa-Kurylowicz/59463 (dostęp: 2.04.2018).

monochromatyczny sposób przedstawienia plansz konkursowych. Być może jest to remedium na sprawiedliwe rozstrzyganie konkursów.

Komputer i ołówek

Nie ma konfliktu między rysunkiem odręcznym a komputerowym, jeżeli architekt dobrze rozumie i twórczo wykorzystuje narzędzia plastyczne[11]. Słowa profesora Leszka Malugi w doskonały sposób obrazują dobre połączenie między współczesnymi narzędziami architekta. Nie ma jednego stylu w architekturze, tak samo jak nie ma jednej drogi projektowania. Nie jest obligatoryjnym szkicowanie, ani rysowanie na żadnym z etapów projektowania, jak i nie są na nich konieczne fotorealistyczne wizualizacje. Łączenie technik pracy może udoskonalić i usprawnić cały proces projektowy, co przełoży się tym samym na poprawę jakości projektowanej architektury. Ołówek może służyć jako punkt wyjścia do dalszej pracy w specjalistycznych programach graficznych. Wzajemne przenikanie się technik nie jest niczym nowym. Nie są nam obce przecież tablety graficzne, dzięki którym możemy rysować niejako na monitorze komputera. Coraz popularniejsze są także dotykowe ekrany w komputerach, które często zastępują notatnik czy szkicownik. Czy jednak są na tyle praktyczne, aby zastąpić rzeczywistą kartkę papieru i ulubiony ołówek bądź pióro? Narzuca się w tym miejscu skojarzenie z książką i jej elektroniczną wersją, e-bookiem. Zapowiadano, że zbliża się nieuchronny koniec papierowych książek, a tymczasem wielu z czytelników nadal woli zapach i fakturę papieru, częste wizyty w bibliotece i powiększanie swoich domowych zbiorów poprzez odkładanie kolejnej przeczytanej książki na półkę. Myślę, że podobne zjawisko ma miejsce w przypadku tradycyjnych technik plastycznych.

Ciekawym sposobem obok omawianych dwóch prezentacji projektu – rysunku odręcznego i wizualizacji – jest kolaż. Wielu architektów upiększa swoje ręczne dzieła w komputerze, uwypuklając zalety rysunku i tuszując jego wady. Stosunkowo niedawną techniką jest też wykonywanie pracy w całości na komputerze. Sposób ten łączy artystyczne podejście do tematu z pragmatyzmem komputerowej dokładności. Na przygotowany wcześniej, czysty wektorowy rysunek za pomocą specjalistycznego oprogramowania nakłada się różne tekstury, starając się symulować zarazem naturalny sposób padania światła. Może być alternatywą dla tych, którym obce są ogólnie uznawane za trudne programy do tworzenia wizualizacji.

Warto ocenić, która z technik będzie najbardziej odpowiadała prezentacji pracy, a jej autor powinien sam zdecydować, która z nich będzie najlepsza.

[11] L. Maluga, *Rysunek architektoniczny...,* op. cit., s. 53.

Komputer groźny czy pomocny? Podsumowanie

Nowość zawsze wzbudza zaciekawienie, a nierzadko kontrowersje. Jest punktem wyjścia dialogu, powoduje poprawę stanu istniejącego albo jego degradację. Czy stanowi szansę czy zagrożenie? Może pojęcie komputeryzacji nie jest już najmłodsze, ale im bardziej się ona rozwija i im więcej pojawia się nowinek technologicznych, tym więcej wzbudza ona obaw. Wraz z nią do słownika architekta weszły słowa takie jak wizualizacja, animacja czy symulacja. W tym miejscu należałoby zadać pytanie: czy sposób przedstawienia projektu dzięki technice zyskał, czy stracił? Co stracili architekci? Co zyskali odbiorcy? Otóż specjalistyczne oprogramowanie niesamowicie ulepszyło proces projektowy. Poszerzyło horyzonty i dało niemal nieograniczoną swobodę twórczą. Z pomocą komputera możliwe jest projektowanie pozwalające na wspólną, jednoczesną pracę wielu projektantów. Znajduje to przełożenie także w sposobie przedstawienia projektu. Biura często zatrudniają specjalistów od wizualizacji, którzy pracują nad jak najlepszą prezentacją. Wizualizacje ułatwiają odbiór obiektu osobom, dla których jest on projektowany. W porównaniu do rysunku odręcznego lepiej oddają rzeczywistość. Są o wiele szybsze i usprawniają cały proces projektowy. Wymieniając jeszcze kilka pozytywów odnoszących się do wizualizacji i VR, należy zaznaczyć, że dzięki technologii możliwe jest przedstawienie projektu niemal zbudowanego z takich materiałów, jakie zostały zapisane w projekcie. Inwestor może prawie znaleźć się na budowie jeszcze przed jej rozpoczęciem. Może „chodzić" po budynku, lepiej odczytać proporcje i zajrzeć w każdy kąt projektowanej inwestycji. Wykonanie tak obszernej odręcznej prezentacji rysunkowej mogłoby zająć dużo więcej czasu niż samo projektowanie. Wymienione jednak wcześniej minusy mogą subtelnie dyskredytować nawet największe zalety. Rzadko spotyka się dobrze, rzetelnie wykonane wizualizacje, na których obiekt nie różni się niczym od tego zrealizowanego. Nie chodzi tu o zmiany projektowe, ale rozbieżności wynikające z niedoskonałości wykonanych ujęć.

Rysunek odręczny z pewnością jeszcze przez wiele lat nie odejdzie do lamusa. Jest nieocenioną pomocą w wyrazie ekspresji projektanta. Często to dzięki postawieniu kilku kresek na papierze klaruje się cała idea projektu. Być może nie oddziałuje na odbiorców tak spektakularnie jak wizualizacja, ale w wielu formach swojego wyrazu ukazuje wrażliwość jego twórcy na otoczenie. W artykule poruszyłem głównie aspekty dotyczące „najbardziej" architektonicznej wersji rysunku, bez wariacji na temat malarstwa czy innych szeroko pojętych technik plastycznych, które także mogą służyć do prezentacji projektu. Jest to na tyle osobista forma wyrazu, że nie można jej oceniać w kategoriach konkretnych wad czy zalet.

Generalizując, niedoskonałość rysunku odręcznego może być jego zaletą, dodającą do projektu charakteru i czyniącą z niego coś wyjątkowego w skali nie tylko najbliższego otoczenia, ale świata.

BIBLIOGRAFIA

[1] Krzyżanowski W., *Architekt. Miesięcznik poświęcony architekturze, budownictwu i przemysłowi artystycznemu rok IX styczeń 1908 r*. Zeszyt 1, Kraków 1908.
[2] Makowska B., *Szkice i ich rola w twórczym procesie zapisu przestrzeni architektonicznej*, [w:] *Definiowanie przestrzeni architektonicznej: zapis przestrzeni architektonicznej: praca zbiorowa*, t. 2, pod red. M. Misiągiewicz i D. Kozłowskiego, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.
[3] Maluga L., *Rysunek architektoniczny a kultura zawodowa*, [w:] *Wyzwania XXI wieku. Rysować, malować czy skorzystać z komputera*, t. I, pod red. M.J. Żychowskiej, Wydawnictwo PK, Kraków 2015.
[4] Valery P., *Degas, taniec, rysunek*, tłum. J. Guze, Wydawnictwo Pavo, Warszawa 1993.
[5] *Wyzwania XXI wieku. Rysować, malować czy skorzystać z komputera*, t. I, pod red. M.J. Żychowskiej, Wydawnictwo PK, Kraków 2015.

Źródła internetowe:

[1] *Dlaczego architekci nie lubią konkursów architektonicznych? Rozmowa z prof. Ewą Kuryłowicz,* http://audycje.tokfm.pl/podcast/Dlaczego-architekci-nie-lubia-konkursow-architektonicznych-Rozmowa-z-prof-Ewa-Kurylowicz/59463 (dostęp: 2.04.2018).
[2] *Słownik jezyka polskiego*, https://sjp.pwn.pl/sjp/wizualizacja;2536700.html (dostęp: 30.03.2018).
[3] *Szarość szarości nie równa: inwestycja przy ul. Piłsudskiego,* http://krakow.pl/stanowiska__opinie__nieopublikowane/215299,28,komunikat,szarosc_szarosci_nie_rowna__inwestycja_przy_ul__pilsudskiego.html (dostęp: 2.04.2018).
[4] *Wirtualna rzeczywistość,* https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/wirtualna-rzeczywistosc;3996681.html (dostęp: 31.03.2018).
[5] *Wizualizacja*, https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Wizualizacja (dostęp: 30.03.2018).

DAWID STANEK

KOMPUTERYZACJA – SZANSA CZY ZAGROŻENIE DLA NASZEJ WYOBRAŹNI?

Ryc. 1. Render własny, wykonany w programie Blender 2.79

Komputeryzacja to nadal dość młode słowo, które wkroczyło w nasze życie znienacka, tak samo jak i cały zabieg obecnej cyfryzacji niemal każdego aspektu codzienności. Samo słowo nie oznacza czegoś przerażającego, dotyczy wprowadzania komputerów i technologii informatycznych w gospodarce, technice i innych dziedzinach życia. Czy komputeryzacja zatem jest zagrożeniem dla naszej wyobraźni? Może jest szansą? Jednoznaczna odpowiedź na powyższe zagadnienie nie jest taka prosta, gdy przyglądniemy się z wszystkich stron podanemu problemowi. Jedyne, co można stwierdzić na samym wstępie, to fakt, że komputeryzacji nie cofniemy ani nie zatrzymamy.

Sama komputeryzacja wiąże się bezpośrednio z postępem technologicznym, który przyspiesza z dnia na dzień. Sam wspomniany natomiast postęp jest niejednokrotnie wyznacznikiem nowych stylów w projektowaniu, sztuce i architekturze, a komputeryzacja jest narzędziem odkrywania coraz to nowszych i niespotykanych wariacji, wychodząc od prostych założeń do skomplikowanych wyników (ryc. 1). *Dzisiaj, gdy w świecie zaawansowanych technicznie i cywilizacyjnie rozmywa się opozycja tradycyjnych jakości technicznych (racjonalizm, pragmatyzm) wobec sztuki, humanistyka szuka nowych koncepcji rozumu i formuł jego działania (paralogia, rozum transwersalny)*[1].

Architektura stała się stechnicyzowaną dyscypliną architektoniczną. Zafascynowanie się techniką, a w zasadzie komputerami, doprowadziło do powstania wielu nowych styli, takich jak np. architektura biomorficzna oraz wirtualna. Tę fascynację podzielało wielu architektów. Założyli oni w 1961 roku Archigram, który zrzeszał architektów takich jak: Warren Chalk, Peter Cook, Dennis Crompton, David Greene, Ron Herron i Michael Webb. *Koncepcje grupy inspirowane były kulturą masową, rozwojem technologii i przemianami społecznymi. Wynikały z przekonania, że misją architektów jest poszukiwanie nowych sposobów reagowania na zmieniający się świat*[2]. Pomimo tego, że zaczynali od rysunkowych przemyśleń nad formą, kilku udało się przenieść owe fantazje z lepszym lub gorszym skutkiem. Przykładem tego jest Kunsthaus w Graz (ryc. 2 i ryc. 3), na południe od Wiednia, zaprojektowany przez Petera Cooka. „Rozlany obcy na kwartale miasta" to galeria pokryta niebieskim plexi – nie tylko nie wpisuje się w historycznie narastający kontekst samego miasta, ale także doskwierają jej pewne ustępstwa, których nie dało się zrealizować. Według koncepcji miało tam być dużo więcej użyteczności – ekrany wyświetlające faktyczne informacje bardziej niż losowe światła, świetliki na grzbiecie „obcego" miały doświetlać galerię, jednak nie wystarczyły, tam, gdzie miała mieścić się kawiarnia, została pusta przestrzeń i taras widokowy. Mimo wszystko było to jedno z odważniejszych przedstawień idei zrodzonej w samym komputerze. Oczywiście w naturze biomorficznego projektowania mamy wiele innych lepszych i gorszych projektów, o których jeszcze przyjdzie wspomnieć. Pozwolę sobie zakończyć tę myśl cytatem Franka O. Gehry: *Przyszła pora, aby znaleźć nowe sposoby i strategie wykorzystywania technologii, którymi już dysponujemy. Musimy przekształcić nasze możliwości techniczne i produkcyjne w taki system, który* służy każdemu[3]. Ale odpowiedź na pytanie, czy było to dobre czy złe, pozostawię do własnej opinii.

---

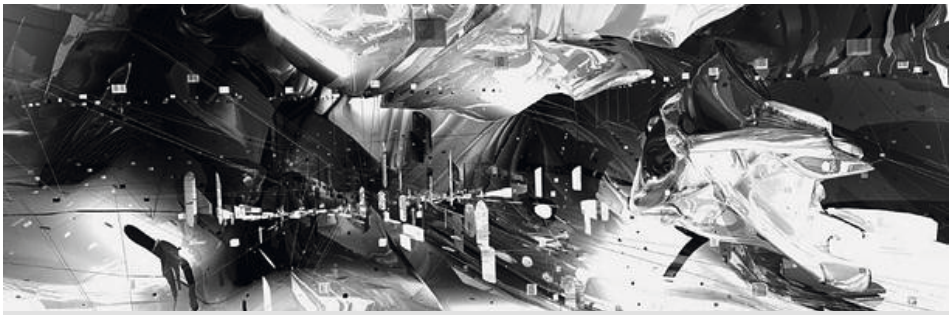
1 P. Winskowski, *Modernizm przebudowany – inspiracje techniką w architekturze u progu XXI wieku* [A], Universitas, Kraków 2000, s. 9.

2 *Archigram*, Wikipedia, https://pl.wikipedia.org/wiki/Archigram (dostęp: 07.04.2019).

3 Dom i Wnętrze 4(22)/1996, s. 38.

Ryc. 2-3. Kunsthaus Graz.
Źródło: https://www.graztourismus.at/en/see-and-do/sightseeing/museums-galleries/kunsthaus-graz_mu-1097 (dostęp: 11.04.2019)

Wspomniałem o biomorfizmie, który wywodzi się z pewnych komputerowych założeń, aczkolwiek architektura wirtualna (ryc. 4) czerpała inspiracje już bezpośrednio z komputeryzacji i futurystycznych wizji przestrzeni. Fenomenem nurtu architektury wirtualnej, której realizacji w najbliższym czasie prawdopodobnie nie zobaczymy ze względu na wysokie skomplikowanie konstrukcyjne oraz zerową niemalże zawartość użytkową, stał się Marcos Novak, wyjątkowy człowiek uznający się za kosmitę. Jego fenomenologia w kontekście cyberprzestrzeni odnosi się do zawartości przeżycia i wynikającego z tego doświadczenia. Wprowadził on w swoich pracach bardziej zaawansowane formy na bazie dekonstruktywizmu, co zostało nazwane poststrukturalizmem i było stało się ideą defragmentacji. Sama idea prowadziła do formy wytworzonej przez komputer, a tym samym uzależnienia estetyki architektury od owej, jeszcze abstrakcyjnej, techniki[4].



Ryc. 4. Przykładowe środowisko abstrakcyjne Marcosa Novaka.
Źródło: https://www.researchgate.net/figure/Sample-abstract-environment-Courtesy-of-Marcos-Novak-V4D-Visio4D_fig1_305461536 (dostęp: 11.04.2019)

[4] J. Ciećwierz, *Budowanie (w) cyberprzestrzeni* [2], http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,5829 (dostęp: 07.04.2019).

Zarówno działanie Petera Cooka, jak i Marcosa Novaka we wspomnianych wyżej rozważaniach skłaniało się do poszukiwania interesującej i nowoczesnej formy, którą sztuka, jaką jest też architektura, mogłaby przyjąć. Umberto Eco także pisał o oddziaływaniu formy na odbiorcę: *Pojawiający się, powtarzalny element, na jednym nawet obrazku reklamowym i posiadającym za każdym razem inne znaczenie – umieszczone w innym miejscu logicznego łańcucha perswazji zmieniającej do przekonania klienta do kupna produktu*[5]. Można ten cytat odbierać dwojako, ale skupię się tutaj na interpretacji bliższej sztuce i architekturze. Sama wypowiedź może być instrukcją do tego, jak projektować przestrzeń w dużej, jak i małej skali. Pomijając odniesienia do pędzącego konsumpcjonizmu i w nawiązaniu do reklam skupić można się na instrukcji, co trzeba zrobić,by przyciągnąć uwagę. Teraz słusznie człowiek jest w centrum potrzeb oraz nie ograniczają go już suche wymogi jak w okresie modernizmu. Ludzie szukają nowych form i eksperymentują – zaczynają powstawać budynki opracowywane przez komputer, na bazie algorytmów, parametrycznie. Tworzenie struktur takich jak np. Asymptote (ryc. 5) byłoby prawie niemożliwe bez programów komputerowych lub wiązałoby się ze znacznym wydłużeniem się czasu potrzebnego do stworzenia nawet samej koncepcji. Ale wymaga to zgoła innej wiedzy – wiedzy o cyfrach, wzorach i algorytmach, które wyznaczają, dzielą czy w skrócie zmieniają cały obiekt. W parametrycznej przestrzeni cyfrowej mogą powstawać formy, które ukazują specyficzny zestaw hierarchicznych zależności pomiędzy ich elementami. Dobrym przykładem jest stworzona za pomocą dwóch krzywizn forma budynku domu towarowego Weltstadthaus[6]. Napisanie skryptu, który opisuje związek między krzywymi, oraz opracowanie zasad zajmują mniej czasu niż narysowanie trójwymiarowej fasady, posługując się myszką i komputerem. Najtrudniej byłoby otrzymać jakąkolwiek koncepcję, rysując nawet najważniejsze kształty ręcznie. Proste, a nawet geometrycznie złożone koncepcje są łatwe do przedstawienia, ale kompozycja Bloba byłaby niemożliwa do szybkiego naszkicowania, tak by zauważyć panujące w nim relacje. W ostatniej dekadzie termin „architektura parametryczna" występuje zarówno w języku potocznym, jak i w profesjonalnym dyskursie o architekturze i jej projektowaniu.

Znaczenie tego terminu wydaje się szeroko pojmowane i odnoszone do budowli, których wygląd sugeruje, że projektowane były w syntetycznych przestrzeniach informatycznych, bez względu na ich specyfikę. Uważa się nawet, że parametrycyzm jest nowym globalnym stylem w architekturze i urbanistyce[7].

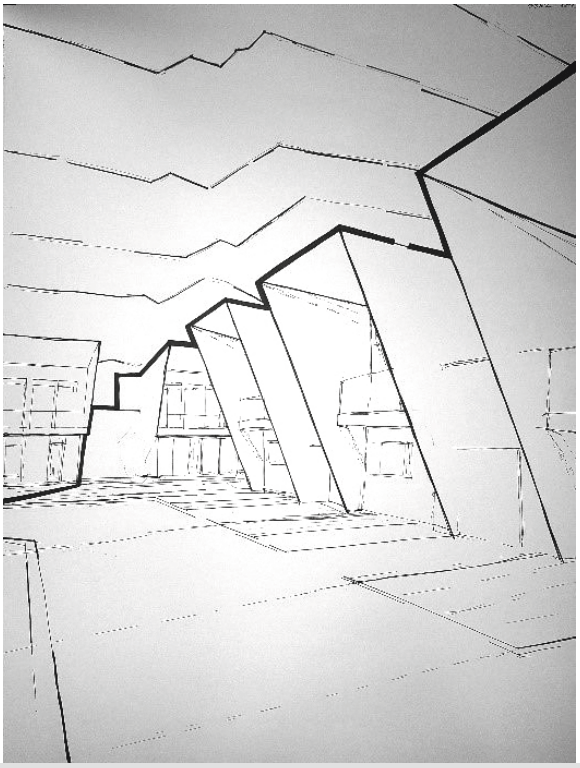
---

5 U. Eco, *Sześć przechadzek po lesie fikcji,* przeł. J. Jarniewicz, Kraków 1995.

6 Por. K. Januszkiewicz, *Architektura performatywna w Kolonii*, AV 2/2012, s. 32–45.

7 K. Januszkiewicz, *Projektowanie parametryczne oraz parametryczne narzędzia cyfrowe w projektowaniu architektonicznym*, Architecturae et Artibus 3/2016, s. 44.

Ryc. 5. Asymptote, Yas Island Marina Hotel, Abu Dhabi, 2007–2009.
Źródło: https://archinect.com/asymptote/project/yas-marina-hotel (dostęp: 07.04.2019)



Ryc. 6. Czarna linia podkreślająca nawiązanie do panoramy miasta w budynkach zabudowy mieszkaniowej, szeregowej. Rys. autorski

Ale z drugiej strony, co się stanie, gdy np. wszystkie wizualizacje architektonicznej koncepcji będą wykonywane komputerowo? Czy styl na tym nie straci? Czy będą to tylko sucho przedstawiające rzeczywistość obrazy wyrenderowane za pośrednictwem komputera? Otóż pojawia się pewien problem, z którym borykają się także artyści, którzy zwolennikami komputera nie są. Zarówno modele stworzone ręcznie, jak i rysunki odręczne mają swój urok, przekazują warsztat, pomysł, a także ideę. Criss B. Mills na samym wstępie zaznaczył: *Physical models will never go away,* czyli *Fizyczne modele nigdy nie odejdą*[8]*.* Komputery są świetnym uzupełnieniem procesu twórczego, ale nauka samej specyfikacji tego odrębnego stylu sprawi, że sami nie wypracujemy własnego. Ręczny rysunek uczy nas języka grafiki, zrozumienia zasad kompozycji, stylów, a także i samego procesu twórczego, który winien być nieodzowną częścią pracy architekta, projektanta i artysty. Nauka odręcznego, czasami mozolnego warsztatu, jakim jest rysunek, rzeźba czy tworzenie makiet, sprawia, że potem nawet i w komputerowym przedstawieniu idei wiemy, co i jak zrobić, poszerzając swoje możliwości graficzne o nowe narzędzia[9]. Z jednej strony, ręczne tworzenie koncepcji jest dużo łatwiejsze niż nauka skomplikowanego programu. Z drugiej strony ta sama maniera, która jest dużo bardziej popularna przy kursach grafiki komputerowej, wpływa także niejednokrotnie na możliwości manualnego rysownika (ryc. 6).

Przemiana maszynowej fascynacji w przyjazny hardware, to zabieg bardzo trudny[10]. Mimo wszystko miasto Newcastle upon Tyne zdaje się ten trend delikatnie obrazować. Byker Wall to dość stary budynek, zainspirowany nie tyle komputeryzacją, co ogólnym postępem techniki, który wyznaczył w pewnym stopniu nową jakość (ryc. 7).

Podobna idea przyświecała Christopherowi Alexanderowi, kiedy to w swoich rozważaniach zaczął porównywać tkankę miejską do diagramu sieci i półsieci (ryc. 8). Uznał on w swojej inspiracji, już na makroskalę, że miasto nie jest drzewem, więc i powiązania jego elementów nie przebiegają hierarchicznie, podobnie jak w każdym historycznie uwarstwionym mieście, wiele podmiotów, które się zazębiają, w efekcie nadaje samemu miastu wizualnej rozmaitości oraz znaczeniowej warstwowości[11].

Komputeryzacja wprowadziła do naszej codzienności nie tylko nowe style nią inspirowane, ale także wiele usprawnień pozwalających zarówno artystom, jak

---

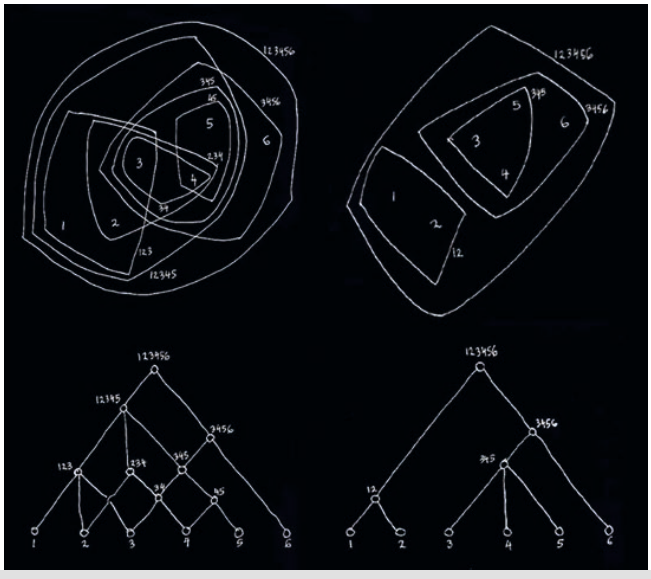
8 C.B. Mills, *Designing with models: A studio guide to architectural proces models*, 3 ed., Wiley, 2011, s. 4.

9 R. Yee, *Wstęp*, [w:] *Architectural Drawing: A Visual Compedium of Types and Methods*, 4 ed., Wiley, 2002.

10 P. Winskowski, *Modernizm przebudowany*..., op. cit., s. 65.

11 P. Francastel, *Sztuka a technika w XIX i XX w.*, tłum. M. i S. Jarocińscy, Warszawa 1966, s. 355.

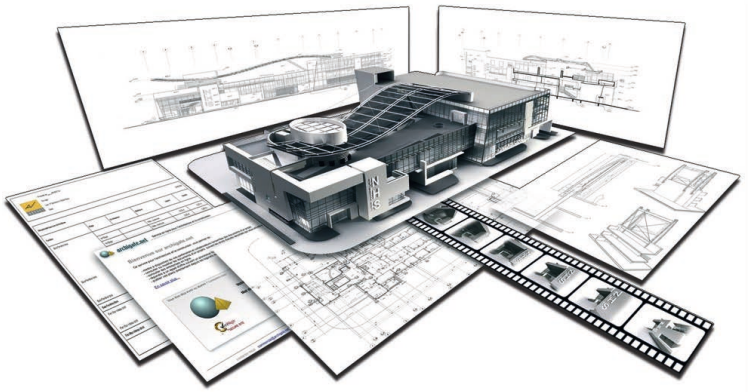
Ryc. 7. Byker Wall, Newcastle upon Tyne. Achitect: Ralph Erskine.
Źródło: https://i2prod.chroniclelive.co.uk/incoming/article11414127.ece/ALTERNATES/s1227b/JS87381205.jpg (dostęp: 07.11.2019)



Ryc. 8. Diagram sieci i półsieci, Christopher Alexander.
Źródło: https://medium.com/designscience/1960s-32969cc82d03 (dostęp: 07.04.2019)

i inżynierom wykonywać pracę dokładniej i łatwiej. Posłużę się tutaj przykładem, który jeszcze standardem nie jest, ale się nim staje. Chodzi mi o standard BIM, charakteryzujący się tym, że każda część zaprojektowanego budynku ma odpowiednik modelu 3D oraz jest całkowicie sparametryzowana (ryc. 9). I tutaj, mimo iż dużym plusem jest używanie programów pracujących w tym systemie, tak trudno jest wszystkie kształty i idee odwzorować. Z powodu wielu parametrów, opcji i konfiguracji stworzenie koncepcji skomplikowanej bryły wymaga olbrzymiego wkładu wiedzy, doświadczenia i umiejętności, by stworzyć zakładaną formę. Skutkuje to nieraz pewnymi ustępstwami, by udało się coś zrobić, rezygnujemy z pewnych aspektów kompozycji, na czym ona sama traci. Oczywiście to nie przeczy możliwością używania programu, a raczej pewnemu poziomowi zaznajomienia się z nim oraz przygotowania do przeciwności rzeczy martwych[12]. *Można dostrzec pewne uzależnienie od tych narzędzi technicznych, zastępujących środku wyrazu artystycznego, zarówno stylistyki architektury, jak idee łączonych z tak ujętą sztuką. W projektowaniu architektury pojawiają się pewne techniki – procedury myślenia, konstruowania doktryn artystycznych, czy też indywidualnych zbiorów poglądów na architekturę, stylistykę, a także wartości, którym powinna odpowiadać przestrzeń oraz technika projektowania wykorzystywana do konkretyzacji wizji w projekcie*[13].

W wyżej przedstawionych przykładach wykazałem pewną opozycję komputeryzacji do tradycyjnych metod, aczkolwiek nie zawsze tak jest. Profesor Milan



Ryc. 9. Idea wirtualnego budynku.
Źródło: https://www.infoarchitekta.pl/artykuly:11-programy:9782-archicad-nowoczesne-projektowanie-w-technologii-bim.html (dostęp: 08.04.2019)

[12] B. Martens i H. Peter, *Archicad: Best Practice, the Virtual Building? Revealed*, Springer, 2006, s. 11.

[13] P. Winskowski, *Modernizm przebudowany…*, op.cit., s. 35.

Sokol ze Słowacji wypowiadał się na temat powiązania tych dwóch technik, przedstawiając to jako doświadczenie pokoleniowe. Od 20 lat usilnie poszukiwał możliwości bycia plastykiem, który pracuje ręcznie i jednocześnie wpisuje się w nowoczesne trendy artystyczne. Jako że nie można było w jego fachu zostać w tyle, wymyślił sprytny sposób na połączenie ręcznej oraz cyfrowej formy grafiki, dwóch różnych sposobów tworzenia – tworzenia „pieczątek" oraz obrabiania ich później dowolnie cyfrowo. Z blachy po puszcze po piwie tworzył tkaniny, obrazy a tym samym matryce do druku. Potem obrazem tym manipulował już na poziomie komputera, drukował i znów przetwarzał przy użyciu „pieczątek". Pierwsze prace były zatytułowane „Zamki powietrzne", aczkolwiek pozostałości po piwnych matrycach także przetrwały w formie serii 6 grafik i 1 obiektu. Dla Profesora Milana Sokola była to grafika. I to nie tylko dlatego, że puszki były dekorowane grafiką, lecz że dzięki temu powstało z tego materiału coś nowego, o nowym znaczeniu. Sprawia to wrażenie, że separowanie komputeryzacji jako osobno działającego bytu artystycznego jest w pewnym sensie błędne. Połączenie natomiast tych dwóch nieco odmiennych światów da naszej wyobraźni szansę na rozwój i poszerzenie perspektyw w poszukiwaniu nowych form (ryc. 10)[14].

Korzystać z cyfrowości nie znaczy myśleć cyfrowo – pisze dr Marta Anna Raczek-Karcz. Podział grafiki na warsztatową i cyfrową stał się już pewnym

Ryc. 10. Milan Sokol art., Galeria Biała.
Źródło: http://biala.art.pl/milan-sokol-2/ (dostęp: 08.04.2019)

[14] M.A. Raczek-Karcz, *Od grafiki warsztatowej do mediów cyfrowych – doświadczenie pokoleniowe artystów przełomu XX i XXI wieku* – Twórczość – refleksja – prezentacja, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, 2013, s. 54.

standardem w naszym życiu, nie wywołuje ta nowa dziedzina żadnych skrajnych emocji. Aczkolwiek samą grafikę komputerową można jeszcze podzielić na 2 podpunkty: której narzędziem tworzenia są komputery, po czym w efekcie mamy w większości wydruk; oraz w której technologia jest jedynym medium, które służy wytwarzaniu, prezentowaniu, a także przechowywaniu samego dzieła[15]. Według opinii Christine Paul technologia cyfrowa użyta tylko w roli narzędzia do wytworzenia sztuki dokonuje ograniczonych, niewielkich wewnętrznych przeobrażeń samego świata sztuki. Zgoła inaczej jest w przypadku, gdy przekształcenie cyfrowe zostaje zamienione w medium. Wtedy powstaje całkowicie nowa koncepcja dzieła i jego doświadczania, z przewagą tego, że technologiczna sztuka jest bardziej interaktywna.

Współcześnie technologia cyfrowa jest używana w sztuce:

- jako narzędzie, które ułatwia manipulowanie obrazem oraz dodawaniem do niego innych treści,
- jako komponent działania twórczego,
- w roli tworzenia instalacji graficznych, poszerzając o np. dźwięk, efekt ruchu,
- jako narzędzie do nakładania, fizycznie niemal niemożliwych efektów.

Jednocześnie koncepcje często wychodziły z założeń kompozycyjnych tworzonych ręcznie[16].

Przykładem wspomagania sztuki komputeryzacją jest polski artysta Zdzisław Beksiński, który był we wczesnych fazach swojej twórczości zafascynowany fotografią. Porzucił to, gdyż chciał patrzeć głębiej niż odwzorowywać świat przedstawiony. Powrócił dopiero w latach 90. zafascynowany programami graficznymi, tworząc serię niepokojących, abstrakcyjnych grafik na podstawie zrobionych wcześniej zdjęć, które to grafiki nawiązywały do wcześniej malowanych olejnych obrazów mistrza. W latach 50., używał on do swoich fotomontaży często amatorskich zdjęć. Z fotografii, które zebrał, stworzył coś w rodzaju archiwum lub jak to nazwał – „surowiec". Taki sam klimat, jak na jego przeedytowanych komputerowo fotografiach, panuje także na jego mrocznych obrazach olejnych, co autor tłumaczy, mówiąc, że są to wariacje na te same tematy, bo jego sztuka jest zabawną formą (ryc. 11). Jeśli chodzi o wyższość fotomontaży nad malarstwem: *To doskonałe narzędzie, gdyż każdą fazę pracy można zatrzymać i zachować na dysku w formie kopii, a następnie pracować dalej i śmiało zmieniać, nie obawiając się, że zepsuje się bezpowrotnie to, co było poprzednio. Taka obawa dominuje w pracy przy obrazie, w jeszcze większym stopniu – przy rysunku. Jeśli pracując przy komputerze, uznam po jakimś czasie, że poprzednio było lepiej, wracam do tego, co było*[17].

[15] C. Paul, *Digital Art*, Thames & Hudson, 2003.

[16] M.A. Raczek-Karcz, *Od grafiki warsztatowej do mediów cyfrowych…*, op.cit., s. 68.

[17] *Zdzisław Beksiński*, https://gpkt.wordpress.com/2008/03/04/zdzislaw-beksinski/ (dostęp:

Ryc. 11. Beksiński, komputerowe grafiki Część II.
Źródło: http://zdzislawbeksinski.blogspot.com/2011/05/beksinski-computer-graphics-part-ii.html (dostęp: 07.04.2019)

William Gibson w jednym ze swoich tekstów napisał: [...] *cyberprzestrzeń. Konsensualna halucynacja, doświadczana każdego dnia przez miliardy uprawnionych użytkowników we wszystkich krajach, przez dzieci nauczone pojęć matematycznych... Graficzne odwzorowanie danych pobieranych z banków wszystkich komputerów świata. Niewyobrażalna złożoność...*[18].

Jak to ma się zatem do nauczania różnych form na wydziałach architektury? Otóż standardem stało się używanie programów typu CAD, które są komputerową deską kreślarską, pozwalającą na błędy i zmiany, ale nie ingerującą w samą koncepcję czy pomysł. Dużo dalej idą programy, które pozwalają już na zautomatyzowane przeniesienia idei wraz z dokumentacją czy stworzenie ciekawej struktury.

Dla architektów z nowojorskiego biura Asumptote, holenderskiego Nox i MvRdv komputer nie jest tylko narzędziem ułatwiającym prace nad projektowaniem budynku, ale integralną częścią procesu projektowania, drzwiami do nowych światów, w których nieeuklidesowe formy są tak naturalne jak sześcian i kule dla wcześniejszych generacji- Philip Jodidio, 2003.

07.04.2019).

[18] W. Gibson, *Neuromancer*, przeł. P.W. Cholewa, Zysk i S-ka, Warszawa 2001.

Niestety pojawia się też słuszna uwaga przy samym nauczaniu bardziej skomplikowanych programów, że nieodpowiedni poziom zaawansowania może sprawić, iż będziemy mieli obawy o efekt modelowania, czy wyszedł on z warsztatu, czy było to po prostu szczęście. Natomiast oddanie się całkowitemu nauczeniu programu, który także ma swoje bolączki, problemy, „bugi" sprawi, że nie opanuje się odpowiednio samej kompozycji formy. Ogromny wpływ na kształtowanie obecnych tendencji w architekturze mają koncepcje Johna H. Frazera, który opisał architekturę jako formę sztucznego życia[19]. Powszechna komputeryzacja pragnie ruszyć jeszcze dalej, do poszerzenia przestrzeni o czwarty wymiar, jakim jest czas. Metoda polega na zastosowaniu generycznych algorytmów zawierających kluczowe parametry idei projektowej. Architektura tak projektowana staje się generatywna, ewoluuje na skutek interakcji ze środowiskiem. Skutkowało to założeniem przez Kasa Oosterhuisa w 2006 roku jednostki badawczej Hyperbody w Delfcie. Zajmuje się ona pracą w wirtualnym środowisku, tworzy prototyp programowalnej architektury. Projektowanie w tej poszerzonej rzeczywistości pozwala na wprowadzanie każdej zmiany w trybie rzeczywistym, ułatwiając badanie alternatyw przy jednoczesnym informowaniu współprojektantów o zaistniałych możliwościach[20].

Podsumowując, komputeryzacja odcisnęła swój ślad w wielu dziedzinach życia – w tym także w naszej wyobraźni i postrzeganiu świata, co jest już niemożliwe do zmienienia. Aczkolwiek za tym słowem nie kryje się jedynie narzędzie, które bezwiednie można wykorzystywać, a swego rodzaju szansa, która źle poprowadzona może także doprowadzić do katastrofy. Wynik rozważań na temat komputeryzacji można podzielić na dwie duże składowe, które są dla siebie opozycją. Jedna, która jest olbrzymią szansą, wprowadzi nas do innego świata, sprawiając, że nowoczesne przestrzenie, budynki czy sztuka osiągną jeszcze wyższy poziom, jednocześnie nie wyprze tradycyjnych wartości i warsztatów. Drugą, mniej kolorową, czyli uzależnienie ludzi całkowicie od komputerów, które staną się jedynym punktem rozważań każdego medium, wyprą to, co znamy, zaczną dominować nad racjonalnym myśleniem w pogoni za nowoczesnością, która jednak tkwi w przeszłości. Dzięki samej komputeryzacji otrzymaliśmy wiele stylów, artystów, a także i możliwości, które możemy niestety zmarnować, gdy nie poznamy genezy jej powstania, a także jej poprzedniczek. Zmiany są nieodzowną częścią życia, cyfryzacja dalej przeraża znaczną część społeczeństwa, która sceptycznie się do niej odnosi. Czy słusznie? Otóż wynika to z braku zrozumienia tej techniki i sposobu jej działania, a także strachu przed przyszłością. W takim samym stopniu osoby obeznane

[19] J. Frazer, *An Evolutionary Architecture*, 1995.

[20] M. Helenowska-Peshenke, *Architektura Cyfrowa – O miejscu technologii informatycznych w kształceniu architektonicznym*, Przestrzeń i Forma 11/2009, s. 119–129

Ryc. 12. reRDM TU Delft's, koncept.
Źródło: http://rerdm.hyperbody.nl/index.php/Main_Page (dostęp: 11.04.2019)

w świecie komputerowych programów nie rozumieją tradycyjnego warsztatu. Warto zwrócić uwagę, by nie tworzyć osobnych obozów, a przenikać je wzajemnie, tworząc mosty sprawiające, że to, co nas otacza, stanie się czymś wspaniałym. Reasumując, nie można stwierdzić, że komputeryzacja jest albo szansą, albo zagrożeniem dla wyobraźni – stwierdzić jednak można, że odpowiedź na to pytanie będzie leżała po stronie użytkownika i wygody w przekazywaniu swojej idei.

BIBLIOGRAFIA

[1] *Archigram*, Wikipedia, https://pl.wikipedia.org/wiki/Archigram (dostęp: 07.04.2019).

[2] Ciećwierz J., *Budowanie (w) cyberprzestrzeni* [2], http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,5829 (dostęp: 07.04.2019).

[3] Dom i Wnętrze 4(22)/1996.

[4] Eco U., *Sześć przechadzek po lesie fikcji*, przeł. J. Jarniewicz, Kraków 1995.

[5] Francastel P., *Sztuka a technika w XIX i XX w.*, tłum. M. i S. Jarocińscy, Warszawa 1966.

[6] Frazer J., *An Evolutionary Architecture*, 1995.

[7] Gibson W., *Neuromancer*, przeł. P.W. Cholewa, Zysk i S-ka, Warszawa 2001.

[8] Helenowska-Peshenke M., *Architektura Cyfrowa – O miejscu technologii informatycznych w kształceniu architektonicznym*, Przestrzeń i Forma 11/2009, s. 119–129.

[9] http://rerdm.hyperbody.nl/index.php/Main_Page (dostęp: 11.04.2019)
[10] Januszkiewicz K., *Architektura performatywna w Kolonii*, AV 2/2012, s. 32–45.
[11] Januszkiewicz K., P*rojektowanie parametryczne oraz parametryczne narzędzia cyfrowe w projektowaniu architektonicznym*, Architecturae et Artibus 3/2016.
[12] Martens B., Peter H., *Archicad: Best Practice, the Virtual Building? Revealed*, Springer, 2006.
[13] Mills C.B., *Designing with models: A studio guide to architectural proces models*, 3 ed., Wiley, 2011.
[14] Paul C., *Digital Art*, Thames & Hudson, 2003.
[15] Raczek-Karcz M.A., *Od grafiki warsztatowej do mediów cyfrowych – doświadczenie pokoleniowe artystów przełomu XX i XXI wieku* – Twórczość – refleksja – prezentacja, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, 2013.
[16] Winskowski P., *Modernizm przebudowany – inspiracje techniką w architekturze u progu XXI wieku* [A], Universitas, Kraków 2000.
[17] Yee R., *Wstęp*, [w:] *Architectural Drawing: A Visual Compendium of Types and Methods Rendow Yee*, 4 ed., Wiley, 2002.
[18] *Zdzisław Beksiński*, https://gpkt.wordpress.com/2008/03/04/zdzislaw-beksinski/ (dostęp: 07.04.2019).

ADRIANNA KACZOR

ROZWÓJ TECHNOLOGII KOMPUTEROWEJ

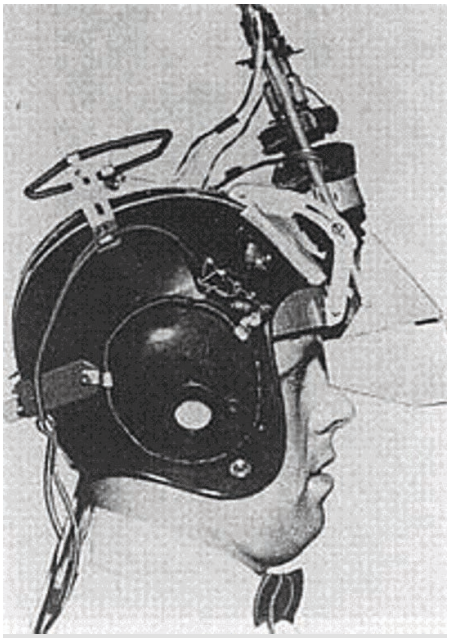
Na przestrzeni ostatniego stulecia nastąpił znaczny rozwój technologii komputerowej. Dotknął on nie tylko branży informatycznej, ale każdej dziedziny życia. Komputeryzacja to nieodłączny czynnik kształtujący nasz świat, warto zatem przypomnieć, w jaki sposób rozpoczęła się ta jakże ważna era naszego świata. Pierwszy elektroniczny komputer został zaprojektowany przez naukowców z University of Pennsylvania's Moore School of Electrical Engineering w 1945 roku. Zbudowany był z 500 000 elementów, zawierał 18 000 lamp i ważył około 30 ton. ENIAC zaprogramowany był do przeprowadzania obliczeń w systemie dziesiętnym – w odróżnieniu od komputerów współczesnych. Operował liczbami dziesięciocyfrowymi, dodatnimi lub ujemnymi, z ustalonym położeniem przecinka dziesiętnego. Dla ówczesnych naukowców prędkość tego sprzętu komputerowego oraz jego możliwości były czymś niewyobrażalnym. Wykorzystywany był do obliczeń związanych z prognozowaniem pogody, projektowaniem tuneli aerodynamicznych, balistyką, badaniem promieniowania kosmicznego, wytwarzaniem broni jądrowej. Do obsługi maszyny potrzebny był cały sztab ludzi. ENIAC zajmował 167 m^2, sięgał 2,4 metra wysokości, a jego szerokość wynosiła 24 metry. Łączna waga przekraczała 27 ton. Następnym ważnym etapem było stworzenie komputerów dostępnych dla użytkowników indywidualnych, czyli oferowanych w przystępnej cenie i nie zajmujących więcej niż wyznaczona do tego przestrzeń na biurku. Wcześniej wymienione założenia udało się osiągnąć w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. W tamtym okresie, dokładniej w 1982 roku, na komputerach PC po raz pierwszy pojawił się system operacyjny Microsoft Windows 1.0. Najpopularniejszym komputerem stacjonarnym był Commodore 64, który oferował już podstawowe oprogramowanie biurowe. Era stacjonarnych komputerów trwała z powodzeniem przez całe lata dziewięćdziesiąte. W tamtych czasach zaczęto również wprowadzać na rynek laptopy (chociaż pierwsze kroki w produkowaniu tego rodzaju sprzętu stawiano już w latach siedemdziesiątych). W wyniku ówczesnego wyścigu technologicznego obecnie mamy do dyspozycji nie tylko najnowocześniejsze laptopy czy komputery stacjonarne, ale także urządzenia 2w1, które działają jak tablet, a po dopięciu

klawiatury w taki sam sposób jak laptop. Rozwój technologiczny rozprzestrzenił się we wszystkich dziedzinach życia. Jednym ze skutków komputeryzacji jest zwiększenie dostępności technologii VR (VR — ang. *Virtual Reality*), która w przyszłości może być jednym z nieodłącznych mediów towarzyszącym nam na co dzień.

Geneza wirtualnej rzeczywistości

Historia wirtualnej rzeczywistości sięga roku 1838. Badanie przeprowadzone przez Charlesa Wheatstone'a dotyczyło przetwarzania obrazów dwuwymiarowych przez mózg. Na podstawie wyników wywnioskowano, że przeglądanie zdjęć stereoskopowych daje poczucie głębokości i zanurzenia. Zasady stosowane w projektowaniu stereoskopu są obecnie stosowane przy produkcji niskobudżetowych wyświetlaczy VR do telefonów komórkowych oraz popularnych ekranów Google Cardboard. Kolejnym istotnym wydarzeniem było skonstruowanie przez Edwarda Linka pierwszego symulatora lotu. Rozczarowany i sfrustrowany pierwszą lekcją latania (podczas której nie zbliżył się do przyrządów sterowniczych) postanowił stworzyć konstrukcję zapewniającą doświadczenie jak podczas lotu, ale niegenerującą niebezpieczeństwa utraty życia. Kadłub samolotu mógł poruszać się w trzech wymiarach za pomocą sterowników pneumatycznych. W 1958 roku Link szacował, że na jego symulatorze uczyły się latać ponad dwa miliony pilotów, w tym pół miliona wojskowych uczestniczących w II wojnie światowej. W latach trzydziestych Stanley G. Weinbaum opublikował *Pygmalion's Spectacles*, w której opisano okulary, które pozwalały użytkownikowi na doświadczenie holografii, zapachu, smaku i dotyku fikcyjnego świata. W połowie lat pięćdziesiątych Morton Heilig stworzył Sensoramę – pierwszą maszynę VR (ryc. 1). Wynalazek opatentowany został w 1962 roku. Urządzenie miało za zadanie pobudzać wszystkie zmysły. Sensorama zawierała głośniki stereofoniczne, stereoskopowy wyświetlacz 3D, wentylatory, generatory zapachów i wibracyjne krzesło. Następnym interesującym wynalazkiem Heiliga była maska teleskopowa (opatentowana w 1960 roku). Była pierwszym przykładem głowicy (HMD — ang. *head-mounted display*). W 1961 roku inżynierowie firmy Philco Corporation (Comeau & Bryan) opracowali pierwszy HMD, znany dzisiaj jako Headsight (ryc. 2). Zasada działania tego urządzenia polegała na połączeniu ekranu wideo dla każdego oka z magnetycznym systemem śledzenia ruchu, który był połączony z kamerą zamkniętą. Nie była to wirtualna rzeczywistość – brak stymulacji komputerowej – aczkolwiek wynalazek ten był pierwszym krokiem w stronę ewolucji. Termin Wirtualna Rzeczywistość wprowadził Jaron Lanier w 1986 roku VR została zdefiniowana jako technologia, która poprzez dostarczanie zmysłom stymulacji, powoduje iluzje obecności w cyfrowo wykreowanych przestrzeniach.

Ryc. 1. Sensorama.
Źródło: http://histografy.pl/sensorama/
(data dostępu: 12.04.2019)



Ryc. 2. Pierwszy HMD.
Źródło: http://wearcam.org/html5/mann-keynotes/awe2015#1
(data dostępu: 12.04.2019)

W kolejnych latach producenci gier prześcigali się w „najnowocześniejszych rozwiązaniach", które miały aspirować do wcześniej wspomnianej terminologii. Bardzo istotnym elementem rozwoju VR był wyprodukowany w 1999 roku film *Matrix.* Dzięki fabule filmu temat symulacji rzeczywistości został na stałe wprowadzony do ówczesnej kultury. W 2012 roku stworzono gogle wirtualnej rzeczywistości – Oculus Rift. Wynalazł je nastolatek – Palmer Luckey. Od 2014 roku nastąpił znaczny rozwój tej technologii, a to za sprawą wynalezienia lepszych i tańszych części komputerowych, które potrzebne są do stworzenia prawdziwie nieprawdziwego świata.

Virtual Reality – składowe

Poruszając się w otaczającym świecie, widzimy, że rzeczywistość wokół nas nieustannie się zmienia. Jeżeli wirtualna rzeczywistość działa tak, jak powinna, to nie różni się w żadnym stopniu od prawdziwego świata – ulega zmianom tak samo jak on. Nie pojawiają się piksele, nie ma interfejsu, gadżetów[1]. Założenie

[1] J. Bailenson, *Wirtualna rzeczywistość. Doznanie na żądanie*, Helion, Warszawa 2018, s. 25.

HMD sprawia, że znajdujesz się w zupełnie innej rzeczywistości. Poczucie „bycia w danym miejscu" jest nazywane przez naukowców *obecnością psychologiczną* i stanowi cechę charakterystyczną VR[2]. Przykładem takiego zachowania jest sytuacja opisana przez Jeremy'ego Bailensona. Podczas kręcenia zdjęć do programu informacyjnego jeden z regularnie występujących tam prezenterów założył HMD i doświadczył kilku demonstracyjnych programów stworzonych w technologii VR. Jedna z demonstracji nazywała się „trzęsienie ziemi". Uczestnik tego programu znajduje się w wirtualnej fabryce, otoczony przez ciężkie, drewniane skrzynie – wymiarem przypominające biurka. Ustawione są w sposób, który sprawia, że konstrukcja odbierana jest jako niezbyt stabilna. Po uruchomieniu symulatora podłoga, zaprojektowana w sposób umożliwiający przenoszenie wibracji, zaczęła drgać. Ogłuszający huk wydobył się z głośników. Pudła znajdujące się w wirtualnej przestrzeni zaczęły się przemieszczać w kierunku prezentera programu. Okazało się, że z jego perspektywy symulacja była wyjątkowo realistyczna. Padł na kolana, zanurkował pod wirtualny blat, przycisnął głowę do podłogi i zakrył ją rękami[3]. Następnie wydarzyło się coś niezwykłego, ponieważ jedno z wirtualnych pudeł poleciało wprost na prezentera, który znajdował się pod stołem. Należy zaznaczyć tutaj, iż w generowanej wirtualnie rzeczywistości fizyka kształtowana jest w sposób probabilistyczny – w przypadku nowej symulacji tor lotu przedmiotów ulega zmianie. Gdy prezenter zorientował się, że pudło leci wprost na niego, krzyknął, zerwał się na równe nogi i pobiegł przed siebie. W fizycznym świecie zmierzał wprost na ścianę. Na szczęście udało się go zatrzymać, zanim na nią wpadł. Pomimo świadomości, że to jest tylko symulacja, mózg prezentera wziął iluzję za rzeczywistość i zaczął reagować tak, jak w przypadku prawdziwego zagrożenia. Takie oddziaływanie VR na człowieka nazywamy obecnością psychologiczną[4]. Aby uzyskać taki efekt, należy spełnić 3 główne kwestie techniczne – śledzenie, *renderowanie, przedstawianie.* Jeżeli któryś z tych czynników nie działa tak, jak powinien, użytkownik doświadcza choroby symulatorowej – niezbyt komfortowego odczucia, które pojawia się podczas opóźnienia między tym, co rejestrujesz, a tym, czego spodziewa się organizm.

Śledzenie to tak naprawdę proces pomiaru ruchów ciała. Podczas demonstracji zapisywano położenie ciała uczestnika symulacji w wymiarach X,Y,Z przestrzeni, a także to, jak obracała się jego głowa[5]. *Renderowanie* polega na potraktowaniu jako punktu wyjścia modelu 3D, a następnie stworzeniu odpowiednich widoków, dźwięków, zapachów, informacji odbieranych poprzez dotyk dla lokalizacji

[2] *Ibidem*, s. 26.

[3] *Ibidem*, s. 27.

[4] *Ibidem*, s. 28.

[5] *Ibidem*.

określonej za pomocą wcześniej wspomnianego śledzenia. Za każdym razem, gdy system wykryje przemieszczenie, cyfrowe informacje zapisane w modelu muszą zostać prawidłowo wygenerowane dla punktu, w którym znalazł się użytkownik. Z racji obciążenia systemu nie ma możliwości wyrenderowania sceny w całości, poszczególne fragmenty (sceny) generowane są w locie. W VR dąży się do tego, aby zmysły miały zapewnioną nieprzerwaną aktualizację otrzymywanych bodźców, które są odpowiedzią na wykonywane ruchy. Ostatnią ważną składową jest *przedstawianie*. Jest to zastępowanie bodźców odbieranych zmysłami za pomocą cyfrowych informacji. Obraz zostaje przekazywany za pomocą gogli (rozdzielczość około 1200x1000 pikseli dla każdego oka). Odświeżany jest 90 razy na sekundę. Dźwięk generowany jest przy użyciu słuchawek bądź głośników. Dotyk imitowany jest za pomocą drgań lub urządzeń haptycznych[6].

Zastosowanie

Przez ponad sto lat ruchomy obraz stanowił najlepszy środek przekazu – głównie przy instrukcjach dotyczących aktywności fizycznej. W dobie rozwijającej się prężnie technologii VR możemy mówić o nowych możliwościach poznawczych. W sposób wcześniej nam nieznany możemy rozwijać nie tylko swoje umiejętności, ale także kształtować swoją wyobraźnię. Przykład zachowania prezentera telewizyjnego pokazał, że VR oddziałuje na niektórych ludzi równie mocno co prawdziwe wydarzenia. Podane niżej przykłady przedstawiają skutki stosowania VR do m.in. nauczania. Przedmiotem eksperymentu była jedna ze sztuk walki – tai chi chuan. Trening obejmuje wykonywanie ruchów w trójwymiarowej przestrzeni. Mimo wysokiego stopnia skomplikowania tych ruchów są one na tyle powolne, że w ramach badania udało się je uchwycić i przeanalizować. Jedna grupa uczyła się ruchów, oglądając nagranie video. Druga grupa obserwowała ruchy w taki sposób, jakby wykonywał je trójwymiarowy nauczyciel. Stereoskopowy obraz trenera zrzutowany był na duży ekran znajdujący się przed uczestnikami. Nie wykorzystano w tym doświadczeniu HMD, ponieważ byłoby to wysoce nieporęczne, zważając na wykonywane przez uczestników ruchy. Po zakończeniu nauki uczestnicy zostali poproszeni o pokazanie poszczególnych ruchów. Prezentacje te były nagrywane, a następnie analizowane sekunda po sekundzie przez dwóch specjalistów w dziedzinie ruchów tai chi chuan. Okazało się, że grupa osób przyswajająca technikę w wirtualnej rzeczywistości wykazywała się o 25% większą precyzją, niż

[6] *Ibidem*, s. 30.

osoby uczące się na podstawie filmu[7]. Podobnych doświadczeń porównujących działanie zwykłych technik do technologii VR jest więcej. Okazuje się, że obcowanie w ten sposób z problemami, które musimy rozwiązać, czy też po prostu nauka przy użyciu VR jest zdecydowanie bardziej efektywna. Kolejnym plusem jest możliwość niezliczonej ilości powtórzeń danych czynności. Technologia VR została wykorzystana przy trenowaniu graczy drużyn futbolowych. Okazało się, że zawodnicy, którzy systematycznie ćwiczyli przy użyciu tej technologii, stawali się znacznie lepsi, można by rzec, iż niektórzy z nich byli w najlepszej formie w całej swojej dotychczasowej karierze. VR to zdecydowanie przyszłość. Badania pokazały, że użycie stymulacji sensomotorycznej wpływa pozytywnie na przyswajanie podstawowej wiedzy z zakresu nauk ścisłych. Przeprowadzono eksperyment, w którym uczniowie po raz pierwszy mieli styczność z momentem pędu i momentem obrotowym. Jedna grupa obracała kołami rowerowymi, druga tylko takie czynności oglądała. Okazało się, że uczniowie mający bezpośrednią styczność z zagadnieniami fizyki osiągnęli lepsze wyniki w później przeprowadzonym teście[8]. Wirtualna rzeczywistość umożliwia kształtowanie bezpiecznego środowiska, w którym człowiek może się rozwijać, doskonalić.

Modelowanie behawioralne to teoria, która zakłada, że w określonych sytuacjach naśladujemy zachowania innych ludzi. Samo obserwowanie, jak inni ludzie angażują się w jakieś działania, może sprawić, iż widz zacznie podobnie postępować[9]. W latach sześćdziesiątych w przedszkolu Palo Alto przeprowadzono doświadczenie z użyciem lalki Bobo. Dzieci podzielono na 3 dwudziestoosobowe grupy. W pierwszej z nich aktor prezentował wobec wspomnianej wcześniej zabawki agresywne zachowanie. Kopał ją, wyzywał, uderzał ją młotkiem, bił. Druga grupa obserwowała aktora, który wobec Bobo zachowywał się w sposób miły. Bawił się z nią, nie okazując przy tym agresywnego zachowania. Trzecia grupa nie miała żadnego kontaktu z dorosłym, sama mogła pobawić się z Bobo. Później wszystkie dzieci mogły same pobawić się z lalką. Okazało się, że grupa pierwsza była znacznie agresywniejsza podczas zabawy z Bobo. Biły ją, wymyślały nowe sposoby na obrażanie jej, używały do zadawania ciosów nie tylko młotka, ale także pistoletu. Ten eksperyment pokazuje, jaki wpływ ma zachowanie innych ludzi na nas samych. Negatywną stroną VR jest możliwość manipulowania ludźmi, wpływania na ich postrzeganie świata. W książce oraz filmie o tym samym tytule *Player One* pokazano gogle, które zapewniały dostęp do świata wirtualnego. Scenariusz świata pełnego

[7] J. Bailenson i in., *The Effect of Interactivity on Learning Physical Actions in Virtual Reality*, Media Psychology, nr 11, 2008, s. 354-376.

[8] J. Bailenson, *Wirtualna rzeczywistość...,* op.cit., s. 45.

[9] Ibidem, s. 66–70.

zabaw, pozbawionego trosk, problemów, który jest na wyciągnięcie ręki, nie jest już tylko fantazją. Istnieją powody, aby wierzyć, że w niedalekiej przyszłości większość czynności wykonywana w Internecie będzie realizowana za pośrednictwem wirtualnej lub rozszerzonej rzeczywistości. Minusem takiego rozwoju komputeryzacji jest prawdopodobny wzrost introwertyzmu. Ludzie, którzy silnie zatracą się w scenariuszu idealnej przestrzeni, mogą mieć problem z funkcjonowaniem w rzeczywistym świecie. Zacieranie się granic rzeczywistości to kolejny skutek zbyt długiego przebywania w wirtualnej rzeczywistości. Doskonałym tego przykładem jest postać Dereka Westermana – rekordzisty Guinnessa, jeżeli chodzi o ilość czasu spędzonego nieprzerwanie w VR – 25 h. Zgodnie z zasadami Derek mógł korzystać wyłącznie z 1 aplikacji. Wybrał Tilt Brush, które przenosi użytkownika w czarną pustkę i pozwala tworzyć za pomocą kontrolerów trójwymiarowe obiekty. Po ukończeniu eksperymentu Derek wypowiedział te słowa: *To doświadczenie mnie naznaczyło. Teraz wszystko sprawia wrażenie nieco sztucznego lub odrealnionego w niezwykle ekscytujący sposób*[10].

Istnieją również czysto fizyczne negatywne skutki używanie technologii VR. Choroba symulatorowa, która powoduje zmęczenie, osłabienie. Jedną z głównych przyczyn jest opóźnienie, najczęściej spowodowane zbyt małą liczbą klatek na sekundę. Powoduje to odczucie niezgrania się dźwięku z tym, co widzimy. Kolejnym aspektem fizycznym jest przemęczenie wzroku. Spowodowane jest to tym, że w świecie VR nie ma korelacji pomiędzy tym, na czym skupia się Twój wzrok, a ostrością obrazu. W realnym świecie, gdy spoglądasz na przedmiot, który jest blisko, to, co jest na dalszym planie, rozmywa się. Działa to też w drugą stronę. Gdy patrzymy na obiekt znajdujący się daleko, pierwszy plan ulega rozmyciu. Niestety, w technologii VR dotychczas nie udało się uzyskać takiego efektu. Obecnie uważa się, że ten problem uniemożliwi długotrwałe korzystanie z gogli. Noszenie osprzętu do VR, przebywanie w wirtualnej rzeczywistości, jest niezwykle absorbujące. Osoby takie stanowią zagrożenie dla siebie i środowiska. Po udostępnieniu pewnej grupie odbiorców zestawów VR odnotowano wiele wypadków, gdzie ludzie wpadali na ściany, zahaczali o wentylatory, potykali się o inne osoby. Niektórzy z nich wylądowali na YouTube, tworząc nowy gatunek komedii[11].

[10] Ibidem, s. 76–77.

[11] Ibidem, s. 78.

Podsumowanie

Komputeryzacja każdej dziedziny życia jest procesem, którego ludzie nie są w stanie zatrzymać. Jedną z możliwości jest dostosowanie się do otaczającej nas rzeczywistości i spróbowanie wyciągnięcia z postępu technologicznego tego, co naszym zdaniem jest rozwijające. Nowe metody poznawania i kreowania świata – tworzenie modeli z chmury punktów, tworzenie obiektów 3D, odkrywanie świata i nowych doświadczeń dzięki technologii VR – są punktem zwrotnym w sposobie myślenia człowieka. Narzędzia te otwierają drzwi do świata kreatywności, jednocześnie jednak nadużywane mogą powodować zniewolenie. Sposób, w jaki komputeryzacja wpłynie na nasze postrzeganie świata, na naszą wyobraźnię, w dużej mierze zależy tylko od nas. Dla niektórych rozwój technologii będzie oznaczał odpoczynek od stymulacji intelektualnej, dla innych stanie się katalizatorem samorozwoju. Jak powiedział Mieczysław Jastrun: *Braku wyobraźni nie zastąpi doskonała technika.*

BIBLIOGRAFIA

[1] Bailenson J. i in., *The Effect of Interactivity on Learning Physical Actions in Virtual Reality,* „Media Psychology", nr 11, 2008, s. 354-376.

[2] Bailenson J., *Wirtualna rzeczywistość. Doznanie na żądanie*, Helion, Warszawa 2018.

[3] Frejowski P., *Historia komputerów*, 2017, www.ujk.edu.pl/strony/Pawel.Frejowski/lab/historia_komputerow.pdf (dostęp: 13.04.2019).

[4] Maziarz P., *Pierwszy komputer obchodzi 70. urodziny – zobacz jak rozwijały się pecety*, 2016, http://www.benchmark.pl/aktualnosci/historia-rozwoju-komputerow-i-laptopow-1946-2016.html (dostęp: 12.04.2019).

[5] Żmigrodzka M., *Techniki wirtualnej rzeczywistości w procesie edukacji* „Marketing instytucji naukowych i badawczych", nr 4, 2017, s. 117-133.

JUSTYNA WOJANEK

NOWY WYMIAR WIZUALIZACJI W PERSPEKTYWIE POSTĘPUJĄCEGO ROZWOJU NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII

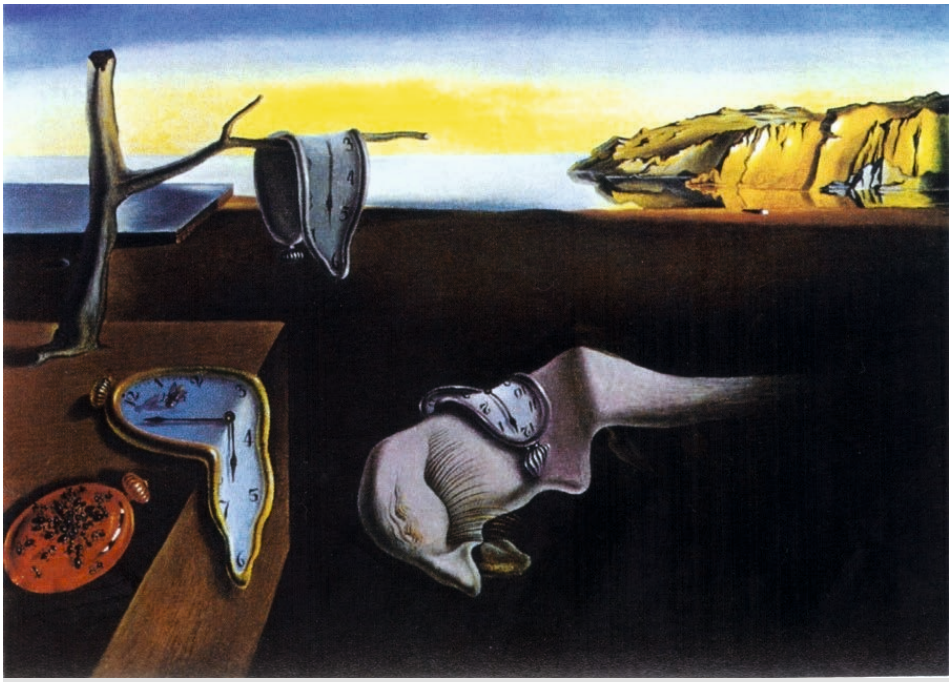
Wprowadzenie

Współczesny świat nie jest już tak statyczny jak w minionych wiekach. Skończyły się czasy względnej stałości, jednostajnego życia, ludzie nieustannie poszukują zmian. Rzeczywistość przeobraża się z dnia na dzień dzięki rozwijającemu się społeczeństwu, co za tym idzie, przekształca się kultura, a także gospodarka. Aktualnie największy rozwój widoczny jest w kilku globalnych sferach. Wymienić tutaj można między innymi: cyfrową przyszłość, wzrost przedsiębiorczości, globalny rynek, urbanizację. Tempo, w jakim ulepszane są zaawansowane technologie, oraz ich wszechobecność i dostępność sprawiają, że żyjemy w świecie coraz bardziej zautomatyzowanym i skomputeryzowanym. Przekłada się to na wpływ innowacyjnych rozwiązań na każdy element naszego życia. Obecnie wymiana informacji przebiega bardzo płynnie. Już od najmłodszych pokoleń widoczne są zmiany w światopoglądzie, relacjach z innymi ludźmi czy też w stylu życia. Trudno nadążyć za błyskawicznie rozwijającą się technologią, która niewątpliwie usprawnia i ułatwia życie poprzez zastosowanie jej w domach czy w miejscach pracy. Ludzie coraz chętniej przeprowadzają się do miast, stawiając tym samym przed branżą budowlaną nowe wyzwania i możliwości. Rozwój architektury obok postępu technologicznego w zakresie materiałów budowlanych, konstrukcji czy systemów energooszczędnych to także gwałtowny postęp sposobów projektowania. Wraz z ewolucją cywilizacyjną powstają coraz to nowe narzędzia umożliwiające lepsze planowanie, kontrolowanie, wykonywanie analiz i prezentacji. Takim nowym narzędziem projektowym jest innowacyjna technologia VR, która stale się rozpowszechnia i zostaje coraz częściej stosowana w projektowaniu architektonicznym i urbanistycznym, zaspokajając tym samym coraz to wyższe wymagania klientów.

Wyobraźnia – klucz do sukcesu czy ograniczenie

W ujęciu ogólnym wyobraźnię definiuje się jako *zdolność do tworzenia wyobrażeń twórczych, fantazji, przewidywania, uzupełnienia i odtwarzania zdarzeń, przeżyć innych ludzi, sytuacji*[1]. Wrażenie to pierwotny i najbardziej podstawowy proces poznawczy człowieka. Wynika z bezpośredniego kontaktu bodźców ze świata zewnętrznego lub z wnętrza organizmu z zakończeniami nerwowymi (receptory), wywołując reakcję psychiczną. Proces pamięciowy rozpoczyna się od momentu zapamiętywania, a współcześnie prawie każdy z nas jest wzrokowcem, więc dzieje się to za pomocą wzroku.

Świat współczesny jest nadzwyczajnie bogaty w treści wizualne. Zauważa to starszy wykładowca kultury wizualnej Malcolm Barnard z Londyńskiej uczelni Loughborough University, stwierdzając, że ludzie są coraz bardziej poddawani wpływowi materiałów wizualnych i zależni od niego. Można z tego wywnioskować, że obecny świat staje się bardziej widowiskowy i spektakularny, zwiększa się



Ryc. 1. *„Trwałość pamięci" Salvador Dali, 1931 – wyobrażenie artysty o upływającym czasie . Źródło: https://twoja-sztuka.pl/Salvador-Dali-Trwalosc-pamieci-jako-motyw-przemijania-czasu-blog-pol-1533322241.html*

[1] R. Łąkowski, *Encyklopedia Popularna PWN*, wyd. 5., Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1982, s. 875.

obrazowość ludzkiego otoczenia. Wpływa to na umiejętność do tworzenia w świadomości czegoś nowego w stosunku do uprzedniego doświadczenia, czyli wyobraźni. Wyobraźnia to proces, natomiast wyobrażenie to jego rezultat. Jest ona ściśle związana ze spostrzeganiem, z pamięcią, z myśleniem, a nawet z uczuciami. Zdarza się, że u jednych wyobraźnia rozwinęła się bardziej niż u innych. Osoby o ubogiej wyobraźni mogą mieć problemy z wymyśleniem czegokolwiek, co choć trochę odbiega od rzeczywistości, natomiast Ci obdarzeni bogatą wyobraźnią łatwo tworzą wyobrażenia twórcze. Potrafią wykorzystywać swoją wiedzę i obserwacje do wytworzenia nowych, oryginalnych obrazów czy idei. Wyróżnia się także wyobraźnię artystyczną pozwalającą umiejętnie przekazywać w dowolnej formie artystycznej swoje odczucia i wyobrażenia. Zdarza się, że taka wyobraźnia to zdolność do „stworzenia" w umyśle dzieła artystycznego przed jego technicznym wykonaniem w rzeczywistości (ryc. 1).

Taką wyobraźnię powinien posiadać architekt, którego zadaniem jest później przekazanie swojego wyobrażenia innym ludziom, także tym o ubogiej wyobraźni (w tym celu świetnie sprawdzają się różne programy do tworzenia wizualizacji). W nauce występuje podział wyobraźni wynikający z zależności od wpływu świadomego zamiaru. Wyróżniamy **wyobraźnię mimowolną i dowolną**[2]. Ta pierwsza cechuje się swobodnym biegiem wyobrażeń, rozmaitymi obrazami luźno ze sobą powiązanymi, np. podczas marzeń sennych. Wizje we śnie są niespodziewane, często fantastyczne. Natomiast wyobraźnia dowolna prowokuje różnego rodzaju wyobrażenia świadomie i celowo. Od stopnia samodzielnego wywoływania obrazu odróżnia się **wyobraźnię twórczą i kierowaną**. Twórcza to zdolność do wytwarzania nowych wyobrażeń, w wyniku których powstaje coś konkretnego, przykładowo koncepcja architektoniczna. Wyobraźnię tę posiadają osoby pracujące jako: artyści, konstruktorzy, uczeni czy wynalazcy. Natomiast wyobraźnia kierowana powstaje pod wpływem, na przykład czytanej lektury czy widzianej ilustracji.

W związku z tym, że świat mocno przenikają rozmaite formy wizualności, niezbędną cechą człowieka jest wyobraźnia wizualna. Jednak wyobrażenia zawsze posiadają element subiektywny, co za tym idzie, myślenie człowieka jest niedoskonałe, zwłaszcza w momencie kiedy druga osoba próbuje mu coś przekazać. W takiej sytuacji zawsze mogą tworzyć się niejasności.

Wyobraźnia a wizualizacja

Albert Einstein powiedział kiedyś: *Gdy przyglądam się sobie i moim metodom rozumowania, dochodzę do wniosku, że fantazja (wyobraźnia) odgrywa w moim życiu*

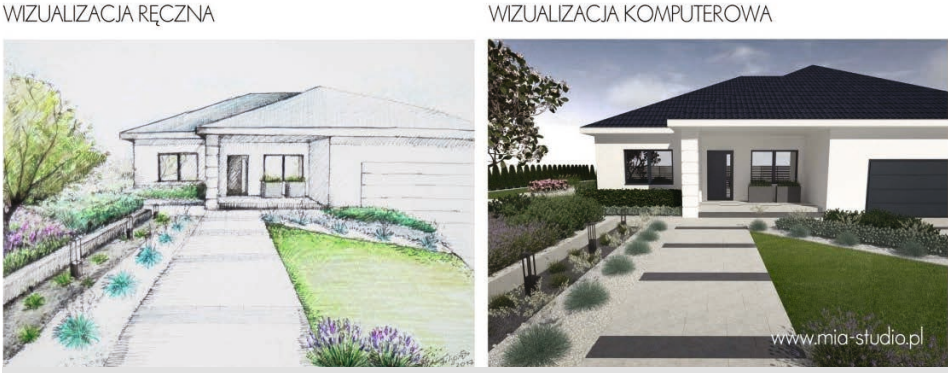
[2] E. Dubowik, R. Kościelak, A. Tomczak-Witch, *Wybrane zagadnienia z psychologii*, AWFiS, Gdańsk, 2002, s. 15-16.

większą rolę niż talent do przyswajania wiedzy obiektywnej[3]. Obecnie powstaje wiele niejasności pomiędzy pojęciami wyobraźni a wizualizacji. Wyobraźnia obejmuje większy zakres w porównaniu do wizualizacji. Różnica wynika z intensywności doznawania emocji i przeżyć. Przekonania, jakie kształtuje nasza wyobraźnia, budowane są na podstawie doświadczeń prawdziwych, czyli przykładowo wizualizacjach. Dobre wizje są lepiej odbierane i przyjmowane przez ludzki mózg. To klucz do większości technik związanych z przyciąganiem uwagi i zwiększaniem zainteresowania.

Czasy się zmieniają, co za tym idzie, strategie marketingowe również. Sukces polega na przekonaniu odbiorców do wybrania oferowanych produktów lub usług przez daną firmę. Dawno udowodniono, że mózg ludzki lepiej odbiera wiedzę w postaci wizualnej. Bez wątpienia każdy człowiek jest wzrokowcem, w związku z tym grafika czy obraz mocno na niego oddziałuje. Zawodowi graficy potrafią tworzyć stosowne przekazy graficzne, trafiające do jak największej liczby klientów w sposób skuteczny. To najprostszy środek w procesie maksymalizacji wyników sprzedaży, co jest naczelnym celem każdej firmy. Dlatego w branży architektonicznej wizualizacja koncepcji jest tak istotna, to najważniejszy element komunikacji pomiędzy klientem a architektem (ryc. 2). Wizualizacje pozwalają na łatwiejsze

Ryc. 2. *Wizualizacja osiedla wykonana w programie komputerowym.*
Źródło: http://wizualizacje-osiedli.pl/wp-content/uploads/2017/10/wiz2k-copy.jpg

[3] H. Zarzecka, *Wyobraźnia a wizualizacja*, http://helenazarzecka.blogspot.com/2012/06/wyobraznia-wizualizacja.html.



Ryc. 3. *Porównanie atrakcyjności wizualizacji wykonanej w programie komputerowym i ręcznie. Źródło: http://mia-studio.pl/wp-content/uploads/2017/01/wizualizacja-r%C4%99czna_wizualizacja-komputerowa.jpg*

zrozumienie zamysłu, bez konieczności skupiania się na skomplikowanych rzutach czy przekrojach projektu. Świadczy to o wsparciu poprzez wizualizacje komunikacji werbalnej pomiędzy pracownią a odbiorcą i ukazaniu zrozumiałego obrazu. Deweloper użyje pięknej grafiki przedstawiającej swoją przyszłą inwestycję, aby zachęcić i przekonać potencjalnego klienta do szybkiego zakupu jeszcze nieistniejącego mieszkania czy lokalu. Człowiek lepiej przyswoi sobie obraz z wizualizacji niż z samego tekstu informującego go o atutach danej przestrzeni (ryc. 3).

Kolorowe i animowane obrazki wzbogacone o informacje tworzą mocniejszy przekaz aniżeli sam tekst. Jednak niezależnie od tego, co ukazuje wizualizacja, najważniejszy jest sposób jej przedstawienia, estetyka a także kreatywny zamysł. Podsumowując, nasuwa się wniosek, że dobrze przygotowana wizualizacja stanowi o korzyści zarówno dla architekta czy dewelopera, jak i końcowego odbiorcy projektu.

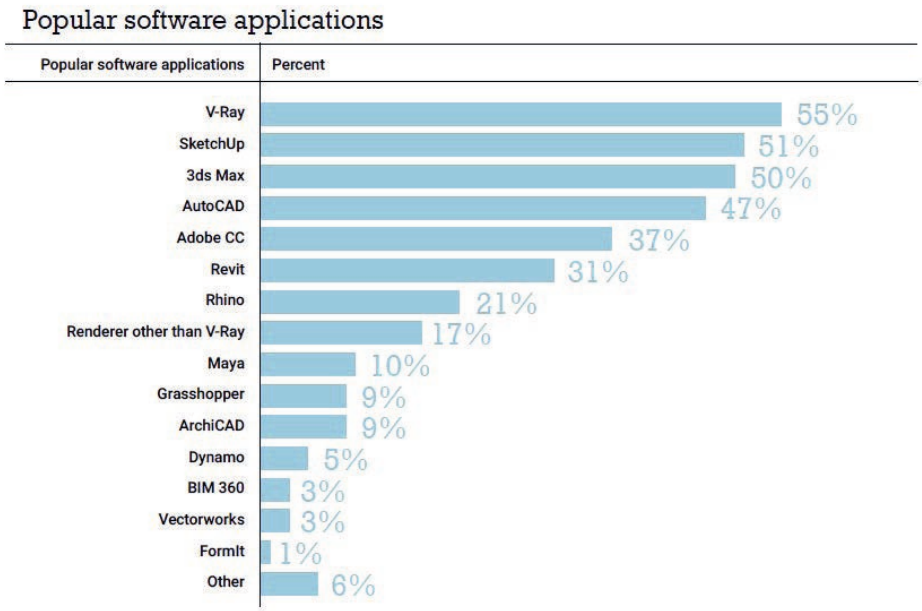
Ewolucja wizualizacji w procesie powstawania projektu

Dzisiejszy rynek staje się niezwykle konkurencyjny. Wynika to głównie ze wzrostu oczekiwań potencjalnych klientów w obszarze kosztów i jakości oraz zwiększonej kontroli ze strony inwestorów czy też opinii publicznej. Projekty w branży AEC[4] są coraz bardziej wielowymiarowe. Tworzenie projektu wymaga współpracy między zespołami projektowymi, przez co angażuje się w nie wiele grup. Dziś pozwala na to łatwy i skoordynowany przepływ informacji, a także możliwość bezpiecznego przechowywania danych. Każde zmiany stawiają przed inwestorami nowe wyzwania, co na szczęście rozwiązuje się przy pomocy nowych technologii. Innowacje

[4] AEC – Architecture Engineering Construction.

pozwalają zmieniać sposób pracy poprzez dostęp do coraz większej ilości danych.

Dzisiejszy świat wymaga projektowania w krótszym czasie, w niższej cenie oraz z mniejszą ilością błędów. Nowe technologie tworzone są w odpowiedzi na wszystkie te potrzeby. W architekturze inżynierii i budownictwie wizualizacja stanowi rodzaj graficznej prezentacji. Powinna być przejrzysta i łatwa w odbiorze nawet dla osób spoza branży. Jeszcze w nieodległej przeszłości architekt, aby przedstawić swoją myśl, rysował ręczne szkice, perspektywy, rzuty, co zajmowało mnóstwo czasu. W odpowiedzi na zwiększające się tempo życia i wraz z rozwojem informatyki na rynku dostępnych jest coraz więcej programów umożliwiających tworzenie projektów znacznie szybciej. Zmechanizowane funkcje renderingu oraz kształtowania stają się coraz doskonalsze, interfejsy użytkownika coraz bardziej intuicyjne, dostosowywane do indywidualnych preferencji. Różnorodność wariantów oferowanych przez obecne programy skutkuje coraz większym wpływem na ostateczny efekt pracy. Co za tym idzie, mniej czasu zajmuje uzyskiwanie oczekiwanych rezultatów. W ciągu ostatnich dwudziestu lat obserwuje się zmianę w myśleniu o architekturze i metodach projektowania pod wpływem technologii rzeczywistości wirtualnej. Wykorzystanie modeli CAD i BIM jako skomputeryzowanego środowiska

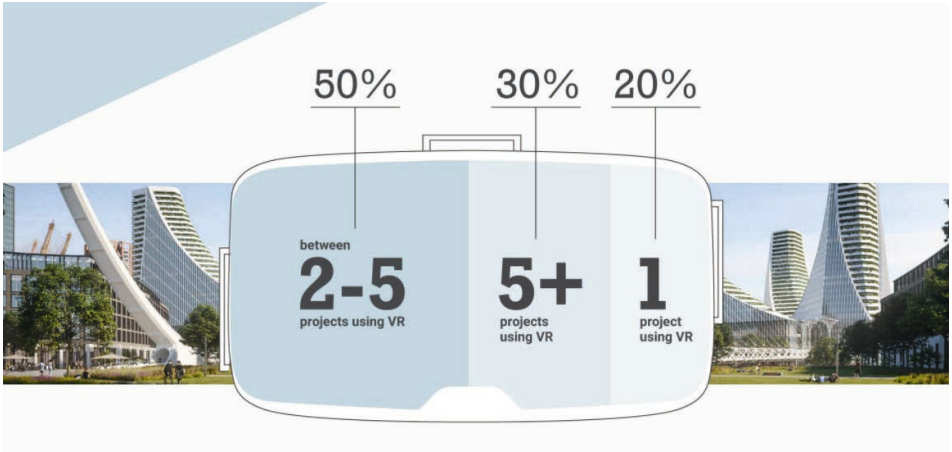


Ryc. 4. *Wykres przedstawiający wykorzystywane oprogramowania w branżach projektowych w roku 2017. Źródło: https://web.progrupa.com/uploads/static/Blog/raport%20chaos/VR.png?1521798277502*

umożliwia odpowiednie oprogramowanie oferujące szeroki wachlarz możliwości prezentacyjnych, projektowych i badawczych. Projektanci, korzystając z programów CAD, tworzą w przestrzeni wirtualnej swoje koncepcje, które stopniowo są udoskonalane, natomiast technologia BIM oferuje pozorowanie funkcjonowania obiektu. Dalej programy zapożyczone ze świata gier i filmu, do udoskonalonej grafiki (3ds Max, Blender, Maya), umożliwiają tworzenie rozbudowanego świata w cyberprzestrzeni, swobodne poruszanie się w nim, tworzenie udźwiękowienia, pozwalając tym samym projektantom i przyszłym użytkownikom na przyswojenie i doświadczenie architektury generowanej komputerowo w sposób zbliżony do jej doświadczania w świecie rzeczywistym (ryc. 4).

Virtual Reality staje się coraz bardziej powszechna i coraz więcej marek odnajduje w niej szansę dla siebie – od twórców gier, samochodów poprzez armię po firmy deweloperskie oferujące obejrzenie „na żywo" swoich jeszcze nieistniejących inwestycji. Zamieszczona poniżej grafika zawiera dane z 2017 roku, które mówią o tym, że aż 80% badanych projektantów wykorzystało możliwości wirtualnej prezentacji swojej pracy klientom więcej niż raz, a 50% wielokrotnie skorzystało z niej w projektach (ryc. 5).

Rozwój technologiczny zmierza do płynnego połączenia rzeczywistej i cyfrowej przestrzeni architektonicznej, tworząc tzw. rozszerzoną rzeczywistość, która mogłaby spełniać społeczno-psychologiczne potrzeby użytkowników. W architekturze bardzo ważną rolę odgrywa prezentacja projektowanych obiektów czy też przestrzeni, aby inwestorzy lepiej mogli pojąć przedstawianą im koncepcję.



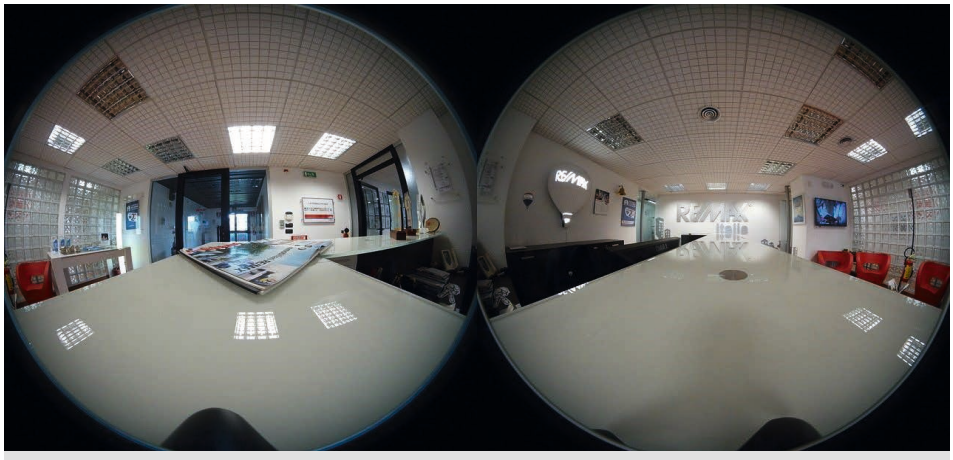
Ryc. 5. *Wykorzystanie technologii VR w branży projektowej na rok 2017. Źródło: https://web.progrupa.com/uploads/static/Blog/raport%20chaos/VR.png?1521798277502*

Dzięki innowacyjnej technologii wirtualnej rzeczywistości wizualizacje architektoniczne nie muszą się już ograniczać do planów na papierze czy obrazu na monitorze komputera.

Wirtualna rzeczywistość – czyli nowa forma pracy z projektami

Aby pokazać potencjalnym przyszłym klientom biura architektonicznego, że stworzona wizja jest godna uwagi, biura podejmują wiele czynności. Poczynając od projektowania, następnie przygotowując plany, praca zazwyczaj kończy się na wykonaniu wizualizacji. Przedstawienie koncepcji tylko na papierze czy co najwyżej w formie trójwymiarowej na płaskim ekranie komputera nie zawsze zostaje dokładnie zrozumiane przez odbiorcę. Stale rozwijająca się technologia daje do dyspozycji nowatorskie podejście do tworzenia koncepcji za pomocą Wirtualnej Rzeczywistości.

Technologia VR to przełomowy krok w rewolucji wizualnego przedstawiania świata. To nie tylko nowatorskie rozwiązanie w obszarze produkcji ale także skuteczna forma przedstawiania. Dzięki niej niezwykłe projekty można zaprezentować w nowoczesny i innowacyjny sposób. Wirtualna rzeczywistość umożliwia zabranie odbiorcy w zupełnie inny świat. Wizualizacje i wnętrza są w pełni realistyczne. Wirtualna rzeczywistość udostępnia rzeczywisty lub wyobrażony świat w wersji symulowanej. Ta technologia pozwala na tworzeni immersyjnych[5] aplikacji VR przebywając



Ryc. 6. Obraz widziany przez gogle VR.
Źródło: https://marketingibiznes.pl/wp-content/uploads/2016/12/spherical-360-degree-photo-1524199_1280.jpg

[5] *Immersyjność – proces zanurzania albo pochłaniania osoby przez rzeczywistość elektroniczną. Następuje tak zwane zanurzenie zmysłów*, https://pl.wikipedia.org/wiki/Immersyjno%C5%9B%C4%87.

w nich odnosi się wrażenie fizycznej obecności w danym miejscu. Przedstawiane wnętrza mogą wyglądać identycznie jak po wybudowaniu w rzeczywistości. Realistyczna wizualizacja koncepcji, a także doświadczenie przestrzenne proponowanych rozwiązań – skala i charakter oraz struktura, pozwalają na szybsze i dokładniejsze prototypowanie rozwiązań i testowanie ich z perspektywy przyszłego mieszkańca.

Po założeniu gogli VR projekty architektoniczne nabierają pełnego realizmu, a dzięki architektonicznej aplikacji VR osobiście można wejść do wnętrza trójwymiarowej przestrzeni i obcując z symulowanym wnętrzem zaprojektowanego przez siebie otoczenia, zobaczyć wykreowany obiekt, przyjrzeć się z bliska jego detalom. Projektant, a także odbiorca na „własne oczy" przekona się o tym, czy wytworzony projekt wygląda tak, jak to było w początkowej koncepcji. Ta technologia pozwala tworzyć projekty perfekcyjne, dopracowane pod każdym względem jeszcze na poziomie idei. Tu praca zaczyna się od wykonania zdjęć kamerą 360 stopni podczas inwentaryzacji, co pozwala na późniejsze realne odtworzenie sytuacji zastanej na terenie przyszłej budowy. Współpracując z różnymi grupami, projektanci mogą korzystać z technologii VR, na przykład przy projektowaniu dróg ewakuacyjnych, a tym samym testują ewentualny czas ewakuacji czy jej scenariusze. W branży architektoniczno-budowlanej ten sposób przedstawiania wizualizacji pozwoli uporać się z różnorodnymi wymaganiami klientów, a także umożliwi wpro-

Ryc. 7. Zdjęcie przedstawiające architekta przyszłości.
Źródło: https://www.facebook.com/ImmersiveArch/photos/a.305954743154839/315520555531591/?type=3&theater

wadzenie ewentualnych modyfikacji, zanim pomysł stanie się pełnowymiarowy.

Deweloperzy mieszkaniowi coraz chętniej sięgają po aplikacje VR. Dzięki niej są w stanie dokładnie pokazać zainteresowanym przyszłe wnętrza mieszkań. Co wiąże się z tym, że klient zdecydowanie sprawniej określi, czy dana przestrzeń jest dla niego odpowiednia. Będzie mógł zobaczyć, jak wygląda nasłonecznienie pomieszczeń w ciągu dnia, a także spojrzeć na układ pomieszczeń. Architektoniczne aplikacje VR i „spacery deweloperskie" to bardzo pożądane rozwiązania w technologii wirtualnej rzeczywistości.

Nowoczesne wizualizacje VR realistycznie ukazują różnorodne obiekty w wirtualnej przestrzeni. Chętnie wykorzystywane są także w muzeach, gdzie przygotowuje się interaktywne pokazy ekspozycji. Widz może zostać zabrany w przeszłość, czy też może zostać pokazana mu przyszłość. Z nowej technologii korzysta medycyna, umożliwia się np. przyszłym chirurgom operowanie wirtualnych modeli ludzi 3D. Ponadto za pomocą VR przeprowadzane są szkolenia w lotnictwie, armii czy astronomii. Za pomocą odpowiednich aplikacji VR odbywa się proces edukacji, a także w ten sposób odbywają się egzaminy ze zdobytej wiedzy praktycznej. Wirtualna rzeczywistość rewolucjonizuje coraz więcej branż.

Podsumowanie

Mimo tego, że Virtual Reality ma już swoje lata, to wciąż jest to zjawisko niedojrzałe. Technologia staje się coraz bardziej dostępna, a także coraz częściej stosuje się ją w biurach projektujących architekturę czy urbanistykę, ale także sięgają po nią deweloperzy podczas prezentacji swoich obiektów. Idea przestrzeni wirtualnej ewoluuje od wielu lat, choć początkowo urządzenia VR były dość kosztowne i dostępne jedynie dla nielicznych, stopniowo wszystko staje się coraz bardziej osiągalne. Współczesne możliwości i zastosowania technologii VR wykorzystuje się m.in. w przemyśle, rozrywce i edukacji.

Rzeczywistość wirtualna od dłuższego czasu inspiruje ideowe i awangardowe poszukiwania architektoniczne. Od niedawna można przekonać się, jakie daje możliwości w praktyce. W Polsce okazją do tego doświadczenia były przykładowe imprezy „Architecture into Virtuality – architektura i technologia VR" organizowane na Politechnice Wrocławskiej i w Technoparku w Gliwicach przez grupę Laka Architektura[6], wirtualna prezentacja koncepcji na warsztatach Architektour w Bytomiu[7] czy konkurs organizowany w Warszawie na placu Defilad pod nazwą

[6] *Architecture Into Virtuality – Laka Reacts*, https://lakareacts.com/architecture-into-virtuality/.

[7] *Architektour – warsztaty dla studentów architektury,* https://architektour.pl.

FutuWawa[8]. Opierając się na doświadczeniach można wyeksponować trzy obszary zastosowań VR w branży architektonicznej. Pierwszą strefą niewątpliwie jest wizualizacja - najbardziej oczywiste i jednocześnie najważniejsze posłużenie się nowym narzędziem do przedstawiania projektów. Obszar drugi to umożliwienie przez wirtualną rzeczywistość projektowania i bezpośredniego kształtowania oraz doświadczania przestrzeni w skali 1:1. Trzecią sferą staje się niezaprzeczalnie upowszechnienie VR tworzącej zapotrzebowanie na wirtualną architekturę, niezwiązaną z realnymi budynkami, lecz stosowaną jako produkt do rozmaitych działalności. Nowa technologia oferuje klientom liczne wirtualne światy, zaczynając od „wirtualnych spacerów", idąc przez panoramy 360 stopni, a na filmach w wirtualnych wnętrzach kończąc. Nowe perspektywy wykorzystania VR powodują, że obecny czas jest szczególny dla pracowni architektonicznych pod względem możliwości zdobywania nowych kompetencji i umiejętności obsługi innowacyjnych urządzeń, dającej przewagę w bliskiej przyszłości zawodowej. Z całą pewnością przedstawienie projektu klientowi w Virtual Reality przyczyni się do większej atrakcyjności biura na tle konkurencji. Stosując tego typu technologię, można osiągnąć lepsze rezultaty niż w przypadku standardowych rozwiązań. Zwłaszcza w kwestii drogich przedsięwzięć budowlanych. Jednak w środowisku projektowym oprócz zachwytu pojawia się także sceptycyzm i obawy o to, czy np. klienci nie będą oczekiwali zbyt szczegółowych modeli VR już na etapie koncepcji, co obecnie przy wykonywanych makietach, lub wizualizacjach pozostawia pole do luźnej interpretacji i niedomówień.

Damian Przybyła, współorganizator wystawy „Architecture into Virtuality" i współzałożyciel Laka Architecture, potwierdza atrakcyjność VR w architekturze tymi słowami: *Każda technologia, która pozwala przyszłym odbiorcom produktów, w tym odbiorcom architektury, rzetelniej rozpoznać swoje potrzeby, jest na wagę złota. Zasadniczą przewagą wirtualnej rzeczywistości jest stopień podobieństwa do prawdziwego świata w zakresie sposobu jego postrzegania. VR zapewnia bogate doświadczenia przestrzenne, silne sprzężenie, możliwość poruszania się w wirtualnym świecie i wchodzenia z nim w interakcję. Ten obszar zastosowania wirtualnej rzeczywistości będzie przełomowy dla branży budowlanej, architektonicznej i deweloperskiej*[9].

[8] *IV międzynarodowy Konkurs FutuWAWA „Patrz na plac",* https://placdefilad.futuwawa.pl/pl.

[9] *Pierwszy pokaz architektury przy uzyciu wirtualnej rzeczywistości,* https://www.web.gov.pl/wiedza/wywiady_biznes/700_4648_pierwszy-pokaz-architektury-przy-uzyciu-wirtualnej-rzeczywistosci.html.

BIBLIOGRAFIA

[1] *IV międzynarodowy Konkurs FutuWAWA „Patrz na plac",* https://placdefilad.futuwawa.pl/pl.

[2] *Architecture Into Virtuality – Laka Reacts*, https://lakareacts.com/architecture-into-virtuality/.

[3] *Architektour – warsztaty dla studentów architektury,* https://architektour.pl.

[4] Dubowik E., Kościelak R., Tomczak-Witch A., *Wybrane zagadnienia z psychologii*, AWFiS, Gdańsk 2002.

[5] https://epicvr.pl/pl/wirtualna-rzeczywistosc-medycyna-vr-ar-i-nowe-technologie/.

[6] https://elitecad.pl/2017/07/27/wirtualna-rzeczywistosc-architekturze/.

[7] https://www.magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Wirtualna-rzeczywistosc-w-budownictwie-i-architekturze,11802,1.

[8] https://blog.progrupa.com/article/6/raport-technologie-wizualizacji-w-architekturze.

[9] http://www.miesiecznik.znak.com.pl/rzeczywistosc-wirtualna-przemoc-realna/.

[10] https://marketingibiznes.pl/biznes/czy-vr-okaze-sie-rewolucja-na-miare-internetu/

[11] https://archirama.muratorplus.pl/lifestyle/wirtualna-architektura-wspolczesna,70_3967.html

[12] http://cadportal.pl/jak-tendencje-wspolczesnego-swiata-wplywaja-na-rozwoj-oprogramowania/

[13] http://www.propertydesign.pl/architektura/104/jak_ewoluuje_branza_architektoniczna,1764.html

[14] http://www.egospodarka.pl/122473,6-megatrendow-ktore-wplyna-na-rozwoj-swiata,2,39,1.html.

[15] http://www.eduteka.pl/doc/wizualnosc-swiata-i-wyobraznia-wizualna-wyobraźnia

[16] https://www.ssw-sopot.pl/wp-content/uploads/2018/12/4.-Wirtualna-rzeczywisto%C5%9B%C4%87-jako-narz%C4%99dzie-wizualizacji.pdf

[17] *Immersyjność – proces zanurzania albo pochłaniania osoby przez rzeczywistość elektroniczną. Następuje tak zwane zanurzenie zmysłów*, https://pl.wikipedia.org/wiki/Immersyjno%C5%9B%C4%87.

[18] Łąkowski R., *Encyklopedia Popularna PWN*, wyd. 5, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1982, s. 875.

[19] *Pierwszy pokaz architektury przy uzyciu wirtualnej rzeczywistości,* https://www.web.gov.pl/wiedza/wywiady_biznes/700_4648_pierwszy-pokaz-architektury-przy-uzyciu-wirtualnej-rzeczywistosci.html.

[20] Zarzecka H., *Wyobraźnia a wizualizacja*, http://helenazarzecka.blogspot.com/2012/06/wyobraznia-wizualizacja.html.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Współcześnie transformacjom ulega nie tylko środowisko życia człowieka, ale także przestrzeń jego pracy. Zjawisko to można zaobserwować w większości zawodów, gdzie wraz z dynamicznym rozwojem technologii cyfrowych dostępne są coraz bardziej zaawansowane narzędzia wspierające środowisko pracy, ale też udostępniające je osobom z niepełnosprawnościami.

Wszechobecna komputeryzacja i cyfryzacja sprawiły, że również warsztat architekta zmienia się dynamicznie z roku na rok. Powstają pytania, czy nowe narzędzia stanowią szansę na rozwój kreatywności czy zagrożenie unifikacją. Trwają debaty, czy przyszłość architektury związana będzie wyłącznie z technikami komputerowymi rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej, czy tradycyjny warsztat pracy – projekt przenoszony na papier za pomocą unikalnej, autorskiej kreski pióra czy ołówka zachował jeszcze swoją wartość? Eksperymenty z wykorzystaniem nowych możliwości technicznych zmieniają oblicze architektury. Możliwa jest realizacja coraz śmielszych projektów, niemniej jednak wciąż doświadczamy coraz większej unifikacji rozwiązań gubiąc tożsamość kulturową zarówno twórcy, jak i jego dzieła.

W przedstawionych artykułach omówiono kwestię komputeryzacji zarówno w fazie projektu, jak i realizacji. Wskazano jak dużego znaczenia nabiera, poboczny dotąd nurt projektowania parametrycznego. Rozważania dotyczyły również roli, jaką może odegrać rozwój sztucznej inteligencji w branżach związanych z kształtowaniem przestrzeni. Przytoczono przykłady wykorzystania robotyki i automatyzacji w procesie inwestycyjnym. Może to wskazywać na nadejście nowej ery prefabrykacji wyzwalającej obiekty powstałe w ten sposób z przestrzennej unifikacji. Dowiedziono, że obok technicznych dziedzin życia rozwój technologii cyfrowych wpływa silnie na sztukę, która chętnie wykorzystuje nowe narzędzia, jako współczesne środki artystycznego wyrazu.

Rozwój technik komputerowych utrzymuje w aktualności dyskusję na temat ludzkiej natury, tego, czy człowieka może zastąpić maszyna. Czy indywidualność ludzka, tak istotna w procesie kreacji przestrzeni jest zagrożona przez zastosowanie dostępnych cyfrowych narzędzi, czy wręcz przeciwnie – stanowią one ułatwienie w realizacji coraz śmielszych zamierzeń? Czy komputeryzacja staje się szansą, czy zagrożeniem dla ludzkiej wyobraźni? To pytanie pozostaje otwarte.

Patrycja Haupt