



XIV SYMPOZJUM STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

Wydziału Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska
Małe Ciche 2019 rok

PROJEKTOWANIE PARAMETRYCZNE W BUDOWNICTWIE

Izabela Kowalczyk, Damian Kozanecki

1. Wprowadzenie

1.1. Jak projektowanie parametryczne łączy się z technologią BIM?

Dynamiczny rozwój technologii informatycznych niewątpliwie wywiera dziś wpływ na prawie wszystkie aspekty życia oraz sektory gospodarcze. Nie ominął także budownictwa, w którym pozwala na rozwiązywanie coraz to bardziej skomplikowanych problemów w łatwiejszy i szybszy sposób. Jedną ze zdobyczy nowoczesnej technologii w budownictwie jest niewątpliwie koncepcja BIM (ang. *Building Information Modeling*), czyli modelowanie informacji o budynku. BIM pozwala na ciągły dostęp do informacji o stworzonym projekcie oraz na łatwe wprowadzanie w nim zmian. Ułatwia także pracę w dużych zespołach, dając dostęp do tych informacji każdemu z uczestników inwestycji, nawet jeśli reprezentują oni różne branże (architekci, konstruktorzy, instalatorzy). Technologia BIM wykorzystuje do tego celu właśnie m.in. obiektowe modelowanie parametryczne pozwalające na kształtowanie złożonej geometrii, do której przypisane są konkretne informacje (np. koszt, wymiary, parametry wytrzymałościowe materiału) [1].

1.2. Projektowanie parametryczne

Projektowanie parametryczne jest to proces, który polega na wprowadzaniu parametrów (np. punkty kontrolne, wartości liczbowe) i tworzeniu zależności (relacji) między poszczególnymi elementami projektu.

1.3. Korzyści

Najważniejszą korzyścią jest oszczędność czasu w procesie projektowania dzięki parametryzacji. Wprowadzone parametry – które są od siebie uzależnione – mogą zostać dowolnie modyfikowane, a wszystkie pozostałe automatycznie ulegną zmianie w odpowiedni sposób. W przestrzeni parametrycznej może dzięki temu powstać nieskończona liczba podobnych do siebie obiektów

geometrycznych, relacji i działań wzajemnie od siebie zależnych. Projektanci uzyskują więc większą liczbę przykładowych projektów i mogą wybrać spośród nich koncepcje najlepiej spełniające ich oczekiwania [2]. W tradycyjnym procesie projektowania wszystkie bryły oraz linie muszą zostać „ręcznie” wprowadzone przez projektanta za pomocą myszki, klawiatury lub tabletu graficznego, co jest o wiele bardziej czasochłonne w porównaniu z automatycznie modelowanymi bryłami przy użyciu parametryzacji.

Oszczędność czasu pozwala także na modelowanie obiektów o bardziej złożonej strukturze geometrycznej – co mogłoby być zbyt czasochłonne lub po prostu nieopłacalne przy użyciu metod tradycyjnych. Dzięki temu mogą powstawać nowe, oryginalne formy i skomplikowane linie budowli, co przekłada się także na ich optymalizację do warunków środowiskowych (np. zmniejszenie ogrzewania w zimie, lepsze chłodzenie latem) [3].

2. Oprogramowanie

2.1. Przykłady programów

Pierwszy na świecie program służący do projektowania parametrycznego – Pro/Engineer – wypuściła na rynek firma Parametric Technology Corporation już w latach 80 [4]. Jest on jednak wykorzystywany głównie w branży motoryzacyjnej. Innym przykładem jest program Grasshopper (stanowiący od pewnego czasu integralną część oprogramowania Rhino 6). Odpowiednikiem oprogramowania Grasshopper dla branży konstrukcyjnej jest Autodesk Dynamo Studio, a elementy projektowania parametrycznego zostały także wprowadzone do innego programu firmy Autodesk – AutoCAD (wersje od 2010) w postaci „wiązań geometrycznych” oraz „wiązań wymiarowych” [5].

2.2. Dynamo

„Dynamo” to graficzny język programowania firmy Autodesk, a także zintegrowane środowisko programistyczne. Oprogramowaniem służącym do uruchamiania tego narzędzia jest – działający w technologii BIM – Autodesk Revit. Niedawno powstała również wersja niezależna – wspomniany wyżej Autodesk Dynamo Studio [6]. Oprogramowanie to pozwala łączyć się m.in. z Autodesk Revit, Autodesk Robot Structural Analysis, NavisWorks oraz Microsoft Excel. Dzięki temu nie ma konieczności ponownego tworzenia modelu stworzonego już wcześniej w Dynamo Studio, aby np. wykonać obliczenia statyczne w programie Robot. Ponadto wszystkie wprowadzone w trakcie projektowania zmiany zostaną automatycznie zaktualizowane w podłączonym do Dynamo Studio oprogramowaniu.

2.3. Działanie programu

Autodesk Dynamo Studio (podobnie, jak np. Grasshopper) wykorzystuje w parametryzacji formę blokową – sposób programowania graficznego [7]. W procesie programowania graficznego instrukcje i relacje programu definiowane są za pomocą „graficznego” (lub „wizualnego”) interfejsu użyt-

kownika. Zamiast wpisywania kolejnych linijek słownego kodu łączone są ze sobą węzły, które posiadają porty wejściowe i wyjściowe. Połączenia węzłów tworzone są za pomocą tzw. „przewodów” sterujących przepływem danych w programie. Efekty pracy można obserwować w formie podglądu graficznego, który jest aktualizowany w czasie rzeczywistym.

3. Realizacje

Pomimo niewielkiej popularności inżynierowie niejednokrotnie wykorzystywali projektowanie parametryczne do stworzenia geometrycznie nietuzinkowych konstrukcji. W dalszej części zostanie przedstawionych kilka realizacji, które zostały zaprojektowane przy użyciu tej metody.

3.1. International Terminal Waterloo

Pierwszą na świecie zrealizowaną inwestycją, do której zaprojektowania zostało wykorzystano projektowanie parametryczne jest przekrycie peronów International Terminal Waterloo w Londynie (1990–1993). Odpowiadają za nią Nicholas Grimshaw and Partners oraz SmartGeometry Group – pionierzy wykorzystania Intergraph’s Vehicle Design System. Zadaszenie rozciąga się nad długimi na 400 m peronami, których szerokość zmienia się w zakresie od 35 do 50 m. Zaprojektowano 46 łukowych elementów, z których każdy miał inny wymiar, lecz taki sam kształt [8].



Rys. 1. International Terminal Waterloo

3.2. The Helix Bridge

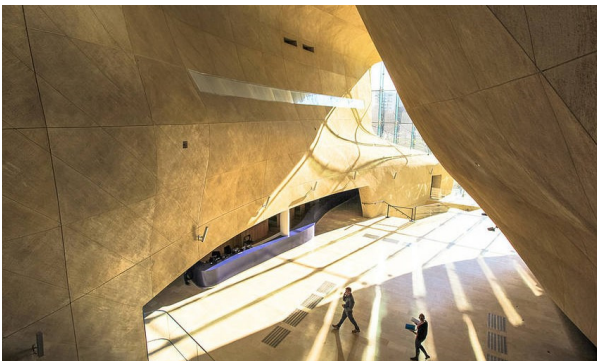
Aby zaprojektować most w Singapurze, konstruktor wykorzystał oprogramowanie, którego był autorem. Zamodelował on obiekt w przestrzeni trójwymiarowej oraz poddał go analizom statycznym i dynamicznym. Optymalizował on konstrukcję poprzez bieżącą analizę i aktualizację jej stanów granicznych. Kluczowe było zadanie odpowiednich warunków brzegów. Poprzez optymalizację dążył on do zminimalizowania ciężaru własnego konstrukcji [6].



Rys. 2. The Helix Bridge

3.3. Muzeum Historii Żydów Polskich

Autorem powyższej konstrukcji był fiński architekt Rainer Mahlamaki. Budynek znajduje się w Warszawie, a największą uwagę przyciągają zaokrąglone linie holu głównego i gra światła. W czasie konsultacji z biurem architektonicznym Normana Fostera, architekt dostawał porady między innymi programistyczne [9].



Rys. 3. Muzeum Historii Żydów Polskich

3.4. Złote Tarasy

Wykorzystanie projektowania parametrycznego okazało się kluczowe w procesie projektowania zadania galerii handlowej, położonej w centrum Warszawy – Złotych Tarasów. Powierzchnię dachu tworzą trójkąty, wykonane ze szkła, o niejednakowych krzywiznach. Głównym zadaniem skryptu, który został napisany do zaprojektowania takiej konstrukcji, było zachowanie efektownej formy, przy jednoczesnym zapobiegnięciu powstania miejsc, w których potencjalnie mogłyby gromadzić się duże ilości wody [9].



Rys. 4. Złote Tarasy

4. Podsumowanie

4.1. Wady

Podsumowując, należy zwrócić także uwagę na wady omawianego typu rozwiązania. Pierwsza z nich jest związana z kwestią finansową. Oprogramowanie typu Autodesk Dynamo Studio nie jest darmowe i aby z niego korzystać komercyjnie, należy wykupić odpowiednią subskrypcję, co oczywiście generuje dodatkowe koszty w procesie projektowania. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że projektowanie parametryczne pozwala oszczędzić znacznie czas, a także generalnie ułatwia ono proces projektowania. W obliczu tych zalet znaczenie ceny nowego oprogramowania może okazać się bardzo niewielkie. Oczywiście kwestie finansowe zależą najczęściej od rodzaju projektu oraz wielkości inwestycji, więc nie można przyjąć tutaj uniwersalnej miary.

Kolejnym problemem może być kwestia kwalifikacji projektantów. Tutaj znowu należy wrócić do usprawnień, jakie wprowadza projektowanie parametryczne – te usprawnienia będą działały tylko wtedy, jeśli projektant będzie miał odpowiednią wiedzę i doświadczenie. Niestety, mimo że – tak jak wcześniej wspomniano – projektowanie parametryczne nie jest nowym wynalazkiem, a programy stworzono do tego celu już wiele lat temu, to nadal

niewielu inżynierów w Polsce jest odpowiednio wykwalifikowanych, aby z tego wynalazku korzystać. Dodatkowo kursy czy szkolenia generują koszty, a projektant i tak będzie potrzebował czasu, aby nabrać doświadczenia i sprawnie projektować z użyciem omawianej metody.

4.2. Przyszłość

Projektowanie parametryczne z pewnością pomaga tworzyć nowoczesną architekturę. Obłe, krzywoliniowe i fantazyjne kształty budynków nie są już tylko niespełnioną wizją artysty, ponieważ można zdecydowanie łatwiej i lepiej je odwzorować w rzeczywistości. Oczywiście tego typu budynki i budowle nie są jeszcze aż tak rozpowszechnione, żeby mówić o zalewaniu miast przez architekturę parametryczną, jednak niewykluczone, że za kilkanaście, kilkadziesiąt lat tak właśnie będą wyglądały miasta.

Streszczenie

W artykule krótko opisano, co jest rozumiane pod pojęciem projektowania parametrycznego i jakie są tego zalety oraz podano przykładowe programy, oparte na tej metodzie, z których działanie jednego zostało pokrótce przybliżone. W kolejnej części podano cztery przykłady budowli zaprojektowanych przy użyciu projektowania parametrycznego. Na koniec opisano wady oraz przewidywaną przyszłość, która je czeka.

Abstract

This article is describing the meaning of parametric design and its benefits. A few examples of programs based on this methodology are given, one of which is briefly described. In the following part four examples of realizations, created with this methodology, are given. The article is ended with disadvantages and expected future of parametric design.

Literatura

- [1] Radzik Ł., *BIM w projektowaniu konstrukcji. Optymalizacja kratowniccy przestrzennej*, „Builder” 2017, tom 21, nr 4, ss. 75-77.
- [2] https://dynamobim.org/home_usecases/use-case-3/, [dostęp: 15.10.2019].
- [3] <https://blog.strefakursow.pl/projektowanie-parametryczne-zalety/>, [dostęp: 15.10.2019].
- [4] Januskiewicz K., *Projektowanie parametryczne oraz parametryczne narzędzia cyfrowe w projektowaniu architektonicznym*, „Architecturae et Artibus” 2016, tom 8, nr 29, ss. 51-54.

- [5] <https://strefainzyniera.pl/artukul/484/projektowanie-parametryczne>, [dostęp: 15.10.2019].
- [6] Jasiński M., Płaszczuk T., Tkocz T., Salamak M., *Programowanie graficzne i technologia BIM przy parametryzacji obiektów mostowych*, „Mosty” 2018, nr 1, ss. 28-34.
- [7] Białozor R., *Projektowanie parametryczne jako wspomaganie procesu projektowania konstrukcji*, 2017,
https://www.researchgate.net/publication/315776877_Projektowanie_parametryczne_jako_wspomaganie_procesu_projektowania_konstrukcji, [dostęp: 15.10.2019].
- [8] <https://www.muratorplus.pl/technika/programy/czym-jest-projektowanie-parametryczne-aa-YNna-T22a-PNyR.html>[dostęp: 15.10.2019].
<https://www.morizon.pl/blog/architektura-parametryczna/>
[dostęp: 15.10.2019].

Opiekun naukowy:
dr hab. inż. Artur Wirowski

