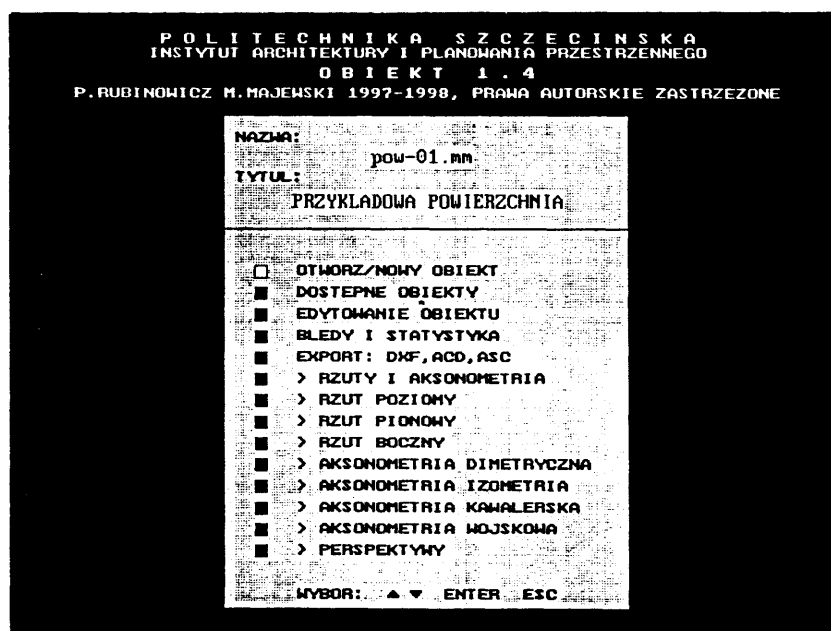


Paweł RUBINOWICZ
Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Szczecińska

PARAMETRYCZNE MODELOWANIE WYBRANYCH POWIERZCHNI W PROGRAMIE OBIEKT 1.4¹

Program OBIEKT 1.4 (rys. 1) jest kolejną wersją programu opisywanego już na łamach czasopisma [5]. W nowej wersji poszerzone zostały możliwości programu – szczególnie w dziedzinie kształtowania wybranych powierzchni prosto- i krzywokreślnych. W programie dostępne są trzy indywidualne modele powierzchni podstawowych nazwane powierzchniami typu *A*, typu *B* i typu *C* (rys. 2). W oparciu o wspomniane powierzchnie podstawowe konstruować można tzw. modele parametryczne [5] skomplikowanych powierzchni stanowiących np. kształt zadaszania obiektu architektonicznego (rys. 7).



Rys.1. Strona główna programu OBIEKT 1.4

1. Charakterystyka programu OBIEKT 1.4

Program OBIEKT 1.4 (rozbudowana wersja programu OBIEKT 1.2) pozwala na modelowanie złożonych utworów geometrycznych, w szczególności zaś złożonych powierzchni prosto- i krzywokreślnych. Po wprowadzeniu do programu danych o utworze można uzyskać jego obraz w rzutach Monge'a, aksonometrii i perspektywie oraz zapisać jako model prze-

¹ Program OBIEKT wer. 1.4 został opracowany w roku 1998 w Zakładzie Geometrii Wykreślnej i Perspektywy IAiPP Politechniki Szczecińskiej przez Pawła Rubinowicza pod kierunkiem doc. dr inż. Mieczysława Majewskiego; dalsze informacje o programie oraz o możliwościach udostępniania jego wersji demonstracyjnej można uzyskać poprzez adres e-mail: pawel@rubinowicz.com.pl lub – kontakt z Politechniką Szczecińską.

strzenny w standardowych formatach graficznych umożliwiającą przesłanie danych m.in. do popularnego programu AutoCAD firmy AutoDESK i dalszą obróbkę lub wizualizację modelu utworu.

Jednym z podstawowych założeń programu jest zasada wprowadzania danych w formie pliku tekstowego (tekstu) zawierającego definicje poszczególnych elementów utworu oraz ich wzajemne relacje przestrzenne zapisane według specjalnych zasad określanych przez autora jako język MAŁY MODEL. W ujęciu informatycznym MAŁY MODEL jest wyspecjalizowanym językiem komputerowym zorientowanym na środowisko przestrzeni geometrycznej analogicznie jak AutoLISP [7] w systemie AutoCAD. Przyjęto założenie maksymalnego uproszczenia języka pozwalające na szybką jego naukę. Stąd program w języku MAŁY MODEL został ograniczony do listy kolejno wykonywanych przez komputer poleceń – tzw. listy poleceń (tab. 1).

Innym ważnym założeniem programu OBIEKT jest możliwość tzw. **modelowania parametrycznego**, w którym poza jednoznaczny opisem kształtu utworu geometrycznego istnieje możliwość opisu jego transformacji uwzględniającej wzajemne relacje przestrzenne pomiędzy poszczególnymi elementami utworu. Przykładem modelu parametrycznego może być opis kształtu powierzchni żagla zależny od siły i kierunku wiatru jako dodatkowych zmiennych parametrów. Modelowanie parametryczne może być pomocne w projektowaniu architektonicznym, a w szczególności w projektowaniu przekryć dachowych osnutych na powierzchniach geometrycznych. Pozwala ono na analizowanie różnych wariantów kształtów projektowanych obiektów [3, 4, 6].

Sprawdzeniem możliwości szybkiego opanowania programu OBIEKT 1.4, a co za tym idzie języka MAŁY MODEL i modelowania parametrycznego, był dla autora odpowiedni kurs² przeprowadzony na Politechnice Szczecińskiej z grupą dwunastu studentów pierwszego semestru geometrii. Kurs trwał 5 tygodni i wymagał od studentów wykonania trzech ćwiczeń jako prac domowych w programie OBIEKT. Opracowanie najprostszego ćwiczenia – kompozycji kilku prostych brył modularnych w przestrzeni – wymagało 45-cio minutowego wprowadzenia dotyczącego podstaw programu. Kolejne ćwiczenia były coraz trudniejsze i wprowadzały nowe zagadnienia (jak definiowanie krzywych i powierzchni, transformacje układu odniesienia, modelowanie parametryczne itp.). Ostatnie ćwiczenie wymagało od każdego studenta opracowania uproszczonego modelu parametrycznego wybranego obiektu architektonicznego o złożonej geometrii zawierającej powierzchnie krzywokreślne (jak np. terminal lotniska JFK w Nowym Yorku projektu Eero Saarinen [1] czy zadaszenie stadionu olimpijskiego w Monachium – Frei Otta [1]). Jeden z przykładów tego ćwiczenia opisany został w dalszej części artykułu (rys. 7), inne przykłady dotyczące kształtowania geometrycznego przekryć powłokowych we wcześniejszej wersji programu (OBIEKT 1.1) odnaleźć można w pracy [2].

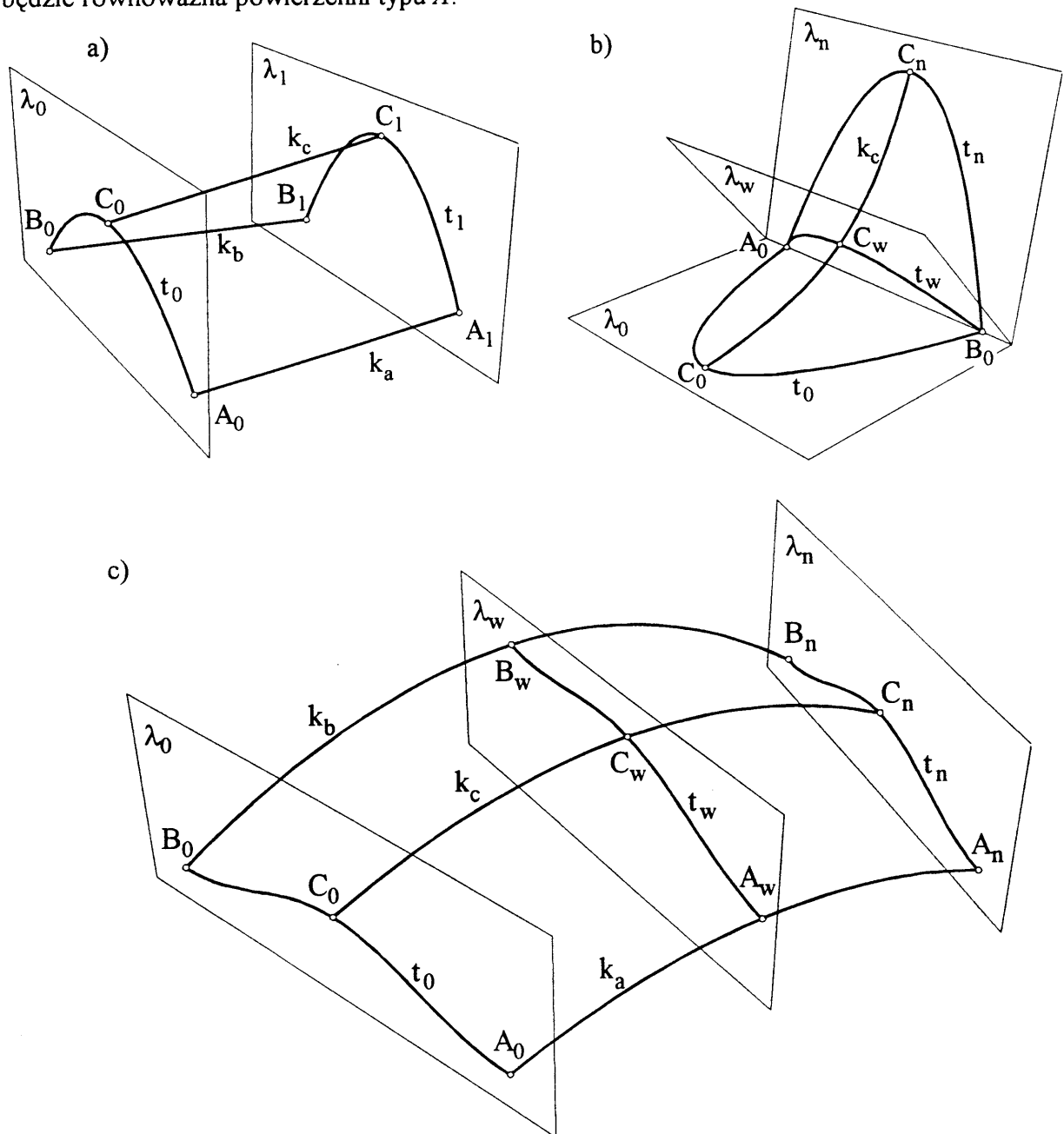
2. Typy powierzchni podstawowych w programie OBIEKT 1.4.

W poprzednich wersjach programu OBIEKT możliwe było definiowanie pewnych typów powierzchni prostokreślnych jak konoidy i cylindroidy oraz pewnych typów powierzchni krzywokreślnych w tym powierzchni translacyjnej i klinowej. W aktualnej wersji programu (wersja 1.4) ujednolicono zasady definiowania powierzchni ograniczając ich ilość do trzech podstawowych typów (modeli): **powierzchni typu A**, **typu B** i **typu C**. Powierzchnie te definiowane są tzw. sposobem kinetycznym [2] – poprzez opis przemieszczania się tworzącej (w programie OBIEKT 1.4 – łuku krzywej określanej przez trzy punkty oraz charakterystykę typu

² Kurs modelowania w programie OBIEKT 1.4 został przeprowadzony przez Pawła Rubinowicza pod kierunkiem doc. dr inż. Mieczysława Majewskiego na Wydziale Budownictwa i Architektury PS w semestrze zimowym 1997/1998; kurs odbywał się w ramach przedmiotu Geometria Wykreślna semestr I

krzywej: elipsa, parabola, hiperbola lub sinusoida) po prosto- lub krzywoliniowych kierownicach.

Powierzchnia typu *A* powstaje poprzez przemieszczanie się tworzącej *t* po torach kierownic k_a , k_b i k_c stanowiących odcinki prostych, zgodnie z rysunkiem 2a. Płaszczyzny λ_0 i λ_1 tworzących t_0 i t_1 mogą być ustawione dowolnie. Powierzchnia typu *B* powstaje w wyniku przemieszczania się tworzącej *t* po torze kierownicy k_c według rysunku 2b. Powierzchnia typu *C* powstaje w wyniku przemieszczania się tworzącej *t* po torach kierownic k_a , k_b i k_c według rysunku 2c. Płaszczyzny λ_0 , λ_w i λ_n tworzących t_0 , t_w i t_n mogą być ustawione dowolnie. Jeżeli w powierzchni typu *C* przyjmujemy punkty $A_0 = A_w = A_n$ i $B_0 = B_w = B_n$, to będzie ona równoważna powierzchni typu *B*, jeżeli natomiast przyjmujemy, że punkty A_0, A_w i A_n ; B_0, B_w i B_n ; C_0, C_w i C_n będą leżeć odpowiednio na trzech prostych, to powierzchnia typu *C* będzie równoważna powierzchni typu *A*.



Rys. 2. Typy powierzchni podstawowych dostępnych w programie OBIEKT 1.4: a) powierzchnia typu *A*, b) powierzchnia typu *B*, c) powierzchnia typu *C*

Zachowanie pewnych warunków pozwala w dziedzinie powierzchni typu A wyodrębnić pewne znane powierzchnie prostokreślne, jak hiperboloida obrotowa lub paraboliczna, konoida, cylindroida i inne; w dziedzinie powierzchni typu B – powierzchnie obrotową oraz szczególny przypadek tzw. powierzchni zbliżonej do minimalnej [2]; wreszcie w dziedzinie powierzchni typu C – powierzchnię translacyjną i (szerzej) klinową [5].

3. Kształtowanie powierzchni typu C

Jak już wspomiano, budowanie modelu komputerowego dowolnego utworu przestrzennego w programie OBIEKT polega na wprowadzeniu do komputera tzw. listy poleceń w postaci pliku tekstowego (tekstu). Przykład listy definiującej pewną powierzchnię typu C przedstawiono w tabeli 1. Numeracja wierszy została wprowadzona jedynie w celu ułatwienia

Tabela 1. Lista poleceń opisująca powierzchnię typu C w programie OBIEKT 1.4³

```

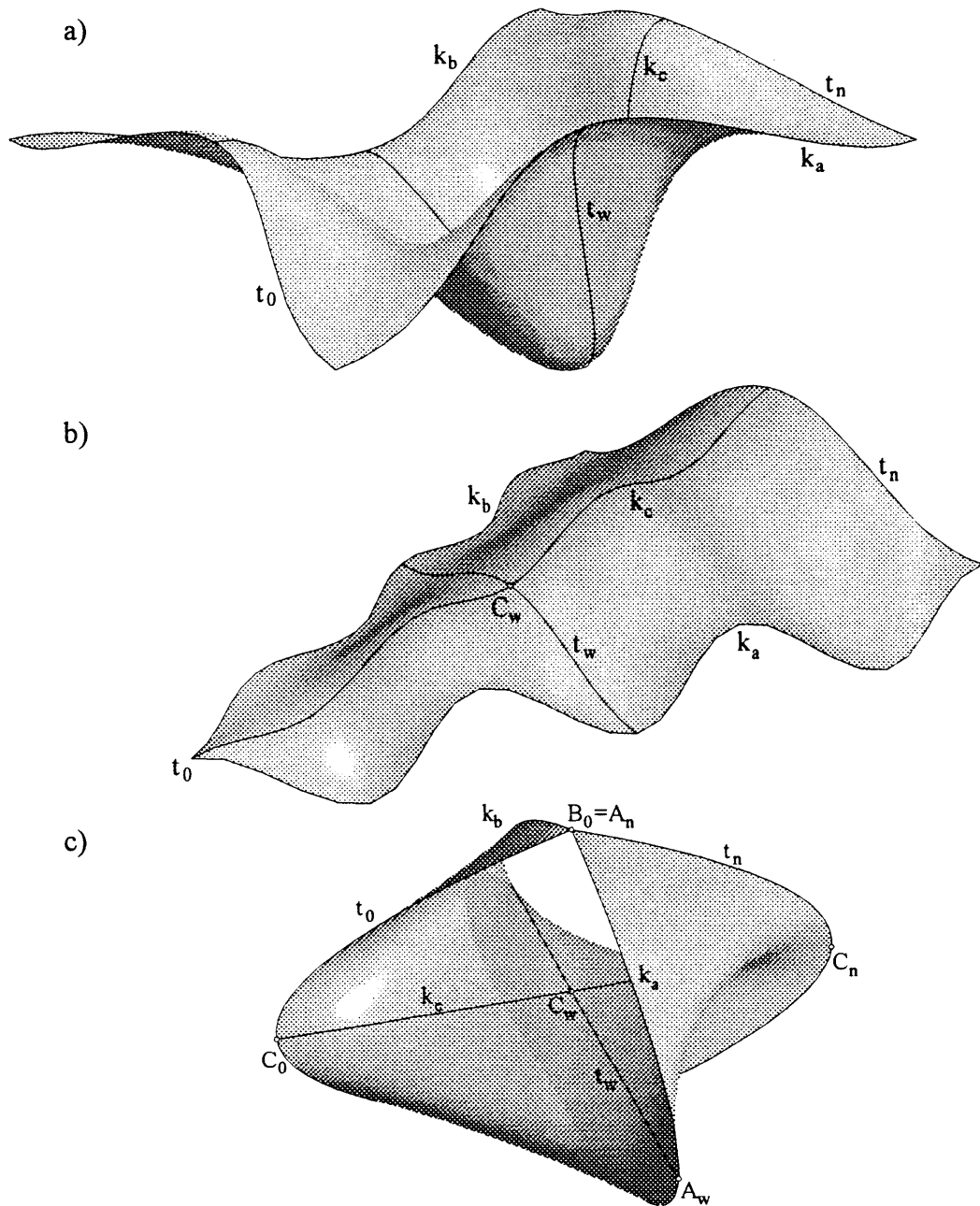
01 // *****
02 // Powierzchnia typu C
03 // *****
04 def punkt A0: ( 40, 0, 0 )
05 def punkt C0: ( 0, 10, 10 )
06 def punkt B0: ( -40, 0, 0 )
07 def punkt Aw: ( 25, 50, 10 )
08 def punkt Cw: ( 20, 55, -30 )
09 def punkt Bw: ( -25, 50, -10 )
10 def punkt An: ( 40, 100, 0 )
11 def punkt Cn: ( 0, 90, 10 )
12 def punkt Bn: ( -40, 100, 0 )
13 def krzywa t0: ( sin, A0,B0,C0, 20 )
14 def krzywa ka: ( sin, A0,An,Aw, 30 )
15 def krzywa kb: ( sin, B0,Bn,Bw, 30 )
16 def krzywa kc: ( sin, C0,Cn,Cw, 30 )
17 >pow typC: (t0, ka, kc, kb)

```

opisu poszczególnych poleceń. W wierszach 04÷12 znajdują się definicje poszczególnych punktów: $A_0, A_w, A_n, B_0, B_w, B_n, C_0, C_w$ i C_n potrzebnych do określenia krzywych: tworzącej początkowej (t_0) i trzech kierownic (k_a, k_b i k_c). Definicja punktów odbywa się poprzez podanie ich współrzędnych w układzie kartezjańskim. Program pozwala na transformację układu odniesienia, co jednak nie będzie tutaj szerzej omawiane.

W wierszach 13÷16 następuje definicja krzywych: t_0, k_a, k_b i k_c poprzez uprzednio zdefiniowane punkty oraz przez określenie typu krzywej – w tym przypadku dla wszystkich krzywych – sinusoidy. Ostatnia wartość podana przy definicji krzywych (tutaj 20 lub 30) oznacza ilość podziałów danej krzywej na odcinki proste, im wyższa – tym komputerowy model powierzchni zbliża się do jej modelu matematycznego. Właściwe „narysowanie” (dodanie do modelu przestrzennego) powierzchni typu C realizowane jest poprzez odpowiednie polecenie w wierszu 17. Kształt zdefiniowanej powierzchni pokazano na rysunku 3a.

³ Przykłady bardziej złożonych list poleceń do programu OBIEKT, realizujących zasadę modelowania parametrycznego, można znaleźć w pracy [2]



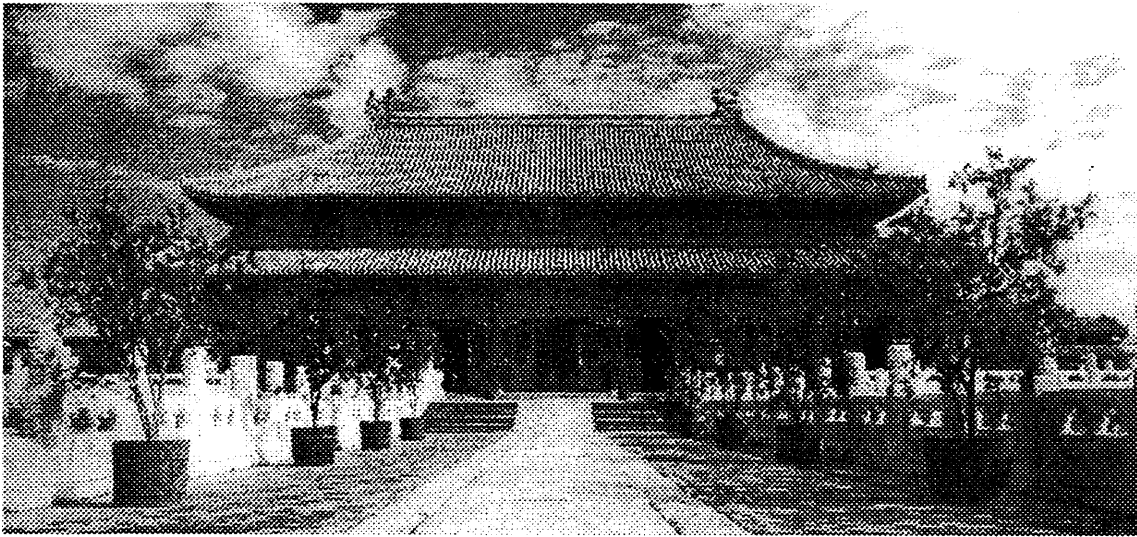
Rys. 3. Przykłady kształtowania powierzchni typu C w programie OBIEKT 1.4

Przez zmianę wartości współrzędnych punktów oraz typów krzywych w liście poleceń (tab. 1) uzyskać można warianty definiowanej powierzchni typu C . Rysunek 3 pokazuje różnorodność kształtów możliwych do ujęcia modelu tej powierzchni. Pierwsza powierzchnia (rys. 3a) odpowiada danym z tabeli 1, po zmianie współrzędnych punktów: A_0, B_0, C_0 na $(0, 0, 10)$; $A_w - (25, 50, 0)$; $C_w - (0, 50, 10)$; $B_w - (-25, 50, 0)$; $A_n - (40, 100, 10)$; $C_n - (0, 100, 20)$; $B_n - (-40, 100, -10)$ oraz typu krzywych k_a, k_b i k_c na sinusoidę "o trzech falach" powstanie inna powierzchnia (rys. 3b), w której krzywa t_0 została zjednoczona w punkcie $A_0 = B_0 = C_0$. W wyniku kolejnej modyfikacji współrzędnych punktów: A_0, B_n na $(0, 50, -30)$; $B_0, A_n - (0, 50, 30)$; $C_0 - (0, 0, 0)$; $C_w - (0, 50, 0)$; $C_n - (0, 100, 0)$; $A_w - (50, 50, 0)$; $B_w - (-50, 50, 0)$ oraz typu krzywych t_0, k_a, k_b i k_c na łuk paraboliczny powstaje charakterystyczna powierzch-

nia, w której krzywe k_a, k_b, t_o, t_n są wzajemnie przystającymi parabolami przecinającymi prostą zawierającą punkty $A_n = B_0, A_0 = B_n$ i C_w .

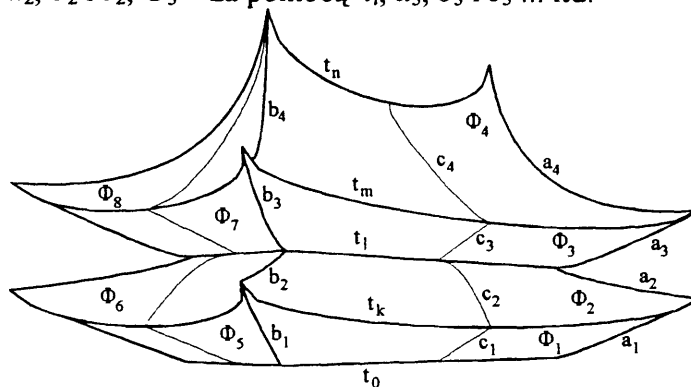
4. Model chińskiego dachu jako przykład wykorzystania powierzchni typu C

Model powierzchni typu C (dostępny w programie OBIEKT 1.4) pozwala na swobodne kształtowanie różnorodnych powierzchni podstawowych (rys. 3), które wzajemnie składane, mogą tworzyć powierzchnie stanowiące model np. zadaszania obiektów architektonicznych. Przykładem takiego modelu jest praca jednego ze studentów – Pawła Paterkowskiego – biorącego udział w kursie modelowania w programie OBIEKT, o którym wspomniano już w rozdziale 1. Autor pracy zdecydował się, jako ćwiczenie końcowe, przeprowadzić studium kształtu dachu typowego dla architektury chińskiej w kontekście Pałacu cesarskiego dynastii Ming i Quig w Pekinie znanego jako Zakazane Miasto.



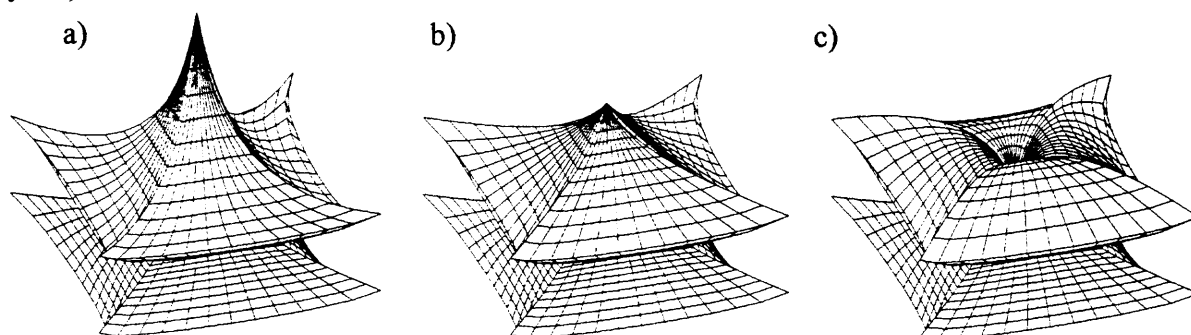
Rys. 4. Cesarski zespół pałacowy dynastii Ming i Qing w Pekinie znany jako Zakazane Miasto – widok na Pałac Niebiańskiej Czystości. Źródło: *Zakazane miasto. Historia i zbiory sztuki*, Arkady 1999

Charakterystyczny kształt chińskiego dachu (rys. 4) opisany został (w pewnym uproszczeniu) za pomocą 16-stu powierzchni typu C – $\Phi_1 \div \Phi_{16}$ według rysunku 5. Powierzchnie definiowane były odpowiednio Φ_1 – za pomocą tworzącej początkowej t_o i kierownic: a_1, b_1, c_1 ; Φ_2 – za pomocą t_k, a_2, b_2 i c_2 ; Φ_3 – za pomocą t_l, a_3, b_3 i c_3 ... itd.

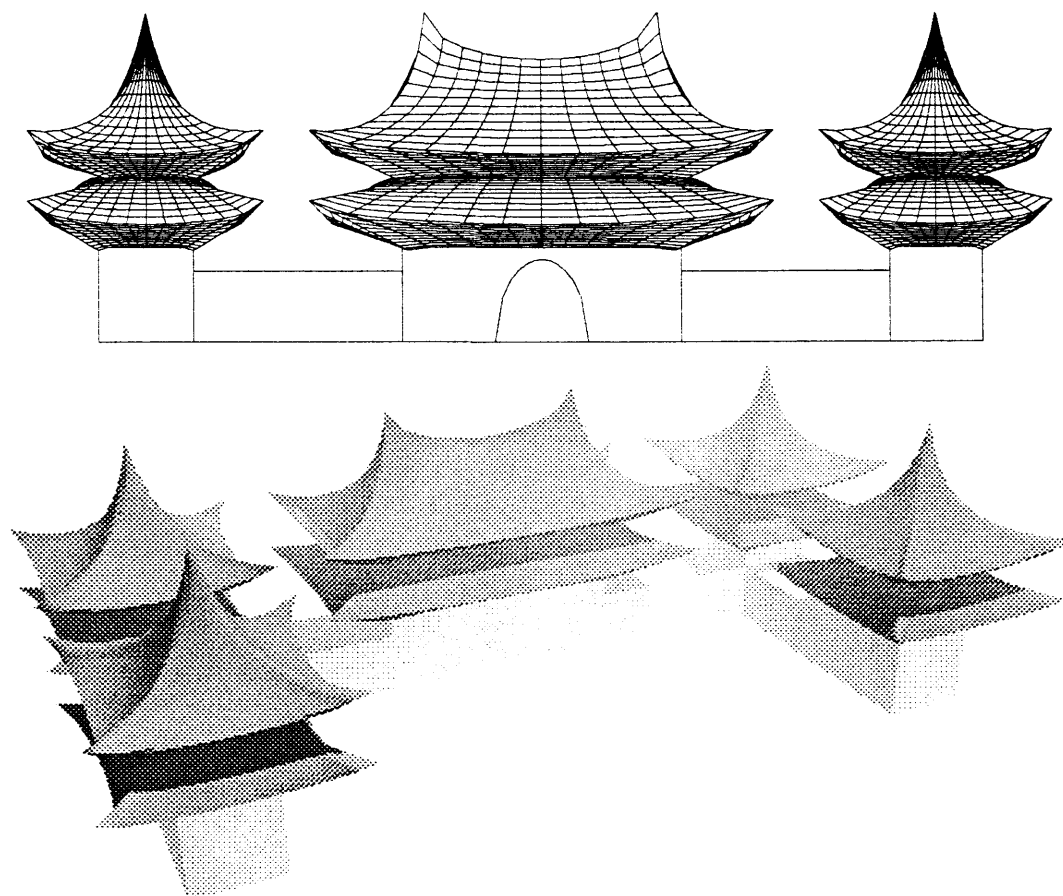


Rys. 5. Zasada opisu kształtu charakterystycznego chińskiego dachu jako powierzchni złożonej z 16-stu powierzchni podstawowych typu C w programie OBIEKT 1.4

Pewne wielkości podstawowe dachu opisane zostały za pomocą parametrów, co pozwoliło na łatwe modyfikowanie kształtu modelu dachu (na zasadzie modelowania parametrycznego). Możliwości takich transformacji pokazuje rysunek 6 – wysokość ekstremalnego punktu powierzchni określającego szpic dachu była stopniowo zmniejszana, co powodowało przekształcanie dachu o wyniosłym wierzchołku (rys. 6a) w dach zapadający się (rys. 6c). Ostatecznie autor ograniczył zakres modelu do tzw. Bramy Południa stanowiącej fragment cesarskiego zespołu pałacowego i zdefiniował w nim kilka powierzchni dachowych. W pracy ujęto w sposób syntetyczny istotę kształtu charakterystycznego dachu chińskiego z okresu Zakazanego Miasta (rys. 7)



Rys. 6. Transformacje modelu parametrycznego opisującego dach chiński. Model opracowany w programie OBIEKT 1.4



Rys. 7. Komputerowy model opisujący kształt dachów Bramy Południa w Zakazanym Mieście wykonany z użyciem programu OBIEKT 1.4. Autor: Paweł Paterkowski

Powyższy przykład – komputerowy model parametryczny fragmentu Zakazanego Miasta – potwierdza możliwości wykorzystania programu OBIEKT 1.4 jako narzędzia do modelowania złożonych powierzchni.

LITERATURA

- [1]. P.Gössel, G.Leuthäuser: "Architektur des 20. Jahrhunderts", Taschen, 1990
- [2]. M.Majewski: "Przekrycia powłokowe – geometryczne kształtowanie w projektowaniu architektonicznym", Politechnika Szczecińska, 1997
- [3]. Z.Paszkowski, P.Rubinowicz: "Toward the Parametric Modelling in Architectural Design", Proceedings of the 7-th ICECGDG, Kraków 1996
- [4]. P.Rubinowicz: "Computer Parametric Modelling As a New Design Strategy", CAD Creativeness, Białystok 1996
- [5]. P.Rubinowicz, M.Majewski: "Kształtowanie powierzchni klinowych i translacyjnych jako modeli parametrycznych przy użyciu programu OBIEKT 1.2", Międzyuczelniane Czasopismo naukowe – Geometria Wykreślna i Grafika Inżynierska, Wrocław 1997
- [6]. P.Rubinowicz: "Parametric Modeling – Random Factors in Architecture", Proceedings of the 8-th ICECGDG, USA, Austin 1998
- [7]. J.Smith, R.Gesner: "AutoLISP czyli programowanie AutoCAD'a", Wydawnictwo Helion, Gliwice 1995

THE PARAMETRIC MODELING OF SURFACES IN COMPUTER PROGRAM OBIEKT 1.4

The computer program OBIEKT 1.4 (*Object 1.4*) is a new version of this program. The previous version (1.2) was presented in the paper [5]. In the actual version, the program was modernized specially in modeling of surfaces. There are three individual types of basic surfaces defined in the program: the surface type *A*, type *B*, type *C* (fig. 2). On the base of these basic surfaces is possible to prepare parametric models [6, 3, 4] of difficult, complicated surfaces. This method is useful, for example, in designing of some architectural structures like buildings with irregular geometry of roofs (fig. 5, 6, 7).

Recenzent: Dr inż. Henryk GLIŃSKI