

Renata Anna GÓRSKA
Samodzielna Pracownia Geometrii
Wykreślnej i Grafiki Inżynierskiej
Politechnika Krakowska

KOMPUTEROWA GRAFIKA INŻYNIERSKA TREŚCI PROGRAMOWE A REALIZACJA

1. WSTĘP

Do przedmiotów, które kształtują oblicze przyszłego inżyniera, należą niewątpliwie te, których wykładowcami są uczestnicy kolejnych, ogólnopolskich seminariów p.t. „ Geometria i komputer”. Nazwy przedmiotów, o które idzie należy wymienić po kolei: geometria wykreślna, rysunek techniczny, projektowanie wspomagane komputerowo, grafika inżynierska, komputerowa grafika inżynierska, itd. Zastanawiamy się często jak daleko ich zakresy, czy raczej zawartości programowe pokrywają się ze sobą. W wielu uczelniach, na niektórych specjalnościach, przedmiot *geometria wykreślna* wręcz zniknął, a w jego miejsce pojawił się jeden z przedmiotów wymienionych powyżej. Prowadzący te przedmioty modyfikują zawartości programowe (Kozniewski 94, Błach 94) wprowadzając elementy grafiki komputerowej mającej niejako uatrakcyjnić przedmiot i przeznaczając część godzin na zajęcia przy komputerze. Jak pisze Błach (94) „taki podział (wprowadzenie 3 godzin pracy z komputerem - przyp. aut.) jest wskazany nawet przy bardzo małej liczbie godzin w semestrze”. Również Kozniewski (94) omawiając realizację unowocześnionego programu przedmiotu geometria wykreślna na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej w relacji, jak podkreśla autor, nowetradycyjne ujęcie, sygnalizuje konieczność przyjęcia nowej logiki wykładu. Na ile logika ta sprawdza się w praktyce można będzie zapytać w czasie dyskusji panelowych V Seminarium - Wisła 97.

Tematem niniejszego artykułu jest w szczególności zawartość programowa przedmiotu *Komputerowa grafika inżynierska* prowadzonego przez autorkę opracowania dla studentów 3-go semestru specjalności Zarządzanie i Marketing Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej w wymiarze 1W +1Lab. W programie tej specjalności nie ma przedmiotu geometria wykreślna. W ramach 1-wszego roku studiów studenci uczestniczą w zajęciach z rysunku technicznego. Należy dodać iż specjalność Zarządzanie i Marketing (dalej: ZIM) została uruchomiona dopiero przed dwu laty na wydziale i kształtuje inżyniera budownictwa lądowego o profilu menadżera, a zatem osobę w przyszłości zarządzającą procesami związanymi z budownictwem.

2. TREŚCI PROGRAMOWE

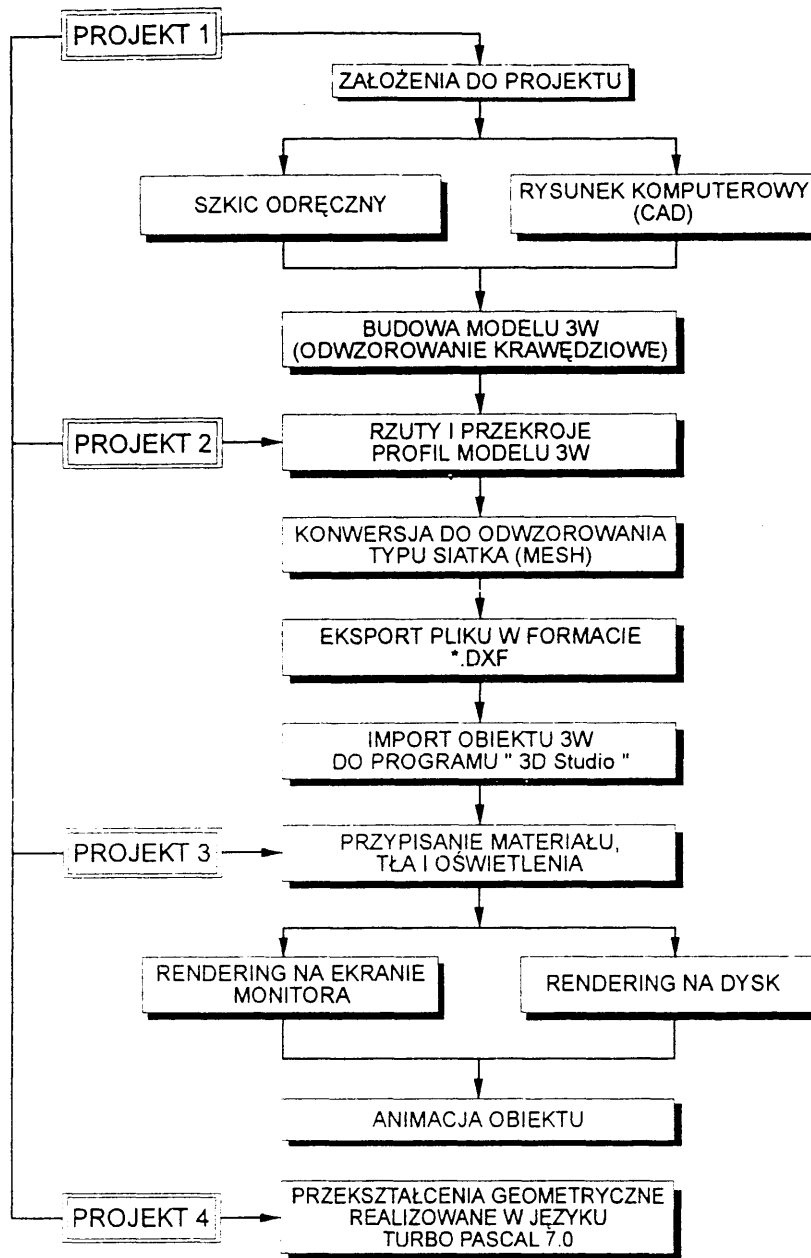
Wykłady z przedmiotu Komputerowa Grafika Inżynierska zawierają treści programowe wylistowane poniżej. Głównym założeniem programu jest konsekwentne wprowadzanie poszczególnych elementów programu w taki sposób, aby na kolejnych ćwiczeniach laboratoryjnych realizowany był wyłożony materiał w formie projektu. Taki sposób realizacji wymaga ścisłej koordynacji wykładu z laboratorium. W tygodniach, w których studenci realizują etapy programu (Projekt 1, 2, 3 i 4) wykładane są podstawy teoretyczne zagadnień grafiki komputerowej mające zastosowanie w komercyjnych pakietach graficznych i wymienione w punkcie 2.2.

2.1. WYKŁADY

Podstawy teoretyczne.

Wprowadzenie do grafiki komputerowej na tle zastosowań i historii rozwoju. Metody wyprowadzania informacji: grafika wektorowa i grafika rastrowa. Standardy graficzne: GKS (Graphical Kernel System), GKS-3D, system graficzny PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) w ramach ANSI (American National Standards Institute) oraz ISO (International Standards Organization). Standardy przemysłowe: Post Script (firmy Adobe), Open GL (firmy Silicon Graphics) i inne.

KOMPUTEROWA GRAFIKA INŻYNIERSKA



Rys. 1 SHEMAT BLOKOWY REALIZACJI PROGRAMOWEJ PRZEDMIOTU: KOMPUTEROWA GRAFIKA INŻYNIERSKA

2.2. Teoretyczne zagadnienia grafiki komputerowej

Elementy matematyczne modelowania geometrycznego. Współrzędne jednorodne. Przekształcenia 2W. Macierze przekształceń: symetria środkowa, symetria osiowa (odbicie lustrzane), obrót, translacja. Przekształcenia w przestrzeni 3W. Zastosowanie rachunku macierzowego. Składanie przekształceń. Algorytmy rzutowania prostokątnego i rzutowania środkowego. Macierze przekształceń dla rzutu perspektywicznego tzw. jednopunktowego, dwupunktowego, trójpunktowego. Krzywe i powierzchnie stosowane w budownictwie - klasyfikacja. Ogólna teoria parametrycznych krzywych trzeciego stopnia: krzywe Bezier'a, niejednorodne krzywe sklejące. Ilustracja wygładzania powierzchni bikubicznej (zmienna systemowa programu AutoCAD SURFTYPE = 5 dla kwadratowej powierzchni B-sklejanej, =6 dla sześcienniej powierzchni B-sklejanej, SURFTYPE=7 dla powierzchni Bezier'a).

2.3. PROJEKTY

PROJEKT 1 - Wykonanie płaskiego rysunku: Rzuty prostokątne kształtki. Wymiarowanie

Pakiet AutoCAD r.12 i jego zastosowanie w projektowaniu inżynierskim. Środowisko graficzne programu i układ współrzędnych bezwzględnych, względnych, biegunowych, sferycznych, walcowych. Rysowanie elementów podstawowych: Rysowanie precyzyjne. Modyfikacje obiektów nie zmieniające kształtu (polecenia PRZESUŃ, OBRÓT, ODSUŃ, KOPIUJ, SZYK, ZMIENŃ CECHY..) oraz zmieniające kształt obiektów (polecenia: SKALA, UTNIJ, PRZERWIJ, WYDŁUŻ, ...). Wymiarowanie obiektów rysunkowych. Dostosowanie zmiennych programowych do wymogów PNB 01025 i 01029 oraz PN-82/N-011614.

PROJEKT 2 - Modelowanie 3W

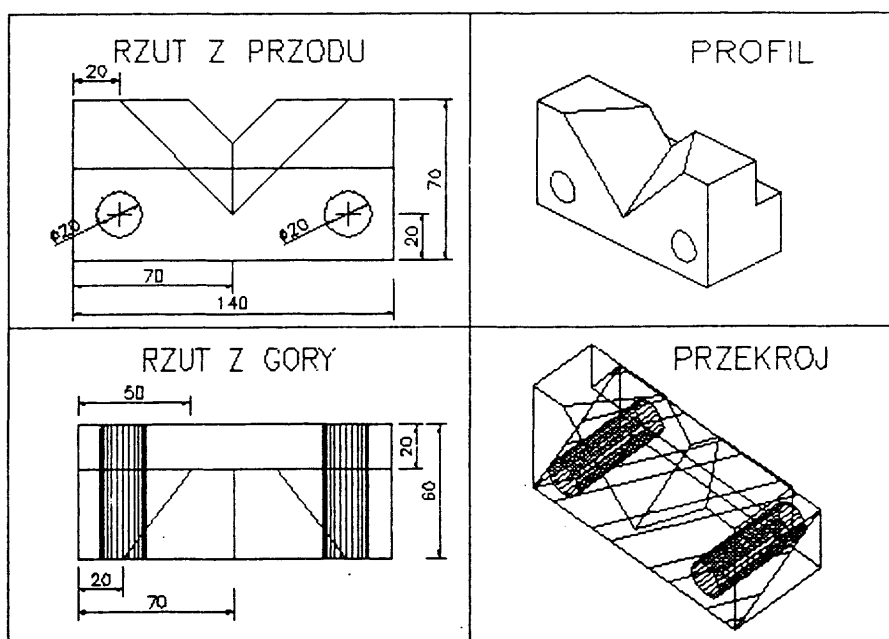
Modelowanie obiektów 3W. Reprezentacja krawędziowa (WIREFRAME) i powierzchniowa (MESH) obiektów. Wykorzystanie modułu AME dla zbudowania modelu. Metoda SOLID MODELING i zastosowanie algebry Boole'a dla tworzenia modeli złożonych. Wykorzystanie prymitywów bryłowych: kostka, sfera, walec, stożek, torus, klin. Operowanie i zmiana koloru (model barw RGB lub HSV). Zastosowanie obszaru modelu i obszaru papieru dla wykonania rzutów prostokątnych. Utworzenie w rzutniach obiektów typu: PROFIL, PRZEKROJ. Metody obserwacji obiektów 3W: rzut równoległy (aksonometria) i rzut środkowy. Własności rzutu równoległego i rzutu środkowego. Uprozczone cieniowanie.

PROJEKT 3 - Oświetlenie, cieniowanie i animacja - zastosowanie programu 3D Studio.

Konwersja obiektu do odwzorowania typu MESH. Eksport obiektu w formacie DXF. Operowanie walorami: światło, kamera. Przypisanie materiału do obiektu i zdefiniowanie światła. Wyznaczanie intensywności oświetlenia - interpolacja metodą Gourauda lub Phong (podstawy teoretyczne).

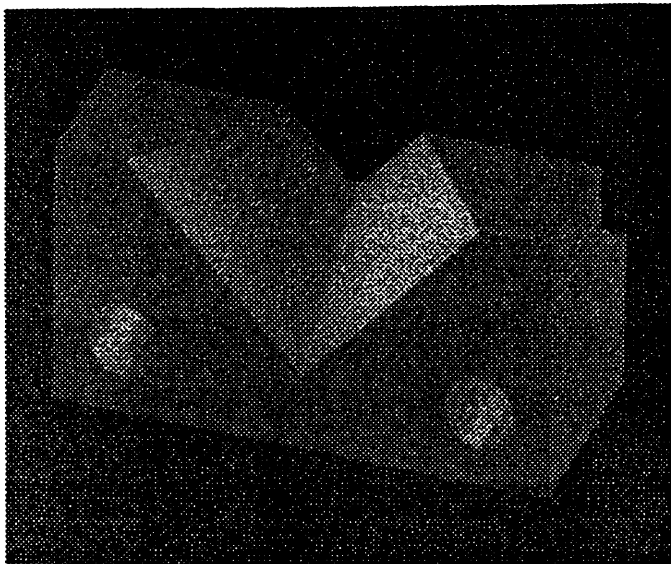
Rendering z wyjściem na ekran i na dysk. Zmiana i przypisanie różnych materiałów do obiektu. Zagadnienia mapowania (podstawy teoretyczne) i nakładania tekstury. Formaty graficzne dla renderingu: jpeg, iges, targa, bmp,

Wykonanie prostej animacji obiektu i prezentacja modelu.

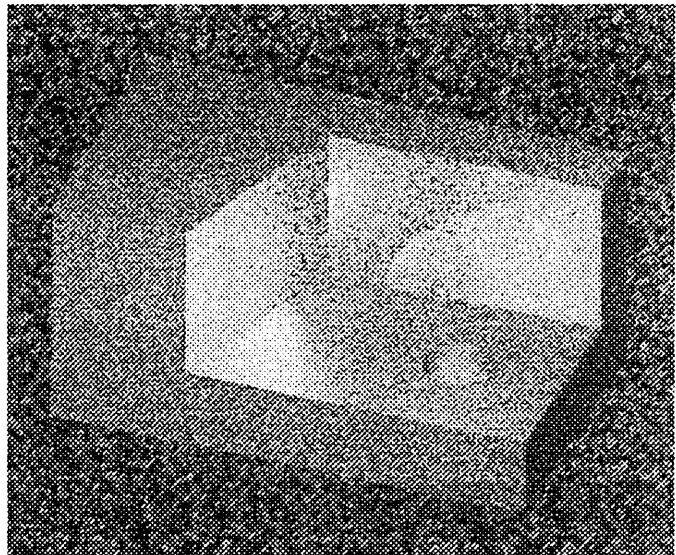


GRZEGORZ KRZYWDA
WIL, ZIM II rok, 1996/97

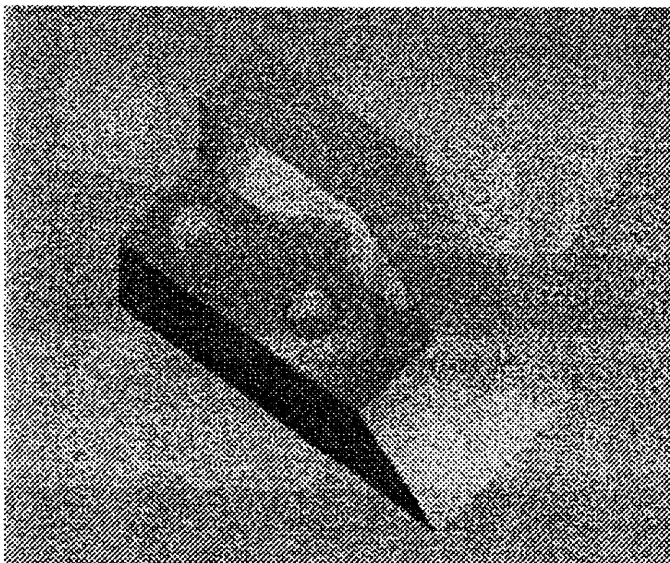
Rys. 2. Rzuty prostokątne kształtki, rzuty modelu 3W na obszar papieru.



Grzegorz KRZYWDA, II ROK, ZIM, WIL



Grzegorz TUTAK, II ROK, ZIM, WIL



Tomasz KLIMALA, II ROK, ZIM, WIL

Rys. 3. WYBRANE PRZYKŁADY MODELI 3W Z PRZYPISANYM MATERIAŁEM
OŚWIETLENIOWYM I TŁEM. RENDERING.

```

program obroty;
uses graph,crt;

var
t:array[1..2,1..2] of real;
p,pk:array[1..4,1..2] of real;
x,y,xx,yy:array[1..4] of integer;
teta:real;
i,j,a,tet,ster,tryb:integer;
key:char;

BEGIN
ster:=Detect;
InitGraph(ster,tryb,'D:\bp\bgi');
      {Czolowka}

setcolor(12);
settextstyle(1,0,6);
settextjustify(centertext,toptext);
outtextxy(getmaxx div 2,getmaxy div 2 - 250,'AGATA KRENICH');
settextstyle(4,0,5);
outtextxy(getmaxx div 2,getmaxy div 2 + 190, 'obrot czworokata ');

Repeat
begin
setcolor(14);
for i:=10 to 60 do
circle(getmaxx div 2,getmaxy div 2,i);

setcolor(green);
for i:=60 to 120 do
circle(getmaxx div 2,getmaxy div 2,i);

setcolor(blue);
for i:=120 to 180 do
circle(getmaxx div 2,getmaxy div 2,i);

setcolor(black);

```

```

for i:=180 downto 10 do
circle(getmaxx div 2,getmaxy div 2,i);
  { delay(100).}
end
Until keypressed;
key:=readkey;
{cleardevice;}
closegraph;
      { * }

      { Wpisywanie z klawiatury wspolrzednych czworokata}
writeln('Podaj wspolrzedne wierzchołkow czworokata A,B,C,D');
write('Ax=');read(p[1,1]);write('Ay=');read(p[1,2]);
write('Bx=');read(p[2,1]);write('By=');read(p[2,2]);
write('Cx=');read(p[3,1]);write('Cy=');read(p[3,2]);
write('Dx=');read(p[4,1]);write('Dy=');read(p[4,2]);
write('Podaj kat obrotu czworokata wokol osi OZ w stopniach. teta=');read(tet);
      { * }

{ster:=Detect;}
InitGraph(ster,tryb,'d:\bp\bgi');

      {Wspolrzedne ekranowe poczatkowego czworokata}
for i:=1 to 4 do begin
  xx[i]:=round(getmaxx div 2 + 25*p[i,1]);
  yy[i]:=round(getmaxy div 2 - 25*p[i,2]);
end;
      { * }

REPEAT
cleardevice;
FOR a:=0 to tet do begin

      {Narysowanie układu wspolrzednych}

setcolor(green);
setlinestyle(0,1,3);
line(0,getmaxy div 2,getmaxx,getmaxy div 2);
line(getmaxx div 2,0,getmaxx div 2,getmaxy);
line(getmaxx,getmaxy div 2,getmaxx-10,getmaxy div 2 - 10);

```

```

line(getmaxx,getmaxy div 2,getmaxx-10,getmaxy div 2 + 10);
line(getmaxx div 2,0,getmaxx div 2 - 10,10);
line(getmaxx div 2,0,getmaxx div 2 + 10,10);
      { * }

```

{Rysowanie początkowego czworokata}

```

setcolor(blue);
line(xx[1],yy[1],xx[2],yy[2]);
line(xx[2],yy[2],xx[3],yy[3]);
line(xx[3],yy[3],xx[4],yy[4]);
line(xx[4],yy[4],xx[1],yy[1]);
      { * }

```

{Macierz obrotu wokół osi OZ}

```

teta:=pi*a/180;
t[1,1]:=cos(teta); t[1,2]:=sin(teta);
t[2,1]:=-sin(teta); t[2,2]:=cos(teta);

```

{Mnożenie macierzy współrzędnych z macierza obrotu}

```

for i:=1 to 4 do
  for j:=1 to 2 do
    pk[i,j]:=p[i,1]*t[1,j]+p[i,2]*t[2,j];

```

{Likwidacja aktualnie wyświetlanego rysunku}

```

setcolor(black);
line(x[1],y[1],x[2],y[2]);
line(x[2],y[2],x[3],y[3]);
line(x[3],y[3],x[4],y[4]);
line(x[4],y[4],x[1],y[1]);
      { * }

```

{Współrzędne ekranowe czworokata}

```

for i:=1 to 4 do begin
  x[i]:=trunc(getmaxx div 2 + 25*pk[i,1]);{pomnoz o 25 w
celu}
  y[i]:=trunc(getmaxy div 2 - 25*pk[i,2]);{zwiększenia skali}
end;

```

{Rysowanie czworokata}

```

setcolor(lightred);
line(x[1],y[1],x[2],y[2]);
line(x[2],y[2],x[3],y[3]);
line(x[3],y[3],x[4],y[4]);
line(x[4],y[4],x[1],y[1]);
      { * }

```

```

end;
repeat until keypressed;
key:=readkey;

```

UNTIL key=#27; {ESC}

```

closegraph;
{Koncowe sprawdzenie matematyczne}
writeln('Współrzędne czworokata po obrocie');
writeln(pk[1,1]:4:2, ' ',pk[1,2]:4:2);
writeln(pk[2,1]:4:2, ' ',pk[2,2]:4:2);
writeln(pk[3,1]:4:2, ' ',pk[3,2]:4:2);
writeln(pk[4,1]:4:2, ' ',pk[4,2]:4:2);
END.

```

Rys.4. Przykład programu graficznego w języku Turbo Pascal 7.0 realizującego obrót czworokąta wokół osi z

PROJEKT 4 - Grafika i przekształcenia geometryczne realizowane w języku Turbo Pascal

Język Turbo Pascal 7.0 i moduł GRAPH w zastosowaniach graficznych. Struktura programu w języku Turbo Pascal. Typy zmiennych. Podstawowe funkcje i procedury języka. Inicjowanie trybu graficznego: procedura *InitGraph* oraz zamknięcia: *CloseGraph*. Zastosowanie procedur graficznych dla rysowania „wprost” na ekranie monitora oraz do wykorzystania w prostych programach realizujących przekształcenia geometryczne. Stałe: rodzajów linii, grubości, wypełniania konturów, krojów pisma, kierunku wyprowadzania tekstów i rozmiaru liter. Rysowanie linii, okręgu, łuku, wielokąta, elipsy. Zastosowanie języka programowania do interpretacji przekształceń geometrycznych zilustrowano przykładem przedstawionym na rys.4 i dotyczącym obrotu czworokąta, leżącego w płaszczyźnie Oxy wokół osi z o dowolny kąt.

3. REALIZACJA - PRZYKŁADY PRAC STUDENTÓW

Na rys. 2, 3 i 4 pokazano przykłady prac realizowanych w czasie zajęć przedmiotowych. Pełny proces dydaktyczny zakłada:

- przeprowadzenie wykładu wprowadzającego przed każdą jednostką ćwiczeniową,
- wykonanie przez studenta w ramach ćwiczeń laboratoryjnych projektów o tematyce: rzuty prostokątne zadanej kształtki z wymiarowaniem - program AutoCAD r. 1, 2, modelowanie 3W z wykorzystaniem modułu AME (rys.2), wykorzystanie obszaru modelu i obszaru papieru dla stworzenia rzutów, przekroju i profilu kształtki, przekształcenie modelu w odwzorowaniu siatkowym (MESH) i eksport pliku w formacie DXF, praca w programie 3D-Studio, nadanie materiału, oświetlenia, dodanie kamery, rendering, animacja obiektu (rys.3),
- grafikę zrealizowaną w języku programowania Turbo Pascal 7.0 (przykład listingu programu załączono na rys.4),
- sporządzenie przez studenta raportu w formie pisemnej z wybranego zagadnienia realizowanego w czasie zajęć.

4. UWAGI DYDAKTYCZNE I PODSUMOWANIE

Realizacja programu przedmiotu w ciągu ostatnich dwóch lat skłania autorkę do sformułowania pewnych spostrzeżeń dydaktycznych.

Ograniczenie czasowe do 1h laboratorium nie skłania do zastosowania systemu zajęć po 2h co dwa tygodnie. W takim systemie prowadzono zajęcia w pierwszym roku istnienia przedmiotu. W drugim roku pracy zrealizowano program w siatce 1h tygodniowo. Z punktu widzenia dydaktyki realizacja w tym systemie

- pozwoliła na: stały, cotygodniowy kontakt ze studentami,
- działała mobilizująco na studentów,
- zapobiegała utracie kontaktu studentów z przedmiotem, co stanowiło niebezpieczeństwo w przypadku nieobecności na jednych ćwiczeniach w cyklu dwutygodniowym (przy jednej nieobecności student nie ma kontaktu z przedmiotem przez cztery tygodnie i po takim czasie musi zaczynać niejako „od nowa”).
- Realizacja programowa pokrywa się w ogólnym zarysie z zawartością programową wykładanego przedmiotu w uczelniach zachodnich (FOLEY95, ROGERS90, PARLETUN95, i in.).
- W chwili obecnej, przy zróżnicowanym poziomie przygotowania wstępnego studentów, zwłaszcza w zakresie programowania w dowolnym języku, należy w sposób elastyczny podchodzić do zagadnień programowania pozostawiając studentom możliwość wyboru między wykorzystaniem komercyjnych pakietów CAD i CAM, a indywidualnym programowaniem grafiki. Podstawy teoretyczne wykładane w czasie kursu stanowią powinny bazę dla takich działań.
- Modyfikacja programowa jest i będzie możliwa w miarę przychodzenia studentów o odpowiednim zasobie wiedzy w zakresie programowania.

- Przyjęcie kształtek 3W jako modeli do odwzorowania a następnie utworzenia wirtualnego modelu 3W pozwoliło na zrealizowanie szerokiego zakresu programowego poczynając od dwuwymiarowego rysunku z wymiarowaniem, przez utworzenie modelu 3-wymiarowego do animacji i renderingu. Taki proces jest zgodny z nowoczesną technologią projektowania i produkcji.
- Zaobserwowane w roku akademickim 1996/97 zaangażowanie w realizację programu, ze szczególnym uwzględnieniem trójetapowego projektowania daje podstawy do stwierdzenia iż zainteresowanie przedmiotem jest duże.

BIBLIOGRAFIA

1. ANGELL, I.O, Wprowadzenie do grafiki komputerowej, WN-T, Warszawa 1988,
2. BŁACH, A., Miejsce i rola geometrii wykreślnej oraz rysunku technicznego w kształtowaniu osobowości inżyniera, Mat. III Ogólnopolskiego Seminarium *Nowoczesne metody nauczania geometrii wykreślnej i elementów podstaw konstrukcji inżynierskich*, Wisła 1994,
3. GÓRSKA, R., PIEKARSKI, L., CAM Methods for Shaping 3D Surface Patches, Zeszyt Jubileuszowy PK, Kraków 1995,
4. GÓRSKA, R., Komputerowa grafika inżynierska, konspekt wykładów, (nie publ.),
5. FOLEY, J.D., A. Van DAM, FEINER, S.K., et al., Wprowadzenie do grafiki komputerowej, tłum. prof. Jan Zabrodzki, WN-T, Warszawa 1995,
6. KOŹNIEWSKI, E., Geometria wykreślna inna niż dawniej, Mat. III Ogólnopolskiego Seminarium *Nowoczesne metody nauczania geometrii wykreślnej i elementów podstaw konstrukcji inżynierskich*. Wisła 1994,
7. JANKOWSKI, M., Elementy grafiki komputerowej, WN-T, Warszawa 1983
8. MARCINIAK, A., Turbo Pascal 7.0, NAKOM, 1995,
9. PÄRLETUN, L.G., FOLLIN, A., FranCAD till PDM, skrypt uczelniany KTH, Stockholm, 1995
10. ROGERS, D., ADAMS, J., Mathematical elements for computer graphics, McGraw-Hill Publishing Company, 1990,
11. RZEZNICKI, D., 3D Studio w przykładach, Lynx-Sft, Warszawa 1993
12. ŚWISZCZOWSKI, S., et al., AutoCAD 12 & 12PL., Skrypt uczelniany PK, 1994

COMPUTER ENGINEERING GRAPHICS CURRICULUM CONTENTS AND REALISATION

In the paper objectives and aims of the curriculum of „Computer Engineering Graphics” course are discussed. Main author’s idea is not only to present to Civil Engineering students CAD and CAM techniques & software but also to give them theoretical basis for engineering graphics. These basis encourage students to use Turbo Pascal programming language for the realisation of geometrical transformation. Each student, who attends the course, has an opportunity to sketch, design a 2D shape and create a 3D-model of the object. He then transforms it to *.dxf file format and exports from AutoCAD program to the 3DStudio programme. Finally, he renders it having assigned to the model such properties as: colour, material, lights. He also prepares animation of the object. From the didactic point of view, shortage of time for the project realisation causes that every single hour is significant for the project completion. Students very often take advantage of the time of consultation hours for the project realisation.