

DYDAKTYKA PRZEDMIOTU: GRAFIKA INŻYNIERSKA W KONTEKŚCIE OBRAD 52 DOROCZNEJ KONFERENCJI ASEE/EDGD

1. Wstęp

Jak co roku oddział amerykańskiego stowarzyszenia inżynierów American Society for Engineering Education (ASEE) o nazwie Engineering Design Graphics Division (EDGD) zorganizował doroczną konferencję, dedykowaną problemom kształcenia studentów uczelni technicznych. Konferencja pod hasłem: "This Year's Model", czyli model nauczania w roku bieżącym, miała miejsce w Madison, w terminie 24-26.X.1997. W spotkaniu brali udział wykładowcy następujących przedmiotów: geometria wykreślna, grafika inżynierska, podstawy projektowania, modelowanie 3-wymiarowe, grafika inżynierska, komputerowa grafika inżynierska. Spis tytułów artykułów wygłoszonych w ramach obrad załączono w części końcowej artykułu.

2. Kierunki rozwoju przedmiotu

W tytule konferencji zawarto treść pytania nurtującego nie tylko moich kolegów w kraju: "Jaki jest, lub powinien być, model nauczania przedmiotów z grupy ogólnie zatytułowanej: grafika inżynierska?". Szczególnie żywa dyskusja toczyła się między zwolennikami nauczania tradycyjnej geometrii wykreślnej a tymi, którzy tak ochoczo wkraczają w świat komputerów. W prezentowanych referatach pokazano zastosowanie nowych środków nauczania w procesie kształcenia. Poniżej omówiono niektóre z wygłoszonych referatów wraz z opisem stosowanych metod.

- Judy Birchman i Jon Duff w pracy [2] podają gotowy "przepis" na tworzenie filmów instruktażowych za pomocą programu CameraMan, zapisywanych w postaci pliku typu QuickTime movie, z możliwością odtwarzania zarówno na osobistym komputerze (PC) oraz do prezentacji na World Wide Web.
- Pracownik słynnego Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley, Dennis Lieu omawiał metody tworzenia interaktywnych prezentacji komputerowych na multimedialnym komputerze CD [4]. Potężna machina prezentująca zasady tworzenia podstawowych rzutów prostokątnych obiektów trójwymiarowych (dalej: 3W) z zastosowaniem animacji. Lieu przedstawił też wyniki ankietowych badań przeprowadzonych wśród studentów. Pytania dotyczyły: użyteczności zastosowania instruktażowych CD w zajęciach. W pięciostopniowej skali (1=nie, 5=tak), studenci oceniali użyteczność zastosowania podręcznika do przedmiotu grafika inżynierska nagranych na CD. Z wyników ankiety wynika, że średni czas spędzony przy podręczniku tradycyjnym wyniósł 3%, komputerowym 83%, a przy notatkach własnych 10%. Wyniki badania ciekawe, aczkolwiek zachodzi pytanie czy wykorzystanie

komputerowej animacji to tylko kwestia mody czy rzeczywista potrzeba wsparcia wyobraźni obrazem komputerowym?

- Bardzo ciekawy referat instruktażowy wygłosili koledzy z Missisipi State University. Bill Gavin i Lisa Henderson podali gotowy "przepis" na utworzenie własnej strony instruktażowej w internecie - przewodnika do ćwiczeń z geometrii i grafiki inżynierskiej.
- Referaty sesji III dotyczyły tematu badawczego, którym zajmuje się autorka od paru lat, czyli tzw. "wizualizacji". Referat autorki [9] został bardzo dobrze przyjęty, dyskusja dotyczyła głównie badań i uzyskanych wyników.
- Eric Wiebe [8] przedstawił nowy projekt nauczania przedmiotu "Scientific Visualization" w szkołach średnich. Projekt wszedł w życie w jesieni br. Główne elementy programu to: kartezjański układ współrzędnych, przestrzenne relacje między 3W obiektami, obiekty geometryczne, odwzorowanie czasu, rzuty prostokątne, rzuty aksonometryczne, kształt i kolor, dane ilościowe i jakościowe, zmienne zależne i niezależne, skala,
- W sesji IV zapanowała ożywiona dyskusja nad miejscem i rolą geometrii wykreślnej w programach nauczania przedmiotów z grupy grafika inżynierska. Dyskusja bardzo ożywiona, niemniej jednak bez końcowego wniosku. Profesorowie "starszego" pokolenia zdecydowanie optują za nauczaniem geometrii wykreślnej w tradycyjny sposób, młodszy coraz chętniej sięgają po nowoczesne środki. W referatach tej sesji wybrane przykłady dla zilustrowania potrzeby stosowania komputera niestety nie były, moim zdaniem, zbyt trafione. Rysowanie rzutów pomocniczych (zastosowanie transformacji) z użyciem programu CAD polega jedynie na zmianie narzędzia: z ołówka i arkusza na mysz i monitor komputerowy [10-13].
- W ciekawym referacie, Timothy J. Sexton [11], dokonał klasyfikacji geometrii wykreślnej i grafiki inżynierskiej w grupach według kryterium aktualności przedmiotu oraz jego użyteczności w procesie kształcenia przyszłego inżyniera. Rozpatruje przy tym tendencje rozwoju dydaktyki przedmiotu w aspekcie wprowadzania nowoczesnych środków jakimi są programy grupy CAD i CAM. Powyższe opinie na temat geometrii wykreślnej klasyfikują przedmiot jako: 1) przestarzały, który został wyeliminowany z programów wiele lat temu, 2) aktualny, przy czym uważa się, że koncepcje geometrii wykreślnej mogą być nauczane w środowisku CAD, 3) najlepszy sposób kształcenia i rozwijania wyobraźni przestrzennej 4) uczący rozwiązywania graficznego problemów. Rozpatruje się przy tym trzy metody nauczania geometrii wykreślnej, wskazując na ich indywidualne zalety i wady. Metody te obejmują rozwiązywanie: 1) problemów graficznych, takich jak na typowych zajęciach z geometrii wykreślnej prowadzonych w polskich uczelniach, 2) problemów werbalnych, w których sformułowane zadanie zawiera praktyczny problem inżynierski rozwiązywany metodami geometrii wykreślnej, np. kształtowanie skarp nasypów i wykopów w budownictwie drogowym, 3) modelowanie obiektów 3W w środowisku CAD na bazie rysunku aksonometrycznego lub rzutów prostokątnych. Istotnym czynnikiem w procesie kształcenia jest konieczność uzasadnienia potrzeby nauczania geometrii wykreślnej w odniesieniu do konkurencyjnego projektowania w CAD-zie. Argumentami na "tak" wymienianymi przez autora są: 1) konieczność rozumienia podstawowych geometrycznych zależności występujących między obiektami 3W, np. warunek równoległości lub prostokątności prostych w przestrzeni 3W oraz ich odwzorowania na płaszczyźnie 2W (problem ten nie jest istotny w modelowaniu 3W, gdzie proste są automatycznie generowane przez komputer, a student nie wchodzi nawet w istotę problemu), 2) studenci w sposób ciągły zobligowani są do określenia, w którym miejscu przestrzeni się znajdują oraz w jaki sposób dobrać najkorzystniejszy punkt obserwacji (czyli dobór odpowiedniej transformacji) dla zmierzenia długości odcinka, kąta między prostymi, pola powierzchni, 3) geometria wykreślna jest jednym z lepszych środków wspomagania wyobraźni przestrzennej, jeśli student przekroczy barierę rozwiązywania "mechanicznego" zadań opierając się jedynie na zadanym algorytmie rozwiązywania "krok po kroku", a znajdzie mentalne uzasadnienie i

powiązanie między operacjami wykonywanymi na papierze, a tym co zachodzi w przestrzeni 3W. Autor równocześnie konkluduje, iż trudno jest uzasadnić dlaczego z większością problemów rozwiązywanych na kartce papieru student nie spotyka się w praktyce inżynierskiej. Geometryczne problemy zawarte w tradycyjnym kursie geometrii wykreślnej są ciągle wartościowe i zdaniem autora nie straciły na aktualności. Nie wytrzymują one jednak konkurencyjności z coraz bardziej popularnym modelowaniem parametrycznym. Jednocześnie wydaje się, iż rozumienie geometrii obiektu, pomaga prawidłowo narzucić ograniczenia, czyli więzy na projektowy obiekt w każdym programie CAD. Głównym celem nauczania geometrii wykreślnej jest rozwijanie i wspomaganie wyobraźni przestrzennej przez dokonanie analizy problemu, sformułowanie proponowanej metody rozwiązania, graficzne rozwiązanie i sprawdzenie uzyskanego wyniku w realiach zadania. Programy CAD zapewniają fantastyczne możliwości operowania obiektami 3W, a zatem wspomagają wyobraźnię przestrzenną, są niezastąpionym narzędziem w procesie projektowania.

- Najciekawszy, w mojej ocenie był referat Holly Ault [19] z Worcester Polytechnic Institute. Referat dotyczył modelowania parametrycznego i nie tylko. O tym referacie parę słów poniżej.

3. Modelowanie parametryczne - nowa koncepcja przedmiotu grafika inżynierska.

Rozdział niniejszy autorka dedykuje w szczególności wszystkim dydaktykom zajmującym się nauczaniem przedmiotów grafika inżynierska i komputerowa grafika inżynierska. Najbardziej nowoczesne programy z grupy CAE (Computer Aided Engineering), CAD (Computer Aided Design) oraz CAM (Computer Aided Modeling), zakładają zastosowanie i nauczanie w środowisku programów komputerowych opartych na tzw. modelowaniu parametrycznym (solid modeling). Jako najbardziej popularne wymienia się: Pro Engineer (r.18) firmy Parametric Technology Corporation, Mechanical Desktop (r.2) produkt firmy AutoDesk, MicroStation, czy CADKey. Podstawową cechą wymienionych programów, wprowadzonych na początku lat 90-tych, jest modelowanie parametryczne, którego jednostkowymi elementami są tzw. "features", czyli takie elementy jak otwory, wycięcia, płaszczyzny odniesienia. Ważny jest przy tym kształt oraz liczba występujących elementów oraz wzajemne ich usytuowanie. W założeniu nie są ważne wymiary początkowe, lecz istotne są takie elementy jak kształt występujących otworów, wycięć oraz tzw. "constraints", czyli więzy narzucone na modelowany obiekt 3W. Po narzuceniu obiektom wymiarów następuje ich regeneracja, a kształt finalnego obiektu zależy od narzuconych wymiarów. W referacie [19] Holly Ault odnosi się do zmian w programach nauczania grafiki inżynierskiej. Na zmiany te wpłynęły wymienione poniżej czynniki.

1) Wprowadzenie nowych kryteriów ABET, Engineering Criteria 2000 (<http://www.abet.ba.md.us/EAC/eac2000.html>) w narodowym projekcie przygotowania programów nauczania przedmiotów inżynierskich, a w tym projektowania inżynierskiego, czyli Engineering Graphics Curriculum, mających obowiązywać w XXI wieku w U.S.A. Projekt jest w procesie opracowania (patrz artykuł [20]) i ma być dyskutowany w czasie spotkania letniej szkoły w 1998 roku, a sfinalizowany i zatwierdzony w 1999 roku.

2) Wprowadzenie w miejsce tradycyjnych 2W programów CAD 3W systemów opartych na modelowaniu parametrycznym.

3) Potrzeba kształcenia wyobraźni przestrzennej, czytania i interpretowania tradycyjnych 2W rysunków technicznych, rozumienia zależności występujących między 2W i 3W obiektami geometrycznymi w przestrzeni i na płaszczyźnie rysunku.

Ostatnie tendencje kształtowania programów nauczania inżynierów mechaników kładą nacisk na wzmocnienie elementu projektowania. Według kryterium ABET, w części dotyczącej oceny programów, podkreśla się, iż student kończący uczelnię musi umieć samodzielnie

zaprojektować cały lub pojedynczy element systemu, spełniający założone uwarunkowania, posiadać umiejętność efektywnego komunikowania się w języku inżynierskim oraz posiadać umiejętności, technikę oraz znać nowoczesne narzędzia projektowania inżynierskiego (systemy CAD) w praktycznym zakresie.

Tradycyjnie, grafika inżynierska jest głównym "narzędziem" używanym jako podstawowy "język" inżynierów. Pomimo to, przedmioty podstawowe z grupy projektowania inżynierskiego, znajdują coraz mniejszą popularność na wydziałach inżynierskich i coraz częściej są wypierane przez inne, "silniejsze" przedmioty. To zjawisko jest nagminne nie tylko w polskich, ale też i w amerykańskich uczelniach. Jeden z wybitniejszych amerykańskich profesorów nauczających grafikę inżynierską, Gary Bertolini stwierdza [21,22]: "grafika inżynierska musi wyjść poza tradycyjne granice, jeśli idzie o zawartość programową, równocześnie koncentrując się na graficznym sposobie komunikowania się, projektowania konstrukcji, planowania, sprzedaży oraz nadzoru gwarancyjnego produktu". Bertolini sugeruje zmianę nazwy przedmiotu na "engineering geometric modeling", co w dowolnym tłumaczeniu można zinterpretować jako inżynierskie modelowanie geometryczne, czyli zamianę na przedmiot zawierający w swej treści procesy powstawania idei projektu, jego modyfikacji oraz dokumentacji. Ault [19] zastanawia się jakie przygotowanie muszą mieć studenci, by pracować w środowisku skomplikowanych programów komputerowych opartych na parametrycznym projektowaniu obiektów. Czy w chwili obecnej studenci muszą rozumieć podstawowe koncepcje tradycyjnej, konwencjonalnej grafiki oprócz rozumienia podstaw parametrycznego modelowania obiektów 3W. Autorka wylicza za Crittenden'em [23] typowe zagadnienia omawiane obecnie w amerykańskich uczelniach, w czasie kursu grafiki inżynierskiej na pierwszych latach studiów:

geometria wykreślna	pismo techniczne
teoria rzutowania	skale rysunkowe
rozwnięcia	technika kreślarska
linie przenikania	wymiarowanie
przekroje cząstkowe	szkice techniczne
konstrukcje geometryczne	modelowanie geometryczne
czytanie rysunku technicznego	wizualizacja
kinematyka	tolerancje wymiarowe

Hanratty [24] sugeruje nieco odmienną zawartość podstawowego kursu grafiki inżynierskiej, zapewniającego, w jego opinii, podstawy wykształcenia inżynierskiego. Podstawowy kurs powinien obejmować następujące zagadnienia:

funkcje algebraiczne	tw. features
operatory Boole'a	modelowanie "feature based"
reprezentacja krawędziowa obiektów	CSG
element obiektu	rektyfikacja topologiczna
ograniczenia wymiarowe obiektów (dimensionally constrained entity)	parametryzacja obiektów

Na podstawie analizy treści programowych kursów grafiki inżynierskiej i geometrii wykreślnej, przeprowadzonej w typowych technicznych uczelniach amerykańskich (m.in. w Worcester Polytechnic Institute, Michigan Technological University, University of Wisconsin),

autorka wylicza typowe zagadnienia omawiane w czasie kursów prowadzonych na pierwszym, drugim i trzecim roku jako przedmioty podstawowe (obowiązkowe) lub przedmioty do wyboru. Tematyka ta obejmuje:

złożenia obiektów 3W	modele "feature based"
atrybuty obiektów 3W	metoda elementów skończonych
związki Boole'a	konstrukcje geometryczne
B-reprezentacja obiektów 3W	kinematyka
podstawy CAD'a	parametryczne wymiarowanie
więzy	równania parametryczne
układy współrzędnych tworzenie profili 2W	czytanie rysunku technicznego
tworzenie rzutów prostokątnych	rendering (powlekanie)
drzewa CSG	przekroje
reprezentacja krzywych	szkice techniczne
bazy danych	tolerancja wymiarowa
systemy wymiarowania	geometria różniczkowa
normy rysunkowe	obserwacja obiektu 3W
extrusion	model krawędziowy i powierzchniowy
obroty profili	
translacja	

W podsumowaniu Ault odpowiadając na pytanie, czy podstawy naukowe dziedziny grafika inżynierska zmieniły się, odpowiada: tak i nie. Fundamentalne zasady takie jak modelowanie geometryczne, geometria wykreślna, geometria analityczna, podstawy projektowania czy metody wizualizacji nie uległy zmianie. Uwaga wykładowców skupia się obecnie nie tylko na przekazaniu podstawowej wiedzy ale też na nowoczesnych narzędziach komunikowania się i ich wpływie na zmiany w procesie kształcenia przyszłego inżyniera. Już w 1990 roku, znani i w polskim środowisku wykładowcy, Ronald Barr i Davor Juricic wskazywali na konieczność wprowadzenia elementu modelowania i pracy w wirtualnym środowisku komputerowych obiektów 3W. Twierdzili oni iż bazowanie na płaskim rysunku trzech (lub więcej) rzutów prostokątnych obiektów 3W nie jest wystarczające w procesie projektowania. Obecnie, w 1997 roku, metody modelowania parametrycznego wykorzystuje się głównie jako element wspomagający projektowanie w zespołach specjalistów z różnych dziedzin, niekoniecznie li tylko inżynierów. Dlatego też nowoczesne metody powinny być wprowadzane do kursów, jednakże bez poświęcenia ważnych elementów podstawowego wykształcenia w zakresie geometrii wykreślnej, grafiki inżynierskiej oraz podstaw odwzorowania obiektów 3W na płaszczyźnie rysunku, czytania dwuwymiarowych rzutów prostokątnych, nauczania technik szkicowania i wprowadzania norm rysunku technicznego.

Wykaz artykułów 52 dorocznego spotkania Oddziału "Engineering Design Graphics Division" Amerykańskiego Towarzystwa Edukacji Inżynierów (ASEE)

Session I - Tools for Information delivery in Graphics Education

1. Writing Effective Software Tutorials, Alice Scales, North Carolina State University
2. Creating Instructional Movies on your Desktop, Judy Birchman, Jon Duff, Purdue University
3. CAD Shootout II - A Fellow-up Report, Larry Goss, University of Southern Indiana

Session II - Implementing New Media in the Graphics Curriculum

4. Student Reaction to an Interactive CD-ROM on Engineering Graphics, Dennis Lieu, University of California at Berkeley
5. Engineering Graphics and the World Wide Web, Bill Gavin, Mississippi State University

Session III - Visualization in the Graphics Curriculum

6. The Effects of Adding Coordinate Axes to a Mental Rotation Task, Ted Brandoff, North Carolina State University
7. A Visualization-Based Placement Exam for Engineering Graphics, Michael Young, Sheryl Sorby, MTU
8. Evolving Technical Graphics In the High Schools: A New Curriculum in Scientific Visualization, Eric Wiebe & Aaron Clarke, North Carolina State University
9. Gender Differences in Visualization Skills - An international Perspective, Renata Gorska, CUT/MTU, Sheryl Sorby, MTU

Session IV - Descriptive Geometry in the Graphics Curriculum

10. The Current Role of Descriptive Geometry in Graphics Education, Jim Hardell, Virginia Polytechnic Institute
11. Descriptive Geometry: Holdover from the Past or Necessary for the Future, Tim Sexton, Ohio University-Athens
12. The Role of Descriptive Geometry in a Mechanical Engineering Technology Curriculum, Ed Evans, Penn State Erie
13. The Need(?) for Descriptive Geometry in a World of 3D Modeling, Frank Croft, The Ohio State University

Session V - Graphics and Design in a First Year Program

14. Design - Blurring the Boundaries of Interdisciplinary Education, Richard Goff, Mitzi Vernon, Virginia Polytechnic University
15. Implementing a "Hands-On" Laboratory for Engineering Freshman, Michael Gregg, Deidre Hirschfield, Virginia Polytechnic University
16. Attracting Students to Engineering Technology Through Effective Use of Laborite Demonstrations, Patrick Connolly, Purdue University

Session VI - Past and Future Directions in the Graphics Curriculum

17. Graphics Education: A case Study Comparison in Graphic Education Between Multiple Generations of Mechanical Engineers, Richard Kopp, Purdue University
18. The Integration of Engineering Design Graphics and Solid Modeling Related Content in Industrial and Engineering Majors at CMU, John Nee, Central Michigan University
19. Principles of Parametrics - New Concepts for the EDG Curriculum, Holly Ault, Worcester Polytechnic Institute
20. Planning the Engineering Design Curriculum for the 21st Century, Ron Barr, University of Texas, Austin

Literatura:

21. Bertolini, G.R. (1997), 50 Plus 50 in Jeopardy, Engineering Design Graphics, EDG Journal 61, p.5-14
22. Bertolini, G.R. (1997), A Structure & Rationale for Engineering Geometric Modeling, 5th Intl Conference, ECECGDG, Melbourne, Australia, Technical Presentation, Engineering Design Graphics, EDG Journal 61, p.5-14

23. Crittenden, J.B. (1996), Requirements for Successful Completion of a Freshman-Level Course in Engineering Design Graphics, EDG Journal 60, p.27-33
24. Hanratty, P.J. (1995), "Parametric/Rational Solid Modeling" in a Handbook of Solid Modeling, McGraw-Hill, Inc., rozdział 8

MODEL OF ENGINEERING GRAPHICS CURRICULUM IN DISCUSSIONS OF THE 52ND ANNUAL MEETING OF EDGD/ASEE

The discussions at the 52nd annual mid-year conference of the Engineering Design Graphics Division of the American Society of Engineering Education focused on the development of a new, modern Engineering Graphics curriculum for the 21st century. The conference took place in Madison, Wisconsin, between October 24-26, 1997. New concepts in teaching engineering graphics courses are based on the premise that 2-D drafting (i.e. creating engineering drawings) is no longer the central of the discipline. The new paradigm of modern engineering involves conceptual design, solids & surface modelling, manufacturing simulation, assembly modeling and documentation preparation. Several discussions took place during the conference, which were focused on the role of descriptive geometry in a modern graphics curriculum for engineering students. This paper outlines papers presented at the conference with the purpose to present a reader ideas and current issues being discussed by American graphics educators.