

Maria HELENOWSKA-PESCHKE
Zakład Techniki Wizualnych, Wydział Architektury
Politechnika Gdańska

MODEL KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA NAUCZANIA GEOMETRII WYKREŚLNEJ

Streszczenie. Artykuł przedstawia główne założenia i wnioski z badań mających na celu ewaluację autorskiego modelu komputerowego wspomaganie nauczania klasycznej geometrii wykreślnej. Badania przeprowadzono na Wydziale Oceanografii i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej w roku akademickim 1997/98. W dwóch grupach dziekańskich zastosowano postępowanie eksperymentalne, tzn. nauczanie wspomagano programem graficznym AutoCAD (zmienna niezależna). Porównanie osiągnięć studentów z grup komputerowych i studentów z grup kontrolnych miało dać odpowiedź na pytanie: jak wpływa wprowadzenie elementów grafiki komputerowej do nauczania geometrii wykreślnej na osiągnięcia poznawcze i motywacyjne studentów (zmiennie zależne). Wnioski końcowe zawarte w artykule opierają się na wstępnej analizie danych zebranych w trakcie eksperymentu.

COMPUTER AIDED MODEL OF DESCRIPTIVE GEOMETRY TEACHING

Summary. The paper presents the author's computer aided model of teaching descriptive geometry and the evaluation of the model based on the theory of educational measurement. In the academic year 97/98 the author conducted a didactical experiment at the Faculty of Ship Building at the Technical University of Gdansk. Two groups of students were taught in a computer-aided style. The comparison between the results of the students from the experimental groups and the control groups indicates that the computer graphics has a leveling effect both on motivation for studying and the learning results.

1. AUTORSKI MODEL NAUCZANIA GEOMETRII WYKREŚLNEJ

Projektowanie modelu obejmowało: 1) operacjonalizację celu ogólnego, 2) określenie materiału nauczania, 3) organizację procesu dydaktycznego i 4) kontrolę wyników.

Zdobycie przez studenta umiejętności i informacji geometrycznych jest tylko środkiem do celu ogólnego, jakim musi być umożliwienie opanowania umiejętności inżynierskich specjalności, którą student studiuje. W odniesieniu do tradycji dydaktycznej cele szczegółowe nauczania uzupełniono znajomością programu CAD. W hierarchii celów szczegółowych umiejętności manualne straciły na ważności.

Dobór treści nauczania geometrii wykreślnej w modelu autorskim wynika z: 1) celów szczegółowych nauczania, 2) specyfiki Wydziału OiO, 3) miejsca przedmiotu w programie studiów i 4) ram godzinowych. Kurs geometrii wykreślnej umieszczony jest na pierwszym semestrze w wymiarze dwóch godzin wykładów i dwóch godzin ćwiczeń tygodniowo. W drugim semestrze treści geometryczne są zawarte w programie rysunku technicznego, a na semestrach wyższych takich przedmiotów, jak: rysunek okrętowy (graficzne przedstawiania kształtu kadłuba statku na podstawie "linii teoretycznych"), podstawy konstrukcji maszyn (właściwości geometryczne przekładni zębatych, geometria kół o uzębieniu śrubowym, geometria przekładni śrubowych, ślimakowych itp.), podstawy konstrukcji okrętów i obiektów oceanicznych, podstawy projektowania okrętów i obiektów oceanicznych. Praca przejściowa oraz praca dyplomowa również obejmują projektowanie w opisie geometrycznym.

Treść nauczania modelu autorskiego składa się z następujących modułów:

Moduł 1: Elementy przestrzeni. Zasady rzutowania. Rzuty Monge'a: rzuty punktu, prostej i płaszczyzny na dwie i więcej rzutni. Szczególne położenia elementów. Przynależność elementów i elementy wspólne,

Moduł 2: Transformacja. Obroty i kłady. Rzuty, przekroje. przebicia, przenikania i rozwinięcia wielościanów. Rzuty aksonometryczne prostokątne i ukośne,

Moduł 3: Krzywe stożkowe i wyższych rzędów. Powierzchnie. Przekroje, przebicia, przenikania i rozwinięcia powierzchni ze szczególnym uwzględnieniem powierzchni obrotowych,

Moduł 4: Komputerowy rysunek dwuwymiarowy, komputerowy rysunek trójwymiarowy, modelowanie złożonych obiektów trójwymiarowych i manipulacje w przestrzeni.

Wykłady dla studentów wszystkich grup obejmują 3 pierwsze moduły materiału nauczania. Treść modułu 4 dotyczy zajęć audytoryjnych i rysunkowych dla grup komputerowych. Ilustracje generowane komputerowo obejmują zasady tworzenia odwzorowań i związki przestrzenne istotne dla procedur rysunkowych oraz zasady tworzenia rysunku komputerowego 2W i 3W. Tematy rysunków kreślonych komputerowo korespondują z materiałem przerabianym na wykładach i akcentują koncepcje geometryczne wspólne dla metod manualnych i grafiki komputerowej. Rozkład materiału ćwiczeń dla grup komputerowych i kontrolnych przedstawiono w załączniku.

Materiały dydaktyczne składają się z: rysunków prototypowych (pliki *.dwg), instrukcji pisemnych, procedur w języku *AutoLisp* (pliki *.lsp), ilustracji do zagadnień geometrycznych (pliki *.scr).

2. ORGANIZACJA PROCESU DYDAKTYCZNEGO

Przeprowadzenie pokazu komputerowego wymagało każdorazowo zainstalowania sprzętu elektronicznego na sali ćwiczeń. Obraz z komputera wyświetlano za pomocą rzutnika na duży ekran ścienny. Ćwiczenia rysunkowe odbywały się w Międzywydziałowym Laboratorium Komputerowym, dysponującym 20 stanowiskami roboczymi. Każdy student miał samodzielne stanowisko pracy. Grupa dziekańska, licząca 19 osób, odbywała zajęcia w godzinach przewidzianych planem, grupa licząca 29 osób została podzielona na dwie podgrupy, dla których prowadzono osobne zajęcia. Sesje w laboratorium odbywały się w blokach 105-minutowych i były prowadzone przez dwóch asystentów z Zakładu Geometrii Wykreślnej, znających biegle program AutoCAD. Studenci korzystali z instrukcji, zawierających tematy zadań oraz spis poleceń systemowych, niezbędnych do wykonania zadania. Rysunki zapisywano na dyskietkach do późniejszej oceny oraz ewentualnego wydruku. Za sprawność sprzętu komputerowego i oprogramowanie odpowiedzialni byli pracownicy MLK.

3. EWALUACJA MODELU

Instrumentarium badawczego umożliwiającego ewaluację modelu edukacyjnego dostarcza teoria pomiaru dydaktycznego. Istotą pomiaru dydaktycznego jest zobiektywizowanie oceny wyników procesu nauczania i uwolnienie jej od elementów intuicyjnych. Do badań skonstruowano następujące narzędzia pomiaru:

- 1) test zdolności do oceny poziomu intuicyjnej wyobraźni przestrzennej,
- 2) testy wiadomości i umiejętności do pomiaru osiągnięć poznawczych
- 3) kwestionariusz oceny przedmiotu do pomiaru osiągnięć motywacyjnych.

Jakość opracowanych i wykorzystanych do badań testów, tj. rzetelność, trafność i obiektywizm poddano ocenie za pomocą analiz i procedur statystycznych.

3.1. Test autorski "Wyobraźnia przestrzenna" skonstruowano w celu sprawdzenia równoważności grup eksperymentalnych pod względem poziomu intuicyjnej wyobraźni przestrzennej. Kierując się krytyczną analizą *MCT* i *MCT* (testy amerykańskie) w teście umieszczono różnorodnie i możliwie urozmaicone w treści zadania. Pod względem formy są to zadania wielokrotnego wyboru. Test składa się z 30 zadań punktowanych 0 - 1.

Testowanie odbyło się na początku semestru i objęło 145 studentów pierwszego roku Wydziału OiO. Wyniki testowania rozłożyły się w krzywą normalną, a średni wynik testowania, wynoszący 14,5 pkt., wypadł w środku skali. Współczynnik rzetelności testu liczony ze wzoru alfa Cronbacha wynosi 0,68 i pozwala na podejmowanie decyzji dotyczących różnic osiągnięć między grupami uczniów. Weryfikacja hipotezy zerowej wykazała, że różnice między średnimi arytmetycznymi wyników uzyskanymi w poszczególnych grupach są nieistotne statystycznie (poziom ufności $p=0,95$).

3.2. Konstrukcja okresowych testów sprawdzających osiągnięcia w sferze poznawczej opiera się na teorii pomiaru sprawdzającego wielostopniowego. Model wielostopniowy wymaga wyodrębnienia warstw treści kształcenia odpowiadających ustopniowanym wymaganiom programowym. Wymagania podstawowe obejmują umiejętności całkowicie niezbędne w dalszej nauce i bezpośrednio użyteczne w pracy zawodowej. Wymagania rozszerzające obejmują umiejętności przydatne, ale nie niezbędne w dalszej nauce i pośrednio użyteczne w

pracy zawodowej. Wymagania dopełniające obejmują wiadomości trudne do opanowania i wyspecjalizowane ponad potrzeby głównego kierunku dalszej nauki. Opanowanie treści podstawowej odpowiada wymaganiom na ocenę dostateczną, treści rozszerzającej - na ocenę dobrą, a treści dopełniającej - na ocenę bardzo dobrą. Do pomiaru skonstruowano trzy testy okresowe, obejmujące moduły materiału nauczania. Skonkretyzowanej czynności, stanowiącej zarówno element materiału nauczania, jak i cel operacyjny, przyporządkowano zadanie testu. Precyzując cele operacyjne nauczania geometrii wykreślnej posłużono się ponadprzedmiotową "taksonomią A B C" B.Niemierki (Niemierko, 1975). Do budowy testów i oceny ich trafności programowej opracowano plan tabelaryczny.

Tabelaryczny plan testów wiadomości i umiejętności

Cele	(A, B)			(C)			(D)			Liczba zadań	Procent zadań
	Zapamiętanie i zrozumienie wiadomości			Stosowanie wiadomości w sytuacjach typowych			Stosowanie wiadomości w sytuacjach problemowych				
	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Moduły Poziom											
Podstawowy	3	2	2	12	2	2				23	52
Rozszerzający		1	1	3	3	3	1	2		14	32
Dopełniający			1	1	1	1		1	2	7	16

W planie przewidziano najwięcej zadań sprawdzających umiejętności w sytuacjach typowych i wymagania podstawowe. Zadania testu sprawdzały pojedynczą czynność lub - przy bardziej złożonych zadaniach - grupy czynności. Metoda punktowania polegała na punktowaniu poszczególnych elementów możliwych do wyodrębnienia w odpowiedzi na zadanie oraz procesów przetwarzania informacji (A- zapamiętanie wiadomości, B- zrozumienie wiadomości, C- stosowanie wiadomości w sytuacjach typowych, D- stosowanie wiadomości w sytuacjach nietypowych). Maksymalnie z każdego testu student mógł uzyskać 35 punktów, w sumie w semestrze 105 punktów. Testy opracowano w dwóch wersjach. Wskaźniki rzetelności wszystkich wersji testów są wysokie (wartość współczynnika alfa Cronbacha zwiera się w granicach 0,94- 0,81), co dopuszcza decyzje dotyczące różnic osiągnięć jednego ucznia w różnych zakresach.

Ustalenie norm wymagań zostało dokonane na podstawie wymagań programowych i treści testu. Wyniki testowań zostały poddane interpretacji sprawdzającej i różnicującej. Interpretacji sprawdzającej dokonano w celu ustalenia, jaki poziom wymagań programowych spełnili badani i ustalenia stopni szkolnego. Zagadnienie to nie będzie szerzej omawiane w niniejszym artykule. Ze względu na postawiony problem badawczy istotniejsza jest interpretacja różnicująca wyników testowania, czyli porównanie wyników studentów nauczanych w warunkach postępowania eksperymentalnego z wynikami uzyskanymi studentów nauczanych bez postępowania eksperymentalnego.

Testowanie wiadomości i umiejętności przeprowadzono trzykrotnie w ciągu semestru. Poszczególne testy obejmowały zakres jednego modułu treści nauczania. Każdą wersję testu pisała jedna grupa komputerowa i jedna grupa kontrolna. Umiejętności związane z obsługą programu AutoCAD nie podlegały sprawdzaniu w czasie testowania. Wersje testów nie spełniają warunków równoległości, tj. równości wariancji wyników, średnich arytmetycznych i

interkorelacji, stąd analiz statystycznych dokonano w sześciu grupach odrębnie dla każdej z wersji.

Porównanie średnich wyników testowań

	Test nr 1		Test nr 2		Test nr 3	
	Wersja A	wersja B	wersja A	wersja B	wersja A	wersja B
grupa komputerów	16,4	15,4	13,2	14,4	15,9	12,9
grupa kontrolna	12,6	11,9	14,5	11,1	12,2	12,1

W porównywanych grupach wyników w czterech przypadkach średnie wyników testowania uzyskane w grupach komputerowych są wyższe od średnich wyników w grupach kontrolnych, w jednym przypadku średnie te są równe, a w jednym przypadku średnia osiągnięta w grupie komputerowej jest niższa. Aby uprawomocnić uogólnienie wniosku uzyskanego na podstawie badań próby zastosowano statystyczne procedury weryfikacyjne- testy istotności. Średnie wyniki testowań studentów nauczanych autorską metodą są wyższe od średnich wyników pozostałych studentów i jest to różnica istotna statystycznie (poziom ufności $p=0,90$ przy teście jednostronnym).

3.3. Kwestionariusz samooceny przedmiotu „geometria wykreślna” skonstruowano do pomiaru osiągnięć motywacyjnych, rozumianych jako różnica pomiędzy postawą wobec przedmiotu studentów z grup komputerowych i grup kontrolnych. Kwestionariusz składa się z pozycji dotyczących: 1) nastawienia do przedmiotu, 2) trafności testów sprawdzających, 3) doboru tematów i organizacji zajęć komputerowych, 4) wolnych uwag. W odpowiedzi na kluczowe pozycje testu respondenci mają do wyboru pięciostopniową skalę aprobaty: zdecydowanie tak, raczej tak, nie mam zdania, raczej nie, zdecydowanie nie. Opinie umieszczone w kwestionariuszu nawiązują do wytyczonych celów nauczania geometrii wykreślnej w sferze emocjonalnej.

Operacjonalizując cele szczegółowe w dziedzinie motywacyjnej posłużono się "taksonomią A B C" B.Niemierki: Akceptacja przedmiotu geometria wykreślna jest identyfikowana z kategorią A (uczestnictwo w działaniu) celów nauczania w sferze emocjonalnej. Uznano, że osoba testowana nie posiada wrogiego nastawienia do przedmiotu i aprobuje jego przydatność, jeżeli na kluczowe pytania wybiera pozycje skali "raczej tak". Uznano, że osoba testowana przynależy do kategorii B (podejmowanie działania), jeżeli uważa, że wszechstronne umiejętności dotyczące zagadnień geometrii obiektów są niezbędne i wysoko ocenia przydatność przedmiotu w programie studiów, co wyraża się wyborem najwyższej pozycji skali. Przynależność do kategorii C (nastawienie na działanie) jest identyfikowana z dużym zaangażowaniem badanego w to, co robi na zajęciach, przejawianiem inicjatywy w rozszerzaniu wiedzy geometrycznej i informatycznej, sugerowaniu zmian w programie przedmiotu. Przynależność do tej kategorii uzależniono od treści wolnych uwag. W przypadku innych odpowiedzi na kluczowe pozycje testu uznano, że badany nie wykazuje elementarnego zainteresowania przedmiotem i nie osiągnął żadnej kategorii celów.

Pomiar motywacji został dokonany pod koniec kursu i objął 82 studentów. Badani mogli zachować anonimowość odpowiedzi.

Analiza odpowiedzi udzielonych w kwestionariuszu prowadzi do wniosku, że przedmiot „geometria wykreślna” jest powszechniej akceptowana przez studentów grup komputerowych niż grup kontrolnych. Świadczy o tym liczba 80% studentów, którzy osiągnęli kategorię celów A, B lub C wobec zaledwie 60% w grupach kontrolnych.

Łączna klasyfikacja procentowa badanych studentów do poszczególnych kategorii

Kategoria celów	Przynależność procentowa	
	grupy eksperymentalne	grupy kontrolne
Poza taksonomią	20	40
A (uczestnictwo w działaniu):	42	40
AB (podejmowanie działania)	30	18
ABC (nastawienie na działanie)	8	2

Studenci pozytywnie oceniają ćwiczenia rysunkowe za pomocą programu AutoCAD i ich wartość kształcącą. I tak, 73% studentów uczestniczących w tych zajęciach uważa, że grafika komputerowa jest zdecydowanie pomocna do zrozumienia konstrukcji manualnych, a 22% uważa, że raczej pomocna. Dla 41% badanych znajomość teorii geometrycznych leżących u podstaw odwzorowania aksonometrycznego ułatwia czytanie relacji przestrzennych z obrazu komputerowego. Respondenci w liczbie 59% uznają, że znajomość programu graficznego bez umiejętności geometrycznych nie wystarczy do rozwiązywania problemów geometrycznych w pracy zawodowej.

4. DYSKUSJA I WNIOSKI Z BADAŃ

Przeprowadzony eksperyment dydaktyczny pokazał, że grafika komputerowa jako składnik treści nauczania geometrii wykreślnej jest powszechnie akceptowana przez studentów. Opinia ta opiera się na liczbie 97% respondentów aprobujących metodę komputerowego wspomaganie nauczania oraz liczbie 89% respondentów opowiadających się za zwiększeniem ilości zajęć z wykorzystaniem komputera jako narzędzia rysunkowego. Dzięki zainteresowaniu i zaangażowaniu się emocjonalnemu studentów możliwe było poszerzenie treści nauczania o umiejętność posługiwania się programem graficznym bez zwiększania wymiaru godzin przedmiotu. Studenci w znakomitej większości podejmowali się dodatkowych zadań rysunkowych i bardzo chętnie uczestniczyli w zajęciach komputerowych. Na pozytywną ocenę zajęć przez studentów wpływa nie tylko "ciekawość nowego", ale również ich wartość kształcącą. Wyniki uzyskane w testach sprawdzających umiejętności i wiadomości klasycznej geometrii wykreślnej są dodatnio skorelowane z nauczaniem zgodnie z autorską metodą. Można zatem stwierdzić, że wprowadzenie elementów grafiki komputerowej do nauczania klasycznej geometrii wykreślnej może zwiększyć skuteczność nauczania tego przedmiotu. Stwierdzenie to jest ostrożne, ale optymistyczne. Ostrożność wynika z faktu, że omawiane związki między zmiennymi, choć istotne, statystycznie są słabe bądź umiarkowane (współczynnik korelacji r Pearsona mieści się w przedziale 0,28 -0,34).

Większość studentów (ok 60%) akceptuje testy jako formę sprawdzania umiejętności i wiadomości, ale aż 56% uważa, że brakuje im obycia testowego.

Dalsze analizy wyników uzyskanych w eksperymencie będą miały na celu odpowiedzieć na następujące pytania:

- jaka jest siła związku korelacji badanych zmiennych dla różnych modułów treści nauczania?
- jaka jest zależność między skutecznością komputerowego wspomaganie, a poziomem intuicyjnej wyobraźni przestrzennej (predyspozycji do nauki przedmiotu)?

Lp.	Temat ćwiczeń	 Grupy kontrolne	 Grupy komputerowe
1.	Cwiczenia wprowadzające	Cwiczenia audytorjne Test zdolności	Cwiczenia audytorjne Wizualizacja komputerowa: rzutowanie prostokątne Test zdolności
2.	Transformacje	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Wizualizacja komputerowa: transformacje, wprowadzenie do ćwiczeń komputerowych. Rysunek przy użyciu przyborów
3.	Przynależność elementów	Cwiczenia audytorjne Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek komputerowy 2W
4.	Elementy wspólne	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich
5.	Konstrukcje podstawowe	Cwiczenia audytorjne Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Cwiczenia audytorjne Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich
6.	Konstrukcje podstawowe	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek komputerowy 2W i 3W : odczytywanie współrzędnych punktu z rzutów na trzy rzutnie i w widoku aksonometrycznym
7.	Test sprawdzający		
8.	Siatki wielościanów	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Wizualizacja komputerowa- wielościany Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich
9.	Aksonometria	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek komputerowy 3W: budowanie obiektów 3W, odejmowanie i dodawanie obiektów praca domowa : aksonometria
10.	Przekrój stożków nieobrotowych	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich Praca domowa - przekrój walca	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich Praca domowa - przekrój walca
11.	Test sprawdzający		
12.	Przekrój stożka opisanego na kuli	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich Praca domowa - rozwinięcia powierzchni	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich Praca domowa – rozwinięcia powierzchni
13.	Przenikanie powierzchni	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek komputerowy 3W: punkty przebicia, przekroje Praca domowa – przenikanie powierzchni
14.	Przenikanie powierzchni i wielościanów	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich	Rysunek przy użyciu przyborów kreślarskich
15.	Test sprawdzający		

LITERATURA

1. Baartmans B. G., Sorby S. A.: 3-D Spatial Visualization. New Jersey 1996, Prentice Hall.
2. Brzeziński J.: Elementy metodologii badań psychologicznych. PWN, Warszawa 1980
3. Ferguson G.A., Y. Takane.: Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice. PWN, Warszawa 1997
4. Madsen K.: Współczesne teorie motywacji. PWN, Warszawa 1980
5. Niemierko B.: Pomiar sprawdzający w dydaktyce. PWN, Warszawa 1990
6. Reykowski J.: Eksperymentalna psychologia emocji. WSiP, Warszawa 1974
7. Niemierko B.: Testy osiągnięć szkolnych. WSiP, Warszawa 1975

Recenzent: Dr inż. Renata Górka
Politechnika Krakowska

Abstract

The paper is an review of research in evaluating the author's computer aided conception of teaching and learning descriptive geometry. This academic year the author has conducted a didactical experiment at the Faculty of Ship Building at the TUG. Two groups of students were taught in a computer aided style. The author investigates the efficiency of the method on the base of the theory of educational measurement. The comparison between the results of the students from the experimental groups and the control groups indicates that the computer graphics has levelling effect both on motivation for studing as well as the learning results.