

Laboratorium Systemów Przetwarzania Numerycznego i Symbolicznego

## Elementy grafiki trójwymiarowej

Program ćwiczenia obejmuje następujące zadania:

1. Do rysowania krzywych wykorzystuje się polecenie `plot3`. Przy jego pomocy narysować wykresy krzywych danych następującymi równaniami parametrycznymi:

(a)  $(t^n, t, t)$ ,  $n = 1, 2, 3$

(b)  $(t^2, t, t^3)$

(c)  $(\sin t, \cos t, t)$

(d)  $(\cosh t, \sinh t, t)$

Jak do otrzymanych wykresów dodać opisy osi i tytuł całego rysunku?

2. Aby narysować wykres funkcji  $\sin(r)/r$  na prostokącie  $[-8, 8] \times [-8, 8]$ , należy wprowadzić ciąg instrukcji

```
>> x = -8:.5:8;  
>> y = x;  
>> [X, Y] = meshgrid(x,y);  
>> R = sqrt(X.^2 + Y.^2) + eps;  
>> Z = sin(R)./R;  
>> mesh(Z)
```

Wyjaśnić znaczenie każdej z tych instrukcji. Jaką rolę pełni w czwartym poleceniu zmienna `eps`? Co otrzyma się po zastąpieniu wywołania `mesh(Z)` wywołaniem `surf(Z)`? Jak zmienić paletę kolorów używaną przez to ostatnie polecenie (zob. `colormap`)?

Jak do otrzymanego wykresu dodać opisy osi i tytuł całego rysunku? Zauważyć, że zakres wartości na osi  $x$  nie odpowiada bynajmniej zakresowi  $[-8, 8]$  (podobnie na osi  $y$ ). Skąd biorą się w takim razie widoczne wartości? Jak doprowadzić do właściwego wyskalowania wszystkich osi? A jak w ogóle usunąć z rysunku wszystkie osie?

Do zmiany kąta widzenia całego wykresu służy polecenie `view`. Przetestować jego działanie wprowadzając kolejno `view(-37.5,30)`, `view(-7,80)`, `view(-90,0)`, `view(-7,-10)` (zwrócić uwagę na to, że kąty są w tym przypadku wyjątkowo podawane w stopniach, a nie w radianach).

Narysować wykresy poniższych funkcji:

(a)  $z = x + 2y - 2$ ,  $(x, y) \in [-2, 2] \times [-2, 2]$

(b)  $z = x^2 + y^2$ ,  $(x, y) \in [-2, 2] \times [-2, 2]$

(c)  $\sin(xy)$ ,  $(x, y) \in [0, 3\pi] \times [0, \pi]$

(d)  $z = \ln(x^2 + 4y^2)$ ,  $(x, y) \in [-2, 2] \times [-2, 2]$

(e)  $z = e^{-4x^2 - y^2}$ ,  $(x, y) \in [-2, 2] \times [-2, 2]$

(f)  $z = (1 - \frac{x^2}{2} + \frac{y^4}{24})e^x$ ,  $(x, y) \in [10, 20] \times [-10, 10]$

(g)  $z = -10\sqrt{|xy|}$ ,  $(x, y) \in [-5, 5] \times [-5, 5]$

$$(h) z = \begin{cases} xy \frac{x^2 - y^2}{x^2 + y^2} & \text{gdy } x^2 + y^2 > 0 \\ 0 & \text{gdy } x = y = 0 \end{cases}$$

$$(i) z = -10x^3y^2, \quad (x, y) \in [-5, 5] \times [-5, 5]$$

$$(j) z = 3(1-x)^2e^{-x^2-(y+1)^2} - 10\left(\frac{x}{5} - x^3 - y^5\right)e^{-x^2-y^2} - \frac{1}{3}e^{-(x+1)^2-y^2}, \quad (x, y) \in [-3, 3] \times [-3, 3]$$

3. Do rysowania izolinii służą procedury `contour` i `contour3`. Czym różni się ich działanie? Przetestować je na przykładach z poprzedniego zadania. Jak zmienić liczbę rysowanych poziomicy? Jak spowodować umieszczenie obok każdej poziomicz liczb oznaczających odpowiednią wartość funkcji? Jak doprowadzić do sytuacji, gdy długości obu osi na ekranie są równe (ekran „spłaszcza” wykres tak, że ma on kształt prostokąta, a nie kwadratu)?

Podobnym poleceniem jest `pcolor`. Wypróbować jego działanie, testując równocześnie różne palety kolorów (zmienia się je poleceniem `colormap`).

Zastanowić się jak narysować poziomicz funkcji, wypełniając jednocześnie przestrzeń między nimi odpowiednimi kolorami (tak jak w kartografii: punkty położone najwyżej mają być rysowane na czerwono, niżej — na żółto, itd.). *Wskazówka:* W tym celu trzeba równocześnie użyć funkcji `contour` i `pcolor`, jak również pozbyć się instrukcją `shading flat` siatki rysowanej przez `pcolor`.

4. Co oznacza symbol `NaN`? Co spowoduje zamiana instrukcji

```
>> mesh(Z)
```

w przykładzie z zad. 2 na sekwencję

```
>> Z(16:30, 4:16) = NaN * Z(16:30, 4:16); mesh(Z)
```

5. Funkcjami podobnymi w działaniu do `surf` i `mesh` są `surfc` i `meshz`. Proszę przetestować ich działanie rysując wykresy funkcji z zad. 2.

6. Efekt oświetlenia powierzchni uzyskuje się poprzez zastosowanie funkcji `surf1`. Sprawdzić jej działanie na przykładzie sekwencji poleceń

```
>> [X, Y] = meshgrid(linspace(-1,1,50));
>> Z = -X.^2 - Y.^2;
>> surf1(Z, [-10 50]);
>> colormap(gray);
>> shading flat
```

Jaka jest rola każdego z tych poleceń? Jak zmienić położenie źródła światła? Dlaczego lepiej jest w tym przypadku stosować „gęstsze” siatki punktów, na których wyznaczane są wartości funkcji?

7. Jaka jest rola polecenia `hidden off` w poniższym ciągu instrukcji?

```
>> [X, Y] = meshgrid(linspace(-1,1,10));
>> Z = X.^2 + Y.^2;
>> mesh(Z)
>> hold
>> pcolor(Z)
>> hidden off
```

8. Przy pomocy polecenia `mesh` narysować powierzchnie określone następującymi równaniami parametrycznymi:

$$(a) (s, t, s - t)$$

- (b)  $(t + 1, s, s - t)$
- (c)  $(s + t, s - t, s^2 + t^2)$
- (d)  $(s^2 - t^2, 2st, s^2 + t^2)$
- (e)  $(s + t, s - t, st)$
- (f)  $(s, t, t^3 - 3s^2t)$
- (g)  $(\sin s \cos t, \sin s \sin t, \sin s), \quad (s, t) \in [0, \pi] \times [0, 2\pi]$
- (h)  $(\cos s, \sin s, t)$

9. Czy polecenie `subplot` działa również w przypadku wykresów trójwymiarowych? Aby się o tym przekonać, proszę spróbować narysować na jednym rysunku cztery wykresy wybranej funkcji utworzone odpowiednio przy pomocy poleceń `mesh`, `pcolor`, `contour3` i `contour`.
10. Gdy rysuje się kolejno dwa wykresy (np. poleceniem `mesh`), otworzone jest tylko jedno okno graficzne. Fakt ten powoduje, że polecenie narysowania drugiego wykresu kończy się nieuchronnym zmazaniem wykresu pierwszego, co nie zawsze jest dopuszczalne. Jak w takim razie do rysowania drugiego wykresu otworzyć następne okno graficzne?
11. W jaki sposób wydrukować otrzymany wykres na drukarce lub zapamiętać go w pliku? Czy fakt, że używa się przy tym PostScriptu, stanowi zaletę czy wadę? Dlaczego również w innych programach tego typu (Mathematica, Maple V) grafika opiera się na tym standardzie?