

WYKŁAD 15

- **Tworzenie obrazu**
- **Omówienie tematyki sprawdzianu końcowego**

Tworzenie obrazu

Podstawowe kierunki prac nad obrazami:

- Przetwarzanie obrazów
(**przekształcanie** istniejącego obrazu w inny),
- Rozpoznawanie obrazów
(**wyodrębnienie** istotnych informacji zawartych w obrazie),
- Grafika komputerowa
(**synteza** lub **tworzenie** obrazów metodami cyfrowymi)

Zastosowania grafiki komputerowej

- Tradycyjne metody prezentacji danych (np. wykresy lub prosta animacja dla potrzeb filmów rysunkowych,
- gry komputerowe,
- oprogramowanie interakcyjne do realizacji systemów okien,
- prace edytorskie,
- prezentacja wyników złożonych obliczeń i eksperymentów naukowych,
- systemy projektowania,
- reklamy,
- przemysł rozrywkowy

- symulacja sztucznej rzeczywistości (virtual reality):
w efekcie uzyskiwana jest iluzja trójwymiarowego świata

Stosowane środki:

rzutowanie obrazów stereoskopowych bezpośrednio do oczu obserwatora, dane o położeniu obserwatora rejestrowane za pomocą czujników przyłączonych do różnych części ciała, co umożliwia interakcyjną współpracę z systemem.

Zastosowania sztucznej rzeczywistości: medycyna, nauka, technika, rozrywka.

Grafika komputerowa jest dziedziną interdyscyplinarną.

Wybrane problemy tworzenia obrazów

- Reprezentacja (*sposoby zapisu w pamięci cyfrowej*) następujących obiektów graficznych:
 - krzywe i powierzchnie,
 - obszary płaskie,
 - bryły trójwymiarowe (3D)
- Modelowanie (konstruowanie) krzywych i powierzchni na podstawie zadanego zbioru punktów metodami:
 - wielomiany i funkcje sklejane,
 - krzywe Beziera,
 - krzywe B-sklejane,
 - powierzchnie Beziera,
 - powierzchnie B-sklejane,
 - powierzchnie Coonsa,
 - powierzchnie Gordona.
- Wyznaczanie linii i powierzchni zasłoniętych
 - **wyznaczanie zasłoniętych fragmentów linii obiektów wielościennych,**
 - algorytm z buforem głębokości,
 - algorytm przeglądania liniami poziomymi
 - algorytmy sortowania ścian.
- Modelowanie oświetlenia i koloru
 - a) etap definiowania sceny i modelowania poszczególnych obiektów
 - wyznaczanie cieni,
 - odbicie światła: rozproszone, zwierciadlane (kierunkowe)
 - b) etap wizualizacji sceny
 - cieniowanie powierzchni przedmiotów (Met. Gourauda, Phonga dla wielokątnej reprezentacji obiektów),
 - algorytm śledzenia promieni,
- Widzenie stereoskopowe
- Animacja
- Problemy sprzętowe
- (procesory graficzne VLSI, karty graficzne VGA (video graphics array) – moduły sterujące wyświetlaniem obrazu)
- Biblioteki graficzne (zestawy procedur graficznych)
- Przechowywanie i transmisja obrazów (kompresja, standardowe formaty)

Niektóre terminy stosowane w dziedzinie grafiki komputerowej

- Rendering (render) – 1. Obliczanie całej sceny (w postaci wyjściowej matrycy pikseli) na podstawie graficznej bazy danych. 2. Konwersja →prymitywu graficznego na poszczególne piksele.
- Graficzna baza danych (graphic data base) – Cały zbiór obiektów graficznych dostępny na bieżąco dla potrzeb renderingu przez system graficzny wykorzystywany przez użytkownika (zazwyczaj zapamiętana na dysku).
- Prymityw (primitive) – Jeden z obiektów znanych systemowi graficznemu i dostępnych użytkownikowi do tworzenia bardziej złożonych obrazów (najczęściej odcinek i trójkąt).
- Wizualizacja – Proces reprezentowania danych w postaci obrazu. Pochodzenie - dane rzeczywiste, dane abstrakcyjne.
- Rzeczywistość wirtualna (virtual reality) (Jaron Lanier 1987r) – Elektroniczna → symulacja, w której obrazy perspektywiczne są generowane w czasie rzeczywistym na podstawie zapisanych w bazie danych i odpowiadające położeniu i orientacji głowy użytkownika, który obserwuje obrazy na ekranie zamocowanym na głowie.
- Karta graficzna – moduł sterujący wyświetlaniem obrazu wykonany w postaci pakietu drukowanego. Karta graficzna zawiera scalony → sterownik graficzny współpracujący z szyną komputera, pamięć obrazu oraz układy sterowania wyświetlaczem.
- Sterownik graficzny – układ elektroniczny wytwarzający sygnały dla monitora na podstawie danych zapisanych w pamięci.
- Modelowanie (modeling) - czynności związane z konstrukcją graficznej bazy danych w odróżnieniu do procesu → renderingu obrazów z bazy danych.
- Symulacja – testowanie albo analiza algorytmu, układu albo systemu na zasadzie tworzenia wersji programowej i poddawania jej różnym testom.

Reprezentacja (opis) obiektów graficznych

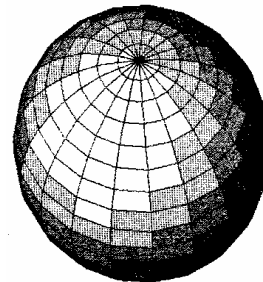
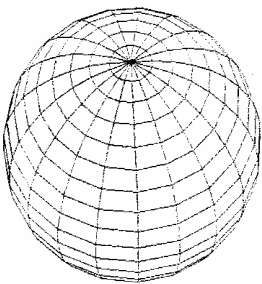
Obiekt graficzny - cokolwiek co da się narysować z użyciem komputera, np. krzywa, płaska figura, powierzchnia lub trójwymiarowa bryła.

Struktura obiektu nie musi być topologicznie jednorodna.

Możemy dowolnie łączyć bryły i krzywe.

Liczba danych dla kompletnego opisu obiektu graficznego zależy nie tylko od jego geometrii (kształtu) lecz również od sposobu wizualizacji.

Złudzenie przestrzenności można osiągnąć np. przy uwzględnieniu oświetlenia. Przykład – wizualizacja kuli. Najprostszy algorytm: przybliżenie powierzchni kuli wielokątami, których wierzchołkami są punkty przecięcia południków i równoleżników. Większość tych wielokątów to czworokąty, a jedynie przy biegunach kuli mamy trójkąty. Dla każdej płaskiej ściany wyznaczamy jej oświetlenie (jasność) zależnie od wielkości kąta między kierunkiem padania światła a wektorem prostopadłym do ściany.



Kula z południkami
i równoleżnikami

Rzut kuli
jednokolorowej

Wizualizacja kuli z uwzględnieniem oświetlenia

Znacznie istotniejszy od metody modelowania oświetlenia jest fakt, że opis kuli mogą stanowić dane o zbiorze ścian przybliżających jej powierzchnię.

Jeśli dysponujemy monitorem graficznym o dobrej rozdzielczości i wielu kolorach, dołączonym do komputera o dużej mocy obliczeniowej, to możemy uzyskiwać bardzo realistyczne obrazy stosując tzw. **algorytm śledzenia promieni**. Zestaw danych o obiekcie graficznym musi wtedy zawierać różne **charakterystyki materiału**, z którego obiekt jest wykonany, np. współczynnik odbicia lub załamania światła.

Reprezentacja krzywych i powierzchni

Krzywe mogą być opisywane:

(1) analitycznie funkcją jednej zmiennej

$$y = f(x) \quad \text{dla } x \in [x_1, x_2]$$

(2) parametrycznie

$$x = x(t), \quad y = y(t) \quad t \in [t_1, t_2]$$

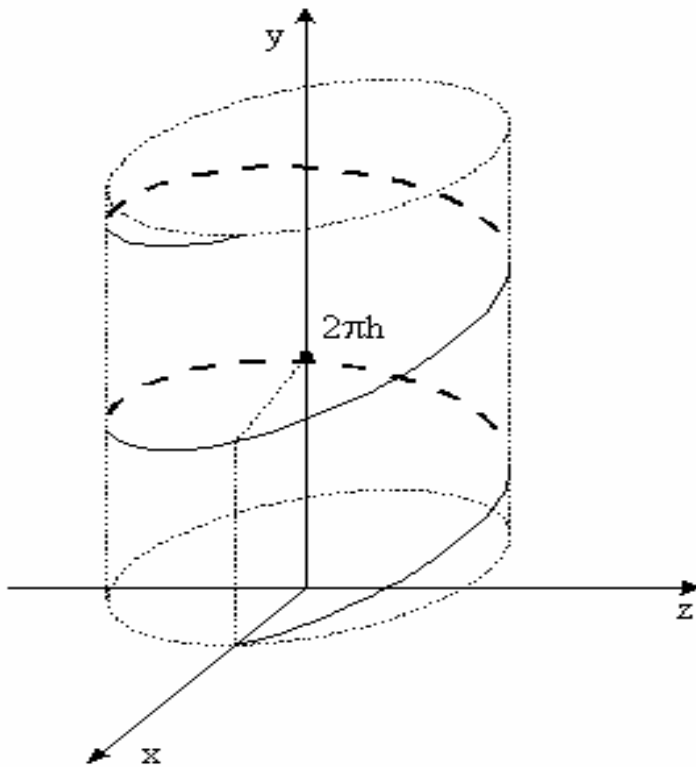
dla krzywych przestrzennych dodatkowo

$$z = z(t)$$

Przykład:

Tzw. linia śrubowa określona zależnościami:

$$x = r \cos t, \quad y = h t, \quad z = r \sin t$$

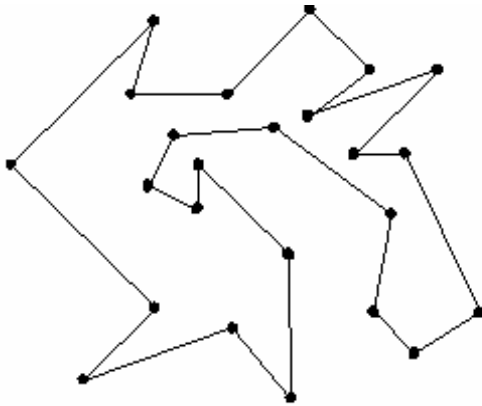


(3) informacja o krzywej w postaci zbioru punktów $P_1, P_2 \dots P_n$ przez które krzywa przechodzi; jednym z możliwych postępowania jest wtedy przybliżanie krzywej funkcją ustalonej klasy (wielomian, funkcja sklejana itp.)

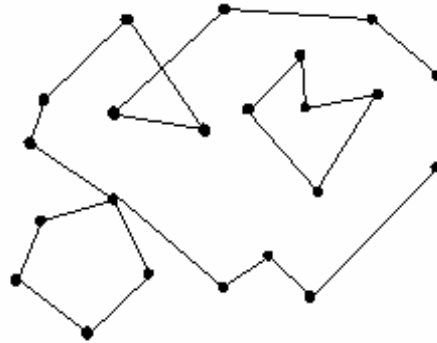
W grafice komputerowej często ustala się funkcje bazowe i tak dobiera współczynniki, by otrzymana kombinacja liniowa była krzywą o potrzebnych własnościach, np. kształcie.

Obszary płaskie

Opis obszarów (figur) płaskich dotyczy brzegu obszaru (np. kawałki różnych krzywych) lub jego wnętrza. Odmienną techniką jest definiowanie wnętrza obszaru przez operacje dodawania, odejmowania i przecięcia kilku ustalonych, elementarnych „klocków”, np. koła i kwadratu. W praktyce grafiki komputerowej najczęściej spotykanymi obszarami są wielokąty.



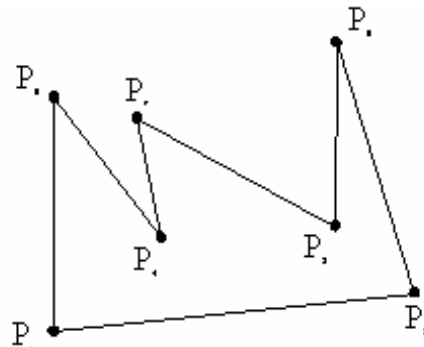
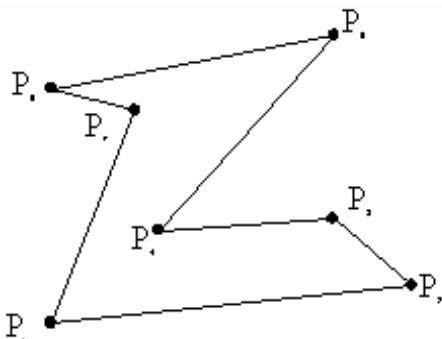
Wielokąt prosty



Wielokąt dowolny

Wielokąty **proste** (nie mające dziur) są to wielokąty, w których jedynymi punktami wspólnymi ich krawędzi są wierzchołki. Wielokąt **dowolny** można otrzymać dodając, odejmując i biorąc części wspólne wielokątów prostych.

Wielokąty proste opisujemy **ciągami** wierzchołków $\{ P_1, P_2, \dots, P_n \}$. Poniżej pokazano, że różne wielokąty mogą mieć ten sam **zbiór** wierzchołków. Oznacza to, że **zbiór** wierzchołków nie określa wielokąta jednoznacznie.

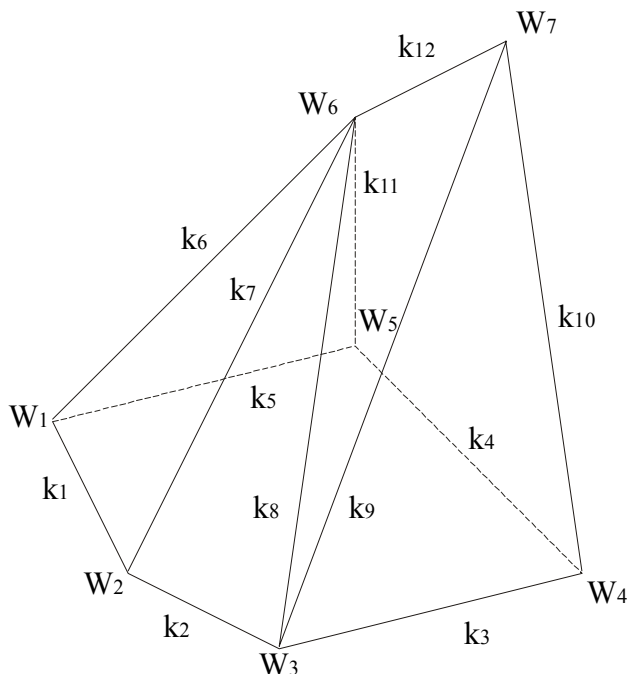


Uwaga: przydatność stosowania edytora punktowego (por. poprzednie wykłady).

Reprezentacja brył

Reprezentacja szkieletowa

Często stosowanym sposobem opisu bryły jest określenie jej **drucianego szkieletu**. W przypadku brył wielościennych szkielet tworzą **krawędzie ścian**.



Powierzchnię bryły opisujemy sumą płaskich wielokątnych ścian. Przecinają się one we wspólnych krawędziach lub wierzchołkach. Każda ściana jest określona zbiorem swoich krawędzi (boków swego wielokąta), a te są zdefiniowane parami wierzchołków. Klasyczna metoda pamiętania takich danych polega na utworzeniu kilku list:

TW - tablica wierzchołków zawierająca współrzędne x, y, z tych punktów;

TK - tablica krawędzi, pary numerów wierzchołków - krawędzi;

LS - lista ścian; jej elementami są listy (skończone ciągi) numerów krawędzi stanowiących boki wielokątnych ścian;

LK - tablica krawędzi kolejnych ścian.

Opis przykładowej bryły tworzą następujące tablice:

tablica **TW** wierzchołków W_i :

$$(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_7, y_7, z_7),$$

tablica **TK** krawędzi k_i :

$$(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), (5, 1), (1, 6), (2, 6), (3, 6), (3, 7), (4, 7), (5, 6), (6, 7)$$

lista **LS** ścian s_i :

$$(1, 7, 6), (2, 8, 7), (9, 12, 8), (3, 10, 9), (4, 11, 12, 10), (5, 6, 11), (5, 4, 3, 2, 1)$$

tablica liczby krawędzi ścian **LK** :

$$3, 3, 3, 3, 4, 3, 5$$

W praktyce obiekt wielościenny składa się z tysięcy ścian, krawędzi i wierzchołków. Bardzo istotne staje się wtedy **badanie poprawności** tak dużej liczby danych.

W tym celu stosuje się twierdzenie Eulera :

W każdym zwykłym wielościanie między liczbą s ścian, liczbą k krawędzi i liczbą w wierzchołków zachodzi związek :

$$w - k + s = 2$$

Dla każdego obiektów wielościennych wprowadza się jeszcze trzy wielkości :

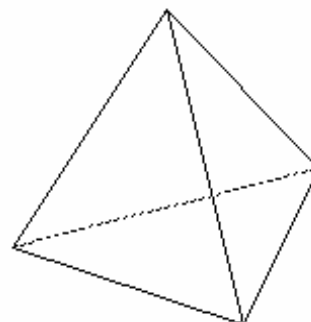
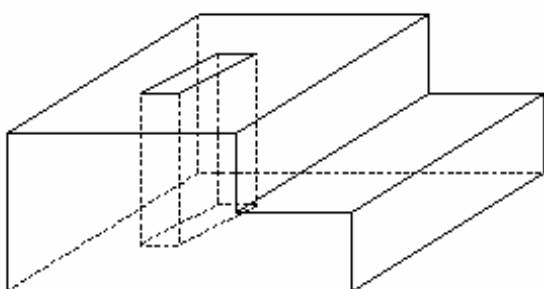
d - liczba wielokątnych dziur we wszystkich ścianach,

k - liczba otworów (tuneli) przez obiekt,

c - liczba rozłącznych elementów (brył) tworzących obiekt.

Wtedy słuszna jest zależność:

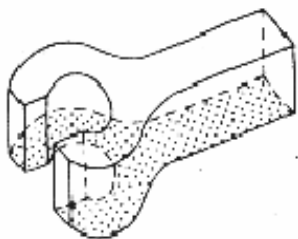
$$w - k + s = 2 (c - t) + d$$



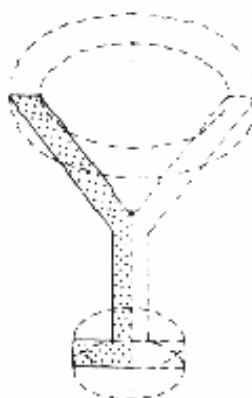
Przykładowy obiekt składa się z dwóch rozłącznych brył ($c=2$), ma jeden tunel ($t=1$), dwie dziury w ścianach ($d=2$), ścian $s=16$, krawędzi $k=36$ i wierzchołków $w=24$. Stąd: $24 - 36 + 16 = 2 (2 - 1) + 2$

Zakreślanie przestrzeni

Zakreślanie przestrzeni jest to **budowanie bryły** przez **przemieszczenie jej przekroju** (płaskiej figury) wzdłuż pewnej trajektorii w przestrzeni. Najprostszymi przykładami są przesunięcie równoległe i obrót wokół prostej.



Tworzenie bryły przez przesunięcie równoległe płaskiego przekroju



Tworzenie bryły przez obrót płaskiego przekroju wokół prostej

Obracając dowolną krzywą zadaną parametrycznie zależnościami:

$$x=x(t), y=y(t)$$

wokół osi y otrzymujemy powierzchnię o równaniu:

$$x = x(t) \cos u, \quad y = y(t), \quad z = x(t) \sin u$$

przy czym $u \in [u_1, u_2]$.

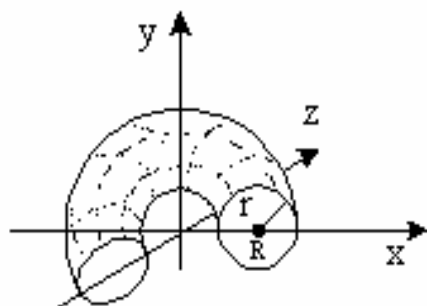
Granice u_1, u_2 przedziału określają początkowe położenie krzywej w przestrzeni i kąt obrotu.

Przykład:

obracając okrąg

$$x = R + r \cos t, \quad y = r \sin t, \quad t \in [0, 2\pi]$$

wokół osi y , dla $u \in [0, 5/4\pi]$ dostajemy część *torusa*:



Konstruktywna geometria brył

Termin *konstruktywna geometria brył* (ang. *constructive solid geometry*) oznacza metodę **budowania brył** w wyniku **składania ustalonych elementów** „klocków”. Operacje składania to dodawanie, odejmowanie i iloczyn (część wspólna) zbiorów. Klockiem może być dowolna *półprzestrzeń*, czyli zbiór punktów (x, y, z) spełniających nierówność:

$f(x, y, z) < 0$ gdzie f jest dowolnym funkcjonałem ciągłym.

Brzeg klocka tworzą punkty, dla których $f(x, y, z) = 0$, a dopełnienie (zewnątrzne) punkty spełniające nierówność $f(x, y, z) > 0$.

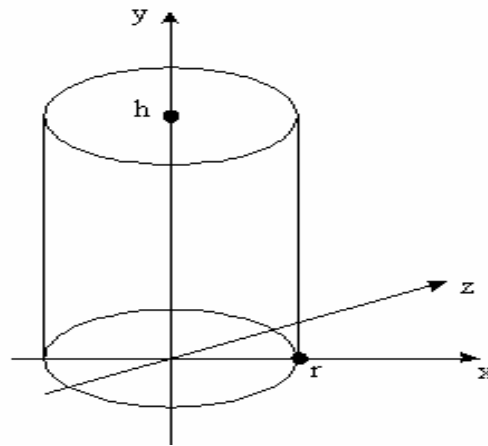
Przykład:

Budowa walca poprzez
wyznaczenie części wspólnej
trzech półprzestrzeni

zdefiniowanych

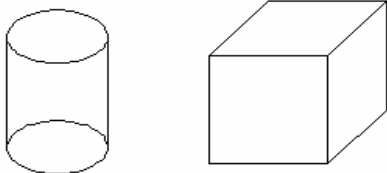
nierównościami:

$$x^2 + y^2 - r^2 < 0, \quad -y < 0, \quad y - h < 0$$

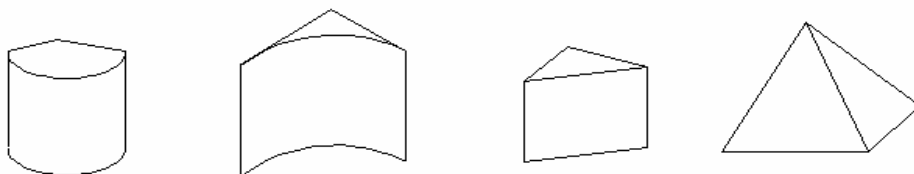


W praktyce wygodniej jest budować bryłę z **ograniczonych** elementów. Dwa powszechnie stosowane zestawy elementów podstawowych:

a)



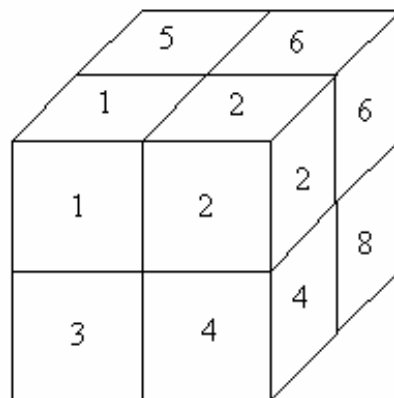
b)



Omawiany tu sposób konstrukcji opisuje się **drzewem**, którego **liśćmi** są **elementy podstawowe** lub **wielkości określające transformację**, a węzły **wewnętrzne** odpowiadają **działaniom** na tych elementach (dodawaniu, odejmowaniu, przecięciu) albo **transformacjom** (obrotowi, przesunięciu, skalowaniu).

Reprezentacja za pomocą drzew ósemkowych

Obiekt przestrzenny (bryłę) wpisujemy w **sześcian**, któremu odpowiada **korzeń drzewa ósemkowego**. Ten wyjściowy sześcian dzielimy na osiem mniejszych, numerowanych jak na rysunku obok.

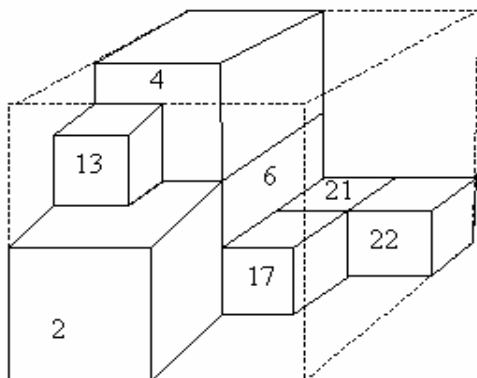


Jeżeli mniejszy sześcian leży całkowicie wewnątrz bryły, to reprezentującemu go **synowi** korzenia przypisujemy kolor szary. I odwrotnie, gdy cały sześcian położony jest na zewnątrz bryły to odpowiadającemu mu synowi w drzewie przyporządkowujemy kolor biały.

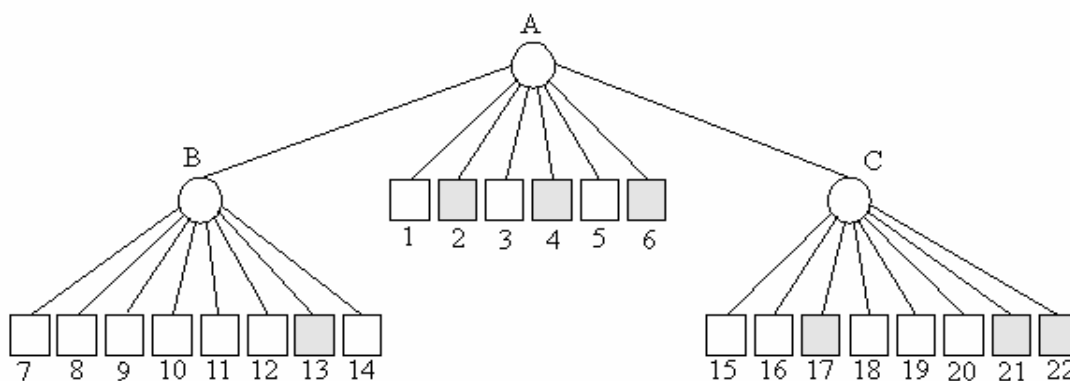
Przykład:

Bryła (a) i opisujące ją drzewo ósemkowe (b)

a)



b)



Literatura podstawowa:

M. Doros: "Przetwarzanie obrazów", Skrypt WSISIZ, Warszawa 2005, rozdz.7 (str.165-175)

Literatura uzupełniająca:

J.Zabrodzki (ed), Grafika komputerowa, metody i narzędzia, WNT, Warszawa, 1994.

Tematyka sprawdzianu końcowego

- W ramach sprawdzianu końcowego należy rozwiązać zadania z tematyki przedstawionej na wykładzie z POB. Zadania te są zamieszczone w skrypcie M. Doros: "Przetwarzanie obrazów", Skrypt WSISIZ Warszawa 2005, oraz w materiałach wykładowych z POB na UBI. Przykłady rozwiązań tego typu zadań podano w trakcie wykładów.
- Obowiązuje znajomość następujących pojęć:
 1. Obraz ciągły, obraz cyfrowy, piksel, rodzaje rozdzielczości.
 2. Siatka dyskretna i jej rodzaje, rodzaje sąsiedztwa. Dualizm węzeł oczko siatki.
 3. Paradoks spójności.
 4. Dopełnienie obrazu a tło obrazu, średnica podzbioru.
 5. BINARYZACJA obrazu.
 6. Segmentacja obrazu.
 7. Analiza obrazu. Jakiemu odwzorowaniu odpowiada analiza obrazu.
 8. Rozpoznanie obrazu. Jakiemu odwzorowaniu odpowiada rozpoznanie obrazu.
 9. Metryka (definicja i 3 podstawowe własności).
 10. Podstawowe rodzaje metryk i ich interpretacja w dziedzinie przetwarzania obrazów.
 11. Akwizycja obrazu.
 12. Odszumianie czasowe i przestrzenne.
 13. Operacje jednopunktowe (jedno i wieloargumentowe).
 14. Operacja progowania.
 15. Odwrotna operacja progowania.
 16. Operacja progowania przedziałami.
 17. Operacje progowania z zachowaniem poziomów szarości.
 18. Operacja rozciągania.
 19. Operacja redukcji poziomów szarości.
 20. Histogram obrazu. Jaką wnosi informację o obrazie
 21. Operacje dodawania, odejmowania, mnożenia i cele ich stosowania.
 22. Operacje logiczne.
 23. Tablica LUT i jej dwa przykładowe zastosowania
 24. Operacje sąsiedztwa i ich podział. Tablica LUT w zastosowaniu do operacji sąsiedztwa.
 25. Operacje wygładzania obrazu i ich podział.

26. Filtracja liniowa wygładzania, współczynnik maski.
27. Filtracja logiczna.
28. Filtracja medianowa.
29. Operacje wyostrażania obrazu i ich podział.
30. Operacje gradientowe.
31. Operacje laplasjanowe.
32. Detekcja krawędzi
33. Metody specjalnego gradientu.
34. Metody uzgadniania wzorca.
35. Metody skalowania obrazu.
36. Histogram 2D.
39. Erozja i dylatacja.
40. Transformacja Hougha.
41. Klasy obrazów.
42. Krzywa dyskretna, kod łańcuchowy, różnicowy kod łańcuchowy.
43. Dyskretyzacja krzywej ciągłej.
44. Reprezentacja rastrowa i wektorowa obrazu.
45. Edytor punktowy.
46. Transformata Fouriera.
47. Sposoby przeglądu obrazu
48. Kompresja bezstratna obrazu.
49. Kompresja stratna obrazu.
50. Kompresja krzywych dyskretnych.
51. Dwa sposoby liczenia różnic pomiędzy obrazami.
52. Proces analizy i rozpoznania obrazu jako realizacja trzech odwzorowań
53. Predykcja położenia ruchomego obiektu
54. Segmentacja obrazu, rodzaje segmentacji.
55. Współczynniki kształtu i ich własności.
56. Obraz jako wektor cech w n-wymiarowej przestrzeni cech.
57. Rodzaje cech, zasada Brawermanna.
58. Metoda $\alpha - NN$.
59. Entropia w odniesieniu do piksła, obrazu, kierunku.
60. Steganografia w odniesieniu do obrazu lub tekstu.
61. Modelowanie koloru; barwa, jasność, nasycenie, dominująca długość fali, barwy addytywne, barwy subtraktywne.
62. Omówienie modeli RGB, HSV, CMY ze względu na ich zastosowania.

63. Sposoby reprezentacji obiektów graficznych.

Uwaga:

W trakcie pisania sprawdzianu można korzystać z materiałów własnych:

- skryptu M. Doros: "Przetwarzanie obrazów", WSISIZ **Warszawa 2005** zawierającego aktualne zadania,
- własnych materiałów wykładowych

Niedozwolone jest korzystanie z urządzeń elektronicznych