

## Vektorska grafika

doc.dr. Samir Lemeš  
slemes@mf.unze.ba

Univerzitet u Zenici - 2012



## Vektorska grafika

# aa

- Prednosti i nedostaci
- 2D, 3D koordinate
- Primitivi
- Krivulje



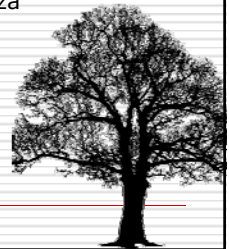
## Prednosti i nedostaci

- U rasterskoj grafici slika je predstavljena mrežom piksela.
  - zahtijeva puno memorije
  - povećanjem slike gubi se kvalitet
- Vektorska grafika sliku opisuje geometrijskim likovima: linije, krugovi,...
- Vektorski objekti imaju promjenljive atribute: boja unutrašnjosti (fill), boja i debljina granične linije (outline).



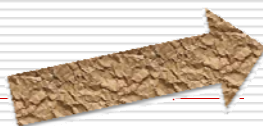
## Prednosti i nedostaci

- Povećanjem vektorske grafike ne gubi se ništa na kvalitetu slike (pikseli se ne povećavaju)
- Prikazom pomoću prostih geometrijskih likova gubi se na prirodnosti prikaza
- Prirodne slike zahtijevaju veliki broj geometrijskih likova ili gradijente boja
- Vektorski formati datoteka su manje univerzalni od rasterskih (JPG, GIF,...)



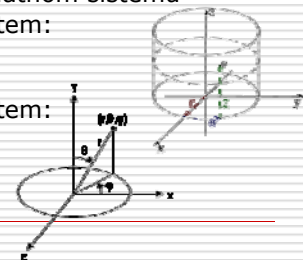
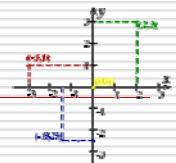
## Prednosti i nedostaci

- Primjer modeliranja 2D krivulje:
- Oblik vektorskih slika nije ograničen na pravouglove (kao kod rasterske grafike)
- Vektorski likovi se mogu kombinovati s rasterskim slikama



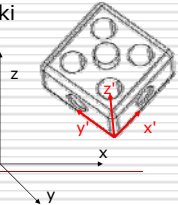
## Koordinate

- Položaj geometrijskih likova određuje se koordinatama u izabranom koordinatnom sistemu
- 2D koordinatni sistem:
  - Pravougli:  $x, y$
  - Polarni:  $r, \theta$
- 3D koordinatni sistem:
  - Pravougli:  $x, y, z$
  - Cilindrični:  $r, \theta, z$
  - Sferni:  $r, \theta, \phi$



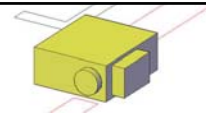
## Koordinate

- Usvaja se mjerna jedinica (m, cm, mm)
- CAD crteži se crtaju po pravilu u mjerilu 1:1, a mjerilo se bira tik prije štampanja
  - Globalni koordinatni sistem (WCS - World Coordinate System) je zajednički za sve prikazane objekte
  - Lokalni koordinatni sistem (UCS - User Coordinate System) se koristi da se olakša modeliranje složenih oblika.



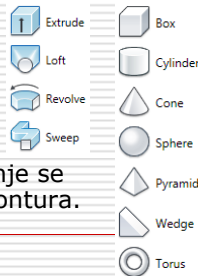
## Primitivi

- Osnovni elementi koji grade 2D sliku su:
  - tačka (point),
  - duž (line),
  - krug (circle), luk (arc), elipsa (ellipse, oval),
  - trougao (triangle), četvorougao (rectangle), poligon (polygon) - pravilni n-strani poligoni,
  - polilinja (polyline) - višestruka izlomljena linija
  - krivulja (curve, spline) - glatka krivulja definisana čvornim tačkama
  - tekst (text)



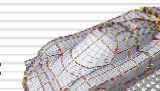
## Primitivi

- Osnovni elementi koji grade 3D sliku su:
  - svi 2D primitivi (definisani s 3 koordinate),
  - prizma (box, wedge, cube)
  - cilindar (cylinder)
  - konus (cone)
  - kugla (sphere)
  - piramida (pyramid)
  - torus (toroid)
- Osim primitivima, modeliranje se vrši i transformacijom 2D kontura.



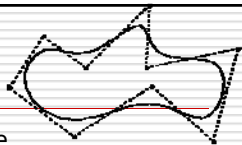
## Krivulje

- Za crtanje složenijih geometrijskih oblika nisu dovoljni primitivi sastavljeni od ravnih i lučnih segmenata
- Koriste se parametarske krivulje.
- Krivulja se modelira kao polinom:
 
$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$
 gdje su  $x()$ ,  $y()$ ,  $z()$  polinomi, a  $t$  je parametar
- Linearni:  $f(t) = at + b$
- Kvadratni:  $f(t) = at^2 + bt + c$
- Kubni:  $f(t) = at^3 + bt^2 + ct + d$



## Krivulje

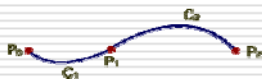
- Parametarske krivulje se definišu kontrolnim tačkama ili čvorovima.
- **Kontrolne tačke** su set tačaka koje utječu na oblik krivulje
- **Čvorovi** su kontrolne tačke koje leže na krivulji.



## Kontinuiteti

- Zakrivljene linije i površine se ne mogu uvijek opisati linearnim, kružnim segmentima ili matematičkim funkcijama
- Krivulje se konstruišu povezivanjem krajeva više manjih segmenata, koji su najčešće opisani polinomima:  $f(t) = at^3 + bt^2 + ct + d$
- Najčešće se koristi polinom 3. stepena
- Vrijednosti parametra "t" su u intervalu [0,1]
  - $t = 0$  - početak segmenta
  - $t = 1$  - kraj segmenta

## Kontinuiteti



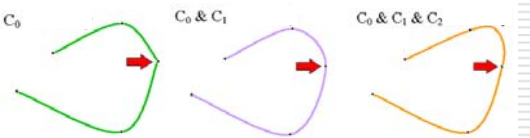
- **Kontinuitet** opisuje vezu, odnosno pravila o tome kako se vrši povezivanje, a može biti:
  - Parametarski kontinuitet
  - Geometrijski kontinuitet
- Parametarski kontinuitet je koncept koji opisuje promjenu vrijednosti parametra duž krivulje
- Parametarski kontinuitet se može uporediti s krivuljom koja opisuje kretanje objekta, i u tom slučaju vrijeme predstavlja parametar "t"
- Promjena se opisuje izvodima

## Kontinuiteti

- Prvi izvod (derivacija) polinoma koji opisuje segment krivulje predstavlja tangentu na tu krivulju.
 
$$\mathbf{x} = \mathbf{a}t^3 + \mathbf{b}t^2 + \mathbf{c}t + \mathbf{d} \quad \frac{d\mathbf{x}}{dt} = 3\mathbf{a}t^2 + 2\mathbf{b}t + \mathbf{c}$$
- Analogija:
  - Brzina je prvi izvod pređenog puta
  - Ubrzanje je drugi izvod pređenog puta, odnosno prvi izvod brzine
- Kontinuitet predstavlja pokazatelj zakrivljenosti krivulje na prelazu segmenata

## Kontinuiteti

- Parametarski kontinuitet može biti:
  - $C^{-1}$ : krivulje imaju prekide (diskontinuitete)
  - $C^0$ : krivulje su spojene (imaju zajedničku tačku)
  - $C^1$ : prvi izvodi krivulja su jednaki
  - $C^2$ : prvi i drugi izvodi krivulja su jednaki
  - $C^n$ : izvodi od prvog do n-tog su jednaki

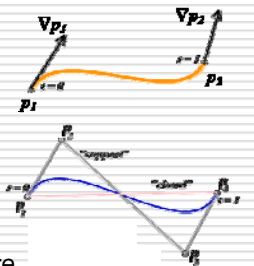


## Kontinuiteti

- Da bi se osigurao  $C_2$  kontinuitet, polinomi moraju biti najmanje 3. reda.
- Vrste parametarskih krivulja 3. reda:
  - **Hermitove krivulje** - dvije krajnje tačke i dva vektora tangenti u krajevima
  - **Bezier krivulje** - dvije krajnje tačke i dvije druge tačke koje definišu vektore tangenti u krajevima
  - **Splajnovi (spline)** - četiri kontrolne tačke
    - $C_1$  i  $C_2$  kontinuitet u tačkama dodira
    - Približavaju se svojim kontrolnim tačkama, ali ih ne moraju uvijek dodirnuti

## Parametarske krivulje

- Hermitova forma za definisanje krivulja trećeg reda: segment krivulje je definisan pomoću 2 krajnje tačke i 2 vektora tangenti na krajevima
- Bézierova forma vektore zamjenjuje početnim i krajnjim tačkama



## Parametarske krivulje

- Par parametarskih kubnih krivulja s  $C_2$  kontinuitetom naziva se B-spline (B-splajn)
- Uniformni B-splajn ima sve segmente iste dužine
- NeUniformni, Racionalni B-Splajnovi (NURBS) mogu imati segmente različitih dužina.

