

Vektorska grafika

v.prof.dr. Samir Lemeš

Predavanja za predmet
B4812 "Kompjutersko oblikovanje parkovskog prostora (CAD)"

Šumarski fakultet u Sarajevu, 2017.



Vektorska grafika

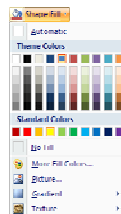
- Prednosti i nedostaci
- 2D, 3D koordinate
- Primitivi
- Krivulje

a a



Prednosti i nedostaci

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



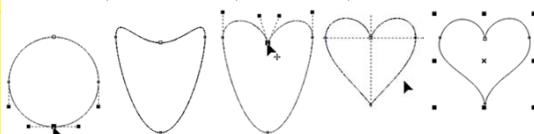
Prednosti i nedostaci

- 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:

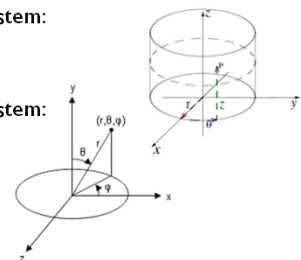
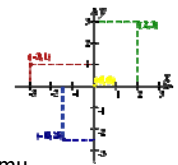


- Oblik vektorskih slika nije ograničen na pravouglove (kao kod rasterske grafike)
- Vektorski likovi se mogu kombinovati s rasterskim slikama



Koordinate

- Položaj geometrijskih likova određuje se koordinatama u izabranom koordinatnom sistemu
- 2D koordinatni sistem:
 - Pravougli: x, y
 - Polarni: r, θ
- 3D koordinatni sistem:
 - Pravougli: x, y, z
 - Cilindrični: r, θ, z
 - Sferni: R, θ, ϕ



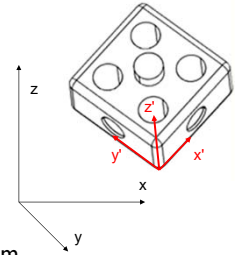
Koordinate

- Osim izbora tipa koordinatnog sistema, potrebno je usvojiti mjernu jedinicu (m, cm, mm)
- CAD crteži se crtaju po pravilu u mjerilu 1:1, a mjerilo se bira neposredno 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.



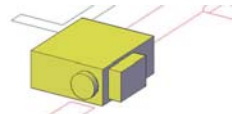
Koordinate

- Afnim transformacijama se objekti iz lokalnog mogu lako iskazati globalnim koordinatama
- Lokalni koordinatni sistem se kreće s objektom
- Relativne lokacije i orijentacije dva koordinatna sistema su definirane transformacionom matricom.
- Položaj 2D UCS se definiše koordinatama koordinatnog početka u WCS i pravcem x-ose



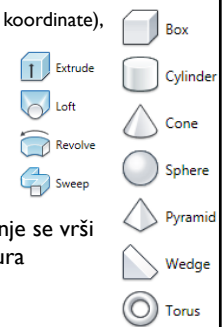
Primitivi

- 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,
 - polilinija (*polyline*) – višestruka izlomljena linija
 - krivulja (*curve, spline*) – glatka krivulja definisana čvornim tačkama
 - tekst (*text*)



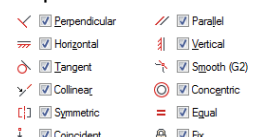
Primitivi

- 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



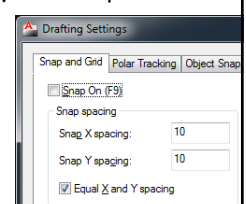
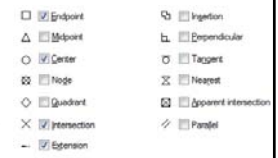
Primitivi

- Prije crtanja 2D primitiva u 3D prostoru, potrebno je odrediti na kojoj ravni će se nalaziti
- Mogu se koristiti koordinatne ravni, površine na drugim objektima, ili referentne (pomoćne) ravni
- Koordinate mogu biti apsolutne (WCS ili UCS) i relativne (u odnosu na prethodnu tačku)
- Za lakše pozicioniranje 2D primitiva, koriste se relacije (*constraints*): paralelnost, okomitost, tangente, simetrija,...



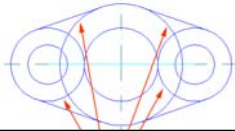
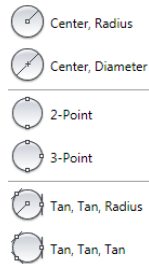
Primitivi

- Postojeće tačke na vektorskom crtežu se mogu koristiti za relativno pozicioniranje novih objekata (OSNAP)
- Može se ograničiti kretanje kursora pomoću mreže pomoćnih linija (SNAP), odnosno definisanjem koraka (tako da se mogu zadati samo koordinate na određenom rastojanju)



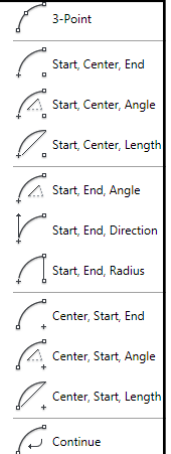
Primitivi

- Krug se može definisati na više načina:
 - centar + poluprečnik
 - centar + prečnik
 - 2 tačke na prečniku
 - 3 nekolinearne tačke
 - 2 tangente + poluprečnik
 - 3 tangente
- Često se krug crta i kad je potrebno nacrtati luk, a zatim se nepotrebni dijelovi brišu



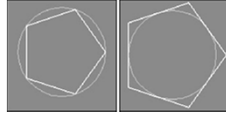
Primitivi

- Luk se može definisati na više načina:
 - 3 tačke (bitan je redoslijed)
 - početak, centar, kraj
 - početak, centar, ugao luka
 - početak, centar, dužina tetive
 - početak, kraj, ugao luka
 - početak, kraj, tangenta na kraju luka
 - početak, kraj, poluprečnik
 - početak, kraj, tangenta na početak luka



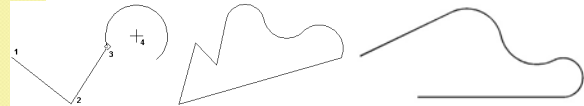
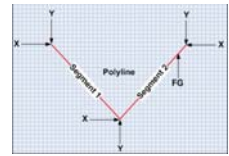
Primitivi

- Elipsa se može definisati:
 - centar, 2 krajnje tačke na 2 ose na 90°
 - 2 krajnje tačke 1 ose, krajnja tačka 2. ose
- Pravilni poligoni se definišu:
 - brojem stranica (5-ugao, 7-ugao)
 - centrom
 - poluprečnikom opisanog (circumscribed) ili upisanog kruga (inscribed circle)



Primitivi

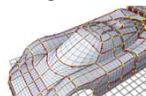
- Segmenti polilinije predstavljaju posebne objekte, čije se krajnje tačke poklapaju s krajnjim tačkama drugih segmenata
- Segmenti mogu biti duži i lukovi
- Ravni segment (duž) može biti tangenta na luk, a lukovi mogu imati zajedničku tangentu



Krivulje

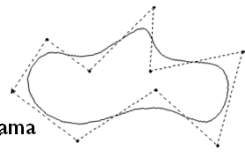
- Za crtanje složenijih geometrijskih oblika nisu dovoljni primitivi sastavljeni od ravnih i lučnih segmenata
- Koriste se parametarske krivulje.
- Krivulja se modelira kao polinom:

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



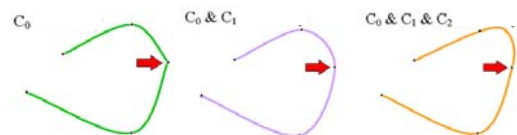
Kontinuiteti

- Prvi izvod (derivacija) polinoma koji opisuje segment krivulje predstavlja tangentu na tu krivulju.

$$x = at^3 + bt^2 + ct + d \quad \frac{dx}{dt} = 3at^2 + 2bt + c$$
- 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 imati vrijednosti:
 - 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

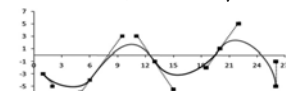


Kontinuiteti

- Geometrijski kontinuitet se definiše:
 - G^0 kontinuitet predstavlja neprekidnost krivulje u tački dodira segmenata
 - G^1 kontinuitet podrazumijeva zajednički pravac vektora tangente u tački dodira segmenata.
 - G^2 kontinuitet podrazumijeva da segmenti imaju zajednički centar zakrivljenosti u tački dodira
- Smjer (ne obavezno i intenzitet) tangenti se poklapa, odnosno vrijednosti tangenti na krajevima dva segmenta su proporcionalne
- Parametarski kontinuitet implicira geometrijski, dok obrnuto ne mora da vrijedi

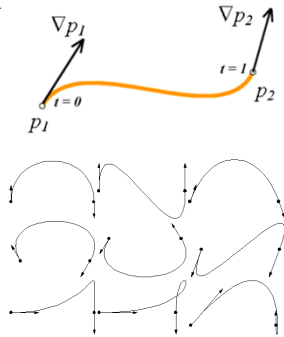
Kontinuiteti

- Da bi se osigurao C_2 kontinuitet, polinomi koji opisuju segmente 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



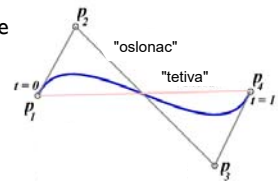
Parametarske krivulje

- Hermitova forma za definisanje krivulja trećeg reda: segment krivulje je definisan pomoću 2 krajnje tačke i 2 vektora tangenti na krajevima
- Postoji problem određivanja intenziteta tangenti



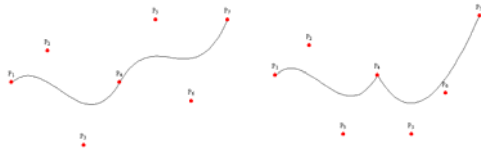
Parametarske krivulje

- Bézierova forma rješava problem određivanja intenziteta vektora tangenti tako što te vektore zamjenjuje početnim i krajnjim tačkama
- Četiri kontrolne tačke, od kojih su dvije čvorovi
- Kod Hermitovih i Bézierovih krivulja, pomjeranjem samo jedne kontrolne tačke utječe se na cijelu krivulju.



Parametarske krivulje

- Ako nema C_1 kontinuiteta, pomjeranjem tačke P_5 gubi se "glatki prelaz" između segmenata:



- Par parametarskih kubnih krivulja s C_2 kontinuitetom naziva se *B-spline* (B-splajn)

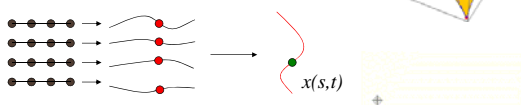
Parametarske krivulje

- Kod B-splajna, svaka kontrolna tačka utječe na 4 segmenta krivulje
- Uniformni B-splajn ima sve segmente iste dužine
- NeUniformni, Racionalni B-Splajnovi (NURBS) mogu imati segmente različitih dužina



Parametarske površine

- Bézier površine se formiraju od Bézier krivulja:
 - Rubne krivulje su Bézier krivulje s parametrima s i t
 - Svaka krivulja konstante s ili t je Bézier krivulja



CAD software

- CAD software se može podijeliti na 3 kategorije:
 - Univerzalni software
 - Specijalizirani namjenski software
 - Hibridni software (kombinacija univerzalnog i specijaliziranog)
- Specijalizirani software ima usku namjenu:
 - Dizajn enterijera
 - Planiranje i projektovanje kuhinjskih elemenata
 - Projektovanje eksterijera (parkovi, bašte,...)
 - Fotorealistična vizualizacija
 - Projektovanje instalacija...



CAD software

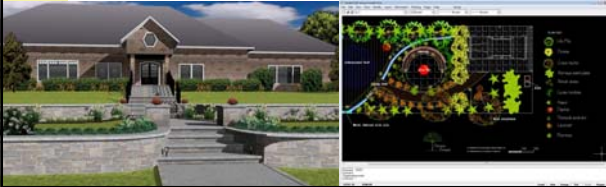
- **Univerzalni CAD software** ima alate za crtanje najbližije tradicionalnom crtanju.
- Modifikacije dizajna mogu biti vrlo spore.
- Razvijaju se dodaci (*add-on, plug-in,...*) koji proširuju funkcionalnost, i tako nastaje hibridni software.
Primjer: AutoCAD + Smart Architect.
- AutoCAD obezbeđuje osnovnu funkcionalnost, a Smart Architect objekte za crtanje zidova, vrata, krovova,...

Univerzalni software

- **AutoCAD** je 2D/3D software za tehničko crtanje opšte namjene.
- Koriste se add-in aplikacije (Smart Architect,...) da se olakša crtanje zidova, krovova, vrata, itd.
- **AutoCAD LT** je 2D CAD alat, kompatibilan s AutoCAD-om, bez mogućnosti nadogradnje aplikacijama, 3D modeliranja i vizualizacije, rada s rasterskim slikama.
- Namijenjen je korisnicima kojima trebaju samo 2D tehnički nacrti i skice (npr. nadzor procesa projektovanja).

Specijalizirani software za projektovanje eksterijera

- GardenCAD (www.gardencad.net)
- 3D Garden Composer (www.gardencomposer.com)
- Realtime Landscaping Architect (www.ideaspectrum.com)
- Landscape, Deck & Patio Designer NexGen (www.punchsoftware.com)



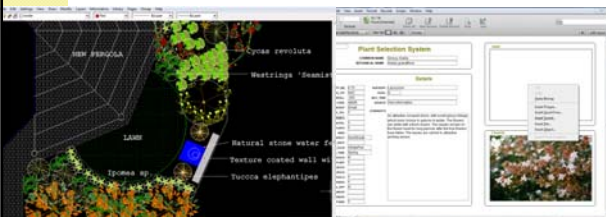
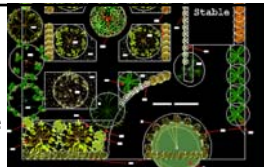
3D Garden Composer

- **Plant Encyclopedia** baza podataka o 15000 biljaka
- **Garden Planner** modeliranje CAD objektima
- 800 3D biljaka
- 400 3D objekata
- 100 tekstura



GardenCAD

- **GardenCAD Lite** besplatna verzija
- **Raster import** - korištenje slika i podataka iz online baza podataka



Realtime Landscaping Architect

- 6700 realistično prikazanih biljaka
- **Plant Growth tool** (rast biljaka)

