

Osnove inženjerske informatike I

Crtanje pomoću računala

1

Crtanje s računalom

■ Predavanja

- računalna grafika
- strojna oprema za računalnu grafiku
- zapis slika i modela
- programska oprema za računalnu grafiku
- osnovni grafički algoritmi

■ Vježbe

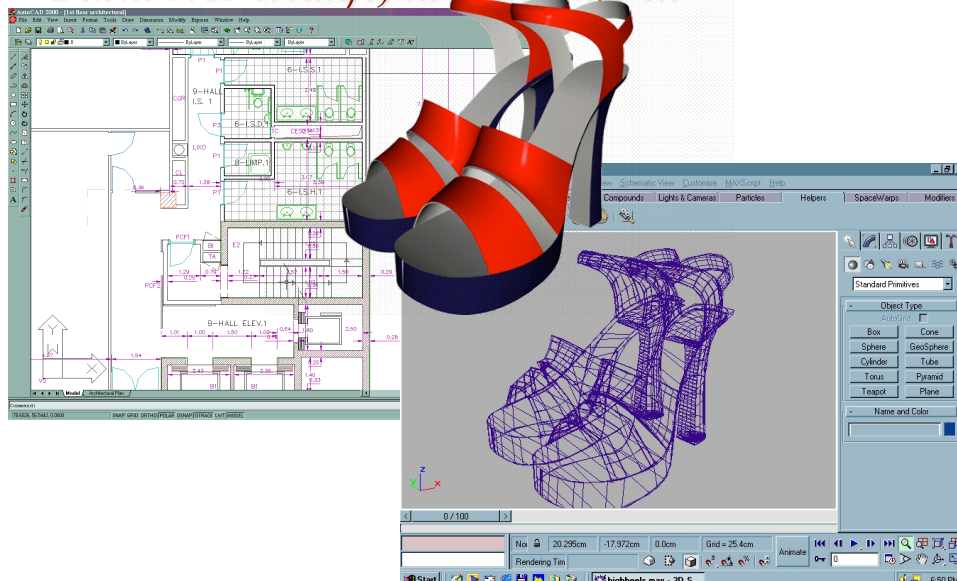
- Tečaj AutoCAD (2D) 12 sati
- e-learning seminar Adobe Photoshop

2

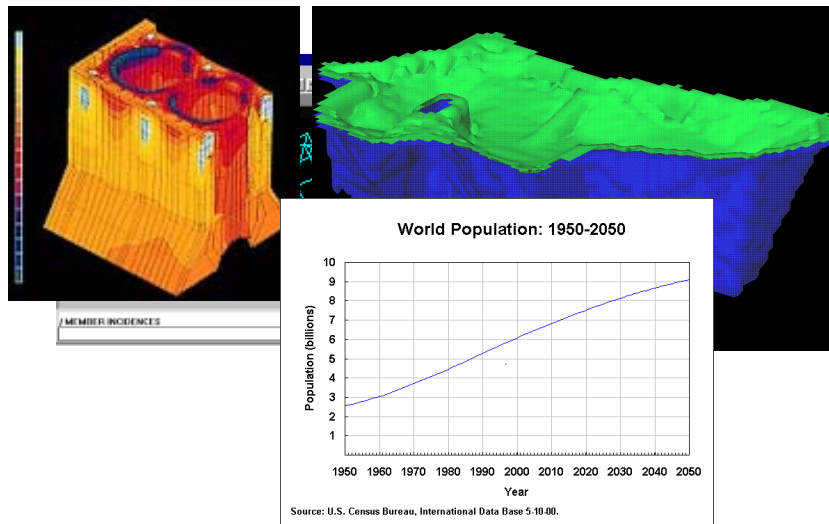
Računalna grafika - definicije

- "Izrada, pohrana i manipulacija modelima predmeta i njihovih slika pomoću računala" (Foley, VanDam 1984).
- "Korištenje računalne tehnologije za rad sa slikovnim prikazom informacija"
- **Korištenje:**
 - tehničko crtanje, modeliranje ...
 - prikazi podatka
 - alati pri izradi ugodnih korisničkih sučelja ...
 - ilustracije, obrada fotografija, stolno izdavaštvo ...
 - raspoznavanje riječi i slika ...
 - video-igre, filmovi, crtići ...
 - prividna realnost ...

Tehničko crtanje, modeliranje ...

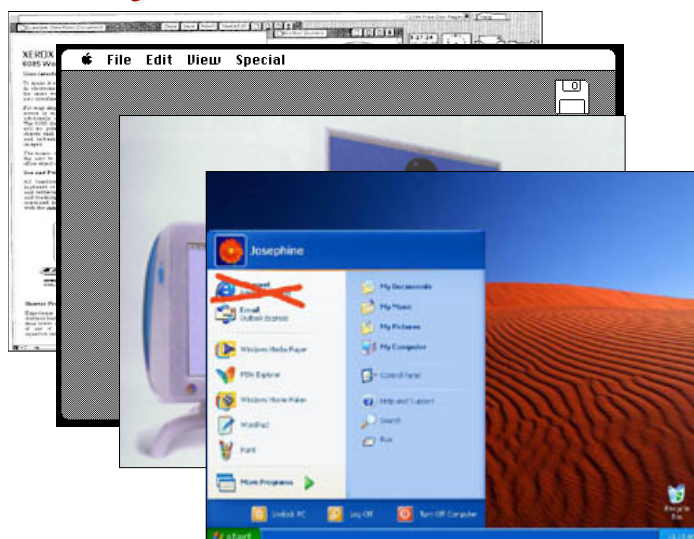


Prikazi podatka



5

Alati pri izradi ugodnih korisničkih sučelja ...



6

Obrada fotografija



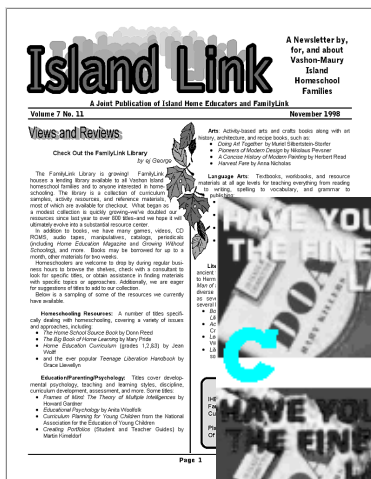
7

Obrada filmskog materijala



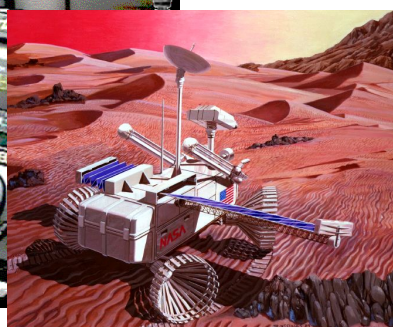
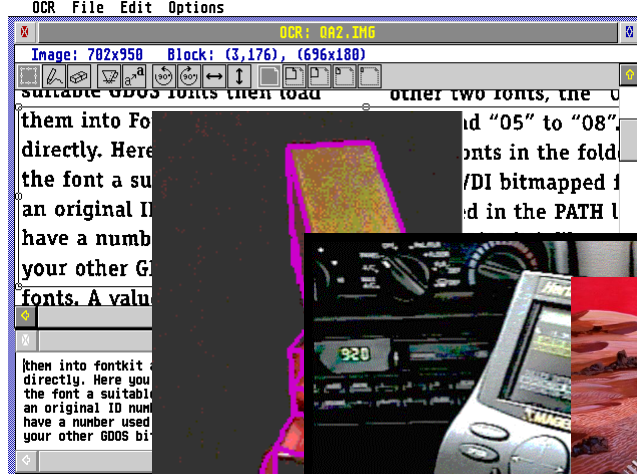
8

Stolno izdavaštvo

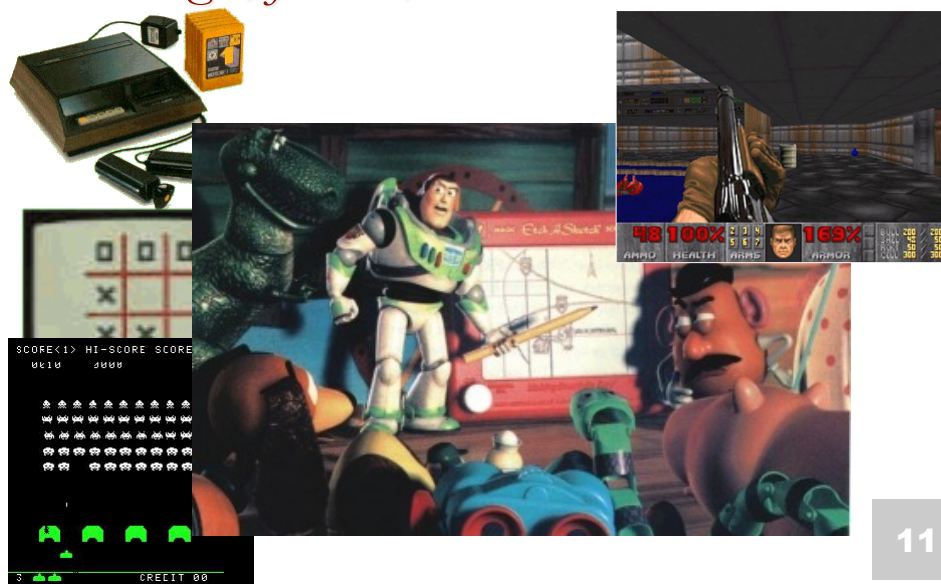


9

Razpoznavanje rreči i slika ...



Video-igre, filmovi, crtići ...



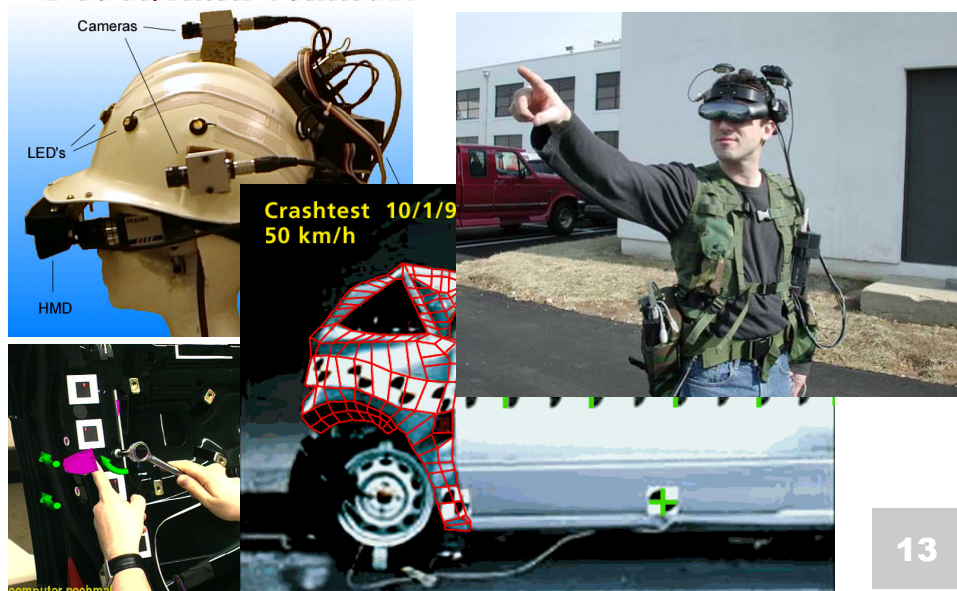
11

Prividna realnost ...



12

Poboljšana realnost



13

Grafička strojna oprema

- grafičke ulazne naprave
- grafičke izlazne naprave
- grafički procesori i prateća poboljšanja



14

Grafičke ulazne naprave

- **zadaća:** unos geometrijske ili slikovne informacije

optički čitači slika (skeneri)

pretvornik pomičnih slika u računalni oblik

- **vrste:**

- lokatori
- Optički čitači slika
 - mirujućih
 - pokretnih

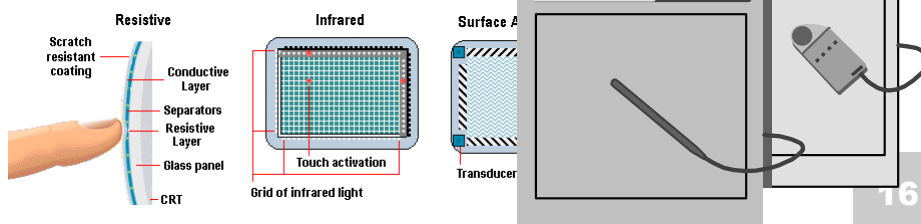
15

Lokatori

- 2D i 3D lokatori (miševi, svjetlovne olovke, zasloni osjetljivi na dodir, grafički tableti, XY tragači (podatak je X,Y,t);

- podatkovne rukavice, 3D pokazivači

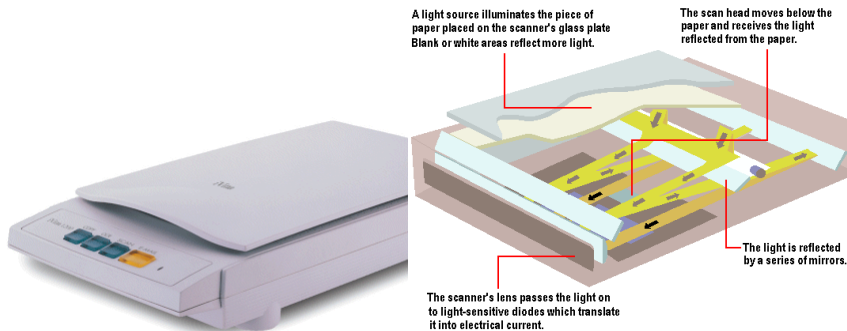
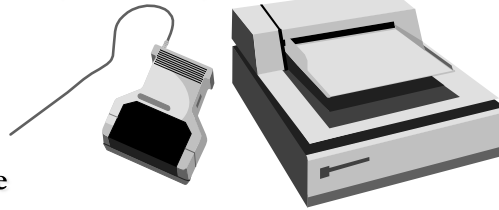
- $(X_1, Y_1, Z_1, t_1 - X_n, Y_n, Z_n, t_n)$.



16

Čitači mirujućih slika (skeneri)

- ulaz: list papira, diapozitiv
- razlaže sliku u raster
- mjeri svjetlost i/ili boju svakoga kvadrata ...
- različite točnosti ... mjere se u dpi (kvadrata po inch-u)



17

Čitači pokretnih slika

- ulaz: video signal (analogni ili digitalni)
- potrebno djelovanje u realnom vremenu
- cca. megabyte/sekundi za solidnu kvalitetu
- cijena



Grafičke izlazne naprave

■ zadatak: prikaz geometrijskih ili slikovnih informacija

■ vrste prema mediju

- zaslon, projektor
- papir, film
- materijal

19

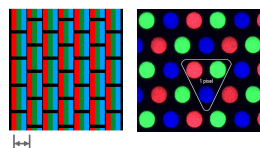
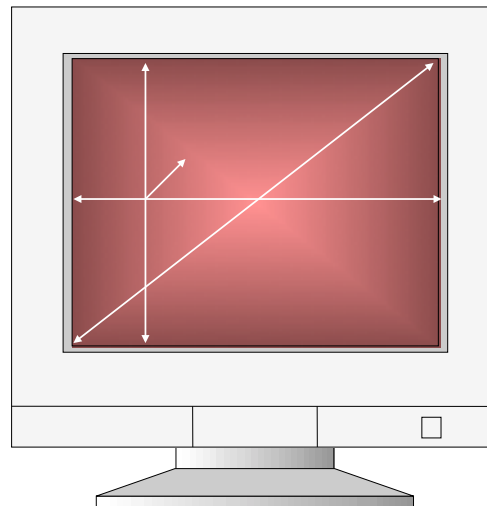
Zasloni

■ vrste

- vektorski zasloni: slika je sastavljena iz skupa vektora – više ih nema
- rasterski zasloni: slika je sastavljena iz skupa elemenata (element slike ... picture element ... pixel)
 - CRT - katodna cijev
 - tekući kristali
 - plazma

■ značajke:

- dimenzije dijagonale npr. 10,12,14,15,17,20,21 inča
- razlučivost slike (širina, dužina izražena u slikovnim elementima npr. 1024*768 (4:3) do 1920*1200 (WUXGA-16:9).
- dubina slike boja (određuje broj boja) npr.: 4 bita - 16 boja, 8 bita - 256 boja, 24 bita - 1.6M boja
- brzina obnavljanja slike (Hz)



20

Hardcopy naprave

■ ploteri: sliku sastavljaju

- iz vektora, crtaju s perima
- rasterski



NSB GIS ge'99

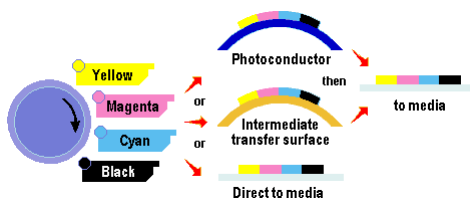
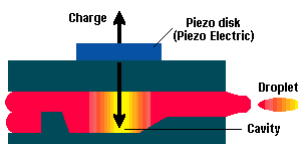
Hardcopy - pisači

■ pisači: sliku sastavljaju iz točaka:

- udarni matrični, laserski, tintne brizgalice, elektrostatični
- preciznost se mjeri u točkama po inču (72-1200)

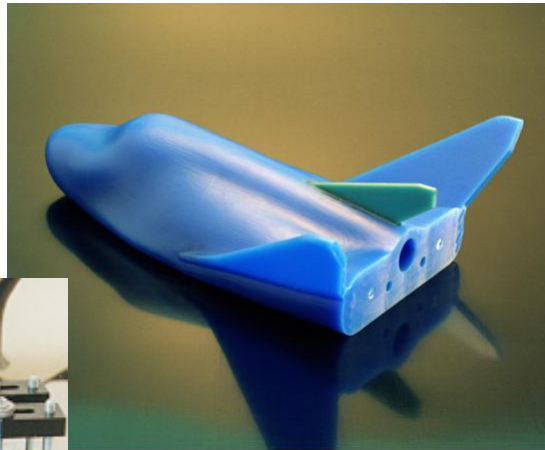
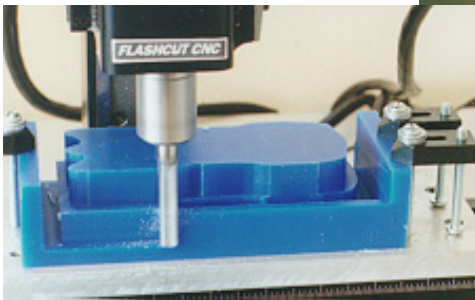
■ druge naprave:

- iscertavaju slike na foto- ili video-film, na dijapozitive



Modelatori, roboti

- izrada 3D modela
- numeričko upravljani (NC) strojevi
- roboti



Wax Model
Langley Research Center

9/29/1993

Image # EL-1996-00020

23

Druga strojna oprema

■ Ostala grafička poboljšanja

- strojna oprema zna sama, bez pomoći CPU narisati npr. crtu, krug, ispunjen poligon ...
- Bolja oprema crta cijeli niz poligna u prostoru, zadovoljavajući vidljivost uz sjenčanja ...
- naprave za kompresiju/dekompresiju slika

■ Rješenja

- na grafičkoj kartici,
- dio mikroprocesora (od Intel MMX)



24

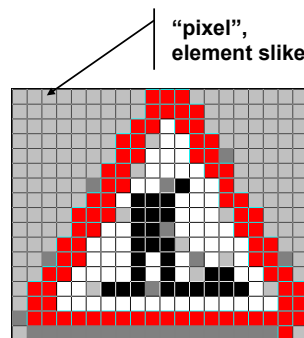
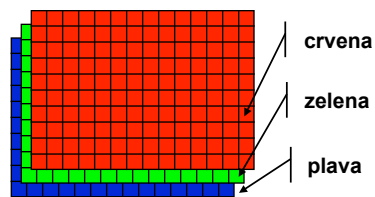
Računalni zapis slika i modela

- prema osnovnim gradivnim elementima koji sastavljaju sliku:
- **rasterski zapis**
 - sliku sastavljaju pixeli - elementi slike
- **vektorski zapis**
 - vektori,
 - geometrijski likovi (trokuti, krugovi)
 - geometrijska tijela (kvadri, kocke)
 - predmeti (grede, stupovi, zidovi)
- još kompliciraniji gradivni elementi!

25

Rasterski zapis slika

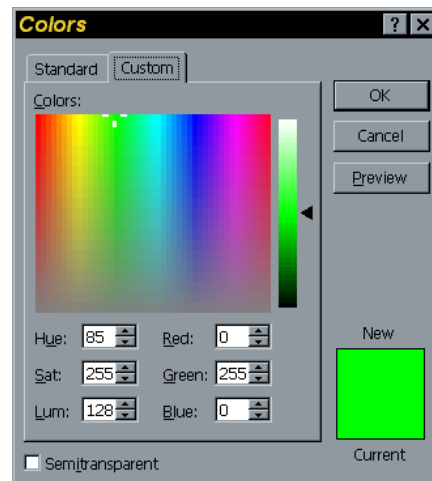
- računalo sliku razreže u raster i zapamti boju u svakoj točki rastera slike
- točnost slike ovisi od:
 - zrnatosti rastera (broj elemenata)
 - broja boja
- primjeri - približan broj točaka po širini:
 - TV slika = 400
 - DVD slika (752)
 - HDTV slika (720p, 1080i/p)
 - računalni zaslon cca. 640-2000
 - dijapozitiv 4000-20000
 - laserski pisač 3000 (na A4 strani)
 - profesionalni tisak 12000 (na A4 strani)
- dubina boja rastera (1,4,16,24 bita...)
- zapis je primjeren za digitalizirane analogne snimke i manje sličice



26

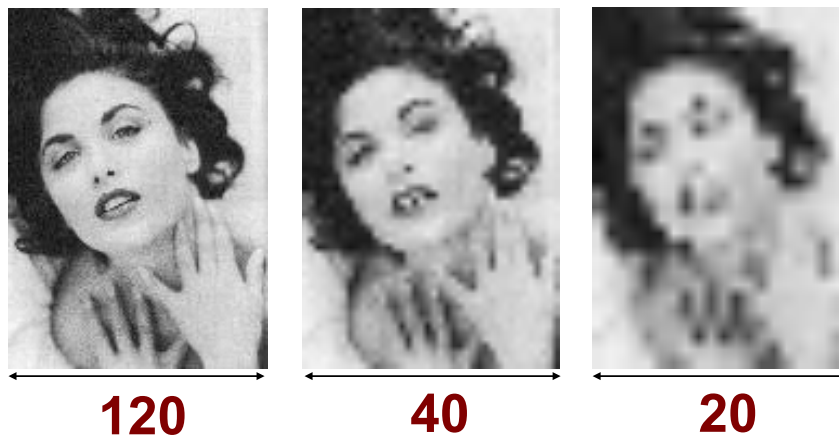
Računalni zapis boja

- **sastavljanje boja iz “osnovnih boja”:**
 - RGB - red, green, blue (zasloni)
 - CMYK - cyan, magenta, yellow, black (tiskarski strojevi)
 - HSL – ton, zasićenost, svjetlost
- **za čovjekovo oko dovoljno je 2^4 tonova boja**



27

Razlučivost slike



28

Broj boja



256 tonova



4 tona



2 tona

29

Sažimanje rasterskih slika

■ smanjivanje dubine boja, indeksirane boje, sažimanje:

- reverzibilno sažimanje - dekompresirana slika identična je sažetoj (GIF, TIF)
- nereverzibilno sažimanje - dekompresirana slika se tako malo razlikuje od originala, da oko malo ili ništa ne primjećuje (JPEG)

30

Primjeri

original

smanjena
dubina boja

nereverzibilno
sažimanje

31

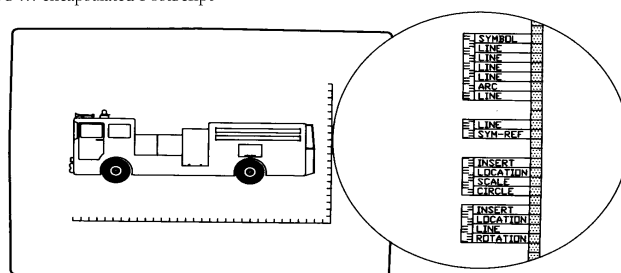
Standardni zapisi rasterskih slika

- GIF ... najviše 256 boja iz palete 2^{24} , podoban za crtane rasterske slike
- BMP ... potpuna paleta, www ne podupire.
- PNG ... kao gore, novi pretraživači podupiru.
- TIF ... podupire i CMYK boje, poželjni oblik za tisak
- JPG ... vrlo moćne kompresije, s prilagodbama. Uobičajen format za fotografije.

32

Vektorski zapis slika

- “slika” je skup elemenata koji je sastavljaaju
- neutralnih standarda praktično nema, svi su vezani na proizvođače programa za crtanje
- najsigurniji vektorski oblici za razmjenu su:
 - DXF ... Autodesk
 - WMF ... Windows metafile
 - EPS ... encapsulated PostScript

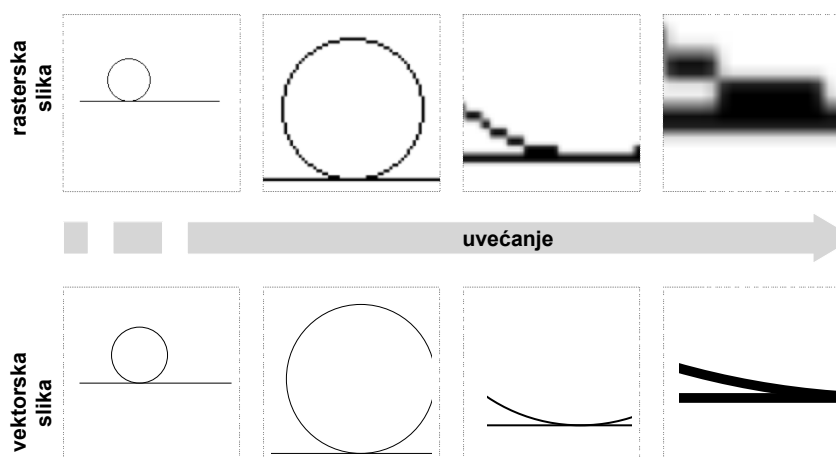


Slika na zaslonu

Podatki

33

Vektorski i rasterski zapis: primjeri



uvećanje

34

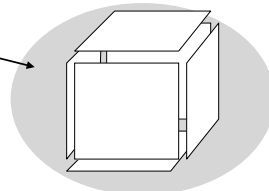
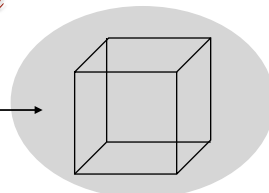
Pretvaranja rasterskih i vektorskih zapisa

- **rasterizacija:** postupak koji iz vektorske slike pravi rastersku (relativno jednostavno)
- **vektorizacija:** postupak koji iz rasterske slike pravi vektorsku (teže, potrebna "inteligencija")
 - raspoznavanje riječi
 - vektorizacija starih tehničkih nacрта, zemljovida ...
 - raspoznavanje tijela u prostoru

35

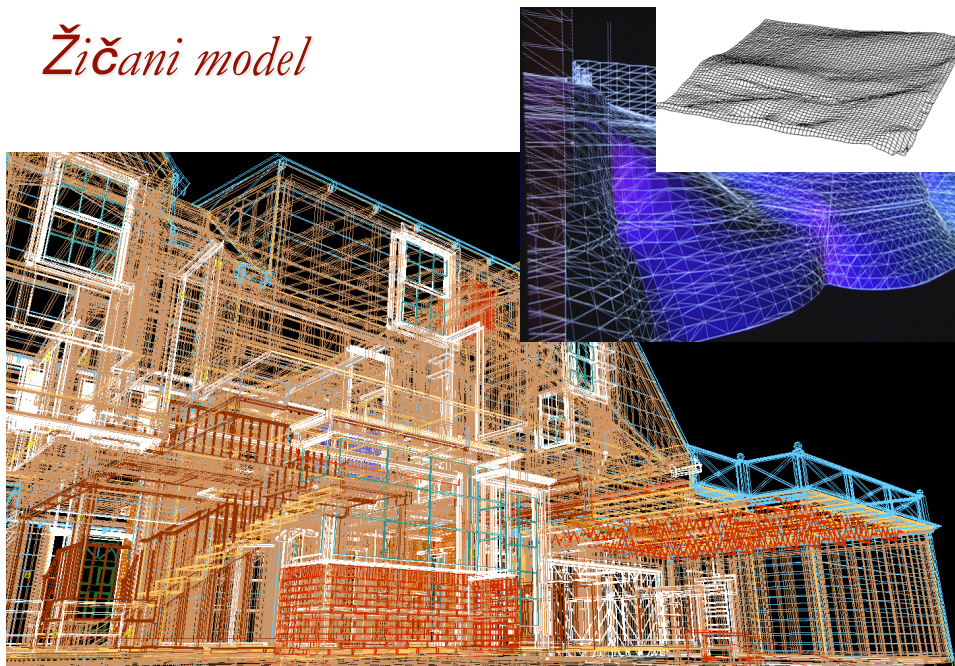
Računalno prikazivanje tijela

- **Žičani model** —————→
 - 3D duljine
- **Plošni model** —————→
 - 3D plohe, površine ili zakrivljene površine
 - duljine se usmjeravaju tako da zajedno okružuju površinu
- **Volumni model** —————→

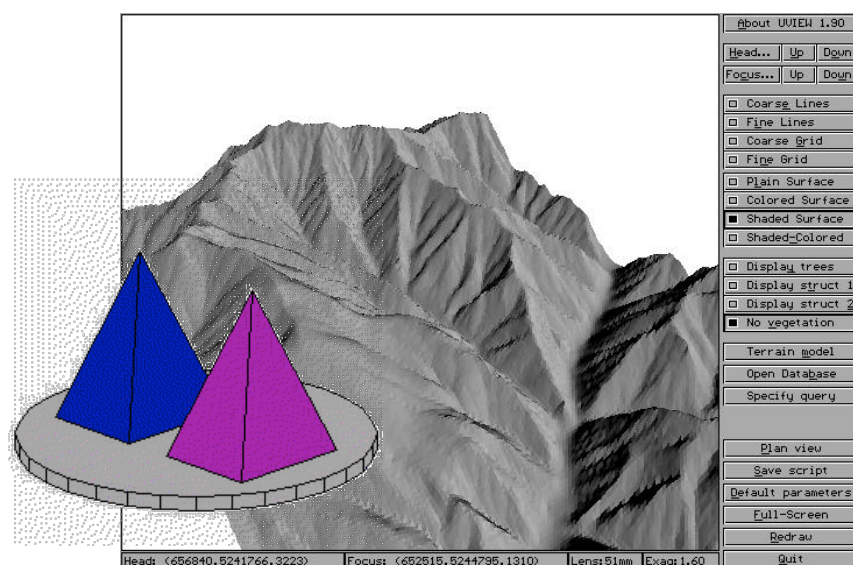


36

Žičani model



Plošni model



Volumni model

- granični
- konstruktivni
- model razdiobe prostora

Volumni modeli - granični

- sastavlja površine iz plošnog modela na zajedničkim rubovima

Volumni modeli - konstruktivni

- složena tijela dobivaju se operacijama unija, presjek, presijecanjem među primitivama.
 - trostrana prizmu: od kvadra se odsijeca drugi kvadar koji dijagonalno siječe prvoga.
- složena se tijela dobivaju “pometanjem” jednostavnih tijela (sweeping)

Volumni modeli – model razdiobe prostora

- prostor kojeg se modelira dijeli se na:
 - dijelove koji su potpuno zapunjeni s tijelom,
 - dijelove, koji su potpuno prazni i,
 - dijelove, koji su dijelom puni, dijelom prazni.
- Dalje se prostor dijeli do traženog stupnje točnosti. Razdijeliti se može na oktante ili specijalizirane oblike, koji se prilagođavaju oblicima tijela.

Crtanje ili modeliranje?



Model i modeliranje

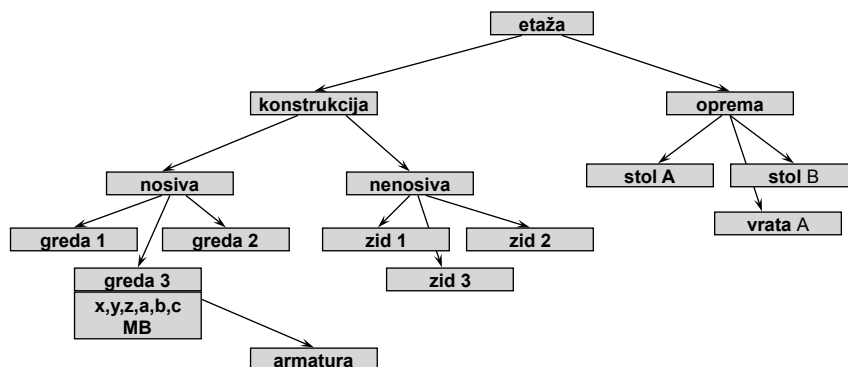
- **Model je predmet "izrađen" za predočavanje nekih karakteristika originala.**
- **Primjeri modela:**
 - organizacijski (organizacija poduzeća, općine), kvantitativni (ekonomski, financijski, socijalni), geometrijski (oblik predmeta ... graditeljstvo, strojarstvo, arhitektura, kemija ...)
- **Geometrijski modeli:**
 - geometrija (oblik, položaj);
 - topologija (povezanost među objektima);
 - dodaci (boja, materijal, težina);
 - geometrija određuje organizaciju podataka u modelu;
- **Modeli proizvoda:**
 - geometrija je samo "jedan od" svih podataka;
 - ne samo struktura (podaci) nego i ponašanje (metode).
- **Teme:**
 - hijerarhija objekata;
 - računalni prikaz tijela;

Hijerarhija tijela

- **Komplicirani se proizvodi razgrađuju na savladive dijelove**
- **U inženjerstvu je prirodna razdioba na:**
 - sklopove i podsklopove (kotač = naplatak + pneumatika + zračnica);
 - sustave i podsustave (nosiva konstrukcija, vodovodna instalacija ...);
 - poglede (način crtanja u manjem mjerilu je različit nego kod većeg).
- **U CAD programima pri tome pomažu:**
 - blokovi za predstavljanje sklopova i podsklopova
 - listovi (sheets) za sustave i poglede;
- **Sklopovi i sustavi su pravilno organizirani u obliku višerazinskih hierarhija:**

45

Primjer hijerarhije



46

Vrste programa za crtanje i modeliranje

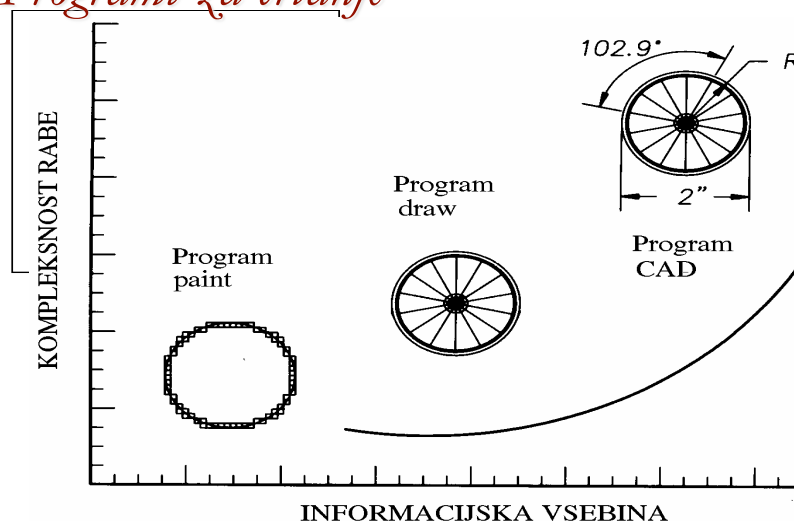
- ovisno o tome kakav zapis slika uređuju
- slikarski programi (engl. paint)
- ilustratorski programi (engl. draw)
- CAD programi
 - tehničko crtanje
 - tehničko modeliranje i iscrtavanje
 - specijalizirani programi za iscrtavanje
 - 4D CAD



- pomoćni programi

47

Programi za crtanje



48

Slikarski programi (paint)

- uređuju raster;
- primjereni za retuširanje fotografija, obradu skeniranoga materijala;
- "primitiva" je pixel (slikovni element).
- u imenu riječ "paint" ili "photo"
- npr. MS Paint, PaintShop, PhotoStyler, PhotoMagic ...

Naredbe u slikarskim programima

- | | |
|--|---|
| ■ izbor polja pixlela (pravokutnik, krug, laso, podobnih boja ...) | ■ efekti na dijelovima slike: |
| ■ izbor crtačkog alata (kreda, spray, tuš, gumica ...) | ■ popravljane boja, kontrasta, svjetline |
| ■ crtanje (duljine, krugovi, pravokutnici ...) | ■ fotografski efekti (oštreње, kontrasti ...) |
| ■ posebni efekti (kloniranje, kontrasti, oštrenje, razmazivanje ...) | ■ slikarski efekti |
| | ■ 3D efekti |

Slikarski program, primjer

51

Ilustratorski programi (draw).

- uređuju sliku izrađenu iz (2D) primitiva, koje postavljamo na papir;
- o primitivi poznaju oblik, položaj i dodatne karakteristike (boja, način zapunjenja); korisnik uvijek može pridružiti neku karakteristiku npr. "ime".
- U pravilu 2D, crtanje mjerilu izrade, u pogledima (odozgo, vanjski ...)
- primjerni izradi shematskih skica, dijagrama, jednostavnih nacra
- npr. Micrografx Designer, Corel Draw ..
- u istu skupinu spadaju i programi za izradu "folija" npr. Microsoft PowerPoint

52

Ilustratorski program, primjer

53

CAD

- **Computer = računalo**
- **Aided = poduprt**
- **Drafting = tehničko crtanje ili**
- **Design = projektiranje, oblikovanje**

- **CADD - Računalnom poduprto crtanje ili oblikovanje**
- **CAAD computer aided ARCHITECTURAL design**

54

CAD – 2D - drafting

■ AutoCAD vulgaris, obični ...

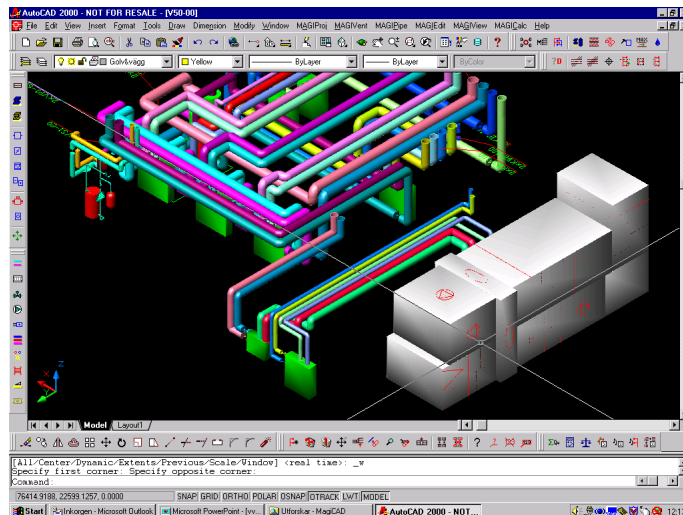
55

CAD – 3D - design



56

CAD – 3D - specijalizirani



57

CAD – 4D

58

Programi CAD - sažetak

- **D = drafting = tehničko crtanje**
 - 2D primitive u globalnom koordinatnom sustavu
 - više pomagala za precizno crtanje, ilustratorski programi - crtanje u mjerilu;
 - npr. ACAD;
- **D = design = projektiranje, oblikovanje**
 - 3D primitive u globalnom koordinatnom sustavu.
 - unosi se model predmeta; na podlozi unešenoga modela generiraju se razni pogledi
 - npr. ACAD, 3D studio;
- **specijalizirani programi za projektiranje**
 - primitive su specijalizirane prema struci (stupovi, zidovi, grede, ploče ...).
 - npr. SOFiCAD, ArchiCAD;
- **4D CAD**
 - primitive imaju podatak o vremenu – kada se stup izvodi

59

Dodatni programi

- **Animatori**
 - izrađuju animaciju na podlozi zadanog puta kamere kroz 3D scenu
- **Renderi (za sjenčanja)**
 - Izrađuju vrlo realne slike scene; poštuju uvjete osvjetljenja, materijale ...
- **Pregledlednici nacrtā**
 - pregled nacrtā van programa u kojem je nacrtan
 - komentiranje, ocjenjivanje nacrtā
 - praćenje promjena, diskusija o nacrtu, crveni flomaster
- **Programi za upravljanje dokumentacijom**
 - dodavanje meta-informacija o datoteci
 - put datoteke kroz radni proces
 - status nacrtā

60

Rendering

61

Animacija

3.17

62

Program za upravljanje dokumentacijom

- Pregledavanje i komentiranje nacрта
- Kompletna arhiva korespodencije
- Aplikacija portalskoga tipa

63

Osnovni postupci računalne grafike

- Rasterizacija
- Koordinatni sustavi
- Geometrijske transformacije
- Gledanje u tri dimenzije
- Prividna stvarnost

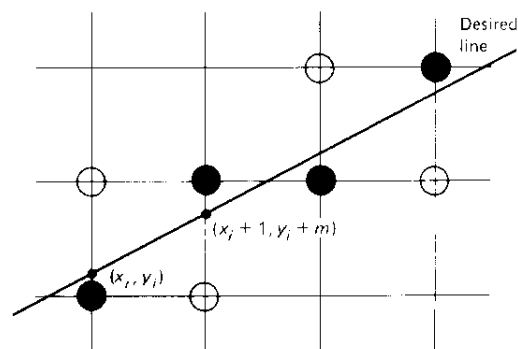
64

Rasterizacija

- postupak koji sliku ili njen dio pohranjuje u raster kojeg zna iscrtati naprava
- tipični elementi koji se rasteriziraju:
 - dužine
 - kružnice, elipse
 - krivulje
 - poligoni
 - znakovi (slova)
- važne karakteristike postupka
 - brzina
 - prenosivost - uporabljivost na različnim napravama
- danas su ti postupci uglavnom riješeni na razini strojne opreme

65

Rasterizacija dužine



66

Rasterizacija dužine - realni brojevi

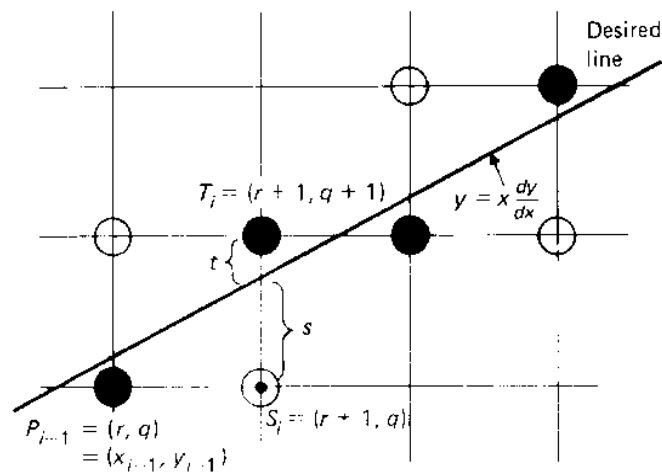
```

procedure LINE(                                {assumes slope between + 1 and - 1}
  x1, y1,                                       {start point}
  x2, y2,                                       {end point}
  value : integer);                             {value to place in pixels near line}
var dy, dx, x, y, m: real;
begin
  if x1 <> x2
  then begin
    dy := y2 - y1;
    dx := x2 - x1;
    m := dy/dx;
    y := y1;
    for x := x1 to x2 do
      begin
        WRITE_PIXEL(x, ROUND(y), value); {sets pixel to value}
        y := y + m                        {step y by slope m}
      end
    end
    {if "line" really a point, plot it; else, error}
    else if y1 = y2 then WRITE_PIXEL(x1, y1)
      else ERROR
  end    {LINE}

```

67

Rasterizacija dužine - cijeli brojevi



68

Koordinatni sustavi

■ Globalni (World) k.s.

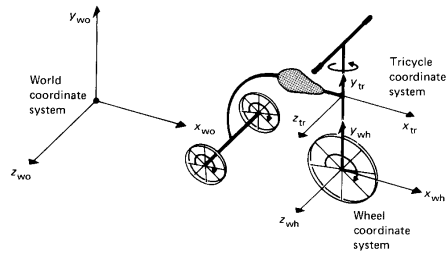
- lokalni unutar globalnoga
- lokalni unutar lokalnoga ...

■ k.s. crteža (papira),

■ k.s. naprave (raster)

■ transformacije koordinatnih sustava = geometrijske transformacije:

- pomak (translacija);
- povećanje (skaliranje);
- zaokret (rotacija);



69

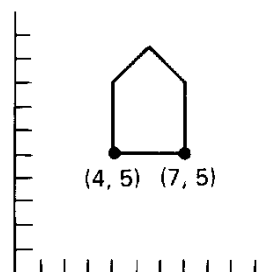
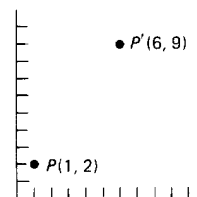
Pomak

$$P = [x \ y]$$

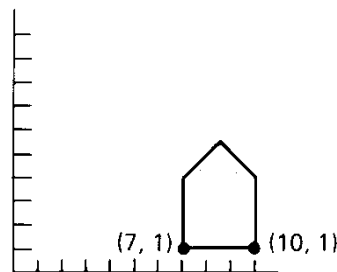
$$T = [Dx \ Dy]$$

$$P' = [x \ y] + [Dx \ Dy]$$

$$P' = P + T$$



Prije ...



i poslije pomaka.

70

Povećanje

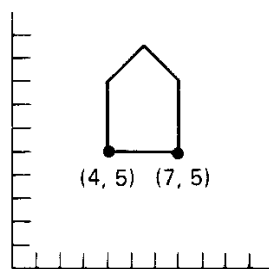
$$P = [x \ y]$$

$$S = [Sx \ Sy]$$

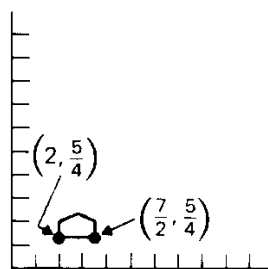
$$x' = x * Sx$$

$$y' = y * Sy$$

$$\begin{bmatrix} x' & y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Sx & \\ & Sy \end{bmatrix}$$



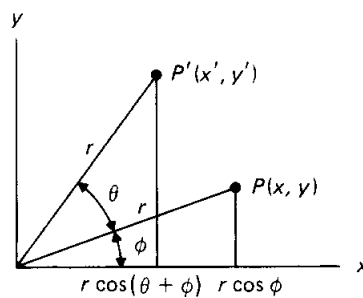
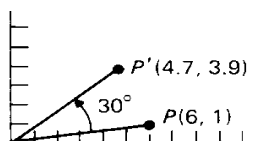
Prije ...



i poslije smanjenja.

71

Zaokret

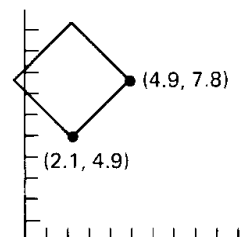
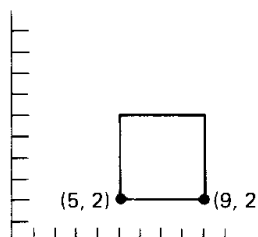


$$x' = x * \cos F - y * \sin F$$

$$y' = x * \sin F + y * \cos F$$

$$\begin{bmatrix} x' & y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \Phi & \sin \Phi \\ -\sin \Phi & \cos \Phi \end{bmatrix}$$

$$P' = P * R$$



Homogene koordinate i matrični prikaz 2D transformacija

- $P' = P + T$... pomak
- $P' = P * S$... povećanje
- $P' = P * R$... zaokret
- kombinaciju povećanja i zaokreta točke računa se tako da se najprije pomnoži S i R matrice u jednu kombiniranu matricu, pa se njom množe koordinate točkaka. Pomak nije množenje, zato radi teškoće.
- Uvode se homogene koordinate točkaka:
- $[x \ y] \rightarrow [x \ y \ 1]$

73

Pomak, povećanje i zaokret u homogenim koordinatama

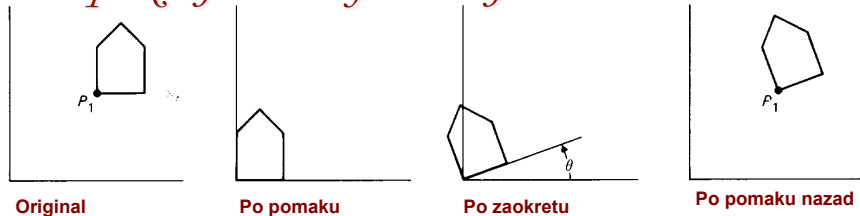
POMAK: $[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Dx & Dy & 1 \end{bmatrix}$

POVEĆANJE: $[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \cdot \begin{bmatrix} Sx & 0 & 0 \\ 0 & Sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

ZAOKRET: $[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \cdot \begin{bmatrix} \cos \Phi & \sin \Phi & 0 \\ -\sin \Phi & \cos \Phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

74

Kompozicija transformacija



■ npr. zaokret predmeta oko svoje točke:

- pomak točke pomiče se u ishodište koordinatnog sustava
- zaokret; pomak nazad:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_1 & -y_1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_1 & y_1 & 1 \end{bmatrix} \\
 = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ x_1(1 - \cos\theta) + y_1\sin\theta & y_1(1 - \cos\theta) - x_1\sin\theta & 1 \end{bmatrix}.$$

75

Gledanje u tri dimenzije

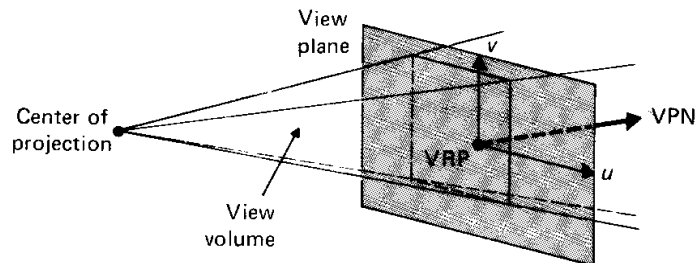
■ Projiciranje

■ Prividna stvarnost

- Skrivanje nevidljivih rubova i ploha
- Sjenčanje

76

Projiciranje



■ postupak:

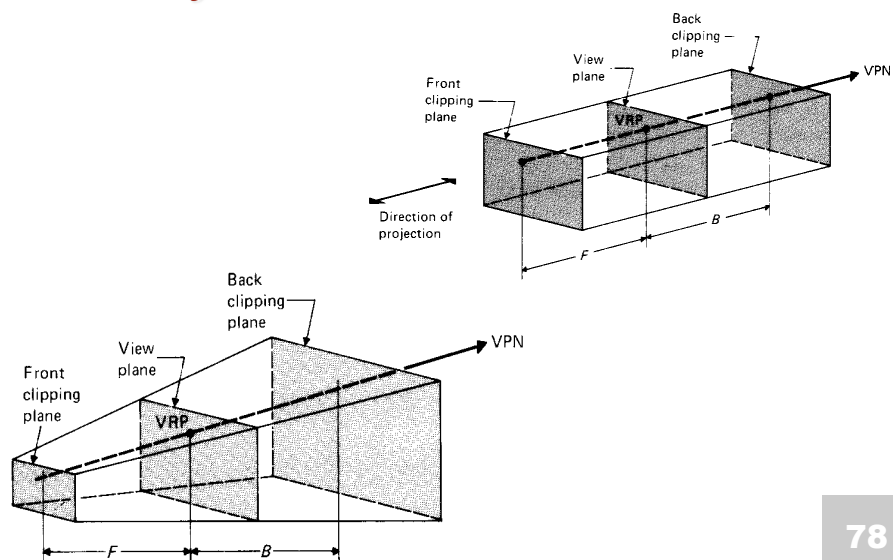
- oblikovanje
- projiciranje u ravninu
- iscrtavanje slike na napravo

■ elementi

- center projekcije, projekcijska ravnina, prozor opažanja, volumen opažanja, referentna točka opažanja, referentna normala

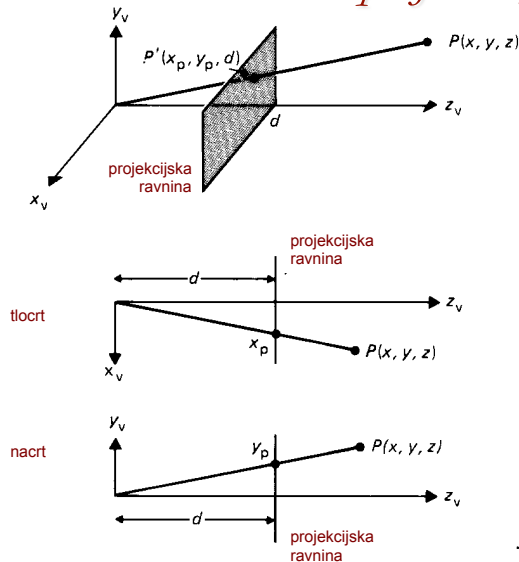
77

Oblikovanje modela



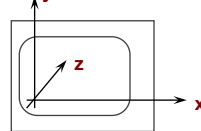
78

Analitička obrada projiciranja



Parametri projekcije:

- očište je u (0,0,0)
- projekcijska ravnina je pravokutna na os Z, a od očišta je udaljena za d
- koordinatni sustav je lijevosmjerni



Iz sličnosti trokuta slijedi:

$$\frac{x_p}{d} = \frac{x}{z}, \quad \frac{y_p}{d} = \frac{y}{z}$$

Po množenju s d dobije se:

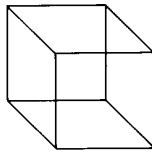
$$x_p = \frac{d \cdot x}{z} = \frac{x}{z/d}, \quad y_p = \frac{d \cdot y}{z} = \frac{y}{z/d}$$

Prividna stvarnost

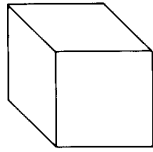
- cilj: s računalom generirati slike za koje promatrač ne primjećuje da su njime nactane
- sadašnji cilj: generirati slike koje sadrže dovoljno informacija da promatrač razumije model kojega slika prikazuje
- metode za dosizanje prividne stvarnosti:
 - projekcija iz 3D u 2D
 - skrivanje nevidljivih rubova i površina
 - sjenčenje
 - kretanje, stereoskopsko gledanje, poboljšana stvarnost

Tehnike za prikazivanje dubine

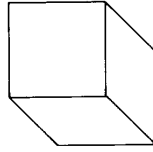
- projekcije
- smanjenje intenzivnosti udaljenih dijelova
- brisanje udaljenih dijelova
- dinamična projekcija



(a)

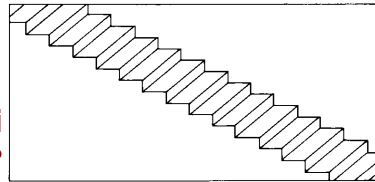


(b)



Kako je orijentirana kocka ?

Stubište se vidi
odozgo ili odozdo ?



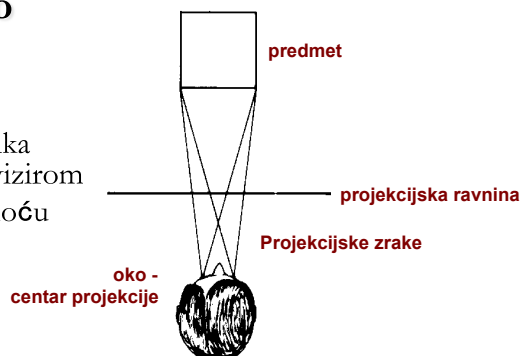
81

Stereoskopsko gledanje

- računalo generira dvije različite slike, za svako oko zasebno

- gledamo ih:

- tako da u svako oko dođe samo po jedna slika npr. s odgovarajućim vizirom
- s naočalama, koje pomoću različite polarizacije ili filtriranjem svjetlosti u svako se oko pušta samo jedan dio slike



82

Odstranjivanje nevidljivih rubova i ploha

■ Cilj postupka

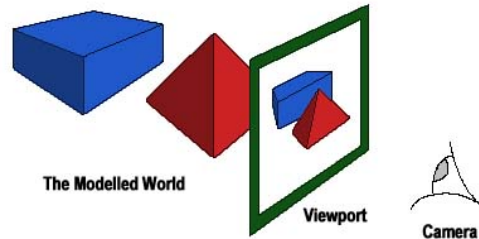
- odrediti koja se sastavna poligonska ploha predmeta u nekoj točki slike vidi (najbliže je promatraču)

■ Vrste postupaka

- u prostoru predmeta (model space): za svaku se površinu odredi koje su od ostalih ploha za njom skrivene
- u prostoru slike (image space): u svakoj točki slike provjeravaju se svi poligoni ... ili:

■ Skriveni rubovi ili skrivene plohe

- isključivanje plohe, odn. sve su iste (bijele) boje, primjereno za vektorske naprave



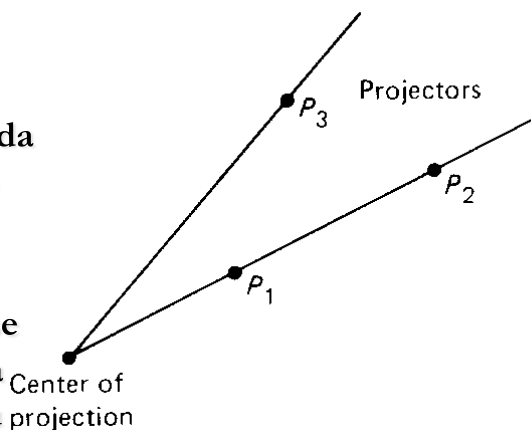
83

Priprema

- odstranjivanje se mora odvijati u 3D

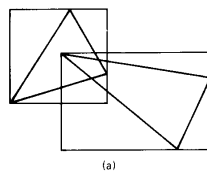
- odgovor na pitanje da li točka $P_1(x_1, y_1, z_1)$ prikriva točku $P_2(x_2, y_2, z_2)$.

- jednostavnije, ako se izvede perspektivna transformacija još u 3D

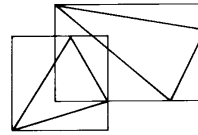


84

Pojednostavljenje s obrisima

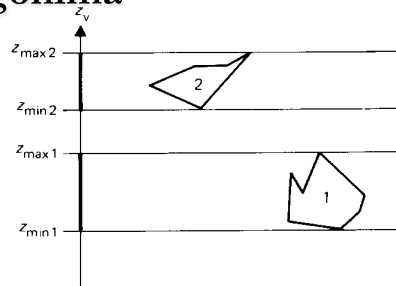


(a)



(b)

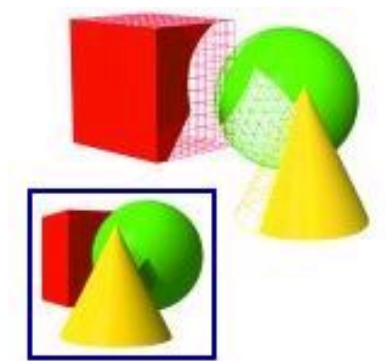
- rad s pravokutnicima ili kvadrima lakši je nego s poligonima



86

Postupak dubinskog sortiranja

- djeluje u prostoru modela
- sortiraju se svi poligoni prema najvećim koordinatama
- Razriješenje dilema odn. prekrivaju se poligoni
- Nacrtaju se poligoni tako da se prvo nacrtaju oni koji su najviše u pozadini. Oni prednji će prekriti pozadinske.
- teškoće:
 - neprimjerno za ne-rasterske naprave (pisače)
 - drugi korak
 - u najgorem slučaju poligon se razreže u više manjih



87

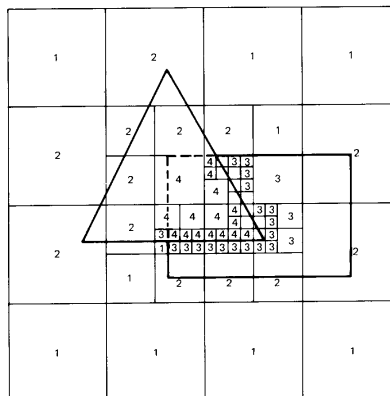
Postupak s Z-međusprennikom

- djeluje u prostoru slike
- za svako se točku slike zapamti koji je najbliži predmet u prostoru (to je onaj s najmanjom 'z' koordinatom).
- tijek postupka
 - za svaku se točku unutar poligona izračuna njena dubina 'z'(x,y);
 - ako je dubina manja od dotada najmanje, zapiše se vrijednost u z-međusprennik i točka na zaslonu se poboja s vrijednošću tog poligona

88

Warnockov postupak s razbijanjem prozora opažanja

- u prostoru predmeta ali poštuje zahtijevanu preciznost za sliku
- Razdijeli se površina prozora opažanja (npr. na 4 manja)
- u svakom podprozoru
 - ako je "jednostavno" odrediti koji poligon se u tom prozoru vidi, iscrtati ga
 - ako nije "jednostavno" podprozor se razbije na više manjih podprozora i postupak se ponavlja u svakom od njih. Razlaganje traje toliko dok nisu situacije u svim podprozorima "jednostavne" i/ili su podprozori tako maleni, da se kod svih vidi samo jedan poligon ("jednostavna situacija").



89

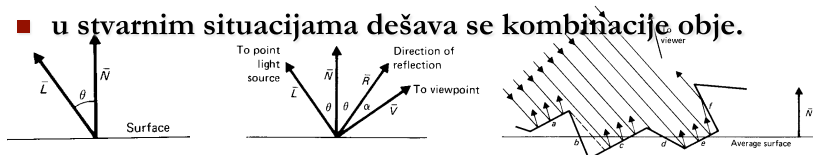
Moguće su situacije:

- svi poligoni su van podprozora
- jedan poligon je u cijelosti ili dijelom u podprozoru
- jedan poligon u cijelosti prekriva podprozor
- jedan poligon u cijelosti prekriva podprozor. Ako taj prekriva druge i najviše je sprijeda, iscrta se

90

Sjenčanje

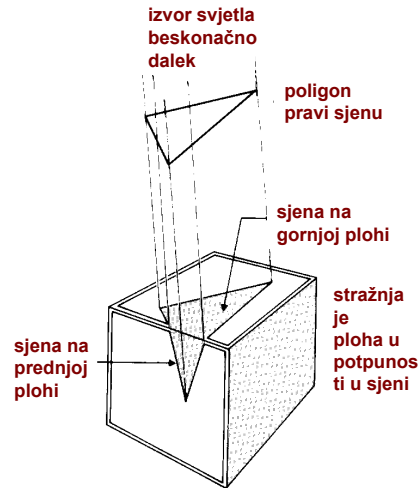
- zadatak: osjenčiti vidljive plohe;
- difuzno i sjajno odbijanje:
- difuzno odbijanje: svjetlost se odbija jednako u svim smjerovima.
 - vrijedi jednakost, da je tok odbijanja svjetlosti jednak toku upadne svjetlosti * odbijanje * cos kuta između normale i smjera prema svjetlu
 - $I_d = I_{pkd} \cos \theta$
- sjajno odbijanje: svjetlost se odbija u smjeru koji je simetričan na normalu površine;
 - nešto se svjetlosti, ovisno o grubosti materijala, rasprši
- u stvarnim situacijama dešava se kombinacije obje.



91

Postupci za sjenčanje

- **izvori svjetla:**
 - točkasti, različite udaljenosti
 - ambijentalno osvjetljenje (jednako obasjava sve površine u svim smjerovima)
 - tijela (posebni izvori, modeli rasvjete)
- **postupci pretraživanja nevidljivih ploha koriste se i za sjenčanja;**
- **primjer za jedan izvor svjetlosti**
 - svakom vidljivom poligonu pridružuju se još neki poligoni, koji određuju površinske karakteristike - svjetlost;
 - potraže se vidljivi poligoni i potom se samo za njih, određuju "vidljivost" do izvora svjetla.
 - one koje svjetlo "vidi" su svjetliji, a koje ne "vidi" su tamniji i osvjetljeni su samo s ambijentalnim svjetlom.



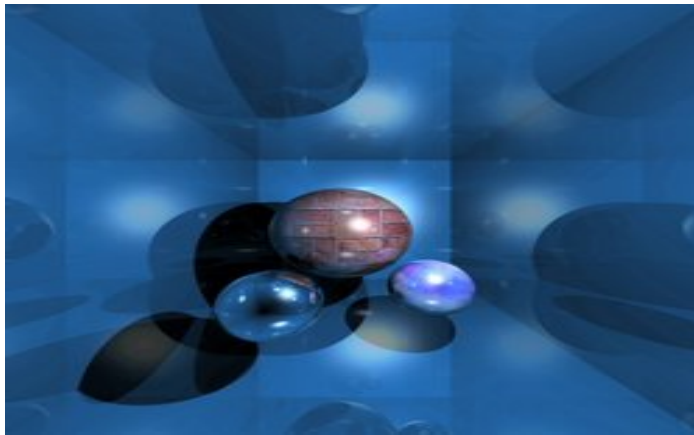
92

Zahtjevniji postupci

- **ray-tracing - slijeđenje zrake**
 - za svako se točku na slici (ekranu) izračunava kako se sastavlja svjetlost koja određuje boju te zrake; izračun izvodi obrnut put koji bi prošao stvarni put svjetla prema očistu
- **radiosity**
 - globalno osvjetljenje – brža, pogodnija za ne-zrcalne površine

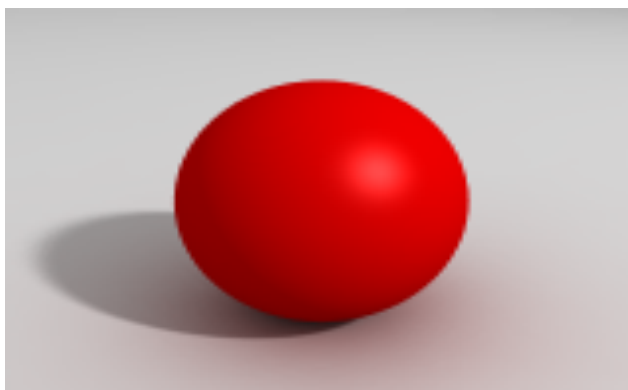
93

Ray tracing - priimer



94

Radiosity - primjer



95