

Računarska grafika

Uvod



Interaktivna računarska grafika

- Računarska grafika je disciplina koja se u osnovi bavi:
 - sintezom slike na računaru

Slike su uklonjene iz prezentacije

- interakcijom sa korisnikom (otuda naziv "interaktivna")
- Računarska grafika omogućava izuzetno prirodan način komunikacije sa računarom

Komplementarne discipline

- Obrada slike (*image processing*)
 - bavi se analizom slike

Slike su uklonjene iz prezentacije

- Računarski vid (*computer vision*)
 - bavi se sintezom 3D modela od 2D slika

Slike su uklonjene iz prezentacije

Spregnute discipline

- RG intenzivno koristi rezultate disciplina:
 - računarska geometrija (*computational geometry*)
 - simulacija zasnovana na fizici (*physically based simulation*)
- Discipline koje intenzivno koriste rezultate RG:
 - virtuelna stvarnost (*virtual reality*)
 - obogaćena stvarnost (*augmented reality*)
 - video igre (*video games*)

Slike su uklonjene iz prezentacije

Slika

- Sposobnost čoveka da prepozna 2D i 3D oblik dopušta efikasno prihvatanje slikovnih podataka
- Drevna kineska poslovice: "jedna slika vredi hiljade reči"
- Poslovice je postala kliše u društvu nakon pojave jeftinih tehnologija za proizvodnju slike:
 - najpre štampe, zatim fotografije, pa filma i televizije

Slike su uklonjene iz prezentacije

- Računarska grafika je danas uz fotografiju i televiziju treći dominantan način proizvodnje slika

Sintetizovana slika

- Slika je po prirodi (uređaja) dvodimenzionalna, ali se trodimenzionalne scene mogu efektno predstavljati u 2D
- Sintetizovana slika može da prikazuje
 - verodostojnu realnost
 - uprošćenu realnost
 - obogaćenu realnost
 - nepostojeću realnost
 - apstrakciju

Slike su uklonjene iz prezentacije

Animacija

- Statičke slike su dobre za razmenu informacija, dinamičke su još bolje
- Varijacija na kinesku mudrost:
 - pokretna slika je vredna hiljade statičkih slika
- Efektno za vremenski promenljive fenomene koji mogu biti:
 - realni, kao što su:
 - savijanje krila aviona pri nadzvučnim brzinama leta
 - razvoj ljudskog lica od detinjstva do starih godina
 - apstraktni, kao što su:
 - trend rasta nuklearne energije u nekoj zemlji ili cene akcija na berzi
 - model neke hemijske reakcije sa razgradnjom i/ili obrazovanjem složenih molekula

Animacija - primeri

Animacije su uklonjene iz prezentacije

Dinamika

- Dinamika kretanja i dinamika promene oblika (ažuriranja)
- Vrste dinamike u animaciji:
 - dinamika kretanja – promena pozicije i orijentacije
 - dinamika elastičnih sudara
 - dinamika plastične promene oblika čvrstog tela (*rigid body*)
 - dinamika elastične promene oblika čvrstog tela
 - dinamika mekih tela (*soft body*), npr. tkanine
 - dinamika fluida
 - dinamika živih bića (ljudi, životinja, ili delova tela: lica, skeleta, ...)
 - ...
- Realistični prikaz dinamike koristi zakone fizike

Dinamika - primeri

- Elastična deformacija
- Skelet

Animacije su uklonjene iz prezentacije

- Tkanina
- Lice

Animacije su uklonjene iz prezentacije

Dinamika kretanja

- Konvencije:
 - posmatrač (virtuelna kamera) nepomičan, a objekti se pomeraju u odnosu na njega
 - objekti nepomični, a pokretni posmatrač se kreće
- Konvencije se mogu kombinovati - kreću se i objekti i posmatrač
- Kretanje posmatrača
 - rotacija oko sopstvenih osa (*roll, tilt, yaw* kamere)
 - translacija u ravni paralelnoj projekcionoj ravni (*pan* kamere)
 - primicanje i odmicanje (*zoom in/out* kamere)
 - proizvoljno u prostoru uz kombinovanje prethodnih

Interakcija

- Računarska grafika se bavi i interakcijom sa korisnikom
- Korisnik saopštava zahtev preko ulaznih uređaja kao što su:
 - tastatura (sve ređe)
 - miš, grafički tablet, palica, dodirni panel/ekran
 - senzori pokreta (kinect), senzori orijentacije (HMD),...
- Tehnologija interaktivne grafike obuhvata hardver i softver za korisničku kontrolu dinamike
- Interakcijom se može uticati na:
 - dinamiku kretanja posmatrača (kamere)
 - dinamiku kretanja i promene objekta
 - vizuelizaciju scene (osvetljenje, nivo detalja, ...)

Interakcija, dinamika i animacija

- Korišćenje dinamike je naročito efektno kada korisnik može interaktivno da kontroliše animaciju:
 - pozicioniranjem i orijentisanjem virtuelne kamere
 - promenom brzine (pravac, smer, intenzitet) kretanja kamere
 - definisanjem dela ukupne scene koji se prikazuje (*zoom* i *pan*)
 - određivanjem granularnosti scene (broja prikazanih detalja)
 - osvetljenjem scene

Snaga interaktivne grafike

- Interaktivna grafika značajno proširuje mogućnosti korisnika da:
 - razume podatke i procese
 - prati trendove
 - vizuelizuje realne ili imaginarne objekte
 - kreira virtuelne svetove i istražuje ih iz proizvoljne tačke gledanja
- Prirodnom i efikasnom komunikacijom korisnik-računar interaktivna grafika omogućava:
 - veću produktivnost i nižu cenu analize i projektovanja
 - bolji kvalitet i preciznije rezultate ili proizvode
 - veće zadovoljstvo korisnika računara

Obrada slike

- Računarska grafika se bavi sintezom slika realnih ili imaginarnih objekata iz njihovih modela
- Obrada slike se bavi analizom slika objekata, i rekonstrukcijom modela objekata iz njihovih slika
- Primene analize slike:
 - analiza fotografije nadgledanja iz vazduha
 - analiza slike nebeskih tela dobijene sa vasionских sondi
 - analiza slike dobijene iz "oka" industrijskog robota
 - analiza mikroskopskih snimaka hromozoma
 - analiza rentgenske slike i snimaka kompjuterizovane tomografije (CT)
 - analiza ljudskih lica, dužica ili otisaka
 - optičko čitanje i prepoznavanje znakova (OCR),
 - optičko čitanje markera (OMR)

Podoblasti obrade slike

- Poboljšanje slike (*image enhancement*)
 - kvalitet slike se popravlja tehnikama:
 - uklanjanje šuma (uklanjanje/izmena pogrešnih i dodavanje nedostajućih piksela)
 - povećanje kontrasta
- Otkrivanje i prepoznavanje uzoraka (*pattern detection and recognition*)
 - otkrivanje oblika (karakteristične tačke, segmentacija)
 - poređenje otkrivenih oblika sa standardnim uzorcima procenom odstupanja
 - primer: optičko prepoznavanja karaktera (OCR)
 - omogućava unos štampanih ili kucanih stranica ili čak rukom pisanih znakova uz konverziju u tekstualne podatke
- Analiza scene i računarski vid (*scene analysis and computer vision*)
 - dopušta prepoznavanje i rekonstrukciju 3D modela scene iz nekoliko 2D slika
 - primer: industrijski robot
 - razlikuje veličine, oblike, pozicije i boje delova na pokretnoj traci

Veze između RG i obrade slike

- Računarska grafika i obrada slike su komplementarne discipline
- U obe discipline se dominantno koriste rasterski prikazivači
- Postoje određena simbioza između disciplina:
 - u aplikacijama za interaktivnu obradu slike
 - korisnički ulaz preko grafičkih komponenti GUI-ja i ulaznih uređaja
 - primeri: meniji, dugmad, liste, radio-dugmad,...
 - u računarskoj grafici
 - koriste se neki algoritmi obrade slike
 - primer: popunjavanje oblasti ispitivanjem susedstva piksela
- Primer:
 - skenirane fotografije se elektronski "retuširaju", isecaju i kombinuju

Primena RG u delatnostima

- RG se primenjuje u mnogim oblastima ljudske delatnosti:
 - industrija
 - poslovanje
 - zdravstvo
 - nauka
 - obrazovanje
 - zabava
 - ...

Slike su uklonjene iz prezentacije

Namene RG

- Veliki broj namena RG:
 - korisnički interfejs aplikacija
 - grafički prikaz podataka
 - elektronsko izdavaštvo
 - projektovanje (CAD,CAM,...)
 - simulacija i animacija
 - prezentacija
 - kontrola procesa
 - kartografija
 - ...

Korisnički interfejsi

- Verovatno najrasprostranjenija primena interaktivne grafike
 - moderne aplikacije ima grafičke korisničke interfejse
- Grafički korisnički interfejsi se zasnivaju na prozorskom sistemu
- Osnovne ulazno/izlazne metafore prozorski-orijentisanih aplikacija:
 - "pogled u računar" (izlaz)
 - "ukaži i klikni" (ulaz)
- Prozorski sistem upravlja simultanim aktivnostima ulaza i izlaza
 - sadržaj prozora se iscrtava u grafičkom režimu rada
 - prozor predstavlja virtuelni ekran
 - ukaži-i-klikni tehnikom se vrši izbor objekta, npr. stavke iz menija
 - primenjuje se ulazni pokazivački uređaj (npr. miš, palica, dodirni ekran, ...)
 - ulaz preko tastature se značajno redukuje
 - samo na unos teksta koji predstavlja podatak, a ne komandu

Korisnički interfejsi - primeri

Slike su uklonjene iz prezentacije

Grafički prikaz (crtanje) podataka

- U mnogim oblastima: poslovanju, nauci, tehnologiji,...
- Koncizno prikazivanje stanja i trendova iz sakupljenih ili izračunatih podataka
- Svrha:
 - da se pojasne kompleksne pojave
 - da se olakša informisano odlučivanje
- Primeri:
 - 2D i 3D grafikoni matematičkih funkcija (krive i površi)
 - histogrami (*bar* i *pie* grafikoni)
 - dijagrami rasporeda poslova (gantogrami) i slični

Grafički prikaz - primeri



Slike su uklonjene iz prezentacije

Elektronsko izdavaštvo

- Pojava elektronskog (stonog) izdavaštva na PC-u
 - ključna za korišćenje grafike radi kreiranja i širenja informacija
- Organizacije mogu da proizvedu štampane materijale "u kući"
- Dokumenti mogu da sadrže:
 - tekst, tabele, slike, grafike, dijagrame,...
- Konvencionalne mogućnosti rada sa dokumentima:
 - priprema, čuvanje i prikazivanje u elektronskoj formi (*softcopy*) i
 - štampanje (*hardcopy*)
- Nove mogućnosti:
 - hipertekst – mreže međusobno povezanih multimedijalnih dokumenata
 - sistemi za upravljanje sadržajima (CMS) – veb-portali, e-enciklopedije

Elektronsko izdavaštvo - primer

Slike su uklonjene iz prezentacije

Projektovanje (CAD, CAM, CASE)

- Projektovanje komponenata i sistema:
 - građevinskih, mehaničkih, električnih, elektronskih, softverskih,...
 - primeri: zgrade, školjke automobila, trupovi aviona i brodova, VLSI čipovi, optički sistemi, telefonske i računarske mreže, softver
- Ciljevi:
 - kreiranje crteža komponenata i montaže (tehnički crteži i šeme)
 - interakcija sa modelom komponente ili sistema koji se projektuje
 - ispituju se njegove strukturne, električne, termalne i druge osobine
 - model može da se interpretira pomoću simulatora
 - dobija se povratna informacija o ponašanju sistema
 - rezultat simulacije se koristi u narednim ciklusima projektovanja
 - postprocesiranje baze projektnih podataka
 - liste delova, računi za materijal, kontrolne trake za sečenje i bušenje

Projektovanje - primeri



Slike su uklonjene iz prezentacije

Simulacija i animacija

- Primena u animiranoj vizuelizaciji
 - u poslovnom, naučnom, inženjerskom, obrazovnom i drugim domenima
 - prikazi vremenski-promenljivog ponašanja simuliranih procesa i objekata
 - primeri: protok fluida, nuklearne i hemijske reakcije, fiziološki sistem i funkcija organa, mehaničke strukture pod različitim opterećenjima
- Primena u filmskoj industriji
 - kreiranje crtanih filmova
 - *in-between* tehnika interpolacije između zadatih "ključnih slika"
- Primena u industriji igara
 - animacija koja uključuje dinamiku kretanja i dinamiku ažuriranja
 - korisnici interaguju sa modelom realnog ili veštačkog sveta

Simulacija i animacija - primer

Slike su uklonjene iz prezentacije

Prezentacija

- U marketingu, nauci, obrazovanju, umetnosti i drugim granama
- Računarska grafika se koristi da proizvede slike koje izražavaju poruku i privlače pažnju
- Značajna je kreativna (umetnička) komponenta u dizajnu
- Primene:
 - personalni računari, specijalizovani terminali ili bilbordi na javnim mestima prikazuju informativne slike
 - aplikacije za prodaju omogućavaju korisnicima da se sami orijentišu, prave izbor, kupuju na daljinu (*teleshop*)
 - slajdovi za prezentacije: komercijalne, naučne ili obrazovne
- RG značajno smanjuje troškove rada na kreiranju materijala u odnosu na tradicionalne načine

Prezentacija - primeri



Slike su uklonjene iz prezentacije

Kontrola procesa

- Aplikacije dopuštaju korisnicima da interaguju sa nekim aspektima samog realnog sveta
 - pri tome su udaljeni od ciljnog procesa, čime se postiže bezbednost
- Prikazivači statusa pokazuju vrednosti podataka sa senzora priključenih na kritične sistemske komponente
 - u rafinerijama, energetske postrojenjima, računarskim mrežama i drugim sistemima u kojima se odvijaju neki procesi
- Interaktivna grafika omogućava operateru da:
 - jednostavno uoči problematične uslove
 - pravovremeno odgovori na uočene uslove

Kontrola proces - primeri

Slike su uklonjene iz prezentacije

Kartografija

- Računarska grafika se koristi da proizvede šematsku reprezentaciju geografskih pojava
- Geografske i druge mape se kreiraju na osnovu izmerenih ili izračunatih podataka
- Primeri:
 - geografske mape reljefa
 - mape nalazišta za bušotine i rudnike
 - okeanografske i druge hidrografske karte
 - metereološke mape
 - demografske mape gustine stanovništva

Kartografija - primeri

Slike su uklonjene iz prezentacije

Klasifikacija grafičkih aplikacija

- Veći broj kriterijuma
 - opis (model) slike (prisustvo geometrije)
 - broj dimenzija
 - promenljivost modela
 - učešće boje i realizam
 - tip interakcije
 - stepen u kojem slika predstavlja finalni proizvod
 - ...

1. kriterijum: opis (model) slike

- *Vektorska grafika:*
 - slika se opisuje karakterističnim tačkama objekata u sceni koja se prikazuje
 - osnovna karakteristika:
 - postoji geometrijski model objekata koji se prikazuju
 - primeri:
 - 3D objekat u prostoru se opisuje poliedrom čija sva temena predstavljaju karakteristične tačke opisane koordinatama u datom koordinatnom sistemu
 - jedan znak nekog fonta može biti opisan poligonom ili skupom poligona u ravni
- *Rasterska grafika:*
 - slika se opisuje ćelijama (pikselima) matrice (rastera) koja pokriva sliku
 - osnovna karakteristika:
 - ne postoji geometrijski model objekata, slika je samo u memoriji
 - primeri:
 - fotografija snimljena digitalnom kamerom ili uneta skenerom opisuje se matricom piksela
 - slikanje na računaru proizvodi sliku koja se opisuje matricom piksela (piksel-mapom)

2. kriterijum: broj dimenzija slike

- **2D:**
 - crteži ili slike sastavljeni od linija i geom. figura koje leže u istoj ravni
 - na primer: 2D grafikoni, dijagrami, šeme
- **2.5D:**
 - postoji ideja 3D prostora ali je u osnovi 2D slika (više interpretacija)
 - linije i geometrijske figure leže i više paralelnih ravni – slojevi slike
 - slike u različitim slojevima se međusobno (delimično) zaklanjaju (štampana kola)
 - objekti prostorne scene se prikazuju u jednoj od ortografskih projekcija:
 - odozgo, spreda i/ili bočno
 - kod pogleda odozgo, treća dimenzija se nekad kodira bojom (kartografija)
- **3D:**
 - scena sa više tela u prostoru, promenljiva (najčešće perspektivna) projekcija
- **4D: (uslovno)**
 - pokretna slika (animacija) se ponekad naziva 4D grafikom
 - animacija može biti u 2D ili 3D prostoru

3. kriterijum: promenljivost modela

- *Prikazivači (viewer):*
 - aplikacija služi samo za prikazivanje
 - modela na osnovu kojeg se stvara slika
 - gotove slike
- *Editori:*
 - aplikacijom se kreira ili menja
 - model kojim se opisuje slika
 - sama slika

4. kriterijum: boja i realizam

<i>Dimenzionalnost</i>	<i>Vrsta slike prema učešću boje i realizmu</i>
2D ili 3D	Monohromatska – žični model za 3D
	Skala sivog
	Boja
	Tekstura
	Transparencija
3D	Svetlo i senčenje
	Svojstva materijala
	Svojstva sredine (atmosfera, vode)

5. kriterijum: tip interakcije

- Pasivno (*offline*) crtanje (nema interakcije)
 - na osnovu unapred definisanog modela
 - proizvedenog pomoću drugih aplikacija
 - digitalizovanog iz fizičkog modela
- Crtanje zadavanjem komandi (sinhrona interakcija - “ping-pong”)
 - korisnik daje neke parametre crteža, pa računar crta
 - korisnik vidi crtež, menja parametre, pa računar ponovo crta
- Kretanje kamere u realnom vremenu (asinhrona interakcija sa kamerom)
 - korisnik upravlja kretanjem kamere u sceni
 - scena je već definisana, a kretanje je kontrolisano u realnom vremenu
 - primena za naučnu vizuelizaciju i simulatore (npr. letenja)
- Interaktivno projektovanje (potpuna interakcija sa objektima i kamerom)
 - korisnik počinje od praznog ekrana
 - zatim kreira nove objekte (tipično iz unapred definisanih komponenata)
 - eventualno ažurira, pozicionira i orijentiše objekte
 - konačno se kreće po sceni da postigne željeni pogled

6. kriterijum: stepen proizvoda

- Kriterijum predstavlja stepen u kojem slika predstavlja
 - finalni proizvod ili
 - put da se do njega stigne
- Podela:
 - *finalni proizvod* (osnovni cilj aplikacije je da proizvede sliku)
 - u kartografiji, tehničkom crtanju, rasterskom slikanju, animaciji
 - *faza u kreiranju proizvoda*
 - u mnogim CAD/CAM/CASE aplikacijama
 - *samo vizuelizacija*
 - crtež je samo reprezentacija objekta koji se analizira ili projektuje

Stepen realizma (1)

- Žični monohromatski model
 - crtaju se samo ivice objekata jednom bojom
 - ivice povezuju temena modela

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (2)

- Žični obojeni model objekata
 - sa uklonjenim nevidljivim ivicama

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (3)

- Obojeni neprozirni objekti
 - stranice objekata (poligoni) se boje
 - samo ambijentalno svetlo

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (4)

- Monolitno (*flat*) senčenje stranica objekata
 - tačkasti izvor svetla, svetlo se računa za ceo poligon
 - svi pikseli poligona imaju istu nijansu

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (5)

- Interpolirano (*Gouraud*) senčenje stranica
 - svetlo se računa za svako teme
 - nijansa piksela se dobija interpolacijom

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (6)

- Odsjaj izvora svetla (model osvetljenja *Phong*)
 - spekularna komponenta osvetljaja
 - svetlosni izvor se „ogleda“ na objektu

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (7)

- Stranice objekata sa teksturom
 - poligoni stranica se preslikavaju u prostor teksture
 - na teksturu se može primeniti mozaički efekat

Slike su uklonjene iz prezentacije

Stepen realizma (8)

- Model sa dodatnim efektima
 - senke, ogledanja, reljef

Slike su uklonjene iz prezentacije

Osvetljenje

- Lokalno
- Globalno

Slike su uklonjene iz prezentacije

Tekstura



Slike su uklonjene iz prezentacije

Efekti svetla

- Ogledanje i prelamanje

Slike su uklonjene iz prezentacije

- Kaustika

Reljef

Slike su uklonjene iz prezentacije

Simulacija čestica

- Prirodni fenomeni – vatra, dim, kiša

Slike su uklonjene iz prezentacije

- Vatrometi

Slike su uklonjene iz prezentacije

Fraktali

Animacije su uklonjene iz prezentacije