

RAČUNARSKA GRAFIKA

Oznaka predmeta: RAG

Predavanje broj: 1

Nastavna jedinica: Interaktivna računarska grafika

Nastavne teme:

Vizuelna komunikacija. Fotografija. Pokretne slike. Računari. Obrada slike. Istorija računarske grafike. Primena računarske grafike. Grafički korisnički interfejs. WIMP paradigma. Kategorizacija grafičkih aplikacija. Koncept interaktivne računarske grafike. Aplikativni model. Aplikativni program. Grafički sistem.

Predavač: prof. dr Perica S. Štrbac, dipl. ing.

Literatura:

D. Cvetković: Računarska grafika, CET, Beograd, 2006.

D. Cvetković, D. Dulanović, N. Marković: OpenGL: praktikum, CET, 2006.

James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes: Computer Graphics: Principles and Practice, 2nd ed. in C, 2000.

Vizuelna komunikacija

- Vizuelna komunikacija je neverbalna vrsta komunikacije koja služi za saopštavanje informacija koje mogu biti prikazane u obliku teksta ili slike.
- Mnogi socijalni psiholozi smatraju vizuelnu komunikaciju jednim od najvažnijih kanala neverbalne komunikacije (svaki znak ima svoje značenje).
- U početku je vizuelna komunikacija bila usmerena ka prikazu dvodimenzionalne slike (crteži), a sad uključuje i likovnu umetnost, grafički dizajn, ilustracije i web dizajn.
 - Crtež je grafički prikaz oblika na nekoj površini.
- Znak je grafička predstava. Simbol je znak kom je dato značenje.
- Dizajn je kreativni proces.
- Osnovni nosilac vizuelne komunikacije je oblik.
- Reč grafika (*graphics*) predstavlja vizuelnu prezentaciju informacije (fotografije, crteži, grafikoni, geometrijski dizajn, mape,...) na nekoj površini (zid, platno, papir, kamen, drvo, ...).
- Grafika predstavlja kombinaciju teksta, crteža i boje.
- Kineska umotvorina „Jedna slika vredi koliko i hiljadu reči”.

Vizuelna komunikacija



Primeri primene simbola



Bakropis, stara grafička tehnika

Fotografija

- U 16. veku pojedini slikari počeli su da koriste metodu zamračene prostorije – (*camera obscura*) kako bi poboljšali način izrade pejzaža i portreta.
 - Ovom tehnikom se slika kroz mali otvor na jednom zidu prikazuje u zamračenoj prostoriji na drugom zidu. Na ovom principu zasniva se rad današnjih kamera i fotoaparata.
- Fotografija je rezultat stvaranja slike reflektovane od objekta koga fotografišemo.
- **Nicéphore Niepce** je 1825. godine otkrio tehniku kojom je omogućio trajnije memorisanje slike (višesatna ekspozicija podloge osetljive na svetlost uz jaku dnevnu sunčevu svetlost)
 - Istovremeno u Engleskoj, **William Fox Talbot** otkriva postupak kalotipije (proizvodi **negativ** koji se zatim mogao neograničeno umnožavati) , odnosno, ekspozicija papira premazanog srebrnim nitratom, a zatim hemijskog razvijanja tih negativa.
- **George Eastman** umesto papira 1884. godine uvodi **fotografski film** (tanka prozirna traka od celuloze premazana fotoosetljivim slojem).
- Poslednja revolucija u fotografiji je digitalna fotografija (metode ekspozicije i optika su ostali isti).

Fotografija

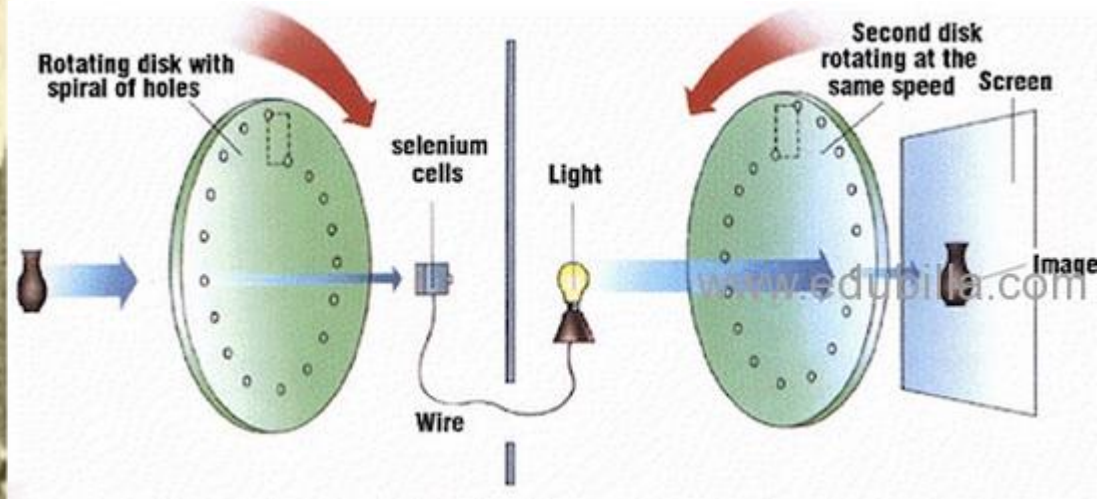
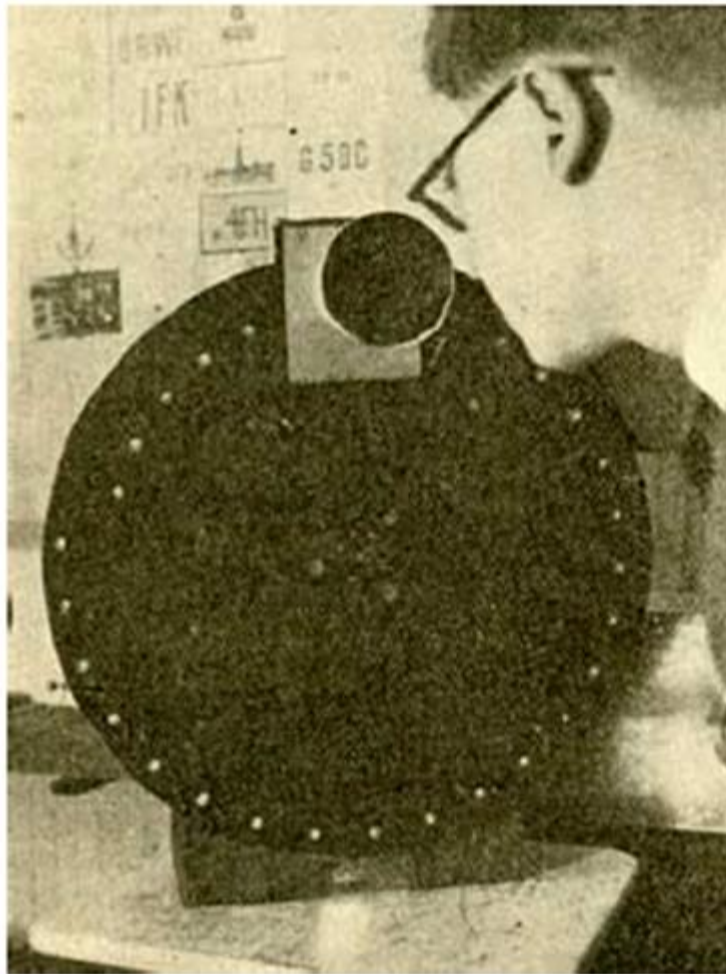
- Fotoaparati



Pokretne slike (film)

- Ostvarenje ideje o prenosu slike na daljinu desilo se 1873. godine.
- **Žosef Mej** (telegrafski operater, zapadna Irska) primetio je da otpornici sa selenom menjaju otpornost prilikom izlaganja jakoj sunčevoj svetlosti. Zaključio je da korišćenjem **selena** i njegovih fotoelektričnih osobina u električnim kolima moguće izvršiti pretvaranje svetlosnih talasa u odgovarajuće električne impulse.
- U Londonu, 1881. godine, **Šelford Bidvel** je demonstrirao patent koji je omogućio princip prenosa slike između dve susedne sobe.
- Među prvim patentima, koji se koristio za prenos pokretne slike bio je i patent **Pola Nipkova** u Nemačkoj 1884. godine.
 - Rotirajući disk skenira scenu a onda putem fotoelektrične ćelije reprodukuje skeniranu sliku. Na svakom od dva diska po spiralnoj putanji su rupice izbušene uz spoljašnju ivicu diska. Fotoćelija osetljiva na svetlost reagovala je na promene svetlosti sa skeniranog dela scene.
- Nakon pojave prenosa pokretnih slika pojavila se i kamera - uređaj koji je omogućio transformaciju optičke slike u elektronske signale.
- Razvoj televizije je prefomulisao značenje kineske poslovice, da jedna pokretna slika vredi i do nekoliko hiljada reči.

Pokretne slike

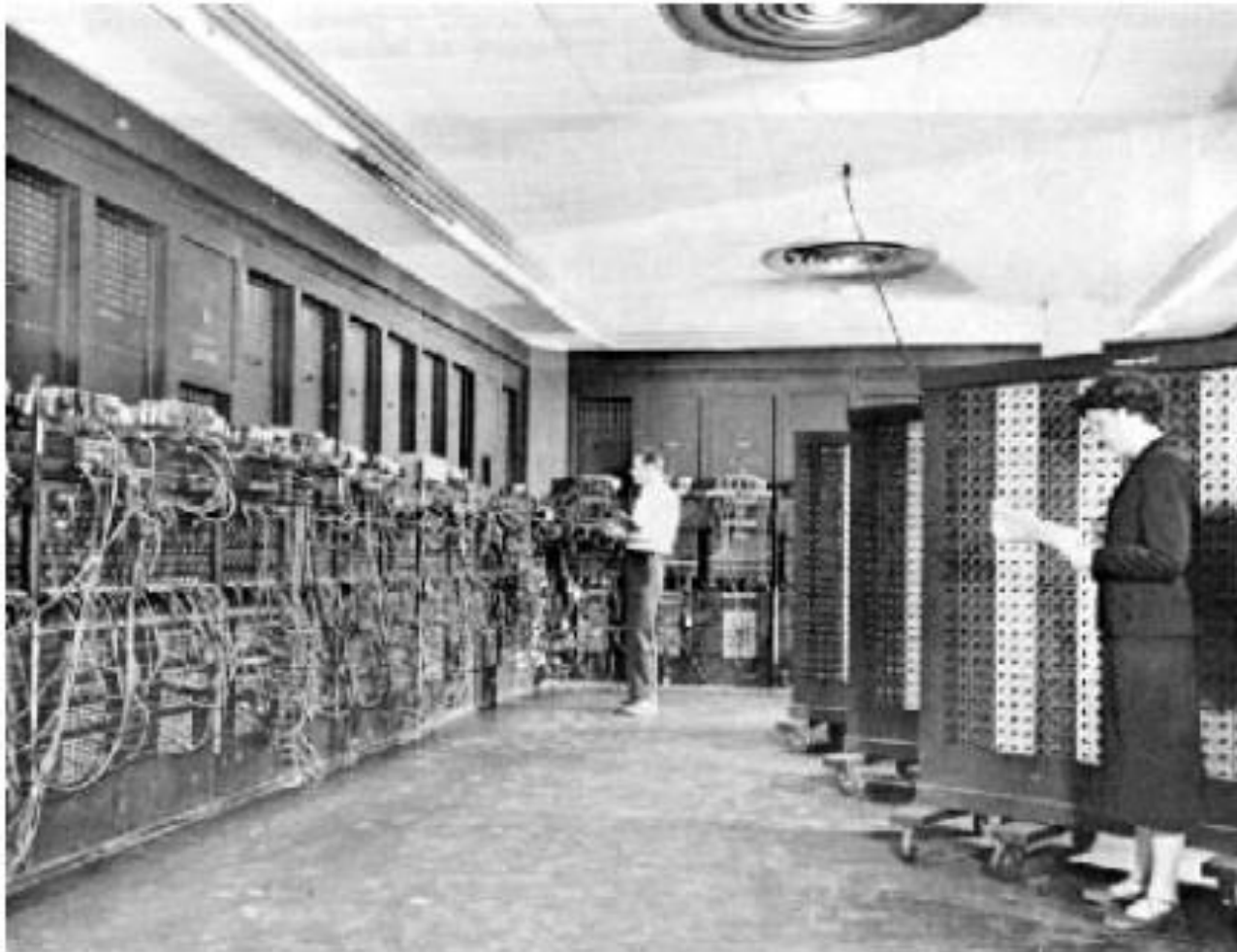


Pol Nipkov ispred svog sistema

Računari

- Računar (*computer, computator*) je uređaj koji prima, obrađuje i prikazuje podatke (obavlja složenije funkcije od samog računanja).
- Za jednostavnije pomoćne uređaje koji računaju ustaljen je naziv kalkulator.
- Na univerzitetu Pensilvanija u SAD, septembra 1942. godine pokrenut je projekat za kreiranje prvog elektronskog digitalnog računara, nazvan **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer)
 - Postojanje računara, koji je rezultat tog projekta, objavljeno je 15. februara 1946. godine (početak ere elektronskih digitalnih računara).
 - Računar je bio sastavljen od 18000 elektronskih cevi (koje su često pregorevale), trošio je veoma mnogo električne energije 150KW, bio težak 27 tona, i zauzimao je površinu od 167 m².
- Korišćenje integrisanih kola (čipova) računari postaju manji, brži i lakši. Povećanje snage računara, uz istovremeno fizičko smanjivanje, našlo je primenu u svemirskom programu **APOLO** koji je početkom šezdesetih godina XX veka bio veoma aktuelan u SAD-u. U to vreme velike kompanije i univerziteti imali su računske centre sa velikim računarima (eng. mainframes).
- Do dalje minijaturizacije računara došlo je 1968. godine izumom mikroprocesora.

Računari



ENIAC

Računari

- Zahvaljujući snazi mikroprocesora, neki računari su smanjeni do veličine bivšeg kalkulatora.
- Zahvaljujući tehnologiji visoke integracije omogućeno je pakovanje još veće procesorske snage računarskog sistema tako da nastaju računari velike snage koji se nazivaju superračunari (*supercomputers*), koji su razvijani za potrebe složenih naučnih istraživanja.
- Od sredine 70-tih godina počeo je razvoj mikroračunara na bazi mikroprocesora.
- Koristili su ih pojedinci i na poslu i kod kuće, pa su nazivani i personalni računari (*personal computers*) ili kućni računari (*home computers*).
- Prve personalne računare proizveli su firme Apple, Tandy Radio Shack, Commodore.
- Osamdesetih godina počinje era Commodore-a, Amige, Spectrum-a, Amstrad Schneider-a, a onda počinje i era PC-a baziranih na Intelovim mikroprocesorima 8088, 8086, 80186, ...
- Računarska grafika počinje naglo da se razvija i širi od pojave personalnih računara.

Računari



Apple II i Commodore PET200



Računarska grafika

- Najprirodniji način komunikacije čoveka i računara je računarska grafika.
 - Koristi se čovekova sposobnost prepoznavanja oblika i boje .
- Grafička interakcija pomoću rasterskog prikaza postala je standardna za skoro sve korisničke interfejse.
- Računarska grafika (*computer graphics*) obuhvata kreiranje, čuvanje i upotrebu modela i slika objekata.
- Računarska grafika je danas uz fotografiju i televiziju treći dominantan način proizvodnje slika. Računarska grafika postaje polje vizuelne umetnosti.
- Predmet računarske grafike je sinteza slika na osnovu računarskih modela stvarnih ili imaginarnih objekata.
- Obrada slike (*image processing*) je process rekonstrukcije modela objekta na osnovu analize scene.
 - Veoma značajno za vojnu industriju (npr. analiza scene gde je rezultat okretanje kupole tenka i označavanje mete), robotiku, digitalizaciju teksta knjiga ,...

Obrada slike, istorija računarske grafike

- Obrada slike obuhvata sledeća područja:
 - **Poboljšanje slike** (*image enhancement*);
 - **Detekcija i prepoznavanje uzoraka** (*pattern detection and recognition*);
 - **Optičko prepoznavanje alfanumeričkih znakova** (*optical character recognition*);
 - **Analiza scene i računarski vid** (*scene analysis and computer vision*) što se koristi za prepoznavanje i rekonstrukciju 3D modela scene na osnovu više 2D slika.
- **Istorija računarske grafike**
- Projekat vazdušne odbrane **SAGE** (Semi-automatic Ground Environment), **Whirlwind I** (demonstriran 1951. godine a ugašen 1983. godine) koristi računare sa komandnom i ekranskom konzolom za prikazivanje pozicije aviona. Koristila se vektorska grafika a upravljalo pomoću svetlosnog pera.
- **John Backus** (IBM) 1954. godine predlože izradu programskog jezika **FORTRAN**, čiji se princip rada zasnivao na ideji da se numeričke formule u programskom jeziku putem prevodioca pretvore u jezik koji računar razume .
- **John McCarthy** (MIT) 1960. godine predlaže novi programski jezik nazvan **Lisp** (List Processing).

Obrada slike, istorija računarske grafike



Operatori SAGE

Istorija računarske grafike

- LISP je imao jednostavne operatore i funkcionalne oznake, izgrađene oko jednostavne centralne strukture za kod i podatke.
- **Thomas E. Kurtz** 1964. godine predstavlja programski jezik **BASIC** koji se koristio u početku na Dartmouth koledžu. Jezik se jako brzo rasprostranio i imao velik uticaj na industriju jer je bio besplatan i svima dostupan.
 - Vreme uvoda u "digitalno doba".
- Digitalna umetnost postala je jako popularna, tako da osim matematičara i programera, programe su počeli da koriste i umetnici i dizajneri.
- **Ben Laposki** (matematičar i umetnik) iz Iowe je 1950. godine kreirao prve grafičke slike putem računara. On je snimao film kretanja signala osciloskopa, a radove nazvao "**oscilloni**" i "elektronske apstrakcije".
- Grafičkom dizajneru **Williamu Fetteru** (Boeing Aircraft Co.) pripisuje se da je za opis svog rada osmislio frazu "**računarska grafika**" 1960. godine.
- U to vreme jedan od najuticajnijih animatora na računarima, **John Whitney** je sa IBM-ovim programerima radio na izradi jezika za proširenje mogućnosti računara kako bi se kontrolisali grafički uređaji.

Istorija računarske grafike

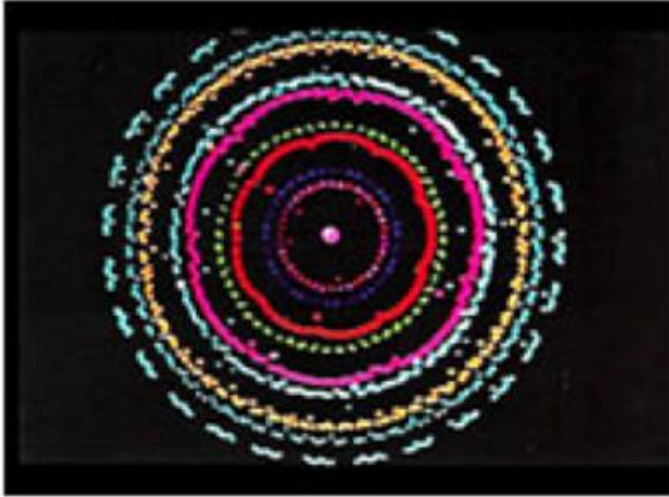


Ben Laposky sa radom "oscilloni"

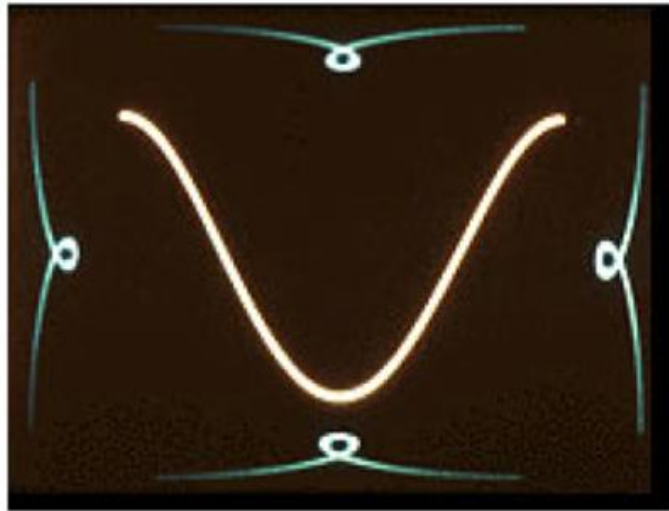
Istorija računarske grafike

- Rezultat rada **John-a Whitney**-a predstavljala je njegova najpoznatija animacija pod imenom „**Permutations**” (1968. godina).
 - Njegovo drugo najpoznatije delo „**Arabesque**” kreirao je nešto kasnije zajedno sa sinom.
 - Pored ove dve najpoznatije animacije, John Whitney je 1961. godine uradio početnu animaciju za film „**Vertigo**” poznatog reditelja Hitchcocka.
- **Steve Russel** (mladi programer) 1961. godine vodi tim koji je kreirao prvu računarsku igricu „**Spacewar**”. Prva igrica je radila na PDP-1 računaru koji je omogućavao istovremenu upotrebu od strane više korisnika.
- Razvojem TX-2 digitalnog računara (MIT - The Massachusetts Institute of Technology) **Ivan Sutherland** za svoj doktorski rad uzeo je temu “Izrada programa kojim bi se moglo crtati na računaru”.
 - U svom radu koristio je svetlosnu olovku i ekran, iz čega je kasnije nastao grafički program **Sketchpad** (1963), a koji je označio revoluciju u području računarske grafike, a time i **početak interaktivne računarske grafike**.
- **Gary Demos, John Whitney i Ivan Sutherland**, 1972. godine osnovali su svoju kompaniju „**Picture/ Design Group**”, koja je radila na projektima vezanim za film kao što su Futureworld, TRON, Star Wars, Empire Strikes Back, ...

Istorija računarske grafike



John Whitney "Permutations"



John Whitney "Arabesque"

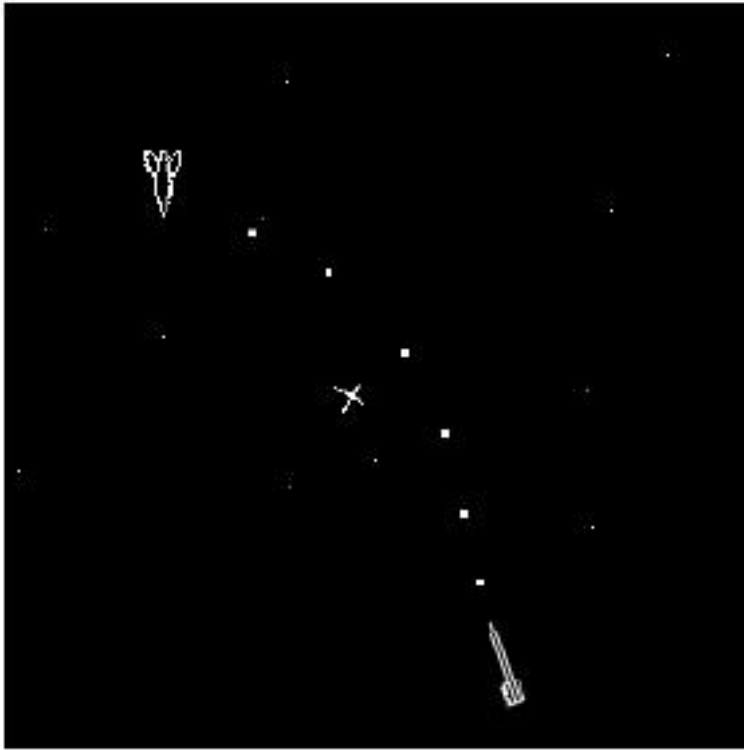


Prvi film sa elementima računarske grafike - „Futureworld”



Ivan Sutherland

Istorija računarske grafike



Prva video igrica - „Spacewar”

Istorija računarske grafike

- Zahvaljujući bogatim proračunima velikih naučnih centara i posticajem iz vojne industrije, računarska grafika je tokom istorije brzo napredovala i danas dostiže korišćenje trodimenzionalne stvarnosti.
- Svi rezultati koje računar izračuna mogu se vizuelno prikazati u vidu grafova, putanja, mapa,...
- Računarska grafika je ključna u projektovanju i proizvodnji (izrada velikih mehaničkih objekata, kao što su oblakoderi, mostovi, zatim složenih elektromehaničkih uređaja, aviona, vozova, precizne mehanike...
- Osim za inženjerske poslove, računarska grafika je zarazila svet i igrama.
 - Počelo je sa Spacewarom, kasnije Pongom i brojnim Atarijevim igricama, pa do današnjih modernih igara u tri dimenzije i u realnom vremenu.
- Ranije su za potrebe vojne industrije bile potrebne ogromne prostorije i što brži računari koji su satima ili čak danima radili svoj zadatak, dok danas taj napredak podstiče industrija video igara.
- Osim industrije video igara, filmskoj industriji pripada veliki deo zasluga za brži razvoj računarske industrije (skoro u svakom filmu se koriste vizuelni efekti).

Primena računarske grafike

- Primeri primene računarske grafike uključuju:
 - **korisničke interfejse** (većina aplikacija na personalnim računarima i na radnim stanicama imaju grafički sistem prozora (*graphical user interface* – GUI) pomoću koga komuniciraju sa korisnicima. Primeri takvih aplikacija uključuju pretraživače Interneta, obradu teksta, stono izdavaštvo, tabele sa proračunima ...);
 - **interaktivno crtanje** (u poslovnim, naučnim i tehnološkim primenama računarska grafika koristi se za prikazivanje funkcija, dijagrama, histograma i sličnih grafičkih prikaza sa svrhom jasnijeg sagledavanja složenih pojava i olakšanja procesa odlučivanja);
 - **kancelarijska automatizacija i elektronsko izdavaštvo** (računarska grafika široko se koristi za izradu elektronskih i štampanih dokumenata, te sadržaja na Internetu);
 - **projektovanje pomoću računara** (*Computer Aided Design* - CAD koristi za projektovanje sistema i komponenata u mašinstvu, elektrotehnici, elektronici, telekomunikacijama, računarstvu...);
 - **simulacija i animacija** (računarska grafika koristi se za naučnu i inženjersku vizuelizaciju kao i zabavu; prikazi apstraktnih matematičkih modela vremenski promenljivih pojava, TV i filmska tehnologija...);

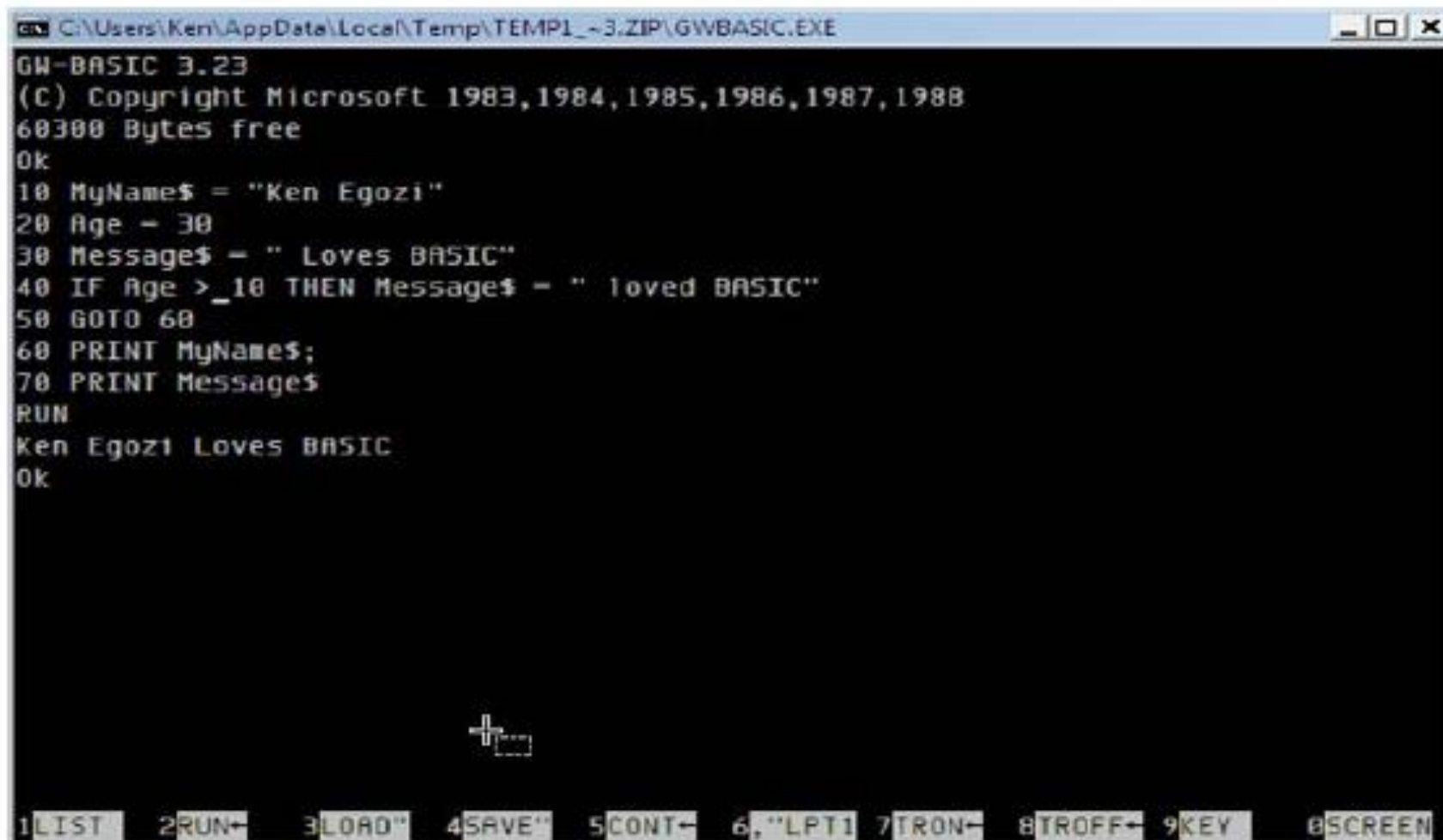
Primena računarske grafike

- **industrije računarskih igara** (računarska grafika se koristi za kreiranje zabavnih i edukativnih igara kako na personalnim sistemima tako i putem Interneta);
- **umetnost** (računarska grafika se koristi za kreiranje umetničkih slika – digitalna umetnost);
- **trgovina** (računarska grafika se koristi za vizuelnu animaciju i elektronsku trgovinu);
- **upravljanje procesima** (podaci iz senzora dinamički se prikazuju u prikladnom grafičkom obliku);
- **geografski informacioni sistemi** (računarska grafika koristi se za tačan prikaz geografski raspodeljenih i rasprostranjenih sistema i mernih podataka npr. u telekomunikacijama i telemetriji);
- **grafičko programiranje** (računarska grafika se koristi za automatizaciju procesa programiranja).

Grafički korisnički interfejs

- Na Univerzitetu Dartmouth, 1965. godine, dva profesora **John Kemeny i Thomas Kurtz** razvila su "**B**eginner's **A**ll-purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode" ili skraćeno BASIC.
- BASIC je prvenstveno bio razvijen zbog potrebe interaktivnosti programskih jezika (programeri mogu da unose komande i da odmah potom vide rezultate obrade)
 - Umesto dotadašnje potrebe korišćenja kartica, studenti ova dva profesora koristili su terminale, gde su nakon unosa programskog koda izdavalali naredbu "Run", a rezultati obrade su momentalno bili štampani na štampačima.
- Kasnih sedamdesetih godina prošlog veka, u većim količinama su prodati prvi personalni računari od strane kompanija kao što su Apple, Commodore i Atari.
 - Svaki od ovih proizvođača je imao je sopstvenu verziju BASIC interpretera smeštenog u **ROM** memoriji.
- Pojavljuje se mala kompanija "**Microsoft**", koja je tržištu ponudila svoju verziju BASIC-a,
 - Microsoftova verzija BASICa se učitala u **RAM** memoriju računara (za razliku od prethodnih).

Grafički korisnički interfejs



```
GW-BASIC 3.23
(C) Copyright Microsoft 1983,1984,1985,1986,1987,1988
60300 Bytes free
Ok
10 MyName$ = "Ken Egozi"
20 Age = 30
30 Message$ = " Loves BASIC"
40 IF Age > _10 THEN Message$ = " loved BASIC"
50 GOTO 60
60 PRINT MyName$;
70 PRINT Message$
RUN
Ken Egozi Loves BASIC
Ok
```

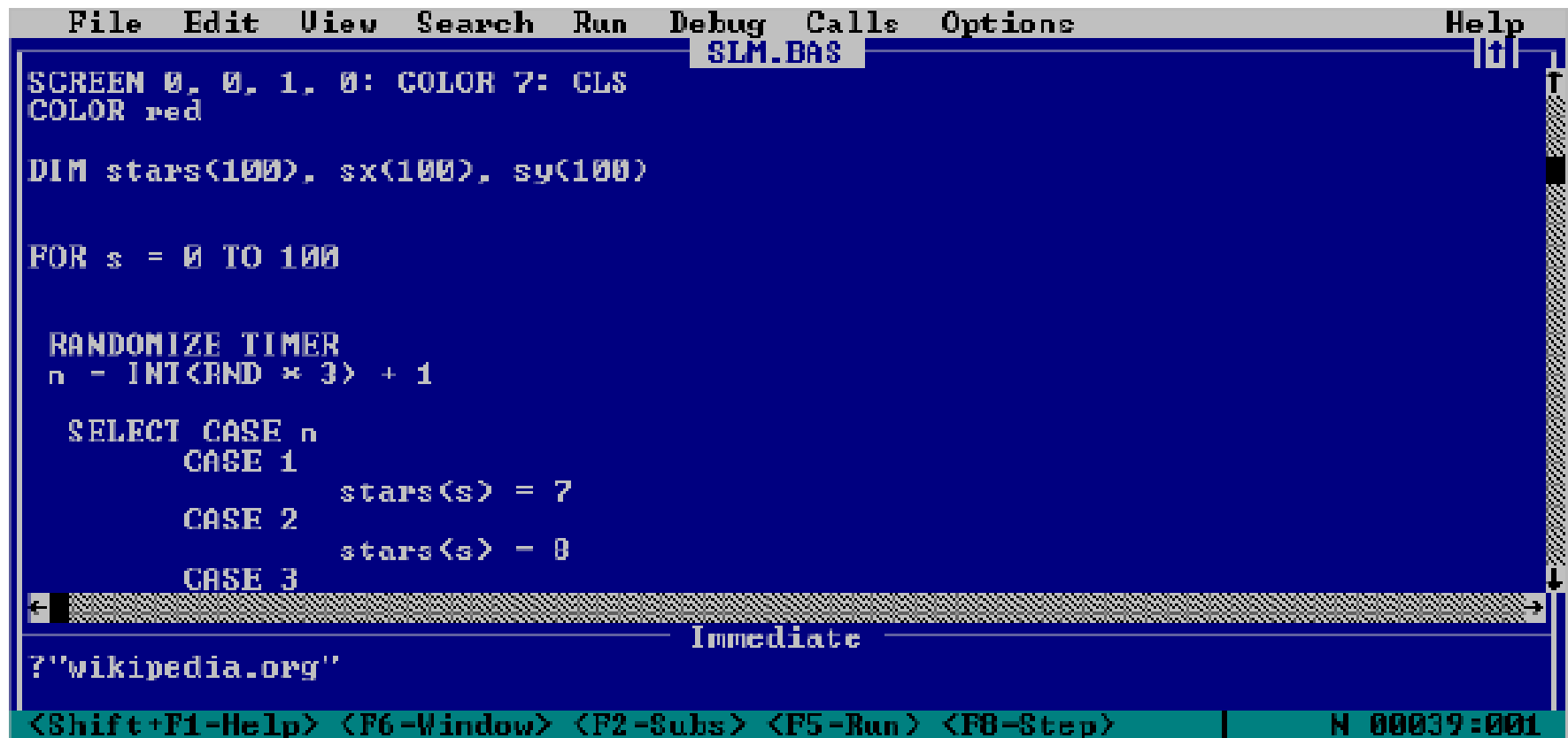
1 LIST 2 RUN 3 LOAD 4 SAVE 5 CONT 6 LPT1 7 TRON 8 TROFF 9 KEY 0 SCREEN

Basic 1.0.

Grafički korisnički interfejs

- Mnogi korisnici su se okrenuli BASIC-u jer se bio jednostavan i lako se učio
 - Korisnici su provodili sate i sate vremena prekucavajući kodove pisane u BASIC-u iz magazina i knjiga.
- Vremenom su programeri postajali razočarani BASIC-om:
 - Spor, jer su programi interpretirani, a ne kompajlirani;
 - Svaka programska instrukcija sukcesivno se prevodila i izvršavala, tako da su rezultati sporo prikazivani;
 - BASIC nije bio podesan za strukturno programiranje, jer su sve varijable bile globalne (nije bilo moguće izvesti samostalne procedure i module koji su potrebni za strukturno programiranje);
- Sredinom osamdesetih "Microsoft" je pokušao da reši ove probleme izbacivši verziju QuickBasic, jezik koji je bio više kompajlerski nego interpreterski.
 - QuickBasic podržava procedure - rutine za višestruku upotrebu unutar programa,
 - Module - rutine za višestruku upotrebu koje se ne nalaze u glavnom programu,
 - Korisnički definisane funkcije - rutine za višestruku upotrebu koje mogu da prihvate parametre i vrate vrednosti.

Grafički korisnički interfejs



The screenshot displays the QuickBasic development environment. The main window shows a BASIC program named 'SLM.BAS' with the following code:

```
File Edit View Search Run Debug Calls Options Help
SLM.BAS
SCREEN 0, 0, 1, 0: COLOR 7: CLS
COLOR red

DIM stars(100), sx(100), sy(100)

FOR s = 0 TO 100

  RANDOMIZE TIMER
  n = INT(RND * 3) + 1

  SELECT CASE n
    CASE 1
      stars(s) = 7
    CASE 2
      stars(s) = 8
    CASE 3
```

Below the code editor is the 'Immediate' window, which contains the text: `? "wikipedia.org"`. The status bar at the bottom shows keyboard shortcuts: `<Shift+F1-Help> <F6-Window> <F2-Subs> <F5-Run> <F8-Step>` and a timer: `N 00039:001`.

QuickBasic

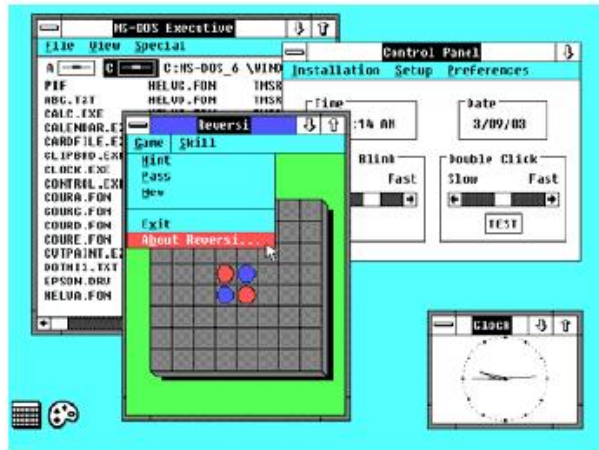
Grafički korisnički interfejs

- QuickBasic je za razliku od ranijih programa koji su se izvršavali od početka do kraja, program se mogao grupisati u funkcije, čime se dobilo na efikasnosti.
 - QuickBasic je ponudio i integrisano programsko okruženje – programeri su mogli da preuređuju, kompajliraju i pokreću programe iz istog ekrana.
- Iako je QuickBasic okruženje bilo moćno i lako za korišćenje i učenje, postojao je problem sa opštom platformom (MS-DOS) u okviru koje su programeri radili.
 - MS-DOS je imao tekstualno-orijentisano okruženje (korisnik je morao dosta da kuca, a programere je ograničavao u pogledu mogućnosti prikaza rezultata korisnicima).
- Da bi olakšali programiranje u MS-DOS-u, BASIC programeri su počeli da implementiraju menije, dijaloge i ekranske prozore te da koriste miš kao pokazivački uređaj.
- U svom razvoju BASIC je imao nekoliko glavnih prepreka:
 - Nije postojao standard za ovaj tip programiranja, što je zahtevalo od korisnika da se prilagođavaju na korisničkom interfejsu u zavisnosti od programa.
 - Program koji se izvršava zauzeo bi sve računarske resurse bez mogućnosti pokretanja bilo kog drugog programa na istom sistemu i u isto vreme.

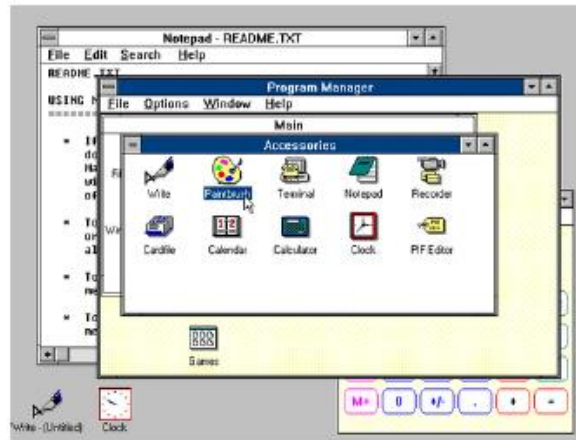
WIMP paradigma

- Microsoft stvara **1985.** godine slab vizuelni interfejs, tekst-orijentisan **Windows 1.0**, ali već **1987.** godine Microsoft je unapredio **Windows** u verziju **2.0**. Ova verzija je bila grafička; unapređena je vizuelna pojava zajedno sa razvojnim alatima.
- Godine **1990.** godine sa **Windows**-om **3.0** demonstriran je tzv. grafički korisnički interfejs ili Graphical User Interface (GUI), što je značilo da će korisnici PC-ja imati konzistentan interfejs u svakoj aplikaciji.
- GUI se oslanja na **WIMP** paradigmu (model, šablon):
 - **Window** (prozor) – ograničene oblasti koje sadrže radnu površinu, menije, programsku dugmad, trake za skrolovanje sadržaja prozora.... Aplikacije i datoteke se prikazuju u prozoru (ne mora svaka aplikacija imati svoj prozor);
 - **Icon** (ikona ili sličica) - Slikovito i asocijativno deluje na korisnika: Jasno označava funkciju, lako se pamti i razlikuje se od ostalih ikona. Ikona označava datoteku. Selektovanjem ikone pokreće se program ili otvara datoteka preko putanje do sadržaja na memorijskom medijumu gde je datoteka smeštena;
 - **Menu** (meni) - osnovni način otvaranja sadržaja korisniku. Meniji pokazuju putanju otvaranja shodno hijerarhijskom nivou opcije. Na grafičkom displeju se otvara kaskadni prikaz opcija a preglednost putanje je maksimalna;
 - **Pointer** (pokazivač) – grafički simbol kojim upravlja miš ili drugi ulazni uređaji, a koristi se za lociranje, pozicioniranje i izbor na ekranu monitora.

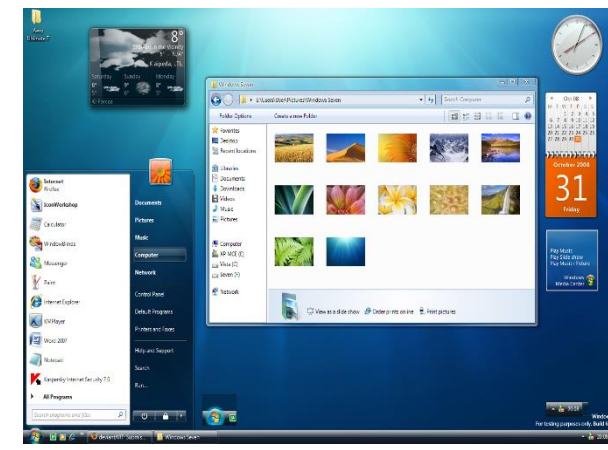
WIMP paradigma



Windows 2.0



Windows 3.0



Windows 7



Windows XP



Windows Vista



Windows 8



Windows 10

Podela računarske grafike

- Podela računarske grafike prema:
 - opisu modela slike
 - **Vektorsku i rastersku** grafiku
 - promenljivosti modela slike
 - **Interaktivnu i neinteraktivnu** grafiku
 - broju dimenzija modela slike
 - **2D** (dvodimenzionalnu), **2.5D** i **3D** (trodimenzionalnu) grafiku
 - tipu interakcije i stepenu kontrole korisnika nad objektom i njegovom slikom
 - **Offline crtanje, interaktivno crtanje, predefinisanje ili računanje objekta, interaktivno projektovanje**
- **Interaktivna** grafika podrazumeva dinamički način prikaza slike na displeju (mediju koji to omogućuje) preko interfejsa uz aktivno učešće čoveka (dizajnera) u stvaranju i izmeni slike, gde su rezultati odmah vidljivi (igrice)
- **Neinteraktivnom** računarskom grafikom smatra se svako generisanje ili prezentovanje slikovnih informacija koje ne zadovoljava prethodne uslove.
 - Statične informacije, prezentovane bojom i oblikom, bez interakcije (desktop ekran)

Podela računarske grafike

- Podela na vektorsku i rastersku grafiku izvršena je prema osnovnim gradivnim elementima slike (primenom kriterijuma opisa modela slike).
- Kod **vektorske** grafike slika se u aplikaciji opisuje karakterističnim tačkama objekata, dakle, postoji geometrijski model objekta koji se prikazuje.
 - Gradivni elementi su objekti (prave i krive linije, otvoreni i zatvoreni, ispunjeni i neispunjeni geometrijski oblici) koji mogu da se preklapaju, prekrivaju ili uklapaju i tako čine sliku.
 - Raspored objekata se može menjati isto kao i njihov oblik i veličina a da pri tome položaj i karakteristike ostatka objekata na slici ostane nepromijenjen.
 - Ovakve slike je lakše stvarati, menjati i kombinovati sa drugim slikama.
 - Računarska interna reprezentacija ovakvih slika je niz matematičkih vektorskih formula koje opisuju iscrtavanje objekata.
 - Vektorska grafika svoju primenu nalazi u CAD programima, programima namenjenim dizajnerima.
 - Vektorska grafika je podesna za simulaciju trodimenzionalnog sveta pomoću računara.

Podela računarske grafike

- **Rasterska** grafika se koristi za prikaz prizora koji se sastoji od jako mnogo detalja koji nisu u matematičkoj vezi (fotografije).
- U rasterskoj grafici, slika se opisuje ćelijama (pikselima) matrice (raster) i cela skladišti u grafičkoj memoriji računara.
 - Npr. digitalna fotografija slikana kamerom ili skenirana fotografija, unesena u računar. Slike uneta na taj način opisuju se matricom piksela (piksel-mapom).
- Rasterska grafika kao osnovni gradivni element slike koristi tzv. **pixel** (nastala od dve engleske reči: *Picture* i *Element*).
- **Pixel** je najmanji adresabilni deo slike (u smislu njegovih atributa: boje, providnosti i osvetljenja).
 - Kod nas se izraz pixel često prevodi kao tačka.
- Pojednostavljeno, rasterska slika je slika sastavljena od tačaka različitog nivoa
 - osvetljenosti (monohromatske slike)
 - ili
 - različitih boja (kolor slike) .

Podela računarske grafike

- Kada je reč o broju dimenzija slike, pojmovi druge i treće dimenzije su svima poznati.
- U **2D** grafici moguće je pomoću osvetljenja i senki ili pomoću boja i oblika dočarati trodimenzionalni svet:
 - Fotografije su dvodimenzionalne slike, ali verno prikazuju trodimenzionalni svet, ali to nije trodimenzionalna grafika jer objekat beleži samo u jednom trenutku i ne možemo pogledati objekat iz drugog ugla.
 - Grafikoni, dijagrami, sheme ili drugi crteži sastavljeni od linija i figura koji pripadaju jednoj ravni predstavljaju 2D grafiku.
 - U slučaju kada se objekti nalaze u više paralelnih ravni, a svaka ravan se prikazuje kao jedan sloj koji predstavlja dati objekat u jednoj od ortografskih projekcija onda možemo reći da se radi o **2.5D** grafici (simulacija 3D grafike).
- **3D** grafika podrazumeva da se slika sastoji od objekata u virtuelnom prostoru u memoriji računara.
 - Slika koja će se videti zavisi od prostornih odnosa između ovih objekata i od ugla posmatranja (u 3D grafici se govori o prostorima).
 - Ako aplikacija sadrži promenljivu scenu sa telom u prostoru onda je reč o 3D grafici.

Podela računarske grafike

- S obzirom da je u svetu računarske grafike sve više popularna **animacija** sa objektima u 2D ili 3D, slike koje se pri tome generišu se ponekad nazivaju **4D** grafikom.
- Široko rasprostranjeni uređaji za prezentaciju grafike stvorene računarom su dvodimenzionalni što znači da se i 3D svetovi moraju prilagoditi dvodimenzionalnom prikazu.
- Podela računarske grafike prema dimenzionalnosti na 2D i 3D grafiku, može se predstaviti i sledećim primerima:

| Tip objekta | Prikaz slike |
|-------------|---|
| 2D | Monohromatsko crtanje linija |
| | Slika u skali sivog |
| | Slika u boji |
| 3D | Monohromatski žičani model |
| | 3D Žičani model sa efektima (senka, boja) |
| | Senčena slika u boji sa različitim efektima (transparentcija, tekstura) |

Podela računarske grafike

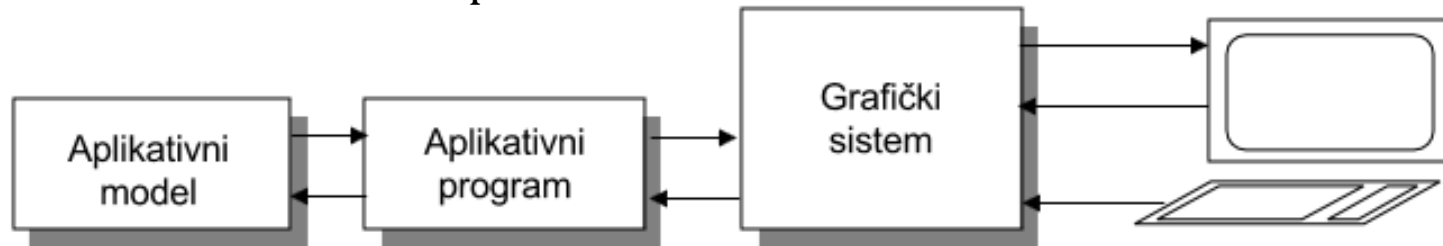
- Prema tipu interakcije i stepenu kontrole korisnika nad objektom i njegovom slikom, računarsku grafiku delimo na:
 - **Offline crtanje** sa unapred definisanom bazom podataka proizvedenom pomoću drugih aplikacija ili digitalizovanom iz fizičkog modela
 - **Interaktivno crtanje** gde korisnik kontroliše iteracije "korisnik daje neke parametre, crta, menja parametre, ponovo crta".
 - Kod interaktivnog crtanja korisnik počinje da crta na praznom ekranu zadajući računaru parametre za crtanje, a zatim se kretanjem oko objekta postiže željeni pogled.
 - **Predefinisanje ili računanje objekta i kretanje oko njega kontrolisano u realnom vremenu** (animacija u realnom vremenu koja se koristi za vizuelizaciju, npr. simulatori letenja).
 - **Interaktivno projektovanje** u kojem korisnik počinje od praznog ekrana, definiše nove objekte (iz predefinisanih komponenata) i tada se kreće okolo da postigne željeni pogled.

Kategorizacija grafičkih aplikacija

- Na osnovu kategorija podele računarske grafike, **grafičke aplikacije** se mogu podeliti kao što sledi:
 - opis (model) slike (vektorske, rasterske)
 - broj dimenzija slike (2D, 2.5D, 3D, 4D)
 - promenljivost modela (view-eri, editori)
 - vrsta slike prema učešću boje i realizmu (videti raniju tabelu 2D i 3D objekti)
 - tip interakcije (offline crtanje, interaktivno crtanje, kretanje oko unapred definisanog ili izračunatog objekta, interaktivno projektovanje)
 - stepen u kojem slika predstavlja finalni proizvod (finalni proizvod ili faza u kreiranju proizvoda)
- Na osnovu prethodnog, **grafičke aplikacije** mogu se razvrstati u 4 oblasti za:
 - **Korisničke interfejs**
 - **Prikaz informacija**
 - **Projektovanje**
 - **Simulaciju i animaciju**

Koncept interaktivne računarske grafike

- **Koncept interaktivne računarske grafike** obuhvata:
 - hardverski deo (računar prima ulazne informacije od interaktivnih ulaznih uređaja i prenosi slike uređaju za prikaz)
 - programski (softverski) deo.
- **Softverski deo** sadrži 3 komponente:



- **aplikativni model** (podaci ili objekti koji će se prikazivati na ekranu);
- **aplikativni program** (prima i obrađuje informacije od aplikativnog modela i korisnika, generiše skup grafičkih izlaznih naredbi koje sadrže geometrijski opis onoga šta i kako treba prikazati);
- **grafički sistem**
 - na osnovu grafičkih naredbi koje generiše aplikativni program proizvodi sliku;
 - prenosi ulaznu informaciju od korisnika aplikativnom programu na obradu.

Aplikativni model

- **Aplikativni model** sadrži podatke o objektima koji će se prikazati na ekranu, njihove funkcije i relacije.
 - Obuhvata opise objekata za:
 - prikaz (geometriju objekta, boju)
 - interakciju (stanje selekcije ili stanje promene)
 - negrafičke module (funkciju objekta koja se računa u simulaciji)
- **Aplikativni model** smešta:
 - primitive (tačke, linije, poligoni) koje definišu oblik komponenata objekta
 - attribute primitiva kao što su stil linije, boja ili tekstura površine
 - relacije konektivnosti koje opisuju kako se komponente međusobno odnose
- **Aplikativni model** može da sadrži geometrijske ili negeometrijske podatke (sve-je-geometrija: CAD alati, malo-geometrije: excel, nema-geometrije: demografski podaci).
- Podaci u aplikativnom modelu mogu biti organizovani kao:
 - jednostavan niz podataka o koordinatama tačaka,
 - povezane liste koje predstavljaju umrežene strukture podataka,
 - kao relacione baze podataka.

Aplikativni program

- **Aplikativni program** kreira aplikativni model kao rezultat prethodnog računanja (inženjerske ili naučne simulacije) i kroz interaktivnu sesiju.
- Korisnik vodi proces konstrukcije korak po korak:
 - bira komponente iz neke palete
 - određuje vrednosti geometrijskih i negeometrijskih svojstava
 - određuje relacije (geometrijske i druge) između komponenata
 - traži da se prikaže izgled modela koji je kreirao do tog trenutka
- **Aplikativni program** konvertuje opis dela modela u proceduralne pozive koji sadrže komande koje grafički sistem koristi da kreira sliku:
 1. Pretražuje aplikativnu bazu podataka koja čuva model da bi se izdvojili delovi modela koji će biti prikazani, koristeći kriterijume izbora.
 2. Pretvara podatke u format koji se šalje grafičkom sistemu (primitive koji nisu podržani u grafičkom sistemu svodi na one oblike koje isti podržava).
- Programer interaktivnog grafičkog programa mora da obezbedi:
 - interakciju sa korisnikom
 - kreiranje i editovanje aplikativnog modela,
 - pogled na model.

Grafički sistem

- **Grafički sistem** je međusloj između aplikativnog programa i hardvera prikazivača.
- **Grafički sistem** obavlja:
 - ulaznu transformaciju (transformiše korisničke akcije i prosleđuje ih aplikativnom programu koji će uzrokovati da aplikacija napravi promene u modelu i/ili na slici).
 - izlaznu transformaciju (transformiše objekat iz aplikativnog modela u slikovni prikaz modela);
- **Grafički sistem** se sastoji od skupa funkcija (potprograma) koji odgovaraju različitim primitivama, atributima i drugim elementima.
 - Funkcije se nalaze u biblioteci grafičkih potprograma ili paketu klasa koje se mogu koristiti iz viših programskih jezika kao što su C/C++, Java,

Grafički sistem

- **Grafički sistem** kreira logički ulazni grafički uređaj za prikaz (programer nema opterećujuće detalje vezane za hardver uređaja).
- Ako model smešta geometrijske primitive koje grafički sistem ne podržava, aplikativni program mora da ih redukuje na one koje će sistem prihvatiti.
 - Na primer, ako sfere i površine slobodnog oblika nisu podržane, aplikativni program mora aproksimirati takve površine pomoću mreža poligona (grafičkih primitiva i njihovih atributa koje sistem može direktno da prikaže)
- Primitive prikaza koje odgovaraju primitivama geometrijskih modela mogu biti:
 - 2D: tačke, linije, pravougaonici, poligoni, krugovi, elipse, tekst
 - 3D kao nadskup 2D: tačke, poligoni, poliedri, tekst
- Napredniji grafički sistemi podržavaju:
 - specifikaciju geometrijskih transformacija (skaliranje, rotacija, translacija,...),
 - specifikaciju projekcije 3D scene u 2D sliku,
 - dodatne primitive (krive i površine definisane polinomima višeg stepena),
 - hijerarhijsko grupisanje logički generisanih primitiva, atributa i transformacija u hijerarhijske strukture.

Programski deo koncepta interaktivne računarske grafike

