

Specifičnosti računala u radiologiji

Puizina, Antea

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:751906>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SADRŽAJ:

1. UVOD	3
1.1 Povijest razvoja radiologije	4
1.2. Povijest razvoja informatičke tehnologije	5
1.2.1 Turing-ov stroj i Von Neumann-ov model računala.....	6
2. CILJ RADA.....	8
3. RASPRAVA.....	9
3.1 Generacije računala	9
3.1.1 Prva generacija računala	9
3.1.2 Druga generacija računala.....	10
3.1.3 Treća generacija računala.....	10
3.1.4 Četvrta generacija računala.....	10
3.1.5 Peta generacija računala.....	11
3.1.6 Šesta generacija računala (projekt)	11
3.2 Računala današnjice	12
3.2.1 Osnova računala.....	12
3.2.2 Ulazni i izlazni uređaji	16
3.2.3 Softver.....	17
3.2.4 Princip rada računala.....	18
3.3 Pojmovi vezani uz digitalnu sliku	19
3.3.1 Nove tehnologije	20
PACS.....	22
RIS	22
DICOM	23
HIS	23
3.4 Vrste digitalne radiologije	24
3.4.1 Analogno-digitalni pretvarač	24
3.4.2 CR (<i>engl. Computed radiography</i>)	24
Fosforne ploče.....	25
3.4.3 DR (<i>engl. Digital radiography</i>)	28
Indirektna digitalna radiografija.....	29

Direktna digitalna radiografija	29
3.5 Digitalno arhiviranje slikovnih podataka i računarska terminologija	31
3.5.1 Standardni formati za pohranu bitmap-nih slika.....	31
3.6 Razvoj računala u budućnosti.....	32
3.6.1 Nano-cijevi.....	32
3.6.2 Kvantna računala.....	32
3.6.3 Bioračunalo	33
3.6.4 Umjetna inteligencija	33
Računalni vid	33
Primjena	35
3.7 Primjena robota u kirurgiji i neurokirurgiji	36
3.7.1 Uloga radiologije u robotici	36
3.7.2 Intraoperativna navigacija.....	37
3.7.3 Telerobotika u medicini	37
3.8 CAD.....	39
4. ZAKLJUČAK	40
5. LITERATURA.....	41
6. SAŽETAK.....	44
7. ABSTRACT	45
8. ŽIVOTOPIS	46

1. UVOD

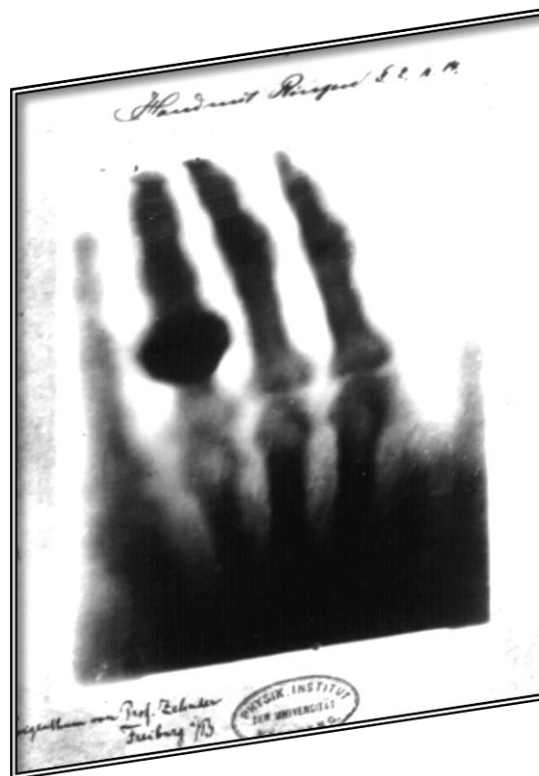
Računala igraju važnu ulogu u premošćivanju jaza između generacije slika i skrbi o pacijentima. Pružaju poboljšane slike koje više zadovoljavaju potrebe medicinske dijagnoze. Međusobnim razumijevanjem liječnika i računalnih znanstvenika i njihovih ciljeva, računalo može doseći svoj puni potencijal u medicini, što u konačnici rezultira boljom skrbi za bolesnika. To nam predstavlja primarni cilj napretka računala unutar medicine i radiologije. Također, računalne aplikacije u radiologiji se razvijaju vrlo brzo. Vezane su za dodatna poboljšanja hardvera, softvera i novijih računalnih metoda. U računalnom hardveru, pojava dramatično poboljšanih grafičkih i računalnih performansi, za inženjerske radne stanice, omogućuje njihovo korištenje za bolju i točniju vizualizaciju. Velike promjene u tehnologiji umrežavanja, pohrane i prikaza imaju ključnu ulogu u popratnim aplikacijama.

1.1 Povijest razvoja radiologije

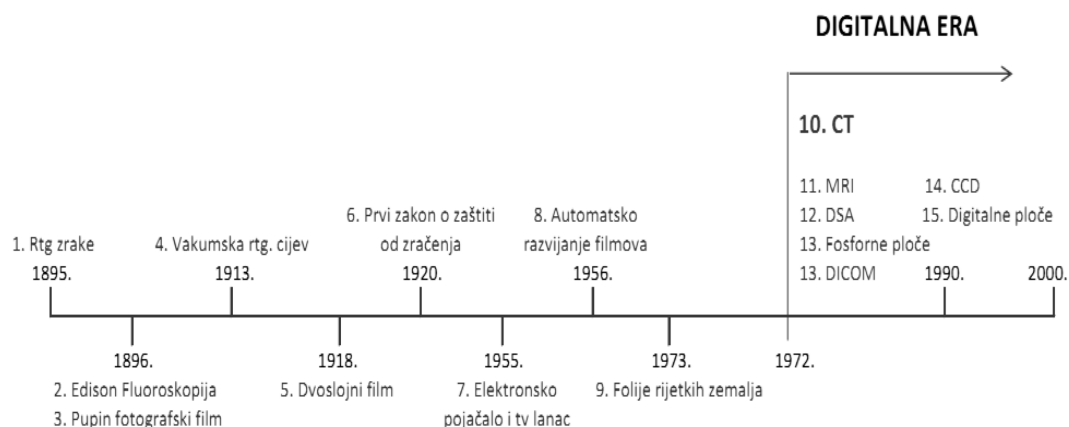
RENDGENOLOGIJA (naziv izveden od prezimena njemačkog fizičara *Wilhelma Conrada Röntgena*) je znanost o svojstvima rendgenskih zraka i njihovoj praktičnoj primjeni u različitim strukama kao što su: medicina, veterina, biologija, tehnologija i poljoprivreda. S obzirom na sve učestaliju primjenu različitih vrsta zračenja, danas se češće upotrebljava izraz *radiologija* koji u našem, njemačkom i nekim drugim jezicima označava nauku širu od rendgenologije, tj. nauku koja obuhvaća ne samo rendgenska nego i druga elektromagnetska te korpuskularna odnosno čestična zračenja.

Radiologija, kao zasebna grana medicine nastala je zahvaljujući epohalnom otkriću njemačkog fizičara *W. C. Röntgena*, koji je 8. studenog 1895. godine otkrio nove, do tada nepoznate zrake. Te nepoznate zrake *Röntgen* je nazvao *x zrake*, koje su njemu u čast nazvane rendgenskim zrakama (slika 1.).

Medicinska radiologija, kao nova grana medicine i znanosti, usko je povezana s tehničkom revolucijom modernog, kao i dostignućima atomskog doba (slika 2.).



Slika 1. Prva rendgenska snimka (izvor: <http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray>)



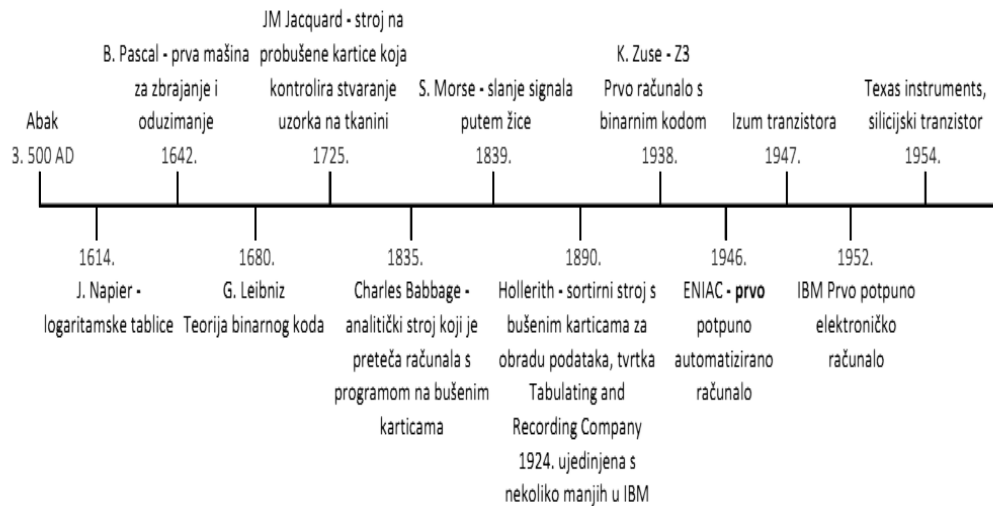
Slika 2. Razvoj radiologije kroz povijest (izvor: prezentacija „Računala u radiologiji“)

1.2. Povijest razvoja informatičke tehnologije

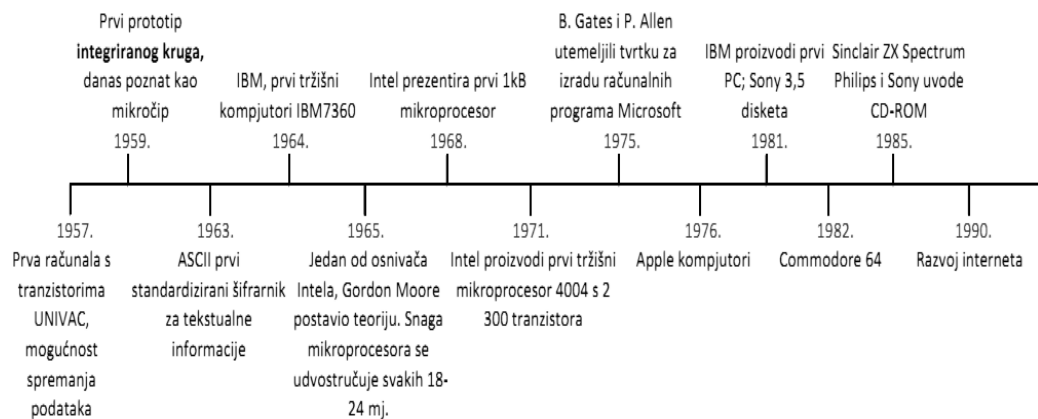
Računalne generacije pomažu nam tako što stupnjevito prikazuju točan pregled rada i sastava računala i tehnologiju koja se koristila u određenim vremenskim razdobljima.

Računalo je čovjeku važan stroj koji mu olakšava rad, a istraživanjima i poboljšanjem tehnologije njegova tendencija je, velikim dijelom ili možda čak i u potpunosti, zamijeniti svoj fizički rad računalnim.

Upravo iz tog razloga, računalni svijet neprestano se mijenja, istražuju se nove mogućnosti ili poboljšavaju stare, ali glavna je težnja istraživanje novih mogućnosti na poljima minimalizacije, većih mogućnosti računala te štedljivog i ekološki prihvatljivog proizvodnog procesa i samog rada na računalu. (slika 3. i slika 4.).



Slika 3. Razvoj računala kroz povijest (izvor: prezentacija „Računala u radiologiji“)



Slika 4. Razvoj računala kroz povijest (izvor: prezentacija „Računala u radiologiji“)

1.2.1 Turing-ov stroj i Von Neumann-ov model računala

Turing-ov stroj teoretski je uređaj kojeg je zamislio Alan Turing (1912. –1954.) te svoje ideje objavio 1937.godine. Kao misaoni eksperiment, Turing je definirao uređaj koji bi bio sposoban obavljati logičke operacije bilo kojeg računalnog algoritma. Hipotetski "automat" kojeg je zamislio Turing, zapravo koristi tablicu stanja te registre stanja, a ulazne podatke učitava s trake. Isto tako, stroj izlazne podatke bilježi na traku u obliku znakova i

pomaka. Svaki dio i svaka akcija u radu Turing-ovog stroja je točno unaprijed određena i jednoznačna, odnosno do jednoznačnog rješenja problema dolazi se pomoću unaprijed određenih koraka. Turing-ov stroj je značajan zbog toga što je imao podjelu na jedinicu za ulazne podatke, jedinicu za obradu podataka i jedinicu za izlaz podataka, te je cijelu obradu rješavao putem konačnog seta osnovnih instrukcija i konačne tablice unaprijed definiranih stanja, ukratko zbog detaljnijeg definiranja računalnog algoritma u formi najbližijoj onoj koju koristimo i danas. Univerzalni Turing-ov stroj, tj. univerzalni računalski stroj, može provesti bilo koji unaprijed određeni set instrukcija, odnosno može biti korišten kao simulator bilo kojeg specifičnog namjenskog Turing-ovog stroja, za što mu je potreban unos seta instrukcija kako provesti obradu, te ulaz podataka koje treba obraditi. Taj model stroja smatra se temeljem, odnosno teoretskom postavkom Von Neumann-ove arhitekture računala objavljene 1946. godine. Von Neumann-ova arhitektura računala dobila je naziv po matematičaru *John von Neumann-u* koji je bio konzultant prilikom izgradnje računala prve generacije *ENIAC*. Von Neumann dokumentirao je organizaciju ENIAC-a i zbog tog se razloga sva računala koja imaju sličnu organizaciju ili arhitekturu nazivaju računala sa von Neumann-ovom arhitekturom. Po Von Neumann-ovu mišljenju svako računalo sastoji se od: ulazne jedinice, RAM-a (kratica od *Random Access Memory* - memorija s nasumičnim pristupom), upravljačke jedinice i aritmetičko-logičke jedinice te izlazne jedinice.

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je prikazati važnu ulogu računala u medicini. Složena tehnologija, koja svakodnevno napreduje, dovodi do stalnog razvitka računalne tehnologije i u području radiologije, kao zasebne grane medicinske djelatnosti. Želja za pojednostavljenjem tehnologije ima krajnji cilj promicanja zdravlja. Dakle, svi se trebaju upoznati s primjenom računala u radiologiji, kao i njihovim specifičnostima, u svrhu promicanja pacijentovog zdravlja i u svrhu postizanja što boljih i točnijih rezultata.

3. RASPRAVA

3.1 Generacije računala

Generacije računala ugrubo možemo podijeliti na dva računalna sustava: Von Neumann-ov model računalnih sustava (koji traje od prve do četvrte generacije računala) i model nove građe računalnih sustava (peta generacija i budućnost).

Ne može se reći da je von Neumann-ov model zadržan u potpunosti prvih četiriju generacija, već je razvojem tehnologije poboljšavan u različitim dijelovima računalnog sustava, ali nije izgubio svoje temeljne karakteristike. Mora se napomenuti da razni stručni izvori različito definiraju broj generacija, početak i kraj era, što posebno vrijedi za novije generacije računala.

3.1.1 Prva generacija računala

Prva generacija računala započinje 1951. godine izradom *UNIVAC-a*, prvog računala koje nije bilo korišteno samo u znanstvene i istraživačke svrhe, već i u ekonomsko-statističke.

UNIVAC je izgrađen od strane američke kompanije *Remington Rand*, a temeljni element mu je bila *elektronska cijev*. Osnovni medij kao nositelj podataka i instrukcija bila je bušena kartica, a programiralo se u strojnom ili simboličkom jeziku. Obrada podataka bila je strogo serijska, a operativni sustavi u samom začetku stvaranja. S obzirom da je temeljni element računala ove generacije elektronska cijev, karakteristike tih računala su: velike dimenzije, ograničen vijek trajanja cijevi, ograničena memorija magnetskog bubnja, skromne mogućnosti ulaza i izlaza podataka, učestalost kvarova, velika potrošnja električne energije, mala brzina rada, te programiranje u simboličkom jeziku. Najpoznatiji modeli prve generacije računala su *EDVAC*, *UNIVAC* i *IBM 705*.

3.1.2 Druga generacija računala

Druga generacija računala, s početkom u 1959. godini, kao osnovni je element koristila poluvodičku napravu, *tranzistor*, umjesto elektronskih cijevi. Samim time smanjena je dimenzija računala i potrošnja električne energije, a povećana je sigurnost rada i brzina izvođenja računskih operacija. Važna karakteristika takvih računala je što su koristili magnetske jezgrice kao primarnu memoriju. Počinju se primjenjivati viši programski jezici kao što su *FORTRAN* (u znanstvene svrhe) i *COBOL* (u komercijalne svrhe). Javljaju se kompajleri koji služe za prijevod programa iz simboličkog u računalni jezik. Najpoznatiji modeli druge generacije računala su *IBM 7070*, *IBM 7090* i *IBM 1401*.

3.1.3 Treća generacija računala

Treća generacija računala započela je 1965. godine, a karakterizira ju upotreba *integriranih krugova i monolitne tehnike*. Računala te generacije rade na principu unutarnjeg programiranja i posjeduju mogućnost vlastitog otkrivanja pogrešaka i problema u radu. U obradi podataka provedena je podjela vremena i multiprogramiranje uz logičku podršku viših programskih jezika. Računala posjeduju kompletni operativni sustav i mogućnost korištenja vanjskih memorija s izravnim pristupom. U trećoj generaciji računala uvedeni su pisari s visokom brzinom ispisa, diskovi velikog kapaciteta i započela je integracija komunikacijske tehnologije u računalu. S trećom generacijom računala papirnata vrpca nestaje iz uporabe, a bušena vrpca polako gubi izražaj. Najpoznatiji modeli treće generacije računala su *IBM 360*, *CDC 3000* i *Siemens4004*.

3.1.4 Četvrta generacija računala

Četvrta generacija računala započinje 1972. godine i obilježena je tehnologijom *visoko integriranih krugova* koji se izrađuju na dva načina, *LSI* (engl. *Large-scale integration*) i *VLSI* (engl. *Very-large-scale integration*) tehnologijom. Računala četvrte generacije još uvijek sadrže neke elemente treće generacije računala poput *feritne memorije*, zbog razloga što se

prikazala pouzdanom ukoliko bi došlo do nestanka struje ili napajanja jer nije izgubila svoj sadržaj. Ipak, krajem četvrte generacije računala su se počela sastojati od unutrašnje memorije izrađene u VLSI tehnologiji. Računala četvrte generacije obavljaju interaktivnu obradu podataka s više središnjih procesora, te je povećana primjena multiprogramiranja. Također dolazi do primjene virtualnih i vanjskih memorija pomoću novih tehnologija. Viši programski jezici imaju sve veću primjenu, te je započelo formiranje jedinstvenih i decentraliziranih baza podataka i sustava za njihovo pretraživanje. Najpoznatiji modeli četvrte generacije računala su *Apple 1*, *IBM 370*, *Siemens 7700* i *UNIVAC 100*.

3.1.5 Peta generacija računala

Peta generacija računala započela je 1981. godine u Japanu kada je donesen desetogodišnji plan razvoja računala. Kao osnovni element ove generacije uzeti su *super visoko integrirani krugovi*, koji su još više ubrzali obradu koja se sada odnosila i na dokumente, slike, govor, zvuk. Grafičke mogućnosti računala sve su bolje, a isto tako javljaju se i prve zastupljenije lokalne, a kasnije i globalne mreže za prijenos podataka. Peta generacija računala smatra se početnom u preuzimanju rada čovjeka, ali isto tako i povećanju efikasnosti ljudskoga rada nadomještajući njihovu intelektualnu funkciju i funkciju posredovanja znanjem.

3.1.6 Šesta generacija računala (projekt)

Teško je točno odrediti koje bi se inovacije mogle smjestiti u šestu generaciju računala zbog vrlo brzog razvoja računala, ali isto tako i zbog njihove isprepletenosti. Ipak, razvoj bežičnih tehnologija, digitalni prijenosi i umjetna inteligencija te biočipovi neke su od prepoznatljivih karakteristika šeste generacije računala. Procesori postaju sve manji, a njihova moć i brzina sve veća. Tendencija da se princip rada ne svodi na nule i jedinice postaje sve zastupljenija, te se one zamjenjuju znakovima što sličnijim čovjekovom razmišljanju, odnosno stvaranju umjetne inteligencije.

3.2 Računala današnjice

3.2.1 Osnova računala

Hardver

Hardver (*engl. Hardware*) je sklopovlje, opipljivi dio, računala, odnosno svi elektronički i elektromehanički dijelovi računala. Prema Von Neumann-u mišljenju, hardver se sastoji od tri glavna dijela: središnje jedinice za obradu, jedinice za pohranu, tj. memorije ulazno-izlaznih jedinica. Iako je riječ o podjeli koja svoj začetak ima daleke 1946. godine, sve do danas ostala je temeljna podjela arhitekture računala.

Jedinica za obradu podataka

Jedinica za obradu podataka (*engl. Central Processing Unit*) središnja je procesorska jedinica, odnosno procesor je poluvodička komponenta kod koje su na jednoj pločici poluvodiča smješteni svi važni dijelovi središnje jedinice za obradu kao što su aritmetičko-logička jedinica, upravljačka jedinica, cache memorija . Ipak, suvremeni procesori sastoje se od više milijuna tranzistora smještenih na jednu pločicu tog poluvodiča. Osnovni materijal od kojega je procesor građen je silicij, a sastoji se od tankih slojeva silicija koji se zovu pločice (*eng. wafer*). Fotokemijskim procesom na jednu se pločicu izrađuje puno mikroprocesora koji se rezanjem odjeljuju jedan od drugoga, a finalni proizvod tog proizvodnog procesa nazivamo čipom (*eng. chip*). Procesor služi za obradu podataka, upravljanje i nadzor protoka podataka između pojedinih dijelova računala, te zapravo za kompletno usklađivanje pravilnog rada računala. Obrada podataka vrši se na način da središnja procesorska jedinica prima binarne podatke, rukuje njima na temelju naredbi, te prerađene binarne podatke predaje okolini. Postoje dvije vrste procesora s obzirom na skup naredbi koje mogu izvršavati tj. *CISC* (*engl. Complex Instruction Set Computer*) i *RISC* (*engl. Reduced Instruction Set Computer*). Glavna prednost „CISC“ procesora je u sposobnosti izvršavanja složenih naredbi čime se olakšava pisanje programa za njih. Predstavnik „CISC“ procesora je Intel 486. S obzirom da „RISC“ procesori mogu izvršavati manje različitih naredbi, brži su, ali isto tako njihova je građa jednostavnija i zahtjeva manje logičkih sklopova, stoga imaju manju cijenu. Ipak, nedostatak „RISC“ procesora je u tome što je pisanje programa prevoditelja složeno jer se sve složene naredbe moraju svesti na jednostavnije naredbe koje može izvršiti „RISC“ procesor. Procesor

i radna memorija međusobno su u zavisnom odnosu jer procesor adresira svaki podatak koji ide do memorije. Sve moguće adrese koje procesor može adresirati skupno se nazivaju adresno polje procesora.

Jedinice za pohranu podataka

U Von Neumann-ovom modelu računala programi i podaci pohranjuju se u memoriju računala. Ona ima sposobnost pohrane i čuvanja određene količine podataka. Razvojem računala pojavljuje se tendencija povećanja kapaciteta memorije.

S obzirom na izbrisivost memoriju dijelimo u dvije skupine, a to su *ROM* (engl. *Read-only memory*) i *RAM*. (engl. *Random Access Memory*).

ROM memorija ispisna je memorija, odnosno memorija u koju se podaci mogu upisati samo jednom, a nakon toga se mogu samo čitati. Zbog tog razloga primjena ove memorije ograničena je na osnovne i neizostavne podatke koje mora imati svako računalo. Takva memorija najčešće je vrlo maloga kapaciteta i upisuje ju proizvođač računala.

S druge strane, RAM je ispisiva i izbrisiva memorija, odnosno u nju se mogu upisivati i brisati podaci. Podaci pohranjeni u ovu memoriju ostaju u njoj sve dok se ne prekine napajanje računala, kada se podaci nepovratno gube. Postoje dvije vrste RAM memorije, statička i dinamička.

Statička radna memorija vrsta je radne memorije u kojoj je svaki bit pohranjen u jednom od bistabilnih sklopova smještenih u memorijskom integriranom sklopu. Takav sklop trajno zauzima jedno od dva stabilna stanja (0 ili 1). Takva memorija je jednostavno građena i može joj se brzo pristupiti. Ipak, nedostatak je velika dimenzija sklopa što ograničava broj bistabila koji se mogu smjestiti na jednu pločicu poluvodiča. Također, statička radna memorija znatno je manjeg kapaciteta nego dinamička memorija.

Dinamička radna memorija vrsta je radne memorije u kojoj je svaki bit pohranjen kao naboj u kondenzatoru smještenom u memorijskom integriranom sklopu. Razmjena podataka dinamičke radne memorije znatno je sporija zbog toga što se naboj u kondenzatoru gubi te je potrebno često osvježavanje te memorije, što rezultira gubitkom vremena. Prednost dinamičke radne memorije male su dimenzije kondenzatora pa ih se mnogo može smjestiti na samo jednu pločicu poluvodiča.

Virtualna memorija (engl. *Virtual memory*) je zapravo prividna memorija stvorena tako da tvrdi disk oponaša dio radne memorije, pa se tako procesoru čini da mu je na raspolaganju mnogo veća radna memorija. Prednost takve memorije je prividno raspolaganje

većom radnom memorijom no što jest. Ipak, nedostatak je brzina prijenosa u odnosu na radnu memoriju.

Flash memorija (*engl. Flash memory*) je posebna vrsta poluvodičkih memorija koja se najčešće koristi kao eksterna memorija, a glavna joj je značajka ponašanje poput radne memorije. Važna prednost je što se podaci neće izgubiti prestankom napajanja. Iz takve memorije se mogu čitati podaci, ali je za pohranu novih podataka potrebno izbrisati postojeće podatke. Takve memorije se obično koriste kao zamjena za tvrdi disk malog kapaciteta. Količina podataka koju memorija može pohraniti popularno se naziva kapacitet memorije.

Cache memorija (*engl. Cache memory*) je brza priručna memorija relativno malog kapaciteta koja se nalazi u sklopu procesora, a pohranjuje dio sadržaja radne memorije i tako znatno ubrzava prijenos podataka između procesora i radne memorije. Princip rada je jednostavan, kada procesor zatraži razmjenu podataka s memorijom, upravljački sklop cache memorije najprije provjerava nalazi li se taj podatak u priručnoj memoriji, te ukoliko se nalazi, razmjena može započeti.

Uređaji za pohranu podataka

Razvojem računala rastu i mogućnosti pohrane sve veće količine podataka, što prati povećane potrebe sustava i korisnika. Zato su osmišljeni različiti mediji za pohranu ovisno o količini podataka koja se može zapisati na njih.

Tvrđi disk je okrugla ploča oblika diska presvučena magnetskom tvari i spremljena u metalno kućište. Tvrđi diskovi se u načelu rade kao uređaji za ugradnju u unutrašnjost računala, ali postoje i varijante koje se izvana priključuju u računalo. Jedna je varijanta ladica unutar računalnog kućišta u koju se tvrdi disk umeće, a druga je kućište u kojoj je tvrdi disk i takva se preko USB (*engl. Universal Serial Bus*) sabirnice priključuje u računalo. Kapacitet tvrdog diska se u današnje vrijeme mjeri u stotinama (pa i tisućama) gigabajta jer je sveprisutna potreba za pohranom velike količine podataka.

Magnetske kartice su mediji poput zdravstvenih i kreditnih kartica, a služe za pohranu malih količina podataka. Na njihovu poleđinu je nanesen magnetski sloj s kapacitetom pohrane podataka do nekoliko kilobajta. Ti su podaci uneseni od strane proizvođača i ne mogu se mijenjati.

Optički diskovi su uređaji za pohranu podataka čiji se rad temelji na fizikalnim svojstvima svjetlosti. Kao izvor svjetlosti, pri upisivanju i čitanju podataka, koristi se laser. Pri upisivanju podataka koristi se laserska zraka koja izobličuje površinu diska. Za čitanje podataka koristi se svojstvo refleksije laserske zrake od površine diska.

CD-ROM (*engl. Compact Disc Read-only memory*) je optički disk s tvorničkim upisanim podacima koji se ne mogu mijenjati.

CD-R (*engl. Compact Disc Recordable*) je vrsta optičkog diska na koji je moguće jednokratno upisivati podatke (slika 5.).

CD-RW (*engl. Compact Disk ReWritable*) je optički disk na kojeg se mogu upisivati, brisati i ponovo upisivati novi podaci.

Kapacitet CD diskova je 700 megabajta.

DVD (*engl. Digital Versatile Disc*) je optički disk sličan CD disku, ali većeg kapaciteta, u rasponu od 4,7 do 17 gigabajta. Razlog većeg kapaciteta je u laseru koji može vidjeti infracrvenu svjetlost i stoga može upisivati manja udubljenja nego CD disk.

Također postoje DVD-R i DVD-RW inačice koje imaju istu namjenu kao i CD diskovi tih inačica.



Slika 5. CD-R

3.2.2 Ulazni i izlazni uređaji

Ulazni uređaji su svi oni uređaji koji omogućuju unos podataka u računalo od strane korisnika. Takvi uređaji su: tipkovnica, miš, osjetilna ploha (*engl. touchpad*), osjetilni zaslon (*engl. touchscreen*), palica (*engl. joystick*) i skener.

Tipkovnica

Tipkovnica je jedan od najstarijih ulaznih uređaja, a sastoji se od označenih tipki koje su mehanički povezane s pripadnim preklopnocima. Pritiskom na tipku, ostvaruje se električni kontakt koji procesor prepoznaje, te stvara prikladne električne impulse koje prosljeđuje računalo. Tipkovnice se spajaju s računalom na dva načina: preko spojnog kabela ili bežično. Raspored znakova na tipkovnici vrlo je važan zbog brzine unosa podataka, stoga je uveden *QWERTY 24* raspored.

QWERTY sustav star je već više od 130 godina. Za njega je zaslužan izumitelj imenom Christopher Sholes, koji je želio ispraviti nedostatak prethodnih tipkovnica koje su se često zaglavljivale. Smisao QWERTY rasporeda nije bio usporiti tipkanje, kako neki tvrde, nego fizički udaljiti slova koja u engleskom jeziku često stoje zajedno. Naime, kod brzog tipkanja, dva susjedna slova znala su se zaglaviti na starim modelima tipkovnica. QWERTY tipkovnice postale su standard koji ni do danas nije istisnut iz uporabe.

Miš

Miš (*engl. mouse*) je pokazni uređaj spojen za računalo pomoću kabela ili bežično. S gornje strane miša nalaze se tipke i kotačići koji služe za pomicanje kursora po zaslonu monitora, a pritiskom na tipku ili okretanjem kotačića šalju se naredbe računalo. Po istome principu radi osjetilna ploha koja se zbog nepraktičnosti miša koristi kod prijenosnih računala. Osjetilni zaslon ima sposobnost otkriti mjesto dodira i reagirati u skladu s njim.

Palica

Palica je također pokazivački uređaj, a sastoji se od kućišta koje miruje na podlozi i palice koja izlazi uspravno iz kućišta, te joj je omogućeno kretanje.

Skener

Skener je ulazni uređaj koji korisnik koristi za unos crteža ili slike s papira ili sličnog medija u računalo. Načelo rada skenera temelji se na pretvorbi svjetla odbijenog od slike u električne impulse koje računalo može prepoznati. Postoji mnogo vrsta skenera: stolni skener, skener za filmove, ručni skener, rotacijski skener, 3D skener, skener bar-koda.

Izlazni uređaji

Izlazni uređaji podatke iz računala pretvaraju u oblik razumljiv korisniku. Takvi uređaji su: monitor, pisač, crtalo i zvučna kartica.

Monitor

Monitor je izlazni uređaj koji podatke iz računala prikazuje korisniku na svom zaslonu. Prikaz se sastoji od teksta, brojeva, crteža, slika, simbola. Osnovni element slike monitora je zaslonska točka (*eng. pixel*) koja je zapravo krug promjera od 0,1 do 0,5 mm, ali može biti i pravokutnik tih dimenzija. Kakvoća monitora se mjeri u broju tih točaka, pa stoga, što je veći broj točaka, veća je kakvoća, odnosno razlučivost ili rezolucija monitora. Postoje dvije osnovne vrste monitora: *CRT (engl. cathode ray tube)* i *LCD monitori (engl. liquid crystal display)*.

Pisač

Pisač je izlazni uređaj koji podatke iz računala na korisnikov zahtjev ispisuje na papir. Postoji nekoliko vrsta pisača: tintni, laserski, matrični, termički, foto-pisač. Tintni pisač je najrasprostranjeniji za privatne korisnike zbog svoje prikladne cijene i ispisa u boji. Takvi pisači sliku na papiru stvaraju puštanjem kapljica tinte. Istovremeno najrasprostranjeniji za poslovne potrebe je laserski pisač koji radi na principu fotokopirnog uređaja pomoću poluvodičkog lasera.

3.2.3 Softver

Softver (*engl. software*) je programska podrška, dio računalnog sustava koji nije materijalan, već postoji u obliku informacija pohranjenih u računalu. Ukupna programska podrška računala može se podijeliti na dvije vrste, na sistemsku programsku podršku i aplikativnu programsku podršku.

Sistemska podrška

Sistemska programska podrška je skup strojno orijentiranih programa koji upravljaju i kontroliraju rad strojnog sustava u cilju usklađivanja tog rada s radom aplikativnih programa.

Aplikativna programska podrška

Pod aplikativnom programskom podrškom smatramo skup korisničkih programa koji upravljaju računalnim sustavom kako bi se izvršile aktivnosti obrade podataka zadane od strane korisnika.

3.2.4 Princip rada računala

Kada govorimo o radu računala spominjemo obradu podataka (*engl. data processing*). Pod obradom podataka smatramo izvođenje postupaka nad podacima koristeći neka pravila i postupke. Glavne četiri faze obrade podataka su: unos podataka, obrada podataka, prikaz rezultata obrade i pohrana podataka. Temeljni pojmovi vezani uz obradu podataka su bit, bajt, slog i riječ.

Bit je temeljna jedinica za informaciju koja poprima dvije vrijednosti 0 ili 1. Za bit se podrazumijeva jedna od binarnih znamenaka, dakle 0 ili 1, te kada je ona 1– bit je postavljen (*engl. set*), a kada je 0– bit je poništen (*engl. reset*).

Bajt je najmanja adresna veličina u računalu, a iznosi 8 bita. Slog je binarni broj s četiri znamenke. Riječ je određena količina bitova koja se u računalu obrađuje kao cjelina.

Slog je binarni broj s četiri znamenke.

Riječ je određena količina bitova koja se u računalu obrađuje kao cjelina.

3.3 Pojmovi vezani uz digitalnu sliku

U posljednjih desetak godina u kliničkoj praksi se sve više pojavljuje digitalna radiografija te mnogi očekuju potpunu zamjenu rendgenskog filma digitalnim elektroničkim detektorima u budućnosti. Zasad je rendgenski film još uvijek tradicionalni receptor slike u većini radioloških odjela, posebice u jedinicama s manjim dnevnim protokom bolesnika. Konvencionalna radiografija se temelji na interakciji rendgenskog zračenja s elektronima u emulziji radiografskog filma koja dovodi do stvaranja latentne slike, a naknadnom fotokemijskom obradom filma dobiva se konačni, trajni radiogram. Stoga, rendgenski film služi kao medij za prikupljanje, prikazivanje i pohranjivanje informacije dobivene prolaskom X-zračenja kroz tijelo. Film još uvijek ima bolju prostornu rezoluciju od većine digitalnih sustava, makar razvoj digitalne tehnologije dovodi do stalnog poboljšanja svojstava detektora koji sustižu rezoluciju filma. Najveći nedostatak film-folijskih sustava je njihova ograničena dinamička širina. U radiografiji torakalnih organa, zbog velike razlike denziteta između pluća i medijastinuma (gustoće tkiva), film-folijski sustavi ne mogu optimalno prikazati sve regije na istom radiogramu. Treba napomenuti da su dinamička širina i kontrastnost obrnuto proporcionalni, tako da film-folijske sustave odlikuje dobra rezolucija. Digitalni detektori pak imaju znatno veću dinamičku širinu, odnosno veću osjetljivost za rendgensko zračenje i manji utjecaj unutarnjeg šuma. Zbog veće dinamičke širine, digitalni receptori imaju veću toleranciju za ekspozicijske varijacije. Na radiogramu torakalnih organa to se očituje istodobnim prikazom plućnog parenhima, mekotkivnih struktura, pa čak i kostiju u kvalitetnoj kontrastnoj rezoluciji. Digitalni zapis ima niz prednosti u dnevnoj kliničkoj primjeni, kao što su: jednostavno arhiviranje uz dostupnost slike u svakom trenutku, brz prijenos slike na velike udaljenosti i mogućnost naknadne obrade prikupljenih podataka. Dakle, cilj digitalizacije u medicini je povezati znanje i sniziti troškove upravljanja zdravstvom, putem uspostavljanja integriranog sustava za upravljanje slikovnim materijalom i nalazima.

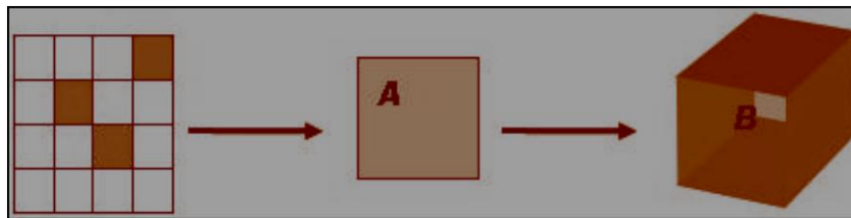
Piksel

Digitalna rendgenska slika nastala kao elektronička slika koja se prikazuje na rešetki zove se *matrica ili matrix*. Slika je posložena u niz redaka i stupaca koji predstavljaju nijanse sive skale. Može biti sastavljena od tisuća ili, povoljnije, milijuna tih malih sivih kockica. Svaka kockica u matrici slike naziva se *element slike ili piksel (engl. pixel)*. U digitalnoj slici, svaki piksel imaće brojčanu vrijednost koja određuje svjetlinu (gustoću) ili druge

pojedini. Svaka kocka ima svoju dinamičku vrijednost raspona i prema broju bajtova obrade se naziva raspon sive skale ili ljestvice. Ovisno o broju kockica u matrici razlikuje se broj nijansi sive skale. Što je veći broj kockica, veći je broj nijansi sivog.

Voksel

Voksel (*engl. voxel*) predstavlja najmanji volumni trodimenzionalni element slike, odnosno predstavlja sam piksel u prostoru (slika 6.). Dakle, piksel predstavlja element dvodimenzionalne slike, dok voksel predstavlja isključivo element trodimenzionalne slike.



Slika 6. Pixel=voxel

3.3.1 Nove tehnologije

Primjenom elektronskih računala i informacijskih sustava u dijagnostičkoj radiologiji, radiološka slika je s klasičnog rendgenskog filma ili ekrana premještena na monitor računala te je tako postala digitalna i ušla u informacijski sustav. Radiološka slika u informacijskom sustavu je manipulacijska, odnosno može se mijenjati izgledom; mogu se uvećavati pojedini dijelovi slike i može se arhivirati u memoriji diska i računala. Slika je prenosiva, može se s rendgenskog uređaja prenijeti internetom i poslati putem satelita na druge kontinente. Informatička manipulacija omogućava vizualizaciju pojedinih dijelova, koji su do sada bivali otežano prikazani zbog svoje specifične fiziologije, a to su: krvne žile, dišni putovi i probavni sustav. Prednosti informacijskog sustava su: povećanje dijagnostičke točnosti, brza komunikacija na relaciji dijagnostičar-kliničar, kraći bolnički tretman pacijenta, olakšano prikupljanje podataka uz statističke obrade, dostupna baza podataka i za znanstveno-

istraživačke radove, manji financijski troškovi i kontrola te zaustavljanje zlouporabe nepotrebnog ponavljanja pretraga za uštedu.

Digitalna radiografija preuzela je primat nad konvencionalnom radiografijom tek u novije vrijeme. Kvaliteta slike usporediva je s konvencionalnom, a u najnovijim tehnološkim rješenjima je i bolja. Nedostatak digitalne opreme su veći investicijski troškovi i troškovi održavanja, no bolja je integracija u PACS/RIS sustave. Imaju manju dozu zračenja za pacijenta, kao i moguću višestruku primjenu (do nekoliko tisuća puta) unutar određenog vijeka trajanja. Cijeli postupak je automatiziran i brz. Ne iziskuje ponavljanje snimaka ukoliko nije dobra ekspozicija ili zacrnjenje na filmu. Mogućnost obrade slike pruža različita mjerenja, uvećanja, rekonstrukcije te mijenjanje kontrasta (slika 7.). Također, prednost je što nema rendgenskog filma niti postupka razvijanja, a odabrane slike se mogu tiskati na papir odnosno film te se mogu pohranjivati na disk. Na taj način omogućena je olakšana i brza *teleradiologija* što olakšava liječnicima posao ukoliko je potrebno drugo stručno mišljenje od strane osobe koja nije na istom mjestu, u istom gradu ili u istoj državi. Stoga, unatoč velikim troškovima za zdravstvo, korištenje digitalne tehnologije (*engl. film less*) korak je naprijed, ne samo za radiologiju, kao dio zdravstvenog sustava, nego i za cijelo čovječanstvo.



Slika 7. Računalo za naknadnu obradu slika (engl. post processing) koja je snimljena na fosfornoj ploči

PACS

PACS (*engl. Picture Archiving and Communication System*) je sustav za arhiviranje slika i komunikaciju (slika 8.). Obuhvaća računalno upravljanje i distribuciju svih dijagnostičkih slika. Ove slike su priložene u PACS na jedan od dva primarna načina: digitalna dijagnostička oprema daje odmah digitalnu sliku ili su slike, dobivene na klasičan način, konvertirane u digitalnu formu skeniranjem. PACS služi za pohranu i razmjenu, odnosno prijenos slika nastalih u dijagnostičkom procesu. Zahtijeva brzu mrežnu vezu između radioloških uređaja i adekvatnih radnih stanica za dodatnu obradu slika između središnjeg mjesta pohrane slika i računarskih ekrana krajnjih korisnika – kliničara.



Slika 8. Radna stanica kao dio PACS-a

RIS

RIS (*engl. Radiological Information System*) odnosno radiološki informacijski sustav je softverski računarski sustav koji kompjuterizira sve aspekte organizacije posla: zakazivanje pregleda, čitanje nalaza, pisanje i skladištenje nalaza, te komunikaciju unutar radiološkog odjela. Sustav omogućava jednostavan i efikasan način rada radiologa, radiološkog inženjera i medicinskog tehničara. Povezuje administrativna mjesta za prijem pacijenta, radiološke odjele i mjesta za analizu dijagnostičkih slika te diktiranje i pisanje nalaza.

Teleradiologija

Teleradiologija je elektronsko slanje radioloških slika s jedne lokacije na drugu s ciljem tumačenja ili konzultacija. Teleradiologija omogućava pravovremenu interpretaciju radioloških slika i daje bolji pristup kasnijim konzultacijama te kontinuirano poboljšava edukaciju. Korisnici na različitim lokacijama mogu simultano gledati slike.

DICOM

DICOM (*engl. Digital Imaging and Communication in Medicine*) u medicini predstavlja standard za prijenos radioloških slika i drugih medicinskih informacija među računalima. DICOM dozvoljava digitalnu komunikaciju između dijagnostičkih uređaja i sustava različitih proizvođača.

HIS

HIS (*engl. Hospital Information System*) odnosno bolnički informacijski sustav je kompjuterizirani sustav koji vrši sve aspekte upravljanja i poslovanja u bolnici. To uključuje različite tipove podataka, kao što su: informacije o pacijentu, kliničke laboratorije, radiologiju i nadzor pacijenta, pacijentov formular, podršku i planiranje, rezultate procjene i kontrolu kvalitete, naručivanje lijekova, financije, inventar i održavanje.

Danas je rad u okruženju *film-less* radiologije bez RIS-a i PACS-a nemoguć. Oni moraju biti integrirani u bolnički informacijski sustav (BIS), a konačan cilj trebao bi biti elektronski karton pacijenta.

3.4 Vrste digitalne radiologije

Digitalne metode su sve one metode ili tehnike snimanja kod kojih rendgenska slika ne nastaje izravnim djelovanjem rendgenskih zraka na rendgenski film ili fluorescentni zaslon rendgenskog uređaja, nego obradom digitaliziranih, ulaznih, analognih signala. Dakle, kod digitalnih se metoda analogne dijagnostičke informacije digitaliziraju u analogno-digitalnom pretvaraču, koji se nakon računalne obrade u digitalno-analognom pretvaraču pretvaraju u odgovarajuću vizualnu sliku na zaslonu CT uređaja, ultrazvučnog uređaja, magnetnog rezonatora ili se mogu snimiti na laserski film.

Kod najnovijih digitalnih uređaja (ravni detektori) dobiva se izravan prikaz digitalne slike na monitorima (preskače se faza analogno-digitalne pretvorbe).

3.4.1 Analogno-digitalni pretvarač

Predstavlja granicu između analognog i digitalnog svijeta te obuhvaća dva procesa: uzorkovanje i mjerenje. Kompresiju dobivenih «sirovih podataka» treba riješiti sukladno kliničkim zahtjevima. Podaci koji se komprimiraju logaritamskom ili korijenskom kompresijom primaju 8-12 bita po pikselu. Za nekomprimirane (linearne) podatke obično je potrebno 12-16 bita po pikselu.

3.4.2 CR (*engl. Computed radiography*)

Računalna radiografija uvedena je u radiološku dijagnostiku prije otprilike dva desetljeća učinivši veliki korak u digitalnoj radiografiji. Koristi foto stimulirajući SP zaslon koji tijekom izlaganja energiju rendgenskog zračenja dijelom pretvara odmah u svjetlost, a dijelom pohranjuje latentnu sliku koja se naknadno očitava pomoću skenera čija je uloga pretvorba latentne slike u digitalni zapis. Računalna radiografija je najstarija i najraširenija digitalna tehnika. Sloj fosforescentnog materijala nakon apsorpcije rendgenskog zračenja

oslobađa elektrone koji se zadržavaju u drugim dijelovima kristalne strukture (tzv. *skladišta elektrona*). Laserska zraka infracrvenog spektra izbacuje elektrone iz skladišta pri čemu se emitira plava svjetlost koju očitava foto dioda. Očitani film se briše izlaganjem jakoj svjetlosti i može se ponovno rabiti. Kompjuterizirana radiografija razlikuje se od digitalne radiografije. Razlika je u tome što DR sistem (sistem digitalne radiografije) odmah nakon ekspozicije na ekranu prikazuje sliku i nema potrebe za dodatnim procesiranjem. Obrada slike izvodi se na isti način i istim programom kao i CR slika. Prednost DR-a je u tome što se slika dobije odmah nakon ekspozicije. Postoje DR ploče kojima se postojeći analogni RTG uređaji nadograde u DR. Prednost CR je znatno niža cijena i mogućnost da opslužuje više uređaja.

Fosforne ploče

Kazete s fosfornim pločama (folijama) vrlo su slične kazetama u koje ulažemo klasični radiološki film. Umjesto filma kod ovih kazeta koristimo folije s fosforom koje zadržavaju latentnu sliku nastalu zračenjem. Za “očitanje” latentne slike koristimo posebne uređaje, “digitalizatore”.

Način rada fosforne ploče

Nakon pozicioniranja pacijenta za željeni snimak, eksponiramo fosfornu ploču s rendgenskim zrakama. Fosfornu ploču ulažemo u digitalizator koji očitava latentnu sliku i preko digitalne mreže prenosi ju na zaslon radne stanice. Radna stanica ima softver kojim možemo tu sliku obraditi. Kod uporabe kasete s fosfornim pločama koristimo se istim formatima kazeta kao i kod snimanja s klasičnim radiološkim filmom (18x24 cm, 24x30 cm, 30x40 cm, 15x40 cm, 18x40 cm, 35x35 cm, 35x43 cm).

Konstrukcija fosforne ploče

Fosforna ploča zamjena je za radiološki film (slika 9.). Sastoji se od nekoliko slojeva. Podloga je čvrsta ploča na kojoj je nanesen fosforni sloj. Iznad fosfornog sloja nalazi se zaštitni sloj koji služi za zaštitu fosfornog sloja od mehaničkih oštećenja prilikom čitanja latentne slike u digitalizatoru. Ispod podloge tj. nosača nalazi se barkod koji služi za prepoznavanje vrste i veličine kasete. Prilikom korištenja klasičnog radiološkog filma za dobivanje kvalitetne slike bitni su uvjeti ekspozicije, kao što su kV, mA te vrijeme ekspozicije. Tako snimljene slike mogu biti nedovoljno ili prekomjerno eksponirane te nisu uporabljive za čitanje i postavljanje dijagnoze. Kod uporabe fosfornih ploča u praksi nemamo

nedovoljno eksponiranih ili prekomjerno eksponiranih slika. Na taj smo način izbjegli ponavljanje snimaka i zaštitili pacijenta od nepotrebnog zračenja uz optimalnu kvalitetu slike. Rezolucija slike je važan faktor za kvalitetnu sliku. Rezolucija klasičnog rtg filma ovisi o veličini zrnaca foto materijala osjetljivog na svjetlo. Rezolucija kod uporabe fosforne ploče ovisi o broju *piksela* od kojih je sastavljena matrica slike. Što je više piksela na kvadratnoj površini, to je rezolucija slike veća. Kod samog početka rada s fosforne pločama rezolucija dobivenih slika je bila ograničena te je tako dobivena slika bila nešto manje rezolucije od filma. Razvojem digitalizatora postigla se veća rezolucija pa tako danas koristimo fosforne ploče i digitalizatore koji imaju rezoluciju kao i klasični radiološki film.



Slika 9. Fosforne ploče

Digitalizator

Digitalni čitači ili “digitalizatori” uređaji su pomoću kojih digitaliziramo latentnu sliku s fosforne ploče (slika 10.). Tako nalazimo univerzalne čitače za sve formate kasete ili čitače integrirane u specijalne radiološke uređaje gdje ne koristimo kazetu za snimanje, već je fosforna ploča integrirana u uređaj. Osnovne značajke digitalizatora su: dobra rezolucija dobivene digitalne slike, brzina čitanja latentne slike s fosforne ploče, brzina ponovnog regeneriranja fosforne ploče za novu ekspoziciju te kompatibilnost uređaja s modalitetima različitih proizvođača. Digitalizator radi pomoću lasera. Laser je uređaj koji proizvodi i

emitira uniformno svjetlo samo jedne valne duljine, što mu daje veliku energiju. U računalnoj radiografiji se koriste *čvrsti i plinski laseri* to jest *laseri koji emitiraju valne duljine crvene svjetlosti*. Prednosti ovih sustava su: mogućnosti ispisa više snimaka na jedan laser film, manja doza zračenja za pacijenta te izbjegavanje ponavljanja snimanja zbog loše kvalitete. Kada se fosforna ploča stavi u digitalizator, laser skenira ploču u cik-cak smjerovima. Kako prolaze laserske zrake po ploči, dio zraka predaje energiju zarobljenim elektronima koji sada dobivaju dovoljno energije da pobjegnu iz obojenih centara, a potom prelaze u stanje niže energije, emitirajući višak energije kao svjetlost. Emitirano svjetlo detektirat će foto pojačalo te će pojačati svjetlosni val i poslati u *analogno-digitalni pretvarač*. AD pretvarač digitalizira signal i privremeno ga sprema dok ga ponovno *digitalno-analogni pretvarač* ne prebaci kao sliku na ekran.



Slika 10. Digitalizator

Linijski skener

Poboljšanje postupka se može ostvariti paralelnim očitavanjem, odnosno linijskim skeniranjem kod kojeg se umjesto pojedinih piksela čitav red adresira i očitava odjednom. Linijski skener posjeduje linearni izvor laserskog svjetla i linearne nizove detektora povezane u kompaktnu „glavu za skeniranje“. Skraćenje vremena skeniranja kod paralelnog, odnosno linijskog tipa skenera je logično. Ograničenja se javljaju zbog snage laserskog izvora i nekih mehaničkih limita, no vrijeme skeniranja se može skratiti na manje od 10 sekundi, čak i kada je potrebna slika visoke rezolucije i velikog formata. Linijski skeneri su učinkovitiji zbog bližeg kontakta s fosfornom pločom i kompaktniji te se mogu integrirati u radiografski uređaj.

Foto detektor

Foto detektor pretvara emitiranu svjetlost u električni signal koji se može prevesti u digitalnu sliku. Zbog vrlo slabe svjetlosne emisije u CR, noviji sustavi počinju koristiti fotomultiplikatorske koji povećavaju signal uz malu unutarnju buku. Budući da su CCD (*engl. charge-coupled device*) sustavi jeftiniji i gotovo dvostruko učinkovitiji u konverziji svjetlosnih fotona u električnu struju, također se koriste u CR sustavima. CCD sustav ima veću unutarnju buku, no niža cijena, manja veličina i fleksibilnost sve više favorizira CCD sustav kao optičke detektore u CR sustavima.

3.4.3 DR (*engl. Digital radiography*)

Digitalna radiografija dijeli se na indirektnu i direktnu digitalnu radiografiju. Indirektna digitalna radiografija obuhvaća *scintilatore s CCD kamerom* i *scintilatore s amorfnim silicijem*. Indirektna digitalna radiografija još uvijek stvara analogni signal kojeg je potrebno digitalizirati. Direktna digitalna radiografija obuhvaća *flat panel detektore* koji direktno stvaraju digitalnu sliku.

Indirektna digitalna radiografija

Scintilatori s CCD pločom

Scintilatori s CCD pločom sastoje se od dvije glavne komponente, odnosno fosforescentne ploče koja predstavlja scintilator (najčešće talijumom aktivirajući cezijev jodid) i fibrooptička vlakna spojena na CCD ploču. Rendgenske zrake koje su prošle kroz tkivo padaju na kristale scintilatora i izbijaju elektrone. Elektroni pri povratku na niži energijski nivo oslobađaju elektromagnetske valove energije svjetla. Fotoni svjetla fibrooptičkim vlaknima odlaze na CCD detektore te kao digitalni signal odlaze u radnu stanicu. Ako su detektori mali, treba ih više pa između njih postoje praznine koje treba digitalno „krpati“. Veliki detektori skupi su i sloj koji otežava rad i ima dosta šuma je vidno deblji.

Scintilatori s flat panel pločom

Fosforescentna ploča, scintilator, smještena je na sloj amorfnog silicija u kojem su na svjetlu osjetljive diode koje proizvode električni signal, a tranzistori provode signal koji se prevodi u binarni kod. Prednosti takvih uređaja su: uski kontakt scintilatora i detektora amorfnog silicija, stoga ima malo raspršenog svjetla koje izaziva šum na slici, a uski kontakt omogućuje i detekciju male količine stvorenog svjetla što omogućuje veću kontrastnost između tkiva malih razlika u apsorpciji rendgenskih zraka.

Direktna digitalna radiografija

Ravni detektori (Flat panel detektori)

Tekući kristali kao što je amorfni selenij, bez prisutstva rendgenskih zraka ili svjetla, izolatori su struje. U trenutku kada rendgenske zrake padnu na amorfni selenij, njihova energija proizvede električni signal. Električni signal proporcionalan je energiji rendgenskih zraka koje padnu na selenijsku ploču. Ova karakteristika tekućih kristala omogućila je razvoj digitalnih ploča tj. flat panel detektora. *FD sustav (engl. Flat Panel X-Ray Detector)* najnoviji je sustav za stvaranje slike u digitalnoj radiologiji. Primjenom FD sustava slika nastaje izravno na detektorskoj ploči, te se istovremeno preskače analogno-digitalno pretvaranje i prebacuje se na ekran koji je smješten na operatorskom mjestu. Cijeli postupak vrlo je kratak i

traje svega 20 sekundi. Slika s ekrana može se prenijeti na film, papir ili u digitalnu mrežu (arhiva).

Prednosti ove tehnologije su: jako pojednostavljen proces stvaranja rendgenske slike (nema kasete, folija, filmova ni tamne komore), vrlo brz postupak obrade bolesnika, smanjena doza zračenja bolesnika i dobivene slike visoke dijagnostičke kvalitete. Uređaji s FD sustavom umreženi su s radnim stanicama na kojima radiolozi obrađuju i očitavaju snimke s raznih radioloških uređaja, a ne samo s uređaja koji ima ravne detektore. U ploči nalazi se velik broj tranzistora (*engl. TFT-thin film tranzistors*) koji električni naboj iz kapacitatora prebacuju u pojačalo. Pojačalo pojačava diskretne signale, a kontrolor tranzistora organizira pravilan izlaz signala tako da se može detektirati položaj iz kojeg je signal došao.

Nedostaci ravnih detektora su: vrlo komplicirana tehnologija izrade s dosta grešaka, artefakti i skupa cijena uređaja, zahtijevaju potpunu zamjenu rendgenskog uređaja (dok se fosforne ploče mogu koristiti i na već postavljenim uređajima) i moraju biti povezani s računalom što je problem za mobilne rendgenske uređaje. Danas postoje kazete s flat panel detektorima koje imaju ugrađenu memoriju, ali one su znatno teže i osjetljivije od kazeta s običnim filmom.

3.5 Digitalno arhiviranje slikovnih podataka i računarska terminologija

3.5.1 Standardni formati za pohranu bitmap-nih slika

Slike je potrebno spremiti u format koji će očuvati sve njene karakteristike. Neki formati podržavaju spremanje samo nekih dijelova dokumenata. U svrhu smanjenja slikovnih datoteka postoje tehnike sažimanja koje se razlikuju po tome uklanjaju li dio detalja ili boja sa slike, zato se razlikuju negubljive tehnike (sažimaju podatke neuklanjajući detalje) i gubljive tehnike (postizu jači stupanj sažimanja, ali odbacuju dio podatka).

Najčešći formati za pohranjivanje digitalnih slika su: TIFF (*engl. Tagged Image File Format*- negubljivo sažimanje, podržava RGB, datoteke su u sivoj skali.), JPEG (*engl. Joint Photographic Experts Group*- gubljivo sažimanje, nalazi se u DICOM protokolima), GIF (*engl. Graphics Interchange Format*- negubljivo sažimanje, prikaz grafike i slika u dokumentima na WWW i drugim online servisima) i PDF (*engl. Portable Document Format*- gubljivo sažimanje).

3.6 Razvoj računala u budućnosti

Jedna od zanimljivosti vezana uz računala jest rasprava o mogućnostima, vrstama i razvoju računala u budućnosti. Mnogi autori izrazili su svoja mišljenja o tim temama, koja variraju od znanstveno-fantastičnih scenarija do sasvim logičnih i znanstveno utemeljenih tvrdnji.

Između ostalih, najčešće, se spominju teme poput *umjetne inteligencije, bio-neuronskih čipova i mreža, kvantnih računala, te računala i tehnologija baziranih na ugljičnim nano-cijevima.*

3.6.1 Nano-cijevi

Krajem 90-ih godina znanstvenici su otkrili zanimljive strukture koje su spajale karakteristike metala i poluvodiča. Nazvali su ih „ugljične nanocijevi“ (*engl. carbon nanotubes*) te su pokrenuli lavinu istraživačkih radova na tom području. Prednost tih molekularnih struktura je što se istovremeno ponašaju i kao vodiči i kao tranzistori, a smatra se da će u široku uporabu ući u mnogim tehnološkim inovacijama zbog svoje male veličine te njihove lakoće i izdržljivosti. Osim u izgradnji čipova i procesora, istražuje se njihova primjena u izradi lakih i otpornih LCD monitora u biomedicini i energetici.

3.6.2 Kvantna računala

Kvantna računala mogla bi promijeniti svijet nula i jedinica na kojima se sada temelji računalni svijet. Naime, primjenjujući zakone kvantne mehanike, znanstvenici istražuju mogućnosti praktične primjene „proširenog binarnog sustava“ koji se temelji na „kvantnim bitovima“. Kvantni tranzistor koristi promjenjivu prirodu elektrona, te bi svaki elektron, ovisno o stanju, predstavljao jedan kvantni bit. Prototip kvantnih računala trenutno koristi malen broj kvantnih bitova, no stručnjaci predviđaju da bi u idućih 20 do 30 godina kvantna tehnologija mogla ući u široku praktičnu primjenu i svojom brzinom tehnologiju baziranu na binarnom sustavu učiniti zastarjelom.

3.6.3 Bioračunalo

Pojam „bioračunalo“ u posljednje se vrijeme sve manje spominje u sferi znanstvene fantastike, a sve češće kao jedna od obećavajućih tehnologija budućnosti. Bioračunalo umjesto silicijskih tranzistora i procesora koristi bio-neuronsku tehnologiju, tj. neuronsku mrežu u svojoj biti slično neuronima ljudskog mozga. Kapacitet i brzina obrade podataka u takvom načinu rada teoretski znatno nadilazi mogućnosti sadašnjih računala. Princip rada bazira se na korištenju složenih proteinskih molekula u kombinaciji s posebnim vrstama gelova, što u konačnici dovodi do malih dimenzija i velikih kapaciteta pohrane.

3.6.4 Umjetna inteligencija

Ideja umjetne inteligencije, odnosno svjesnih računala, stara je gotovo koliko i sama računala. Svi dosadašnji oblici umjetne inteligencije sežu do sposobnosti rješavanja određenih specifičnih problema, te ne posjeduju vlastitu svijest i razumijevanje koje je, u teoriji, karakteristika prave umjetne inteligencije. Moderna znanost još nije pronašla način stvaranja umjetne inteligencije pa se sve rasprave o uporabi istih (kao i moralno-etičke implikacijske primjene) vode u sferi hipotetskih rasprava.

Računalni vid

Računalni vid područje je umjetne inteligencije koje se bavi prepoznavanjem dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih predmeta. Bez razvijenog računalnog vida, robot se ne može snalaziti u prostoru, što znači da može biti potencijalno opasan u slučaju ljudske prisutnosti na istom području. Umjetna inteligencija i računalni vid dijele zajedničke teme kao što su prepoznavanje uzoraka i tehnike učenja. Slijedom toga, računalni vid ponekad se vidi kao dio područja umjetne inteligencije ili općenito dijelom računalne znanosti.

Računalni se vid fokusira na obradu i analizu 2D slike kako pretvoriti jednu sliku u drugu, primjerice s određenim operacijama nad pikselima kao što su poboljšanje kontrasta, lokalne operacije, izdvajanje rubova ili uklanjanje šuma, ili geometrijske transformacije kao što je rotacija slike. Ova svojstva podrazumijevaju da obrada i analiza slike ne zahtijevaju pretpostavke oko tumačenja sadržaja slike. Računalni vid uključuje 3D analizu iz 2D slika.

Senzori za detektiranje elektromagnetskog zračenja

Većina sustava računalnog vida oslanja se na *senzore za detektiranje elektromagnetskog zračenja* koje je uobičajeno u obliku vidljive ili infracrvene svjetlosti. Senzori su napravljeni primjenom kvantne fizike. Proces interakcije svjetla s površinom objašnjen je pomoću fizike. Fizika objašnjava ponašanje optike koja je osnovni dio većine sustava. Sofisticirani senzori slike čak zahtijevaju kvantnu mehaniku za potpuno razumijevanje procesa stvaranja slike.

Treće polje koje igra važnu ulogu je neurobiologija, posebno proučavanje biološkog vidnog sustava. Tijekom prošlog stoljeća, izvršena su opsežna istraživanja o očima, neuronima i strukturama mozga posvećenima obradi vidnih podražaja kod ljudi i životinja. To je dovelo do razumijevanja kako „realni“ vidni sustav djeluje u cilju rješavanja određenih zadataka. Ovi rezultati doveli su do područja unutar računalnog vida, kojem su umjetni sustavi dizajnirani da oponašaju obradu i ponašanje biološkog sustava na različitim razinama složenosti. Također, neke od metoda učenja razvijenih u sklopu računalnog vida (npr. neuronskih mreža na temelju fotografija, analize značajki i klasifikacija) imaju svoju pozadinu u biologiji. Polja usko vezana za računalni vid su *obrada slika, analiza slike i strojni vid*.

Obrada i analiza slike

Obrada i analiza slike prvenstveno se fokusira na proces proizvodnje slike. Na primjer, medicinske slike zahtijevaju značajnu analizu u svrhu dobivanja korisnih informacija. Prepoznavanje uzoraka koristi razne metode za izdvajanje informacija iz signala u cjelini, uglavnom na temelju statističkih pristupa. Značajan dio ovog područja posvećen je primjeni metoda na slikovne podatke.

Primjena

Jedno od najistaknutijih područja primjene medicinski je računalni vid ili medicinska obrada slike. Ovo područje karakterizirano je vađenjem podataka iz slikovnih podataka u svrhu izrade liječničke dijagnoze pacijenta. Općenito, slikovni podatak u obliku je mikroskopskih, rendgenskih, ultrazvučnih i tomografskih slika. Primjer informacija koje se mogu izvući iz takvih slikovnih podataka otkrivanje je tumora, arterioskleroze i drugih malignih promjena. To također može biti mjerenje dimenzija organa i toka krvi. Ovo područje također podržava medicinska istraživanja pružajući nove podatke, primjerice o strukturi mozga ili o kvaliteti medicinskog tretmana.

3.7 Primjena robota u kirurgiji i neurokirurgiji

Roboti igraju kritičnu i sve veću ulogu u modernoj medicini. Korištenjem robota, medicinski stručnjaci mogu napraviti manje rezove, kraće operacije, bolje prognoze pacijenata i uštedu troškova. Robotski sustav omogućava uporabu u različitim neurokirurškim operacijama poput stereotaksijskih zahvata gdje je nužna velika točnost; operacijama neurotraume, tumora mozga i mozgovnih ovojnica, na kralježnici kao i rekonstruktivnim operacijama čeljusti i lica zbog mogućnosti točnog prepoznavanja odnosa anatomskih struktura u prostoru.

3.7.1 Uloga radiologije u robotici

Minimalno invazivna ili manje invazivna kirurgija danas je neizbježna uz primjenu suvremenih **tomografskih i neuroradioloških tehnika** koje su pridonijele značajnim poboljšanjima u svim područjima neurokirurgije. Međutim, stereotaksijski postupci, koji pomažu preciznom navođenju instrumenata u intrakranijskom prostoru, nisu značajno napredovali i još uvijek u velikoj mjeri ovise o vještini kirurga. Visoki zahtjevi neurokirurških operacija stoga nalažu primjenu visokih tehnologija, gdje se robotika pojavljuje kao imanentna tehnika koja može značajno poboljšati neurokiruršku praksu. Uporaba robota u neurokirurgiji specifična je u odnosu na druge kirurške primjene. Budući da operativni cilj nije uvijek vidljiv, operaciju je moguće provesti samo obradom virtualne slike glave pacijenta dobivene odgovarajućom vrstom snimanja. Povezivanjem robota i virtualne slike pacijenta moguće je naučiti robota kako precizno, bez tremora ili zamora, pristupiti odabranim točkama u intrakranijskom prostoru.

3.7.2 Intraoperativna navigacija

Navigacija je proces praćenja kirurških instrumenata primjenom elektromagnetskih detektora, koji je utemeljen na snimkama dobivenim na uređaju za kompjuteriziranu tomografiju ili magnetnu rezonancu. Izvor slike predstavlja uređaj s trodimenzionalnim načinom rada. Navigacija se koristi za kirurgiju glave, kralježnice i ortopediju kao i za postavljanje implanata i stentova za aneurizme.

3.7.3 Telerobotika u medicini

Endoskopija, kao kirurška tehnika, bazira se na uporabi vrlo složene tehnologije. Endoskopske operacije izvode se uz pomoć „žive slike” prikazane endoskopom, hladnim izvorom svjetla, i videopremom. Tu se još nalaze i računalna radna stanica, videokamera za nadzor operacijskog polja i prostorni lokalizator. U današnje vrijeme svaki se liječnik, bio on znanstvenik ili kliničar, koristi računalima u dijagnostičke i terapijske svrhe. Liječnik vrlo dobro zna da se dobivenim slikama koje su obrađene grafičkim i računalnim sustavom, kao i za njih specijaliziranim programskim sustavima, jasnije i bolje prikazuje anatomija pojedinih dijelova tijela.

Računalna mreža, nužna za računalnu suradnju između telekirurških strana, mora biti uspostavljena usporedno s video mrežom. Svaka telekirurška strana mora imati istovrstan korisnički program. Svaka računalna jedinica ima CT slike i trodimenzionalne modele s filmovima. Iskusni kirurg asistira manje iskusnom kirurgu kako bi se što točnije definirala patologija u operacijskom polju. Primijenjena na ovako opisani način, telekirurgija omogućuje manje iskusnim kirurzima izvođenje kritičnih zahvata uz pomoć udaljenog, iskusnijeg kirurga.

Telekirurški pristup omogućuje prijenos videosignala, 3D računalnih modela i pokreta kirurških instrumenata usporedno manipulaciji u realnom vremenu tijekom same operacije. Glavni cilj takve kirurgije jest postići sigurniji kirurški postupak koristeći se novom računalnom medicinskom tehnologijom u telekirurškim konzultacijama te potom omogućiti vizualizaciju anatomije i patologije na 2D i 3D računalnim prikazima. Dakle, koristeći se takvim pristupom, bolesnika se uspjelo „pogledati iznutra” prije stvarnoga kirurškog zahvata.

U konačnici, navigacija nam omogućava pozicioniranje instrumenta za vrijeme operativnog zahvata, manje invazivne zahvate, veću sigurnost za pacijenta i kraće vrijeme oporavka.

CT i MSCT navigacija

Pozicija instrumenta prikazuje se u realnom vremenu na monitoru uređaja u tri standardne ravnine. Na taj način kirurg zna točno gdje se nalazi što smanjuje rizik od jatrogene ozljede važnih struktura poput optičkog živca, karotide ili mozga. Ova metoda još nije postala standardna metoda pri operiranju, prvenstveno zbog svoje visoke cijene. Još jedan od nedostataka potreba je pojedinačne kalibracije uređaja što produžuje vrijeme operacije. Također, kirurg treba biti svjestan da je slika prikazana na ekranu snimljena prijeoperativno što znači da će se odstranjene strukture također prikazivati i nakon njihovog uklanjanja. Trenutno se radi na usavršavanju kompjuterskog programa kojim bi se računalno obnavljala slika na monitoru čime bi se nedostatak riješio u potpunosti. Intraoperativna navigacija ovakvog tipa, odlična je pomoć prilikom vježbanja i učenja endoskopske kirurgije. Iako je riječ o iznimno preciznoj metodi, ipak je moguća pogreška do dva milimetra što može biti dovoljno za ozljedu strukture kao što je optički živac. Na temelju svega navedenog može se očekivati da će u bliskoj budućnosti intraoperativna navigacija postati svakodnevna pomoć pri operiranju.

MR navigacija

Magnetna rezonanca morfološka je dijagnostička metoda koja ima prednost pred CT navigacijom zbog svoje neškodljivosti kao i dobrog prikaza i diferenciranja mekih tkiva. Ovisno o području interesa endoskopski kirurg koristi CT navigaciju, ako su u pitanju koštane strukture, ili MR navigaciju ako su u pitanju meke česti. Međutim, tehnološki napredak teži spajanju CT i MR uređaja u jedan jedinstveni uređaj, što će u budućnosti dovesti do još boljeg prikaza anatomskih struktura neovisno o gustoći.

3.8 CAD

U radiologiji, računalno potpomognuta detekcija (*engl. Computer-Aided Detection*) je postupak u medicini koji pomaže liječnicima u interpretaciji medicinskih slika. Tehnike za obradu slike sa X-zrakama, magnetskom rezonancijom i ultrazvučnim valovima donose mnogo informacija, koje radiolog mora analizirati i vrednovati cjelovito u kratkom vremenu. CAD sustavi pomažu skenirati digitalne slike, npr. u kompjutoriziranoj tomografiji, za tipične pojave i da bi istaknuli najvažnije sekcije, kao što su moguće bolesti. CAD je relativno mlada interdisciplinarna tehnologija koja kombinira elemente umjetne inteligencije i digitalne obrade slike s radiološkom obradom slike. Tipična primjena je otkrivanje tumora. Na primjer, neke bolnice koriste CAD kao potporu kod preventivnih pregleda mamografije (otkrivanje raka dojke), otkrivanje polipa u debelom crijevu i raka pluća. Detekcija pomoću računala je obično ograničena na obilježavanje istaknute strukture i na strukturne dijelove, a dijagnoza pomoću računala ocjenjuje istaknute strukture. Na primjer, u mamografiji CAD ističe mikro kalcifikacijske grozdove i strukture visoke gustoće u mekom tkivu. To omogućuje radiologu da izvuče zaključke o stanju patologije. Druga primjena kvantificira veličinu tumoru ili ponašanje tumora uz pomoć kontrasta. Računalno jednostavna trijaža (CAST) je drugi tip CAD-a, koji obavlja potpuno automatski početno tumačenje i trijažu studije u neke smislene kategorije. CAST je osobito primjenjiv u hitnoj dijagnostici, gdje je potrebna brza dijagnoza. Na sadašnjem stupnju tehnologije, CAD ne može i ne bi trebao nadomjestiti liječnika, već je pomoćno sredstvo liječniku.

4. ZAKLJUČAK

Važno je napomenuti da se razvoj računala i računalne tehnologije ne može smatrati završenim procesom, jer razvoj još traje. Razvoj računala napreduje sve većim intenzitetom, a računala postaju sve moćnija, sve manja i sve pristupačnija širokim društvenim slojevima.

Sa stalnim promjenama u znanosti i tehnologiji te sa sve većom potrebom modernog čovjeka za informacijama i znanjem, računalni svijet pokušava pomiriti tendenciju rasta medija za pohranu i tehnologije za obradu podataka s potrebom i težnjom da se sve komponente računala učine manjima, povoljnijima, i sve više ekološki prihvatljivijima.

Iako postoji mogućnost da će se računala nastaviti razvijati u skladu s postojećim trenutnim principima rada, isto tako ne treba isključiti mogućnost nekog velikog revolucionarnog otkrića koje bi moglo promijeniti ustaljenu sliku o računalima i računalnim sustavima koje imamo danas.

5. LITERATURA

1. Stipan Janković, Damir Miletić: „Dentalna radiografija i radiologija“, Medicinski fakultet sveučilišta u Splitu, Split 2009. god.
2. Vitomir Grbavac: „Informatika, kompjutori i primjena“, Školska knjiga Zagreb, 1990. god. Darko Grundler: „Kako radi računalo“, Varaždin, Pro-mil, 2004. god.
3. Thom Luce: „Computer Hardware, System Software, and Architecture“, Mitchell Publishing Inc., Watsonville, CA, 1989. god.
4. Slobodan Ribarić: „Arhitektura računala“, Školska knjiga Zagreb, 1990. god.
5. Ralph M. Stair, Jr.: „Computers in today's world“, Irwin, Homewood, Illinois, 1986. god.
6. Frane Mihanović, mag.med.rad, viši predavač: „Računala u radiologiji“, „Telemedicina“, „Medicinsko informacijska tehnologija“
7. Ante Buča, prof.dr.sc: „Digitalno stvaranje rtg slike“, „Film i obrada“
8. Grgić, Velimir: Prediktori učinkovitosti kirurškog liječenja polipoznog sinuitisa. Doktorska disertacija, Središnja medicinska knjižnica, Sveučilište u Zagrebu, 2009. god.
9. <http://radiologija-hr.blogspot.com> (pristupljeno 10.06.2014)
10. http://hr.wikipedia.org/wiki/Računalni_vid (pristupljeno 10.06.2014)
11. <http://www.4dportal.com/hr/component/content/article/35/1481-roboti-u-nerokirurgiji-domaa-pamet-za-vrhunske-tehnoloke-domete> (pristupljeno 10.06.2014)

12. http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_machine (*pristupljeno 10.06.2014*)
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Turing_machine (*pristupljeno 10.06.2014*)
14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2049275> (*pristupljeno 10.06.2014*)
15. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2747448/> (*pristupljeno 10.06.2014*)
16. <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiographics.13.2.8460231> (*pristupljeno 10.06.2014*)
17. <https://www.ceessentials.net/article11.html> (*pristupljeno 10.06.2014*)
18. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2765178/> (*pristupljeno 10.06.2014*)
19. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3045122/> (*pristupljeno 10.06.2014*)
20. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1623039> (*pristupljeno 10.06.2014*)
21. <http://www.medri.uniri.hr/katedre/Radiologija/med.%20radiologija/dig.%20zapis%20u%20radio/Microsoft%20Word%20-%203g-dig.zap.rad-pred.pdf> (*pristupljeno 10.06.2014*)
22. <http://fzs.sve-mo.ba/sites/default/files/dokumenti/SKRIPTA%20RADIOLOGIJSKA%20APARATURA.pdf> (*pristupljeno 10.06.2014*)
23. <http://www.poliklinika-klapan.com/files/file/telerobotika.pdf> (*pristupljeno 10.06.2014*)
24. <http://www.medri.hr/katedre/Radiologija/med.%20radiologija/uvod%20u%20rad/1g-Uvod%20u%20rad-IMR-Pr.pdf> (*pristupljeno 10.06.2014*)

25. <http://webtv.dnevno.hr/ekalendar/na-danasnji-dan/14-02-1819/zasto-danas-imamo-qwerty-raspored-slova-na-tipkovnicama/> (*pristupljeno 10.06.2014*)
26. <http://ucimo-zajedno.wikispaces.com/Von+Neumannov+model+ra%C4%8Dunala>
27. <http://www.poliklinika-klapan.com/files/file/telerobotika.pdf> (*pristupljeno 10.06.2014*)

6. SAŽETAK

Moderno doba i napredno ljudsko znanje doveli su do velikog napretka računalne tehnologije. Tijekom povijesti, računala su se razvijala i oblikovala kroz šest generacija, a šesta generacija predstavlja današnja računala. Brojne specifične komponente odraz su naprednijih i razvijenijih računala, posebice onih koja se koriste u radiologiji kao grani medicine. Primarni cilj je što brža i točnija dijagnoza usmjerena na pacijenta. Međutim, da bismo to postigli, potrebno je kontinuirano i neprekidno razvijanje računala kroz sadašnjost i budućnost.

7. ABSTRACT

The modern era and advanced human knowledge require great advances in computer technology. Throughout history, computers have evolved and shaped through six generations, but the sixth generation represents computers today. A number of specific components reflect the advanced and developed computers, especially those that are used in radiology as a branch of medicine. The primary objective is faster and more accurate diagnoses in the center with the patient. However, to achieve this, it is necessary to continually and constantly developing computer through the present and the future.

8. ŽIVOTOPIS

Zovem se Antea Puizina. Rođena sam 18. kolovoza 1992 godine u Splitu gdje živim u Ulici svetog Roka 21. Pohađala sam Osnovnu školu Lučac u razdoblju 1999. - 2007. godine, a od 2007. do 2011. IV. gimnaziju Marko Marulić. Od 2011. godine redovna sam studentica Radiološke tehnologije pri Odjelu zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu. Imam radno iskustvo u promocijama proizvoda (sajmovi GAST, SASO, BOAT...) i anketiranju od 2010. godine. Aktivno govorim engleski jezik i koristim se MS Office paketom. Volontiram u Udruzi MOST. Posjedujem vozačku dozvolu B kategorije. Sebe bih opisala kao veselu, komunikativnu, marljivu, ambicioznu i upornu osobu koja voli stjecati nova znanja i poznanstva .