

IT tehnologije u radiologiji

Pažanin, Anamaria

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:176:309222>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Anamaria Pažanin

IT TEHNOLOGIJE U RADIOLOGIJI

Završni rad

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Anamaria Pažanin

IT TEHNOLOGIJE U RADIOLOGIJI

IT TECHNOLOGIES IN RADIOLOGY

Završni rad / Bachelor thesis

Mentor:

mag. med. rad. Frane Mihanović, v. predavač

Split, 2015.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. CILJ RADA..... | 2 |
| 3. RAZVOJ IT SEKTORA - PREDUVJET NAPRETKA RADIOLOGIJE | 3 |
| 3.1. RAZVOJ RAČUNALA | 3 |
| 3.2. PRIMJENA RAČUNALA U MEDICINI (radiologiji) | 6 |
| 3.2.1. KLJUČNE RAČUNALNE KOMPONENTE | 8 |
| 3.2.2. UVOĐENJE DIGITALNIH TEHNIKA: PROCES DIGITALIZACIJE . | 11 |
| 4. SUSTAV ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU | 14 |
| 4.1. DIGITALNO STVARANJE (AKVIZICIJA) RADIOLOŠKE SLIKE | 14 |
| 4.2. DIGITALNA OBRADA SLIKOVNIH PODATAKA..... | 18 |
| 4.2.1. KOMPRESIJA SLIKA..... | 19 |
| 4.3. DIGITALNO ARHIVIRANJE SLIKOVNIH PODATAKA | 20 |
| 4.4. KOMUNIKACIJA DIGITALNIM SLIKOVNIM PODACIMA | 22 |
| 4.4.1. DICOM..... | 23 |
| 4.4.2. HL7 (<i>engl. Health Level 7</i>)..... | 24 |
| 4.4.3. INTEGRACIJA SUSTAVA..... | 25 |
| 4.4.4. MREŽNE VEZE | 27 |
| 4.4.5. TELERADIOLOGIJA..... | 29 |
| 4.4.6. MOBILNA RADIOLOGIJA | 29 |
| 5. BUDUĆNOST - RAZVOJ RAČUNALA, RADIOLOGIJA I ROBOTIKA | 30 |
| 6. ULOGA RADIOLOŠKOG TEHNOLOGA U PRIMJENI IT TEHNOLOGIJE U RADIOLOGIJI | 31 |
| 7. RASPRAVA..... | 32 |
| 8. ZAKLJUČAK..... | 34 |

| | |
|----------------------|----|
| 9. SAŽETAK | 35 |
| 10. SUMMARY | 36 |
| 11. LITERATURA | 37 |
| 12. ŽIVOTOPIS | 39 |

1. UVOD

Informatičke tehnologije se koriste računalima za prenošenje, obradu, čuvanje i zaštitu podataka. Napretkom medicine svakim danom smo izloženi sve većem broju informacija kojima je potrebno adekvatno upravljati i vladati da bi bili u toku, a IT tehnologije su tu kako bi nam pomogle u radu. Informatička tehnologija je spoj računala i informacija. Upravljanje informacijama putem računala zove se infotehnologija (*engl. "infotech"*), a pomaže i u prenošenju znanja i obrazovanju. Područje informatičkih tehnologija obuhvaća izradu računalnih sklopova, umrežavanje, dizajniranje programske opreme, izradu sustava baza podataka i upravljanje i održavanje cijelim sustavom.

Radiologija, grana medicine koja je razvojem usko povezana s pojavom računala, svoj napredak duguje ekspanzivnom razvitku informatičke tehnologije. Računalne znanosti i medicina su se povezale krajem šezdesetih godina dvadesetog stoljeća. Povezivanje naprednih medicinskih tehnologija s informacijskim tehnologijama (IT) dovodi do optimizacije procesa u zdravstvenim ustanovama, ali i smanjenja troškova.

Pojava računala omogućila je razvitak moderne radiologije koja je pružila poboljšanje slike kako bi zadovoljila potrebe medicinske dijagnostike. Takva radiologija ne znači samo prestanak korištenja filma za RTG snimanje, nego i korištenje cjelokupnih rješenja koja integriraju medicinske dijagnostičke i terapijske sustave različitih proizvođača. U ta rješenja spadaju i IT komponente kao što su PACS (*engl. Picture Archiving and Communication System*) i RIS (*engl. Radiology Information System*) te njihova integracija u HIS (*engl. Hospital Information System*). Takvi novi informatizacijski i digitalni sustavi unaprijedili su učinkovitost i kvalitetu usluga u području radiologije što se tiče skrbi za pacijenta, ali i medicine općenito.

Računalne aplikacije u radiologiji se svakodnevno razvijaju ubrzanim tempom te su vezane za dodatna poboljšanja softvera, tehnologije umrežavanja, pohrane i prikaza, novijih računalnih metoda te hardvera u smislu poboljšanja grafičkih i računalnih performansi što omogućuje korištenje radnih stanica za bolju i točniju vizualizaciju.

2. CILJ RADA

IT tehnologije omogućavaju dobivanje, obradu, analiziranje i pohranjivanje podataka u suvremenim oblicima. Digitalizacija je vidljiva u svim aspektima rada na radiološkom odjelu; od uređaja na kojima se vrše dijagnostički pregledi i terapija do gotovog proizvoda tj. slikovnog zapisa. Takvi zapisi u obliku digitalnih podataka (slika), napretkom na IT polju, postaju kvalitetniji, a medicinske slike razlučivije što je nužan preduvjet za kvalitetniju dijagnostiku i terapiju u radiologiji. Automatizacija procesa i dogovoreni standardi su neophodni za brzinu i uspješnost odlučivanja.

Važno je poznavati tijek rada na odjelu te funkcioniranje sustava za digitalnu radiografiju kako bi cijeli proces bio uspješan. Nužno je razlučiti procese vezane za digitalno nastajanje slike, digitalnu obradu, arhiviranje slika te konačno, komunikaciju slikovnim podacima. Kao preduvjet tim procesima potrebno je razumjeti važnost medicinskih normi i standarda; razumjeti vrijednost IHE (*engl. Integrating the Healthcare Enterprise*), DICOM (*engl. Digital Imaging and Communications in Medicine*) i HL7 (*engl. Health Level Seven*) standarda, značaj integracije PACS (*engl. Picture Archiving and Communication System*), RIS (*engl. Radiology Information System*) i HIS (*engl. Hospital Information System*) sustava. Osim toga, u radu će biti objašnjena uloga robotike u radiologiji posredovanjem informatičke tehnologije. U primjeni tehnologije bitno je ne zapostaviti etička načela koja nalažu zaštitu pacijenta i privatnost njegovih podataka. Kako bi to bilo osigurano važno je uspostaviti valjan zakonski okvir, ali i primijeniti suvremena tehnička rješenja usmjerena na sigurnost i zaštitu podataka.

Uzevši sve navedeno u obzir, ovaj rad je osmišljen kao sumacija i pregled razvoja na odjelu radiologije kroz pogled radiološkog tehnologa s osvrtom na informatičke tehnologije.

3. RAZVOJ IT SEKTORA - PREDUVJET NAPRETKA RADIOLOGIJE

Povijest računala seže daleko u prošlost. Kako bi doseglo današnji izgled i funkciju, računalo kao stroj, prošlo je kroz više faza tehnološkog unapređivanja i usavršavanja te IT stručnjaci još uvijek svakodnevno pomjeraju tehnološke granice donoseći novine u IT sektoru. Posljedično razvoju kroz povijest, računala možemo podijeliti po generacijama. Računalne generacije nam pomažu tako što stupnjevito prikazuju točan pregled rada i sustava računala i tehnologiju koja se koristila u određenim vremenskim razdobljima.

3.1. RAZVOJ RAČUNALA

Kao bitnu stavku u povijesti neophodno je spomenuti ideju TURING-ova stroja, "automata" koji je sposoban obavljati logičke operacije bilo kojeg računalnog algoritma u formi najbližijoj onoj koju i danas koristimo. Takav "automat" bio 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. Ideja takvog univerzalnog računalnog stroja objavljena je 1937. godine te se smatra temeljem von Neumann-ove arhitekture računala koja je objavljena 1946. godine. John von Neumann je bio matematičar koji je radio kao konzultant prilikom izgradnje računala prve generacije ENIAC (*engl. Electronic Numerical Integrator and Computer*) koje je bilo namijenjeno američkoj vojsci, a težio je više od 27 000 kilograma te je bio volumena povećane sobe; ENIAC je za obradu podataka koristio 18 000 vakuumskih cijevi veličine manje žarulje koje su stalno pregarale pa ih je trebalo mijenjati. Neumann je dokumentirao organizaciju ENIAC-a i zbog toga se sva računala koja imaju sličnu organizaciju ili arhitekturu nazivaju računala sa von Neumannovom arhitekturom. Po njemu se svako računalo sastoji od: ulazne jedinice, RAM-a (*engl. Random Access Memory* – memorija

s nasumičnim pristupom), upravljačke jedinice i aritmetičko logičke jedinice te izlazne jedinice.

Generacije računala možemo podijeliti s obzirom na dva računalna sustava: von Neumann-ov model računalnih sustava koji je razvio četiri generacije računala i model nove građe računalnih sustava koji se razvijao kroz pet generacija i korača prema budućim generacijama.

Prvo logaritamsko računalo nastalo je 3000 g. pr. Kr., a poznato je pod nazivom Abacus. Tada je vrijedila ručna obrada podataka i taj period pripada prvoj generaciji. U drugoj generaciji nastupaju mehanički uređaji koji su po izumitelju Pascalu u 17om st. nazvani Pascalina. U trećoj generaciji svijet upoznaje mogućnosti elektromehaničkih strojeva. Tada Leibniz izrađuje kalkulator sličan Pascalini koje je mogao množiti i dijeliti, a Charles Babage u 19om st. izrađuje projekt diferencijalnog stroja koji je rezultate tiskao na papir te nakon toga projektira analitički stroj koji bi poput današnjeg računala imao ulaznu i izlaznu jedinicu, centralnu jedinicu, memoriju i program na bušenim karticama. 1890. godine Hollerith je izumio sortirku za potrebe popisa stanovništva u Americi. Nakon toga nastupa četvrta generacija kojoj pripadaju elektronička računala. Prvo elektroničko računalo – ENIAC izrađeno je od elektronskih cijevi 1946. godine, a daljnji razvoj računala odvija se kroz pet generacija. Predstavnik prve generacije je UNIVAC izrađen 1951. godine, ujedno i prvo računalo koje je bilo korišteno i u ekonomsko-statističke svrhe. Računala se rade od elektronskih cijevi, no ogromna dimenzija, velika potrošnja, česti kvarovi i pregrijavanja, mala memorija i pouzdanost, nisu bili programibilni, samo su neki od brojnih nedostataka ove generacije. Kao velik iskorak u razvoju doprinijela je pojava tranzistora 1959. godine koji su zamjenjivali elektronske cijevi u drugoj generaciji računala. Primjenom tranzistora postiže se pouzdanost, brzina, manja potrošnja električne energije, veći kapacitet memorije, manje dimenzije. Napredak je postignut i polju razvoja softvera s obzirom da se počinju razvijati simbolički programski jezici. Daljnji napredak koji predstavlja računala treće generacije zbilo se 1965. godine početkom upotrebe integriranog kruga kao temeljnog elementa računala. To je komad silicija ili germanija, veličinom manji od pola centimetra na kojem je smješteno puno elektroničkih elemenata: tranzistora, otpornika, dioda. Računala ove 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 pisaci s visokom brzinom ispisa, diskovi velikog kapaciteta i započela je integracija komunikacije u računalu. S trećom generacijom računala papirna vrpca nestaje iz uporabe, a bušena vrpca polako gubi izražaj. Primjenom integriranog kruga računala su još manja, još brža, pouzdanija, ekonomičnija, s većim kapacitetom memorije i nižom cijenom. Četvrta generacija računala započinje 1972. godine kada se na silicijsku pločicu počelo smještavati još veći broj elektroničkih elemenata te nastaju integrirani krugovi koji su se izrađivali na dva načina, LSI (*engl. Large-scale integration*) i VLSI (*engl. Very Large Sale Integration*) tehnologijom. Računala te generacije još uvijek sadrže neke elemente treće generacije poput feritne memorije koja se pokazala pouzdanom u slučaju nestanka struje ili napajanja jer ne bi gubila sadržaj. No, krajem četvrte generacije računala su se počela sastojati i od unutrašnje memorije izrađene u VLSI tehnologiji. Računala četvrte generacije obavljaju interaktivnu obradu podataka s više središnjih procesora te je povećana primjena multiprogramiranja. Dolazi i do primjene virtualnih i vanjskih memorija pomoću tehnologija. Viši programski jezici imaju sve veću primjenu te je započelo formiranje jedinstvenih i decentraliziranih baza podataka i sustava za njihovo pretraživanje. 1940. godine proizveden je CHIP (čip). Nakon toga Intel je proizveo prvi mikroprocesor. Računalima su niske cijene, male dimenzije, ali još uvijek su ih koristila samo sveučilišta, vojske i velike tvrtke. 1981. godine IBM lansira prvi PC (Intel procesor 8080, 16KB RAM-a, 160 KB FDD, 11,5" monokromatski monitor, DOS). To je bio prvi PC koji je ujedno pokrenuo i revoluciju te se događaj smatra pokretačem pete generacije računala iako se ona paralelno razvijala s četvrtom generacijom. Tada je donesen i desetogodišnji plan razvoja računala. Peta generacija je specifična po još manjim i integriranijim procesorima, izdvajanju naredbi prirodnim govorom (mogućnosti ubrzane obrade dokumenata, slika, govora i zvuka) te umjetnom inteligencijom. Grafičke mogućnosti računala sve su bolje, a javljaju se i prve zastupljenije lokalne pa i globalne mreže za prijenos podataka. Pojavila se i šesta generacija računala kao projekt. U tu generaciju bi mogli uvrstiti razvoj bežičnih

tehnologija, digitalnog prijenosa, bio-čipove, nastavak razvoja procesora (smanjenje dimenzija, povećanje moći i brzine) te umjetne inteligencije (zamjena nula i jedinica znakovima što sličnijim čovjekovom razmišljanju).

3.2. PRIMJENA RAČUNALA U MEDICINI (radiologiji)

Upotreba računala u medicini počiva na težnji da se u svakom pogledu poboljša pružanje medicinske zaštite bolesnicima i to jednako kakvoćom usluga, njihovom količinom i brzinom primjene. Zdravstveni djelatnici u takvom okruženju postupno dobivaju nove zadatke, a djelomično se ili čak u potpunosti razrješavaju nekih poslova, no i dalje ostaju nezamjenjivi. U intelektualnom smislu, posao zdravstvenih djelatnika ulaskom u informatičko razdoblje zapravo ne postaje jednostavniji nego upravo suprotno, složeniji i zahtjevniji. Za pojašnjenje stupnja medicinske znanosti elektroničkim računalima Van Bommel je opisao šest razina njihove primjene: komunikaciju i telematiku, pohranu i pretraživanje podataka, obradu podataka i automatizaciju, dijagnostiku i odlučivanje, liječenje te istraživanje i razvoj. U svakoj od navedenih cjelina računala se rabe, ali nejednoliko, tj. raznolikost njihova korištenja opada s porastom složenosti sustava (slika 1.).



Slika 1. Stupanj primjene računala s obzirom na složenost sustava

(Izvor: http://mi.medri.hr/uvod_medinfo.htm)

Komunikacijskim sustavima, telematičkim sustavima i sustavima obrade podataka većim dijelom upravljaju računala, a čovjek u pravilu nadzire i koristi njihove automatizirane funkcije. Nasuprot tomu, čovjek (zdravstveni djelatnik) ima i nadzornu i većinsku izvršnu ulogu u funkcioniranju sustava dijagnostike, odlučivanja, liječenja, istraživanja i razvoja medicinske znanosti.

Prvo računalo u radiologiji koristi se kod otkrića CT-a 1972. godine. Tijekom 80-ih godina prošlog stoljeća računala u radiologiji koriste se samo kod "velikih" uređaja (CT, ANGIO, MR), a krajem 80-ih i početkom 90-ih dolazi do nagle ekspanzije upotrebe računala u radiologiji i svoju primjenu ostvaruju kod svih uređaja. Razlog tomu bili su: cijena hardvera i softvera, tržište te konkurencija. Današnji rad u bolnici bio bi nezamisliv bez komponenti poput: čipova, mikroprocesora, računala, radnih stanica, servera, mreža, arhiva. Svoju primjenu računalo danas ima kod :

- svih uređaja koji se danas koriste na radiologiji (klasični rtg uređaji, dijaskopski uređaji, portabilni uređaji, ultrazvuk, mamograf, MR, CT, ANGIO, KARDIO, laser kamere, radne stanice, uređaji u radioterapiji, uređaji u nuklearnoj medicini, CR, DR, DR digitalna dijaskopija – fluoroskopija, RIS, PACS),
- obrade podataka u informacijskom sustavu radiologije,
- različitih sustava za arhiviranje.

Tijekom trideset godina razvoja računala i dodatne informatičke opreme, njegova primjena u radiologiji danas je neophodna i zapravo ne postoji uređaj u kojem na bilo koji način nije zastupljeno računalo i/ili dio računala za njegov rad. Računala imaju ključnu ulogu u pružanju slika bolje kvalitete što je nužno za potrebe medicinske dijagnostike. Međusobnim razumijevanjem zdravstvenih djelatnika i računalnih znanstvenika i njihovih ciljeva, računalo može doseći svoj puni potencijal u medicini, što u konačnici rezultira boljom skrbi za pacijenta, a to predstavlja primarni cilj napretka računala unutar medicine i radiologije. Također, računalne aplikacije u radiologiji se razvijaju vrlo brzo. Vezana su za dodatna poboljšanja hardvera, softvera i novijih računalnih metoda. U računalnom hardveru, pojava 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. Medicinska radiologija, kao

novija grana medicine i znanosti, usko je povezana s tehničkim revolucijama modernog doba.

3.2.1. KLJUČNE RAČUNALNE KOMPONENTE

Računala su strojevi koji prema skupu naredbi ili programu izvršavaju zadatke ili proračune, a rade uzajamnim djelovanjem hardvera i softvera. **Hardver** (*engl. hardware*) se odnosi na dijelove računala koji se mogu vidjeti i opipati, uključujući kućište i sve unutar njega. Najvažniji dio hardvera je slični pravokutni čip unutar računala poznat kao središnja procesorska jedinica (*engl. central processing unit, CPU*) ili mikroprocesor. On je „mozak“ računala – dio koji prevodi naredbe i vrši proračune. 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. 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.

Osim središnje procesorske jedinice, prema mišljenju Von Neumanna, hardver se sastoji od još dva važnija dijela, a to su središnja jedinica za pohranu i memorija ulazno-izlaznih jedinica. **Memorija** računala ima sposobnost pohrane i čuvanja određene količine podataka. Razvojem računala bilo je nužno povećavati i kapacitet 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 je ispisna memorija tj. memorija u koju se podaci mogu upisivati samo jednom, a nakon toga se mogu samo čitati. Iz tog razloga ova memorija se koristi samo za osnovne i neizostavne podatke koje mora imati svako računalo, najčešće je vrlo malog kapaciteta i upisuje ju proizvođač računala. Nasuprot tome, RAM je ispisiva i izbrisiva memorija u kojoj pohranjeni podatci ostaju sve dok se ne prekine napajanje računala kada se oni nepovratno gube. RAM memoriju možemo podijeliti na statičku i dinamičku. 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, ali nedostatak joj 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 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, a to rezultira gubitkom vremena. Prednost ove memorije su male dimenzije kondenzatora pa ih se mnogo može smjestiti na samo jednu pločicu poluvodiča.

Postoje još neke vrste memorija, a to su: virtualna, flash i cache memorija. Virtualna memorija je zapravo prividna memorija gdje tvrdi disk oponaša dio radne memorije. Kao nedostatak bitno je napomenuti brzinu prijenosa u odnosu na radnu memoriju. Flash memorija je posebna vrsta poluvodičkih memorija koja se najčešće koristi kao eksterna memorija, a glavna joj je značajka ponašanje poput radne memorije te to što se podaci ne gube prestankom napajanja. Iz takve memorije se mogu čitati podaci, ali je za pohranu novih potrebno izbrisati postojeće. Cache memorija 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; nakon što procesor zatraži razmjenu podataka s memorijom, upravljački sklop cache memorije provjeri nalazi li se taj podatak u priručnoj memorije te ukoliko se nalazi, razmjena može početi.

Bitno je spomenuti i uređaje za pohranu podataka koji su se razvijali usporedno sa razvojem računala i povećanjem njegove primjene. Kroz povijest su osmišljavani različiti **mediji za pohranu** ovisno o količini podataka koja se može zapisati na njih pa tako razlikujemo: tvrdi disk (interna i eksterna verzija s varijabilnom memorijom; gigabajti-terabajti), magnetske kartice (medij poput zdravstvene ili kreditne kartice koji služi za pohranu male količine podataka; nekoliko kilobajta), optički diskovi (princip laserskog upisivanja i iščitavanja), CD-ROM (*engl. Compact Disc Read-only memory*; tvornički upisani podaci koji se ne mogu mijenjati; 700 megabajta kapacitet), CD-R

(*engl. Compact Disc Recordable*; optički disk na koji je moguće jednokratno upisivati podatke), CD-RW (*engl. Compact Disc ReWritable*; optički disk na koji je moguće upisivati, brisati i ponovo upisivati podatke), DVD (*engl. Digital Versatile Disc*; optički disk sličan CD-u, ali većeg kapaciteta; 4,7-17 gigabajta. Razlog većeg kapaciteta je u laseru koji može vidjeti infracrvenu svjetlost i stoga može upisivati manja udubljenja nego CD disk.), postoje i DVD-R i DVD-RW inačice koje imaju istu namjenu kao i CD diskovi tih inačica.

Osim navedenog, valja spomenuti i da postoje ulazni i izlazni uređaji tj. hardverske komponente bitne za rad na računalu. U ulazne uređaje možemo svrstati: tipkovnicu, miš, osjetilnu plohu (*engl. touchpad*), osjetilni zaslon (*engl. touchscreen*), palica (*engl. joystick*) i skener. U izlazne hardverske uređaje možemo svrstati: monitor, pisač, zvučnu karticu.

U radiologiji posebnu pažnju treba posvećivati odabiru monitora. Osnovni element slike monitora je zaslonska točka (piksel) koja je zapravo krug promjera 0,1 do 0,5 mm, ali može biti i pravokutnik tih dimenzija. Kakvoća monitora se mjeri u broju tih točaka, pa stoga, što veći broj točaka, veća je kakvoća, odnosno razlučivost ili rezolucija monitora. Postoje dvije osnovne vrste monitora: CRT (*engl. cathode ray tube*) i LCD (*engl. liquid crystal display*). Monitori trebaju podržavati veći broj sivih tonova te pružati optimalan kontrast. Zdravstveni *display* monitori doprinose većoj točnosti dijagnoze za otkrivanje patologije posljedično poboljšanju kuta gledanja, dugovječnosti, svjetlini i smanjenoj buci što rezultira vrhunskom preciznošću i učinkovitosti.

Softver (*engl. software*) je programska podrška, dio računalnog sustava koji nije materijalan, već postoji u obliku informacija pohranjenih u računalu. Taj skup informacija čini naredbe i programe koji hardveru govore što da čini. Ukupna programska podrška računala može se podijeliti na dvije vrste; na sistemsku programsku podršku i aplikativnu programsku podršku. Sistemska programska podrška je skup strojno orijentiranih programa koji upravljaju i kontroliraju rad strojnog sustava u cilju usklađivanja tog rada s radom aplikativnih programa. Pod aplikativnom programskom podrškom smatramo skup korisničkih programa koji upravljaju računalnim sustavom kako bi se izvršile aktivnosti obrade podataka zadane od strane korisnika.

Kada govorimo o *principu rada 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. Važno je znati da je bit temeljna jedinica za informaciju koja poprima jednu od dvije vrijednosti, 0 ili 1 (1 označava da je bit postavljen – *engl. set*, a 0 da je bit poništen – *engl. Reset*). Bajt je najmanja adresa veličina u računalu, a iznosi osam bita. Slog je binarni broj s četiri znamenke, a riječ je određena količina bitova koja se u računalu obrađuje kao cjelina.

3.2.2. UVOĐENJE DIGITALNIH TEHNIKA: PROCES DIGITALIZACIJE

Radiologija je još prije desetak godina u svom većem dijelu bila analogna. Digitalizacija tj. digitalna obrada slike (snimaka) i radiološki informacijski sustav postepeno su dolazili u primjenu i rutinski rad u radiologiji dijelom zahvaljujući i brzom razvoju tehnike i opreme koju su dijagnostički odjeli i zavodi dobivali.

Analogna tehnologija je vrlo jednostavna, ne koristi računalnu opremu, a podatci o pacijentima i terapiji su bili vođeni u kartonskim žurnalima te poslije pohranjivani u povijestima bolesti u pripadajućim arhivama.

Informacijski sustav ima ulogu povezivanja dijagnostičkih i terapijskih postupaka u jednu cjelinu koja će se efikasno i funkcionalno primijeniti u obradi skupine pacijenata. Informatizacija je donijela vrlo mjerljiv, velik iskorak prema kvalitetnijoj i modernijoj djelatnosti. Osim dostupnosti, transparentnosti svih podataka i osiguranja kvalitete, uvođenje informacijskih sustava pojavio se i niz drugih prednosti u odnosu na klasičnu, analognu djelatnost poput mogućnosti arhiviranja slika i snimaka pacijenata, izrada različitih izvještaja i analiza što je vrlo bitno za medicinu temeljenu na dokazima i još puno dodatnih opcija koje se po želji korisnika mogu koristiti.

Sve veći pritisak za primjenom informatičkih tehnologija u bolničkim uvjetima nužno je zahtijevao rješavanje novonastalih problema koji su se odnosili na dugotrajno spremanje digitalnih medicinskih podataka, normizaciju u kliničkoj komunikaciji,

stvaranje, organiziranje i prenošenje osobne digitalne medicinske dokumentacije, načine i opsege primjene mobilnih informatičkih tehnologija u bolničkim uvjetima, povezivanje dijagnostičkih uređaja s bolničkim informacijskim sustavom itd. Stoga se medicinska struka treba stalno usavršavati u radu s "digitalnim" uvjetima s novom tehnologijom koja se stalno razvija. 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. Cilj digitalizacije u medicini je povezati znanje i sniziti troškove upravljanja zdravstvom, putem uspostavljanja integriranog sustava za upravljanje slikovnim materijalom i nalazima.

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 je u informacijskom sustavu manipulacijska tj. može se mijenjati izgledom te se mogu uvećavati pojedini dijelovi slike i može se arhivirati u memoriji diska i računala. Informatička manipulacija omogućava vizualizaciju pojedinih dijelova koje je za vrijeme analogne radiologije bilo otežano prikazati zbog specifične fiziologije (krvne žile, dišni putovi i probavni sustav). U početku primjene digitalnih slika kvaliteta je bila slabija nego kod konvencionalne radiografije no stupanjem novijih tehnoloških rješenja kvaliteta slike je postala superiorna konvencionalnoj. Nedostatak digitalne opreme su veći investicijski troškovi i troškovi održavanja, no bolje je integracija u sustave poput PACS/RIS sustava. Digitalizacijom se smanjuju doze zračenja za pacijenta, izbjegava nužnost ponavljanja snimki zbog loše izabrane ekspozicije, ubrzava se i automatizira cijeli postupak te omogućava slanje slika na udaljene lokacije radi ostvarivanja drugog stručnog mišljenja. Stoga unatoč velikim troškovima početne investicije, korištenje digitalne tehnologije (*engl. film-less*) velik je iskorak naprijed, ne samo za radiologiju i zdravstveni sustav, već za cijelo čovječanstvo.

S obzirom na procjenu OECD-a (*engl. Organisation for Economics Co-operation and Development*) da će većina država do 2050. godine trošiti čak 20% BDP-a na zdravstvo posljedično starenju stanovništva, ulaganja u informatizaciju zdravstva se povećavaju. Osim smanjenja potrošnje, IT u zdravstvu pridonosi integraciji kliničkih

procesa, poboljšanju kvalitete skrbi, lakšem pristupu i analizi medicinskih podataka kojima se može pristupiti s bilo koje lokacije. U Hrvatskoj je posao informatizacije primarne zdravstvene skrbi dobila tvrtka Ericsson Nikola Tesla. Osim tog velikog posla, mnoge manje tvrtke razvijaju svoja IT rješenja specijalizirana za određene segmente zdravstva prema normama koje je Hrvatska prihvatila kad se krenulo u informatizaciju (HL7, DICOM, IHE). Pridržavanje normi treba omogućiti lakšu integraciju sustava primarne zdravstvene zaštite s informacijskim sustavima u bolnicama, ljekarnama, laboratorijima i sl. Od hrvatskih IT tvrtki koje su krenule putovima zdravstva može se još izdvojiti tvrtka *Infomedica* koja je razvila cjelovito rješenje za potrebe radiologije - iRIS.

4. SUSTAV ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU

Kako bi objasnili postupak dobivanja slikovnog materijala nužnog za postavljanje dijagnoze, zapravo rad na radiologiji uopće, valja razlučiti korake u nastajanju krajnjeg produkta. Sam proces digitalne radiografije možemo podijeliti u četiri koraka, a to su: digitalno stvaranje slike, digitalna obrada, arhiviranje te komunikacija dobivenim slikovnim podacima.

4.1. DIGITALNO STVARANJE (AKVIZICIJA) RADIOLOŠKE SLIKE

Digitalne metode su sve one metode ili tehnike snimanja kod kojih rendgenska slika ne nastaje izravnim djelovanjem zraka na rendgenski film ili fluorescentni zaslon rendgenskog uređaja već obradom digitaliziranih, ulaznih, analognih signala. Ključnu ulogu u nastajanju digitalnih slika ima analogno-digitalni pretvarač u kojem se analogne dijagnostičke informacije digitaliziraju i nakon računalne obrade u digitalno-analognom pretvaraču pretvaraju u odgovarajuću vizualnu sliku na zaslonu CT uređaja, ultrazvučnog uređaja, magnetskog rezonatora ili se mogu snimiti na film. Kod novijih digitalnih uređaja (ravni detektori) dobiva se izravan prikaz digitalne slike na monitorima (preskače se faza analogno-digitalne pretvorbe).

CR (*engl. Computed Radiography*), računalna radiografija je uvedena u radiološku dijagnostiku prije otprilike dva desetljeća učinivši veliki korak u digitalnoj radiografiji. Ona je ujedno najstarija i najraširenija digitalna tehnika. Koristi foto stimulirajući zaslon (kasete s fosfornim pločama) koji tijekom izlaganja energiju rendgenskog zračenja dijelom pretvara u svjetlost, a dijelom pohranjuje latentnu sliku koja se naknadno očitava pomoću skenera (digitalizatora) čija je uloga pretvorba latentne slike u digitalni zapis. Sloj fosforescentnog materijala nakon apsorpcije rendgenskog zračenja oslobađa elektrone koji se zadržavaju u drugim dijelovima kristalne strukture. Laserska zraka infracrvenog spektra izbacuje elektrone iz tzv. skladišta pri čemu emitira plavu

svjetlost koju očitava foto dioda. Očitani film se briše izlaganjem jakoj svjetlosti i može se ponovno upotrijebiti. Kompjuterizirana radiografija razlikuje se od digitalne po tome što sistem digitalne radiografije odmah nakon ekspozicije na ekranu prikazuje sliku i nema potrebe za procesiranjem. Obrada slike izvodi se na isti način i istim programom. Postoje digitalne (DR) ploče kojima se postojeći analogni RTG uređaji nadgrade u DR. Prednost kompjuterizirane radiografije je znatno niža cijena i mogućnost upotrebe na više uređaja.

DR (*engl. Digital Radiography*), digitalna radiografija dijeli se na indirektnu i direktnu digitalnu radiografiju. Indirektna radiografija obuhvaća scintilatore s CCD kamerom i scintilatore s amorfnim silicijem. Indirektna digitalna radiografija još uvijek stvara analogni signal koje je potrebno digitalizirati. Direktna digitalna radiografija obuhvaća flat panel detektore koji direktno stvaraju digitalnu sliku. Flat paneli se sastoje od tekućeg kristala (amorfni selenij) koji je bez prisustva rendgenskih zraka ili svjetla izolator 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 je vrlo kratak i traje 20ak 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 kaseta, folija, filmova ni tamne komore), vrlo brz postupak obrade bolesnika, smanjena doza zračenja i slike visoke dijagnostičke kvalitete. Uređaji s FD sustavom umreženi su s radnim stanicama na kojima radiolozi očitavaju snimke s raznih radioloških uređaja, a ne samo s uređaja koji ima ravne detektore. Nedostatci flat panel detektora su: vrlo komplicirana tehnologija izrade s dosta grešaka (u ploči se nalazi velik broj tranzistora, *engl. TFT-thin film transistors*, koji električni naboj iz kapacitatora prebacuju u pojačalo, a pojačalo pojačava diskretne signale koje kontrolor tranzistora organizira pravilan izlaz signala tako da se može detektirati položaj iz kojeg je signal došao), artefakti i visoka cijena uređaja, zahtijevaju potpunu zamjenu rendgenskog uređaja (dok se fosforne ploče

moгу 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.

Kod upotrebe CR sustava digitalni čitači tj. *digitalizatori* su neophodni uređaji s pomoću kojih digitaliziramo latentnu sliku. Postoje univerzalni čitači za sve formate kaseta, ali i čitači integrirani u specijalne radiološke uređaje. Osnovne značajke digitalizatora su: 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 (npr. DICOM 3.0 protokoli). Konfiguracija sustava za digitalnu radiografiju u ovom slučaju se sastoji od digitalizatora, ID-konzole, monitora za obradu slike te spoja na lasersku kameru. Ovakav sustav omogućava trenutni prikaz digitalne slike na monitoru, čitanje i regeneriranje fosforne ploče za oko 13 sekundi, do 110 očitanih fosfornih ploča na sat, pohranjivanje slika na optički disk te obradu slike s uobičajenim softverom za klasične radiološke snimke. Kao prednost ovog sustava ističe se mogućnost tiskanja više snimaka na jedan laserski film, manja doza zračenja za pacijenta te izbjegavanja ponavljanja snimaka zbog loše kvalitete snimki. Digitalizatori zajedno s ID-konzolama i radnim stanicama mogu biti povezani u mrežu. Tako spojeni uređaji zajedno s radiološkim uređajima čine digitalnu radiološku mrežu ili PACS (*engl. Picture Archiving and Communication System*). Dobivenu digitalnu radiološku sliku potrebno je vezati uz osnovne podatke o pacijentu za što služe identifikacijske (ID) konzole. Preko njih sliku možemo dalje poslati u mrežu, na monitor ili laserski printer. Na ID-konzoli podatke o pacijentu možemo dobiti preko radiološkog informacijskog sustava i/ili bolničkog informacijskog sustava.

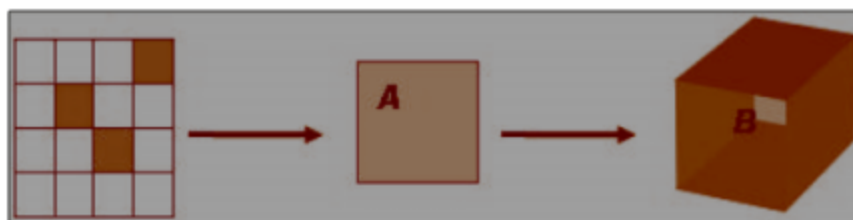
Važnu ulogu u nastanku digitalne radiološke slike ima analogno-digitalni pretvarač, a kako bi razumjeli kako se prikazuje rendgenska slika važno je znati i što je to piksel, a što voksel.

Analogno-digitalni pretvarač predstavlja granicu između analognog i digitalnog svijeta te obuhvaća dva procesa: uzorkovanje i mjerenje. Većina signala koji se dobivaju iz detektora koji se primjenjuju u radiologiji (CT, rendgenska dijagnostika,

nuklearna medicina) obično su naponski ili strujni signali analognog tipa. Često se njih može direktno obrađivati no isto tako današnje vrijeme sve više nameće potrebu dobivanja signala koji su digitalizirani, dobiveni nekom vrstom konverzije. Takvi pretvarači pretvaraju analognu veličinu u digitalno i prikazuju je kao digitalni broj. Osnovni parametri A/D pretvarača su razlučivost (broj bitova) i brzina pretvorbe (broj uzoraka po sekundi). Kako bi dobivena digitalna slika mogla biti prikazana na monitoru, digitalno-analogni konverter pretvara dobivenu digitalnu sliku ponovno u analognu.

Nastala digitalna rendgenska slika sastoji se od elemenata slike tj. piksela (*engl. PICTure ELeMent*). Pikseli su posloženi u niz redaka i stupaca koji čine matricu ili *matrix*, a svaki piksel predstavlja određenu nijansu sive skale. Matrica može biti sastavljena od milijuna malih sitnih kockica. U digitalnoj slici svaki piksel ima brojčanu vrijednost koja određuje svjetlinu (gustoću). Svaka kocka ima svoju dinamičku vrijednost raspona, a dogovorena šifra bitova predstavlja određenu nijansu boje sive skale. Ovisno o broju kockica u matrici razlikuje se broj nijansi sive skale. Što je veći broj kockica, veći je broj nijansi sivog.

Dok je piksel dvodimenzionalni element slike, voksel predstavlja trodimenzionalni element tj. piksel u prostoru (slika 2.).



Slika 2. Piksel/voksel

(Izvor: materijal s predavanja „Računala u radiologiji“, autor: mag.med.rad. Frane Mihanović, v.pred.)

Radiološke slike, ovisno kojim su modalitetom snimljene, zauzimaju odgovarajuću RAM memoriju u računalu. Ovisno o veličini matrice slike, nužno je osigurati dovoljnu memoriju za pohranu slike kako se ne bi povećavalo vrijeme pohrane i upravljanja slikovnim datotekama uopće. Mogućnost pristupa slici je od velike važnosti, a vrijeme potrebno da se slika donese na monitor (radnu stanicu) ne smije biti duže od tri sekunde.

4.2. DIGITALNA OBRADA SLIKOVNIH PODATAKA

Sve nastale digitalne slike, bez obzira na način nastajanja (DLR, DFR ili CR, CT, MR, UZ), potrebno je obraditi i očitati te napisati nalaz i mišljenje radiologa. Kako je klasični radiološki film zamijenjen monitorom, potrebna je radna stanica s odgovarajućim softverom na kojemu radiolog očitava snimke. U tu svrhu razvijene su posebne radne stanice s adaptiranim hardverom i softverom. Budući da radiološke snimke zahtijevaju velike količine memorije, potrebne su radne stanice s diskovima velikog kapaciteta, brzih procesora i velikog kapaciteta RAM-a. Danas se kao mini arhive koriste i CD-pisači što je olakšalo komunikaciju i prijenos slika iz ustanove u ustanovu. S obzirom na mogućnosti hardvera i softvera možemo podijeliti radne stanice na tri osnovne grupe:

- 1) radne stanice na osnovi PC-a za teleradiologiju i izmještene odjele intenzivne skrbi, konzultacije radiologa kod kuće, s osnovnim softverom (mjerenja, uvećanja, promjene "centra" i "prozora", vrijednost piksela i sl.)
- 2) radne stanice s posebnim softverom i hardverom te visoko rezolucijskim monitorom za svakodnevni rutinski rad na radiološkom odjelu. Kod ovih radnih stanica je potrebna brzina prihvaćanja i slanja slika na druge stanice i uređaje, te mogućnost rekonstrukcija slika iz više slojeva (npr. CT-slike). Uobičajeno, na ovim je radnim stanicama integriran softver koji podržava 3D rekonstrukcije te izravno printanje slika i rekonstrukcija na laserski film
- 3) radne stanice koje imaju poseban softver i hardver potreban za obradu dijagnostički zahtjevnih pacijenata i znanstveni rad. Kao neke od posebnih softvera na ovim radnim stanicama može se navesti VR (*Volume Rendering*), VE (*Virtual Endoscopy*), Stereo prikaz slike (*Stereo Display*), Realtime 3D, CT/MR Angio, itd.

Razvojem radnih stanica i softvera za obradu slike razvila se mogućnost prihvata slika s različitih uređaja. S obzirom na to da različiti proizvođači imaju različite aplikacijske softver za svoje radiološke uređaje operaterima na ovakvim radnim stanicama i uređajima nužna je stalna edukacija i izobrazba.

4.2.1. KOMPRESIJA SLIKA

Kompresija slike je jedan od važnijih koraka koje je potrebno napraviti u svrhu ubrzanja cjelokupnog procesa prijenosa slike sa modaliteta na radnu stanicu. Kompresija je pretvaranje podataka u oblik koji zauzima manje memorije te ju treba vršiti iz dobivenih "sirovih podataka" sukladno kliničkim zahtjevima. Prilikom kompresije se ne mijenja broj piksela koji tvore sliku, već se mijenja način na koji se slika priprema za pohranu. Za pohranu slika na računalu postoji mnogo formata za zapis slika ovisno o načinu kompresije.

Razlikujemo kompresiju bez gubitka podataka (tkz. "lossless") i kompresiju s gubitkom podataka (tkz. "lossy"). Pri kompresiji bez gubitka svaki piksel ima istu vrijednost koju je imao i prije kompresije tako da slika ne gubi ništa na kvaliteti. Takva kompresija koristi se kada je potrebno zadržati kvalitetu slike na najvišem nivou. Formati za zapis slika koje koristi ovakva vrsta kompresije su: GIF, PNG, TIFF (*engl. Tagged Image File Format*) i BMP (*engl. Bitmap*).

Kod kompresije s gubitkom podataka svjesno sažimamo sliku gubeći dio podataka kako bi zauzeli manje memorije. Cilj ovakve kompresije je dobiti sliku manje kvalitete s manje informacija s obzirom da je opći stav kako su neke slikovne informacije izvan dosega ljudskog vizualnog sustava te se kao takve mogu ukloniti bez posljedica za dijagnostiku. JPEG i JPEG 2000 (*engl. Joint Photographic Experts Group 2000*) su formati za zapis slika koji se koriste u ovoj vrsti kompresije koja se sastoji od tri osnovna koraka: transformacije, kvantizacije i kodiranja. Svrha transformiranja je najveći dio energije raspodijeliti u niže koeficijente transformacije te sliku dimenzija $A \times B$, pretvoriti u axb što ne rezultira nikakvim gubitkom informacija. Cilj kvantizacije jest smanjiti količinu podataka potrebnu za predstavljanje informacija u novoj domeni i

u većini slučajeva dolazi do gubitka informacija. Završni korak u kompresiji je proces kodiranja. Kodiranje je proces koji mapira kvantizirani koeficijent u novi skup simbola koji zahtijevaju manje bitova za zastupanje. Dekodiranje je suprotan proces od kodiranja koji već komprimirane slike vraća u originalne. Projekcije rendgena su vrlo zahvalne jer se slikovni podaci mogu koncentrirati u niže koeficijente, a manje značajni koeficijenti onda mogu biti kvantizirani i veličina datoteke može biti smanjena s minimalnim gubitkom informacija. Isto tako, slike dobivene magnetskom rezonancijom ili kompjuteriziranom tomografijom sa visokim kontrastima, zahtijevaju da više informacija bude sačuvano i rekonstruirano.

4.3. DIGITALNO ARHIVIRANJE SLIKOVNIH PODATAKA

Pohraniti rendgenske slike na radiologiji možemo u medije koje dijelimo na tri vrste: magnetski sustavi (hard disk drives), optički sustavi (CD, Bluray disk) i magnetno-optički sustavi (MOD - Magneto Optical Disc). S obzirom na način sažimanja najčešći formati za pohranjivanje digitalnih slika su: TIFF (negubljivo sažimanje, podržava RGB, datoteke su u sivoj skali.), JPEG (gubljivo sažimanje, nalazi se u DICOM protokolima), GIF (*engl. Graphics Interchange Format* - ne gubljivo sažimanje, prikaz grafike i slika u dokumentima na WWW i drugim online servisima) i PDF (*engl. Portable Document Format* - gubljivo sažimanje). Pohrana može biti trajna ili privremena, a države zakonski određuju rok u kojem slike moraju biti dostupne (u Hrvatskoj su bolnice dužne čuvati arhivu bolesnika pet godina).

Kao "skladište" za arhivu razvio se **PACS** server krajem 80-ih godina. PACS (*engl. Picture Archiving and Communication System*) osigurava i definira način prihvata slike iz radioloških dijagnostičkih uređaja u digitalnom obliku te pohranu i arhiviranje istih. Omogućuje brz i jednostavan pristup pohranjenim slikama, prikaz slika na monitorima i analizu slike te prijenos digitalnih slika. Server predstavlja dvostruki računalni sistem sa višekratnim tvrdim diskovima. Sustav za arhiviranje je važna komponenta PACS-a i odgovoran je za dugoročno i kratkoročno skladištenje slika, a u slučaju kvara sustav unaprijed duplicira podatke kako bi se spriječio gubitak. 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. Takav sustav zahtijeva brzu mrežnu vezu između radioloških uređaja i adekvatnih radnih stanica za dodatnu obradu slika između središnjeg mjesta pohrane slika i računalnih ekrana krajnjih korisnika – kliničara. Najveća prednost servera je ta što nudi brzu dostupnost podataka i pregled slika koje su stare i nekoliko godina. Kapacitet PACS-a može se mjeriti brojem slika kojima se pristupa. Optički diskovi sadržavaju gigabajte memorije, ali je vrijeme povratka znatno sporije. Za povećanje kapaciteta pohrane i ubrzanje vremena pristupa efikasno se koristi mogućnost kompresije podataka. Radna stanica je najočigledniji dio PACS sustava. Stanice su umrežene, sigurnosni podatci se postavljaju putem vatrozida, a pregled omogućuju kliničarima i tehnolozima. Svako računalo u PACS mreži se identificira po svojoj mrežnoj adresi, komunikacijskom portu (TCP/IP) i po imenu. Za rad s PACS-om nužno je opskrbiti se hard diskovima većeg kapaciteta kao i suvremenim monitorima za što kvalitetniji slikovni prikaz. Minimum je monitor sa tri megapiksela za analizu standardnih snimaka, a monitor sa pet megapiksela za pregled mamografskih snimaka.

PACS se pokazao kao rješenje koje je znatno unaprijedilo kvalitetu i produktivnost rada te se danas može naći u svim zemljama boljih ekonomskih mogućnosti (SAD, Kanada, Japan, zemlje EU) u različitim verzijama. U većini slučajeva gdje danas postoji implementiran PACS sustav postignuta je njegova integracija u već postojeće informacijske sustava poput HIS-a (*engl. Hospital Information System*, koji pruža osobne podatke) i RIS-a (*engl. Radiology Information System*, sadrži podatke vezane za pacijente poput dijagnoze i slika).

Osim radne stanice koju čine softver i hardver, **laser-kamera** je još jedna nezaobilazna komponenta PACS-a. Laser kamera je uređaj koji na laser film ispisuje slikovne podatke s radnih stanica ili uređaja povezanih u mrežu, a može biti spojena i na samo jedan od uređaja na radiologiji. Laser-kamere možemo podijeliti s obzirom na vrstu ulaznih signala pa postoje laser-kamere s analognim/video, digitalnim i DICOM-ulazom signala. Pri konfiguraciji laser-kamere bitno je odrediti vrstu i broj ulaza prema uređajima koje želimo povezati. Broj različitih uređaja s analognim i digitalnim signalima koje možemo povezati je ograničen dok je spajanje uređaja s DICOM-

izlazima neograničeno. Jedino ograničenje kod ovakvog spajanja je sam kapacitet laser-kamere (koji se kreće u rasponu od 50 do 300 filmova na sat) i komore za razvijanje.

RIS (*engl. Radiology Information System*) je sustav koji služi za upis demografskih podataka o pacijentu, pisanje nalaza i mišljenja radiologa, praćenje potrošnje radiološkog materijala (filma, kemikalija, kontrastnog sredstva, potrošnog materijala za intervencijsku radiologiju), pohranjivanje nalaza, praćenje ukupnog i pojedinačnog rada na radiologiji, ispis različitih izvješća. Ovaj informacijski sustav koji zapravo predstavlja mrežu računala sa serverom na kojima su ugrađene aplikacije za sve prethodno navede radnje, može biti povezan u mrežu s drugim odjelima i na taj način sačinjavati informacijsku mrežu bolnice – HIS. Spajanjem RIS-a sa HIS-om možemo govoriti o uspostavljanju lokalne mreže LAN-a (*engl. Local Area Network*) ili INTRANET mreže podataka u okviru bolnice.

HIS (*engl. Hospital Information System*) je bolnički kompjuterizirani informacijski sustav koji vrši sve aspekte menadžmenta i poslovanja u bolnici. Uključuje različite tipove podataka kao što su: informacije o pacijentu, kliničke laboratorije, radiologiju, nadzor pacijenta, pacijentov formular, podršku i planiranje, rezultate procjene i kontrolu kvalitete, naručivanje lijekova, financije, inventar i održavanje. U današnjem procesu digitalizacije kada sve teži *film-less* načinu rada RIS i PACS su neophodni. Oni moraju biti integrirani u HIS, a konačan cilj je elektronski karton pacijenta.

4.4. KOMUNIKACIJA DIGITALNIM SLIKOVNIM PODACIMA

S obzirom da su razni proizvođači radioloških uređaja zasebno razvijali mreže, mrežne i aplikacijske softvere za uređaje iz svog proizvodnog programa nastao je problem s umrežavanjem što je bila prepreka razvoju PACS-a, a tako i radiologije općenito. Tako su se početkom devedesetih godina proizvođači radiološke opreme dogovorili o upotrebi jedinstvenog protokola i standarda u digitalnoj komunikaciji medicinskih uređaja. Taj protokol nazivamo DICOM (*engl. Digital Imaging and Communications in Medicine*). Danas je u upotrebi DICOM 3.0 protokol s različitim mogućnostima komunikacije s drugim uređajima, npr. DICOM Send, DICOM Receive,

DICOM Worklist. Prije povezivanja uređaja u mrežu potrebno je prikupiti podatke o izlazima, softveru i modalitetu pojedinih uređaja koje želimo umrežiti. Da bi digitalna radiološka mreža ili PACS bila u funkciji, potrebno je odrediti mrežni softver. Kako nekoliko proizvođača mrežne opreme radi na različitim mrežnim softverima izbor pojedinog izvođača znači i odabir vrste mrežnog i aplikacijskog softvera. Osim mrežnog softvera, na svim uređajima koji su povezani i radnim stanicama na kojima se obrađuje slika nalaze se različiti softveri za obradu i analizu slika. Te činjenice digitalne radiološke mreže čine kompleksnim sustavima. Danas sve više proizvođača radiološke opreme i radioloških mreža razvijaju softvere s istim korisničkim grafičkim sučeljem na svim modalitetima radioloških uređaja.

Bez komunikacije među sučeljima i HL7 standarda prijenosa podataka, informacije i slikovne datoteke se ne mogu pregledavati i obrađivati na radnim stanicama u liječničkim ordinacijama (ambulantama) i drugim radilištima već samo centralizirano na jednoj stanici u sobi. Osim toga, ne mogu se prenijeti ni u druge programe što znatno ograničava rad.

4.4.1. DICOM

Na temelju dotadašnjeg iskustva, a posljedično neuspjehu ACR-NEMA iz 1983. godine, razvio se DICOM 3.0 standard 1995. godine. Glavni zadatak ovog standarda je bio stvoriti platformu za komunikaciju medicinskim slikama i povezanih podataka koja podržava PACS mrežu. Komunikacijski standardi omogućuju prepoznatljivost i razmjenu podataka, informacija i slika. DICOM (*engl. Digital Imaging Communications in Medicine*) je standard koji se koristi u PACS-u. Omogućava sigurnu i standardiziranu razmjenu medicinskih informacija i slika, osigurava kompatibilnost slika koje služe istoj svrsi, a potječu iz različitih programa. DICOM sustav tvori radne skupine za definiranje načina razmjene slika za različita medicinska područja i obradu digitalne slike (sažimanje). Njegov program se obavlja u ANSI C i C++ programskim jezicima, a može biti ugrađen u Windowse ili razne UNIX operacijske sustave poput Linuxa i Solarisa. DICOM slika podržava sivu skalu boja i slike u boji te različite formate (JPEG, GIF, PNG), a uključuje i podatke vezane uz sliku (rezolucija slike, vrsta

slike, memorija, ime pacijenta). Automatsko preuzimanje radne liste zajedno s demografskim podacima pacijenta iz informacijskog sustava omogućio je modalitet nazvan "Modality worklist service" koji je upotpunio DICOM 1996. godine.

DICOM protokol je neizbježan i kod pregleda radioloških slika unutar web-preglednika. Postoje dva takva osnovna protokola. Prvi je DICOM/PACS dodatak web-pregledniku koji sadrži DICOM protokol kojim se dobiju slike iz PACS-a. Mogu se koristiti ActiveX kontrole, Java applet i te Flash ili Silverlight rješenja. Drugi je protokol WADO (*engl. Web Access to DICOM Objects*) protokol koji registrira DICOM slike u određenim formatima: JPEG/PNG/GIF (*engl. Joint Photographic Experts Group/Portable Network Graphics/Graphics Interchange Format*). Koristi se CSS (*engl. Cascading Style Sheets*) te AJAX (*engl. Asynchronous JavaScript and Extensible Markup Language*) programskim jezicima ili JavaScript aplikacijama. Cilj mrežnih usluga je prepoznati o kojem se formatu slike i podataka radi te koje su DICOM usluge potrebne za njihov prijenos. Veza će se uspostaviti jedino ako su ovi kriteriji zadovoljeni.

4.4.2. HL7 (*engl. Health Level 7*)

HL7Inc. neprofitna je organizacija osnovana 1987. godine koja djeluje na području medicinske informatike. Radi se o ANSI (*engl. American National Standard Institute*) podržanoj udruzi čije područje rada pokriva normizaciju elektroničke izmjene kliničkih, financijskih i administrativnih podataka između nezavisnih zdravstveno orijentiranih kompjuterskih sistema. Cilj temeljen na ovoj misiji jest izrada fleksibilnih i efikasnih pristupa, normi, pravila, metodologija i pridruženih usluga kao osnova interoperabilnosti zdravstvenih informacijskih sustava, a u tom kontekstu radi se o vodećoj svjetskoj normizacijskoj inicijativi u području medicinske informatike. Iako se primarno radi o američkoj organizaciji, utjecaj rada organizacije se proširio globalno tako da danas postoji 27 službenih podružnica na pet kontinenata čija je zadaća promoviranje značaja i osiguravanje temelja za primjenu HL7 norme za izmjenu, upravljanje i integraciju podataka koji obuhvaćaju kliničku njegu pacijenta,

upravljanje, definiciju i evaluaciju zdravstvenih usluga. Podružnica HL7 Hrvatska osnovana je 11. listopada 2001. godine u Zagrebu, a od 17. rujna 2002. godine djeluje i službeno kao međunarodna podružnica.

HL7 protokol je nastao kao standard za razmjenu podataka između zdravstvenih ustanova elektroničkim putem. Cilj nastajanja protokola je ujednačavanje tj. sinkronizacija sučelja za razmjenu podataka između aplikacija različitih proizvođača. Karakteristika implementiranog HL7 protokola u komunikaciji između sustava je takva da jedan sustav uvijek šalje upit, a drugi sustav odgovara na taj upit. Komunikaciju inicira centralni sustav, a koji na dogovorene događaje šalje HL7 poruku (upit) prema bolničkom sustavu naručivanja. Ako je odgovor potvrdnog karaktera bolnički sustav pruža tražene podatke, a ako označava pogrešku (u slučaju da ne postoji unaprijed dogovoreno polje bitno za ispravnu komunikaciju sustava) vraća obavijest o pogrešci. Ono što predstavlja najveću kvalitetu HL7 norme jest činjenica da se preporuke odnose na najvišu aplikativnu razinu komunikacije te što norma koristi unificirani proces (*engl. Unified Process*) i objektivni pristup u dizajnu preporuka. To znači da preporuke prate poslovne modele i identificirane zdravstvene procese, te da su neovisne o pojedinim komunikacijskim tehnologijama i implementacijama što čini normu primjenjivu u svim zdravstvenim sustavima na jedinstven način.

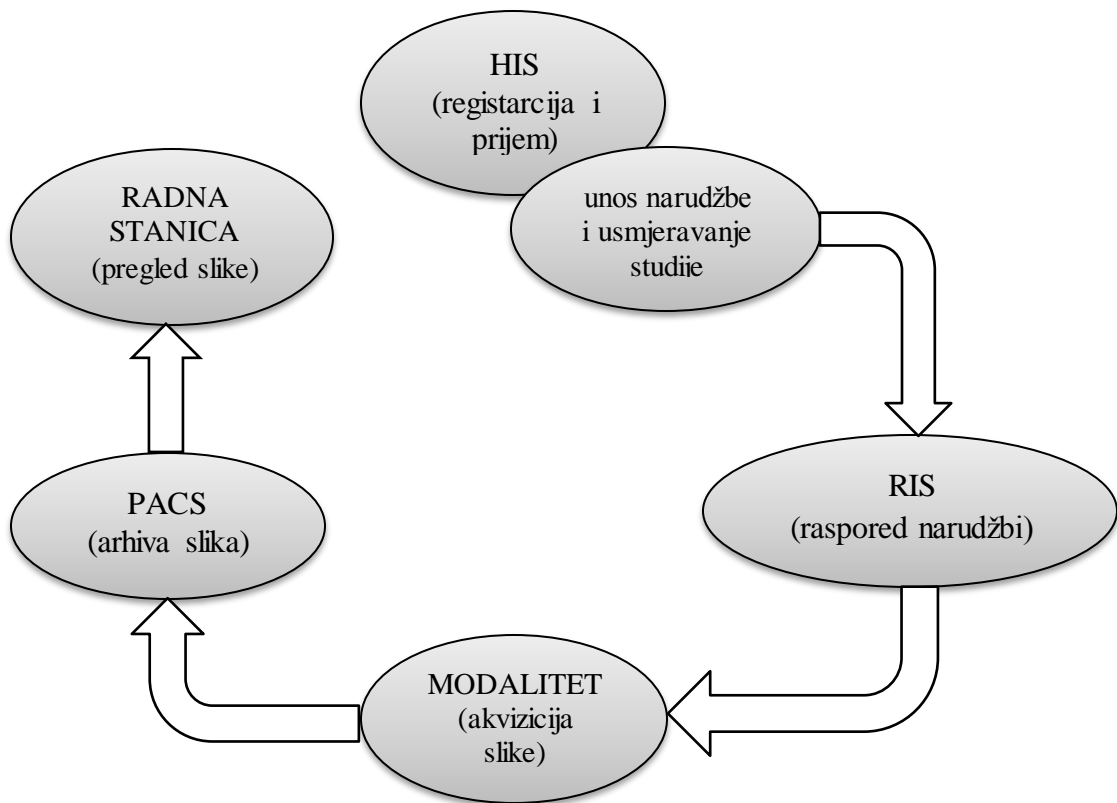
4.4.3. INTEGRACIJA SUSTAVA

Povezanost DICOM-a, PACS-a i radne stanice je od iznimne važnosti za funkcioniranje i napredak radiologije. U većini sveučilišnih radioloških odjela postoji barem pet različitih informacijskih sustava u dnevnoj upotrebi: PACS, HIS, RIS, sustav za glasovno prepoznavanje i diktiranje nalaza te elektronski podatkovni sustav za edukaciju i istraživanje. Ovi sustavi su često zasebni i različiti s vrlo malom ili nikakvom komunikacijom. U praksi se pokazalo kako je komunikacija između bolničkog informacijskog sustava i drugih specijaliziranih sustava ključan problem. Integracija različitih sustava mora se izvesti tako da omogući funkcionalnost koja je potrebna za elektronički radiološki odjel i usluge koje podržava. Raznolikost skupine

standarda razvila je potrebu da se definiraju metode koje će moći ostvariti interoperabilnost između sustava koju zahtijevaju pacijenti i industrija u razvoju koja je razvila alate za olakšavanje integracije. Nedostatak integracije dovodi do dupliciranja unosa podataka, nedosljednosti i neadekvatne funkcionalnosti. Dva najčešća standarda koja se danas koriste u svijetu su HL7 i DICOM. Zahvaljujući inicijativi IHE (*engl. Integrating the Healthcare Enterprise*) integracija sustava (slikovnog i informacijskog) u bolnici postaje standard. IHE definira transakcije potrebne između sustava da bi se postigla funkcionalna integracijska rješenja.

Suradnja između HIS-a i RIS-a može uključivati narudžbe za studije s podacima pacijenata, pokrće osiguranja, zahtjev za izvođenjem pretrage, informacije o naručivanju, razloge za izvođenje pretrage i početne dijagnoze. RIS može zauzvrat poslati dijagnostičko izvješće natrag u HIS.

Ipak, imperativ za uspješnu informatizaciju odjela radiologije je integracija RIS i PACS sustava. RIS se bez integracije sa PACS-om svodi na običnu automatizaciju administrativnih poslova, a PACS bez integracije s RIS-om nema osnovu u radnim procesima odjela. Bez integracije ova dva sustava ne možemo na jednom mjestu pristupiti svim potrebnim podacima o pacijentu, uputnici, slikama i nalazu, a zbog dupliranja unosa podataka često dolazi do pogrešaka koje rezultiraju nemogućnošću kasnijeg pristupa potrebnim informacijama o pregledu. Integracija ova dva sustava temeljena na IHE standardu omogućuje sustavima da sačuvaju cjelokupan integritet svih pacijenata i postupaka. RIS predstavlja IHE sustav za naručivanje, a PACS predstavlja IHE upravljača slikovnim podacima i arhivom. Svaki traženi postupak u RIS-u odgovara jednoj studiji u PACS-u. Referentni integritet između RIS-a i PACS-a postignut je pomoću sustava ključnih identifikatora: KSI (*engl. Key System Identifiers*). Kada se slike dijele između sustava radi pregleda ili pisanja nalaza generira se novi identifikacijski broj za narudžbu, ali jedinstveni broj studije ostaje nepromijenjen. Po IHE standardu smatra se da bi svi nalazi i slike trebali sadržavati i jedinstveni identifikacijski broj studije da bi sačuvao integritet među sustavima. Jedinstveni identifikacijski broj studije temelji se na identifikaciji standarda mrežnih komunikacija OSI (*engl. Open System Interconnection*) koju definira ISO standard (*engl. International Organization for Standardization*) i kao takav je jedinstven globalno.



Slika 3. Integracija sustava u bolnici

4.4.4. MREŽNE VEZE

Računalna (informatička) mreža je način spajanja računala na način da mogu izmjenjivati informacije. Prve lokalne mreže počele su se javljati 70-tih godina prošlog stoljeća, a predstavljaju tkz. LAN (*engl. Local Area Network*). Osnovne strukture LAN mreže su sabirnica, prstenasta i zvjezdasta struktura. Danas se sve češće koristi bežična računalna mreža (WLAN, *engl. Wireless Local Area Network*). Umrežavanje je složen način predavanja informacija i za pouzdanu komunikaciju među računalima nije dovoljno spojiti dva računala žicom. Kako bi se pravilno komuniciralo potrebno je formulirati protokole preciznog ponašanja računala u svakoj situaciji. Protokoli su jasno definirani načini djelovanja kojih se treba striktno držati, a u informatičkoj mreži

protokole sastavljaju informatički inženjeri. Postoje razni modeli mrežnih protokola. Najpoznatiji model je *Open System Interconnection* (OSI) protokol koji je postavila ISO (*engl. International Standards Organization*). OSI model se sastoji od sedam strogo definiranih stupnjeva. Danas se sve češće koristi skraćeni model od četiri stupnja kojeg koristi i najpoznatija računalna mreža - Internet. Najjednostavniji model mrežnog protokola sastoji se od tri stupnja:

- visoki – aplikacijski: korisnik bira računarski program (ovisno o namjeni; program za slanje, program za primanje, programi za interpretaciju slika) koji će koristiti za komunikaciju
- srednji: čine ga protokoli zaduženi za razbijanje informacija u manje dijelove, stvaranje i usmjeravanje dokumenata. Najpoznatiji protokol je TCP (*engl. Transmission Control Protocol*) koji se koristi na Internetu. Za pronalaženje adrese stranice na Internetu koristi se *Internet Protocol* (IP).
- najniži: donosi odluke o sustavu prijenosa informacija (žičani, bežični), konvertira električni signal iz jednog tipa u drugi, određuje količinu informacija koja se može prenijeti u jedinici vremena (*engl. bandwidth*). Količina informacija se mjeri u giga, tera i peta bitima u sekundi, a jako je bitna odluka za prijenos rendgenskih slika koje su jako velike pa zahtijevaju brzu mrežu.

Brojne su informatičke mreže koje se koriste u bolnici (RIS, HIS, PACS). Mreža povezuje sve komponente PACS-a i osigurava povezanost podataka na odjelu radiologije. Za uspješniji rad PACS ostvaruje vezu preko posrednika između HL7 i DICOM-a koji omogućuju pouzdanu povezanost.

4.4.5. TELERADIOLOGIJA

Razvoj i aplikacija IT tehnologija u zdravstvu omogućila je modernizaciju procesa rada. Kao prednost primjene informacijskih tehnologija razvila se i mogućnost teleradiologije, ali i telemedicine općenito. Teleradiologijom nazivamo bilo koji udaljeni pristup ili prijenos radioloških slika izvan lokalne mreže. S obzirom na to da je TCP/IP glavni komunikacijski protokol, teleradiologijom možemo smatrati udaljeni pristup radiološkim slikama putem Interneta koristeći DICOM, HTTP, FTP (*engl. File Transfer Protocol*) ili SMTP (*engl. Simple Mail Transfer Protocol*) protokol. U praksi, teleradiologija je udaljeni pristup RIS/PACS sustavu putem Interneta. S obzirom na brzinu komunikacijskog kanala, kod teleradiologije dolazi do izražaja optimizacija postupka kompresije radioloških slika.

4.4.6. MOBILNA RADIOLOGIJA

Uvođenjem internetskog protokola (IP) u mobilne mreže (GSM-*Global System for Mobile Communications*, GPRS-*General Packet Radio Service*, EDGE-*Enhanced Data rates for GSM Evolution*, UMTS-*Universal Mobile Telecommunications System*) broj uređaja kojima su radiološke slike dostupne uvelike se povećao. Pregled radioloških slika na mobilnim („*smartphones*“) telefonima predmet je mnogih znanstvenih radova i istraživanja koja su pokazala da je korištenje PDA (*engl. Personal Digital Assistant*) uređaja tehnološki prihvatljivo radiološkom osoblju u smislu kvalitete prikaza slike, dostupnih alata i samog korisničkog sučelja. Za mobilnu radiologiju značajan je napredak na području IT sektora i uspostavljanja 3G mreže koja omogućava brzine prijenosa od 14 Mbit/s pri preuzimanju podataka i 5,8 Mbit/s pri slanju podataka. Takvim brzinama se može prenijeti oko sedam CT slika komprimiranih JPEG-LS postupkom u jednoj sekundi. Od napretka tehnologija, bitno je spomenuti i AMOLED i Super AMOLED zaslone koji imaju znatno bolji kontrast i prikaz razine crnog od drugih vrsta zaslona.

5. BUDUĆNOST – RAZVOJ RAČUNALA, RADIOLOGIJA I ROBOTIKA

Računalo je čovjeku važan stroj koji mu uvelike olakšava rad, a istraživanjima i poboljšanjem tehnologije njegova tendencija je velikim dijelom ili 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. U tom kontekstu spominju se teme poput: umjetne inteligencije, bio-neuronskih čipova i mreža, kvantnih računala i tehnologija baziranih na ugljičnim nano-cijevima.

Svoju ulogu radiologija je pronašla i u interakciji s robotikom. Minimalno invazivna ili manje invazivna kirurgija zahtijeva primjenu suvremenih tomografskih i neuroradioloških tehnika. Radi se na poboljšanju stereotaksijskih postupaka, a visoki zahtjevi neurokirurških operacija nalažu primjenu visokih tehnologija. Tako je upotreba robota u neurokirurgiji specifična, a 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.

Važno je spomenuti i računalno potpomognutu detekciju - CAD (*engl. Computer-Aided Detection*), postupak u medicini koji liječnicima pomaže u interpretaciji medicinskih slika. Tehnike za obradu slike sa x-zrakama, magnetskom rezonancijom i ultrazvučnim valovima donose mnogo informacija koje radiolog mora analizirati u kratkom vremenu. CAD sustavi pomažu skenirati digitalne slike za tipične pojave i istaknuti najvažnije sekcije koje predstavljaju moguće bolesti. CAD je relativno mlada interdisciplinarna tehnologija koja kombinira elemente umjetne inteligencije i digitalne obrade slike s radiološkom obradom slike, a na sadašnjem stupnju razvoja tehnologije još ne može nadomjestiti liječnika već služi kao pomoćno sredstvo.

6. ULOGA RADIOLOŠKOG TEHNOLOGA U PRIMJENI IT TEHNOLOGIJE U RADIOLOGIJI

Suvremena informacijska i komunikacijska tehnologija pruža temelj za uspješan medicinski rad. Vrlo je važno da se djelatnici stalno educiraju i da idu u korak sa napretkom na tehnološkom području. Na odjelu radiologije najveću povezanost s tehnologijom ostvaruju upravo radiološki tehnolozi. Njihova je dužnost biti upoznat s mogućnostima i primjenom suvremenih tehnologija, poznavanje terminologije, svjesnost eventualnih nedostataka sustava te sposobnost prevladavanja i nošenja s neželjenim učincima i posljedicama koje su nekada neophodne. Moraju biti spremni na upravljanje i sudjelovanje u radu tima za razvoj i održavanje RIS/PACS sustava.

7. RASPRAVA

Automatizacija radnog procesa u svakom svom obliku, pa tako i u smislu informatizacije i komunikacije podacima između različitih sučelja donosi određeni stupanj rizika kojeg uzrokuje ili tehnika ili ljudski faktor. Do gubitka opreznosti dolazi radi povjerenja u sustav, a sustav sam po sebi može raditi greške te proizvoditi tkz. BUG-ove. U mnogim je dokumentima navedeno da se zbog oslanjanja na informacijski sustav i protokol počelo događati da djelatnici gube pažnju i koncentraciju vezano uz protok podataka, kontrolu procedure i samu realizaciju postupaka. Kao tipične greške u korištenju informacijskih sustava navode se i nedostatak cjelovite dokumentacije u bazi podataka, dvije ili više ne konzistentne baze podataka, nedostatak ručne provjere računalnih operacija i izračuna, nedostatak odgovarajućih procedura za verifikaciju, nedostatak procedure provjera tj. vršenja kontrole kvalitete i njihove evidencije. Što se tiče informatičkih grešaka sustava i propusta, ostaje još prostora za razvoj sigurnosti i zaštite podataka kod primjene informacijskih tehnologija.

Kao osnovna prednost informacijskih sustava navodi se „paperless“ način rada koji ne zahtijeva postojanje papirnatih arhiva koje zauzimaju puno prostora. No, neki autori skreću pažnju na slabost sustava pa je u nekim državama vođenje papirne dokumentacije i njihovo čuvanje još uvijek zakonski uređeno. Povjerenje prema pohrani podataka u bazama podataka tj. u elektronskom obliku još nije postignuto, a treba se raditi i na proširivanju memorije potrebne za pohranu podataka na odjelima radiologije.

Što se tiče samih uređaja, oni su preduvjet da bi se mogla vršiti modernizacija i implementacija informacijskih tehnologija u proces rada radiologije. Postoje preporuke vodećih svjetskih stručnih društava o uporabi i zamjeni starih radioloških uređaja novima:

- 1) Uređaji koji su stari do pet godina tehnološki su moderni i moguće ih je softverski nadograđivati.
- 2) Uređaji koji imaju šest do deset godina mogu se koristiti ovisno o tome koliko su rabljeni ako se adekvatno servisiraju, ali se preporučuje da se razvije plan obnavljanja (zamjene starih radioloških uređaja novim).

3) Uređaji stariji od deset godina smatraju se neadekvatnim i nužno ih je zamijeniti.

Preporučuje se da barem 60% opreme na radiološkim zavodima bude staro do pet godina, do 30% njih može biti staro šest do deset godina, a ispod 10% uređaja trebalo bi biti staro više od deset godina. Ekonomska kriza pogoršala je situaciju s radiološkom opremom u Europi tako da IT tehnologije još uvijek nisu u mogućnosti biti implementirane u rad svih radioloških odjela.

8. ZAKLJUČAK

Informacijske tehnologije danas su osnova na kojoj počiva cjelokupan proces rada na radiologiji. Pad informatičkog sustava ili gubitak funkcije prijenosa informacija putem računalnog sustava i mreže uzrokuje potpuni zastoj u radu i prekid kako dijagnostike tako i terapije. Informatizacijom je omogućeno ubrzanje procesa rada, osiguranje optimalnog i sigurnog prijenosa informacija te potpuno povezan, funkcionalan i integriran sustav.

Ideja integriranog sustava zdravstva na prijelazu u modernu medicinu 21. stoljeća bazirana je na korištenju naprednih IT tehnologija i poslovnih rješenja pri upravljanju informacijama. Izvodivost te ideje uz ostale čimbenike u velikoj mjeri ovisi i o otvorenim IT normama koje osiguravaju mogućnost povezivanja različitih rješenja u širokoj paleti domena primjene. HL7 u tome smislu predstavlja ključnu komponentu kvalitete modernih zdravstvenih rješenja. Uzevši u obzir golemu količinu i kompleksnost podataka kojima upravljaju zdravstveni sustavi, primjena naprednih informacijsko-komunikacijskih tehnologija i dobro definiranih normi predstavlja fundamentalni zahtjev i temelj modernih zdravstvenih sustava.

U posljednjih nekoliko desetljeća svjedoci smo iznimno značajnih dostignuća u znanju i tehnologijama u medicini, kao i primjeni različitih informacijsko-komunikacijskih (ICT) rješenja u svakodnevnoj liječničkoj praksi. Međutim, većina zdravstvenih informacijskih sustava ili aplikacija u svijetu danas rade na razini ordinacije ili bolničkih odjela, te iako u potpunosti zadovoljavaju lokalne potrebe, u sustavu u kojem je pacijent izuzetno pokretljiv ne mogu zadovoljiti zahtjeve moderne medicine. Podaci o pacijentima moraju se upravljati na visoko kvalitetan način, odnosno potrebne informacije moraju biti dostupne neovisno o mjestu i trenutku potrebe. Sustavi moraju zadovoljavati vrlo bitne zajedničke kriterije koji se baziraju na otvorenosti, integraciji, sigurnosti upravljanja podacima, pouzdanosti i modularnosti. Dakle, ostaje dovoljno prostora za daljnji napredak i primjenu tehnologija u radiologiji. Prostora za razvoj i načina za primjenu IT tehnologija, kako u radiologiji, tako i u medicini općenito, zasigurno još mnogo ima.

9. SAŽETAK

IT tehnologije se primjenjuju u svim sferama ljudskog života i rada pa su tako svoju primjenu pronašle i u medicini olakšavajući i podižući kvalitetu rada na svim odjelima, a na radiologiji posebno.

Kako bi se razumjelo današnje stanje, kroz rad je objašnjeno kako su se usporedno razvijali informacijska tehnologija i medicina te kako je proces informatizacije napredovao. Kroz proces digitalizacije zdravstvenih ustanova nailazilo se na razne poteškoće, no rješenja su se uvijek pronalazila te su dogovarani različiti standardi i norme kako bi se omogućio konstantni napredak.

Osim osnova s područja informatičke opreme i sustava digitalizacije radiološkog odjela, objašnjena je i važnost modaliteta uspostavljenih na svjetskoj razini, DICOM-a i HL7.

Pažnja je posvećena i tehnologijama prema kojima se usmjerava napredak IT-a u radiologiji, a to su: teleradiologija, mobilna radiologija te primjena robotike u medicini.

10. SUMMARY

IT technologies are applied in all spheres of human life and work, also it found its use in medicine by facilitating and raising the quality of work in all departments, especially in radiology.

In order to understand the current situation, this study shows the process of parallel development of information technology and medicine, and the way that computerization progressed. Through the process of digitizing medical institutions there have been dealing with various difficulties but the solutions were always found and different standards and norms were established in order to enable constant progress.

Besides the basics of computer equipment and systems digitize on the radiology department, the importance of the established modalities at the global level, such as DICOM and HL7, are explained.

Also, attention has been brought to the technologies that guide the progress of IT in radiology - teleradiology, mobile radiology and the use of robotics in radiology.

11. LITERATURA

1. Janković, S., Eterović, D. *Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike*, Zagreb: Medicinska naklada, 2002.
2. Kern, J., Petrovečki, M. *Medicinska informatika*, Zagreb: Medicinska naklada, 2009.
3. De Becker, A.I., Mortelet, K.J., De Keulenaer B.L. Picture archiving and communication system – part one: Filmless radiology and distance radiology, JBR-BTR, 2004.
4. Wetering, R., Batenburg, R. "A PACS maturity model: A systematic meta-analytic review on maturation and evolvability of PACS in the hospital enterprise", *International Journal of Medical Informatics*, 2009.
5. Klapan, I., Čikeš, I. *Telemedicine*, Zagreb: Telemedicine Association Zagreb, 2005.
6. Kumar, S., Krupinski, E. *Teleradiology*, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2008.
7. Reljin, I., Gavrovska, A. *Telemedicina*, Beograd: Akademska misao, 2013.
(elektronsko izdanje dostupno na:
<http://akademska-misao.rs/Pdf/Telemedicina.pdf>)
8. Joshi, V., Lee, K., Melson, D., Narra, V.R. *Empirical investigation of radiologists' priorities for PACS selection: an analytical hierarchy process approach*, *Journal of Digital Imaging*, 2011., 24(4):700-8 (dostupno na:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20824302>)
9. Joshi, V., Narra, V.R., Joshi, K., Lee, K., Melson, D. *PACS administrators' and radiologists' perspective on the importance of features for PACS selection*, *Journal of Digital imaging*, 2014., 27(4):486-95 (dostupno na:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24744278>)
10. Blažona, B., Končar M. *HL7 and DICOM based integration of radiology departments with healthcare enterprise information systems*, *International journal of medical informatics*, 2007. Dec;76 Suppl 3:S425-32
(dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17604684>)

11. Boochever, S. *HIS/RIS/PACS integration: getting to the gold standard*, *Radiology Management*, 2004., May-Jun;26(3):16-24 (dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15259683>)
12. Napoli, M1., Nanni, M., Cimarra, S., Crisafulli, L., Campioni, P., Marano, P. *Picture archiving and communication in radiology*, *Rays*, 2003., Jan-Mar;28(1):73-81 (dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14509181>)
13. Hackländer, T., Kleber, K., Martin, J., Mertens, H. *DICOM router: an open source toolbox for communication and correction of DICOM objects*, *Academic radiology*. 2005., Mar;12(3):385-92. (dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15766700>)
14. Pavčec, Z., Saghir, H., Ozretić, D., Pal, A., Latin B. *Radiološki informacijski sustav u Županijskoj bolnici Čakovec – dnevna primjena*, *Radiološki vjesnik*, 2003. (1), 17-19 (dostupno na: <http://hdimr.hr/hr/wp-content/uploads/2013/10/2003-br-1.pdf>)
15. Fornell, D. *New Trends and Technology in Radiology*, *Radiological Society of North America*, 2013. (dostupno na: <http://www.itnonline.com/article/new-trends-and-technology-radiology-0>)
16. Drnasin, I. *Optimizacija prijenosa i prikaza radioloških slika* (dostupno na: http://www.fer.unizg.hr/_download/repository/KDI_Drnasin_Ivan.pdf)
17. Web stranica Hrvatskog zavoda za telemedicinu: <https://www.ztm.hr/?q=hr/content/radiologija>
18. Nacionalna strategija razvoja informacijskog sustava za razmjenu medicinskih slika i nalaza u radiologiji i nuklearnoj medicini 2011 – 2016 (dostupno na: https://www.ztm.hr/sites/all/themes/ztm/images/NSR_PACS-RIS_21042011_bw_final.pdf)

12. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci

Ime i prezime: Anamaria Pažanin

Datum i mjesto rođenja: 06. svibanj 1994., Dubrovnik, Republika Hrvatska

e-mail: apazanin@gmail.com

Obrazovanje

2012. - 2015. Preddiplomski sveučilišni studij Radiološke tehnologije, Odjel zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu

2008. - 2012. Prirodoslovno-matematička gimnazija Dubrovnik

2000. - 2008. Osnovna škola „Mokošica“

Dodatne sposobnosti

Jezici: aktivno korištenje engleskog i njemačkog jezika (2013.-2015. Privatna jezična gimnazija Pitagora, Split); dobro poznavanje španjolskog jezika

Računalne vještine: vrlo dobro vladanje alatima Microsoft Office™

Sportske aktivnosti: tenis, atletika

Vozačka kategorija: B