

MEDICINSKA INFORMATIKA

Jelena Erić - Marinković

Nikola Kocev

RAZVOJ MEDICINSKE INFORMATIKE I NAJVAŽNIJI REZULTATI

Pojavu informatike, kao nauke o informacijama, sredinom ovog veka, moguće je tumačiti ne samo kao posledicu brzine kojom se odigravaju promene i same prirode tih promena¹, ili posledicu eksponencijalnog rasta² svih osnovnih elemenata globalnog svetskog modela (znanja, stanovništva, poljoprivrednih i industrijskih proizvoda, trošenja neobnovljivih prirodnih resursa i zagađivanja)³, te tehničko-tehnološkog razvoja opreme za obradu podataka, nego, i kao posledicu uticaja niza srodnih nauka, oblasti i disciplina razvijenih neposredno pre ili posle Drugog svetskog rata (teorija odlučivanja, teorija igara, računarstvo, teorija informacija, kibernetika, teorija sistema, npr.) kojima su sistemsko mišljenje i komunikacija zajednički imenilac.

Sistemsko mišljenje pretpostavlja posmatranje i ispitivanje novih predmeta i pojava kao sistema; sistem je celina koja se ne može rastaviti na svoje elemente a da se pri tom ne izgube njene osnovne karakteristike, sistem je pri tom u stalnoj interakciji sa svojom okolinom. Sami delovi sistema, elementi, objašnjavaju se na osnovu uzajamnih interakcija i odnosa u okviru procesa funkcionisanja celine, a ne obrnuto. Sistemsko mišljenje je put udruživanja tradicionalno odvojenih sfera čovekovih aktivnosti. Prethodi mu, u pogledu razvoja naučnog mišljenja, opservacija - opserviranje i detaljno opisivanje zapaženog, i analitičko mišljenje - odlikuje se stavom da su svi empirijski fenomeni i predmeti nezavisni elementi koje treba analizovati, da bi pojava u celini bila objašnjena. Odnos među elementima objašnjava se uzročno - posledičnom povezanošću, a opisivanje - striktnim definicijama i pravilima, uz eventualno korišćenje statističkih metoda kada

¹ Poslednjih četiri stotine godina predstavljaju izuzetan period u istoriji sveta. Brzina kojom su se tokom tih godina odigravale promene nema primera u ranijoj istoriji, a nema ni priroda tih promena, pronalasci parne mašine, parobroda, lokomotive, telegrafa, prekookeanskog kabla, elektronske cevi, let na Mesec, integralno kolo, npr. To je delimično posledica povećanog obima komunikacija, ali isto tako i povećanog obima gospodarenja prirodom, što se, na ograničenoj planeti kao što je Zemlja, može u krajnjoj liniji pretvoriti u povećani obim robovanja prirodi.

² Vreme udvostručenja, vreme potrebno da se udvostruči neka veličina koja eksponencijalno raste. Tako, prema istraživanjima, celokupno ljudsko znanje, sakupljeno do 1900. godine, udvostručilo se do 1950. Do sledećeg udvostručenja došlo je već 1960., a od tada se ista pojava može uočiti svakih, otprilike, pet do šest godina.

³ Ovi procesi umnogostručavanja svih društvenih funkcija i procesa, zajedno sa tehnološkim razvojem transporta ljudi i sredstava, te medija i načina komunikacije imaju za rezultat informacionu krizu visokog stepena.

nije moguće objasniti pojave bez uvođenja slučajnosti - određene verovatnoće nastupanja pojedinačnih događaja.

Komunikacija podrazumeva uspostavljanje informacione veze između dva sistema koji imaju sposobnost primanja, slanja, obrađivanja i skladištenja fizičkih, hemijskih ili bioloških signala. Između pojedinih sistema mogu se uspostaviti različiti komunikacioni odnosi u zavisnosti od smera kretanja signala, partnera u komunikacionom procesu (čovjek - čovek, čovek - računar, računar - računar) i vrsti informacija koje se prenose, podaci ili naredbe. Komunikacioni sistem omogućava izvoru informacija da istu prenese do odredišta uz odgovarajuću pouzdanost i efikasnost.

Informatika ima, inače, veoma dugu tradiciju. Cela istorija čovečanstva, naime, može se sagledati i kao razvoj metoda, tehnika i mehanizma prenosa, pohranjivanja, čuvanja i pretraživanja a zbog ponovljenog korišćenja ljudskih znanja i/ili iskustava. Ona je nauka koja se bavi zakonitostima stvaranja, prenosa i obrade informacija. Samo ime nastalo je 1962. godine spajanjem termina "informacija" i "automatika" (na francuskom govornom području INFORMATION autoMATIQUE) i uglavnom se odomaćilo u Evropi. U SAD se prvi put koristi 1974. godine, češće se upotrebljavaju pojmovi "computer science" kada se govori o primeni elektronskih računara za rešavanje numeričkih problema, i "information science" kada se govori o korišćenju informacija u sklopu bibliotečkih, dokumentacijskih i drugih informacionih sistema.

Primena i korišćenje rezultata informatike u biomedicinskim naukama, medicinskoj praksi, odnosno, u pružanju zdravstvene zaštite, počela je skoro paralelno sa nastajanjem tih rezultata, Holeritove (Herman Hollerit, 1890.) bušene kartice kao informaciona tehnologija u epidemiološkim i javnozdravstvenim istraživanjima krajem i početkom ovog veka, npr. Prvi naučni rad iz oblasti medicinske informatike štampan je još 1959. godine u časopisu Science (Ledly RS Lusted JB: Reasoning Foundations of Medical Diagnosis. Science 1959; 130: 9 - 12), a u našoj periodici 1970. (Pirc B Milat D Vukmanović Č: Uvjeti za kompjuterizaciju u našem zdravstvu. Narodno zdravlje 1970; 11-12: 377-382). Porast broja publikovanih naučnih i stručnih radova, izrazit poslednjih godina, uslovio je od 1992. godine, i redovno objavljivanje Godišnjaka (Yearbook)

odabranih radova i rezultata iz ove oblasti. Samo kod nas, u periodu od 1993.-1995.godine publikovano je preko 100 radova sa problematikom iz oblasti medicinske informatike.

Značaj komunikacionih sistema, informacija i računara u zdravstvenoj zaštiti stalno raste omogućujući realizaciju procesa obezbeđivanja informacija tamo, onda, i u obliku u kojem korisniku trebaju. Ovaj proces je, naravno, postao moguć tek sa trećom informatičkom revolucijom, upotrebom elektronskih komunikacija i računara⁴. Medicina je i inače, veliki proizvođač podataka koji se svakodnevno generišu u bolnicama, domovima zdravlja, laboratorijama, administraciji, ali još uvek pretežno ručno. Pri tom se, samo za njihovo razvrstavanje, troši značajno vreme a mogućnost njihovog pretraživanja je vrlo ograničena. Ipak, specifičnost primene informatike u medicini i značaj rezultata u ovoj oblasti, usloveli su definisanje nove discipline - Medicinske informatike.

Medicinska informatika je nauka koja izučava zakonitosti stvaranja, prenosa, obrade i korišćenja informacija, podataka i znanja u cilju rešavanja medicinskih problema. Za njen nastanak i razvoj, kao uostalom za informatiku uopšte, važni su rezultati Lajbnica i Bula (Gottfried Wilhelm von Leibnitz, filozof i matematičar iz XVII veka; George Boole, matematičar i logičar sa početka XX veka), od kojih je prvi pokušao da u terminima formalnih ili algoritamskih procesa⁵ simulira proces ljudskog mišljenja, a drugi, Bul, zasnivanjem binarne algebre predstavio elementarne logičke funkcije tj. fundamentalne zakone onih operacija intelekta pomoću kojih se rasuđuje. Praktičnu aplikaciju ovog koncepta ostvario je Bejbidž (Charles Babbage, 1835.) svojom "analitičkom mašinom", pretečom današnjih digitalnih⁶ (cifarskih) računara (1946.).

Šezdesete godine ovog veka obeležene su naporima u pronalaženju racionalnih puteva za primenu novih tehnologija u medicini, pre svega, u okviru automatizovane

⁴ Prvu čini uvođenje pisma, a drugu Gutenbergova štamparska mašina.

⁵ Algoritam je skup dobro definisanih pravila za rešavanje problema u konačnom broju koraka, klinički protokol u medicini, npr.

⁶ Digit (latinski - prst) implicira predstavljanje svih količina diskretnim stanjima, a kako se operiše apstraktnim simbolima koji mogu da označavaju bilo šta, i logičkim operacijama koje mogu da postave u odnos sve sa svačim, on je, po Tjuringu (A.M. Turing) "univerzalna mašina".

obrade podataka. Razvijena je, po prvi put i medicinska oprema kombinovana sa računarima, nastaju nove dijagnostičke metode (kompjuterizovana tomografija, na primer) i terapijski postupci, kao i prvi prototip bolničkog informacionog sistema (Technicon Medical Information System - TMIS).

Sedamdesetih godina broj bolničkih informacionih sistema ubrzano raste. Prvi pristup njihovoj realizaciji zagovarao je koncept centralizovanog, integrisanog, zatvorenog sistema, i oslanjao se na velike, centralne (mainframe computer) računare. Alternativa su bili distribuirani sistemi koji podržavaju specifične aplikacije i nezavisnu evoluciju sistema u navedenim, specifičnim, oblastima. Ovi drugi su se pojavili osamdesetih godina, a posledica su pojave mini i ličnih računara (personal computer - PC) na tržištu u prvoj polovini sedamdesetih godina. Ovi računari omogućili su pojedincima, odeljenjima, manjim organizacionim jedinicama da razviju sopstvene sisteme. Zajedno sa uvođenjem sistemskog i korisničkog softvera koji omogućuje standardizovanu primenu (UNIX operativni sistem, npr.) i uvođenjem mikroprocesora, centralne procesorske jedinice koja je smeštena u jednom ili nekoliko čipova, lični ili personalni računari omogućili su široku primenu računara u medicini, a potom nove rezultate, nova pitanja i ideje.

Osamdesete godine, pored daljeg razvoja i širenja koncepta informacionih sistema u medicini, obeležene su razvojem dve discipline: veštačke inteligencije, iz koje su se izdvajali redom ekspertni sistemi, prepoznavanje oblika i neuronske mreže, a za sve njih je karakteristično da se na nov način vrši obrada i standardizacija informacija i znanja, te metode sinteze informacija, kao meta-analiza, npr., koje sadrže aspekte i opšteg pregleda i udruživanja podataka, ali kazuju više nego i jedan od ovih procesa zasebno.

Devedesete godine obeležene su procesima integracije: integriše se zdravstveni informacioni sistem, formiraju integrisane baze medicinskih i administrativnih podataka ili znanja, i komunikacije: potpuna komunikacija u samom sistemu zdravstvene zaštite kao i komunikacija tog sistema sa ostalim sistemima.

Medicinska informatika je danas prihvaćena kao bazična medicinska nauka. Analogija sa drugim bazičnim naukama prepoznaje se u korišćenju prethodnih iskustava i

rezultata u cilju strukturisanja i kodovanja objektivnih i subjektivnih medicinskih nalaza, čime ih čini pogodnim za analizu, integraciju i dalju upotrebu.

Medicinska informatika je po svojoj prirodi i eksperimentalna nauka, karakteriše se nizom postavljenih pitanja zbog kojih se osmišljavaju i dizajniraju eksperimenti, izvode analize, a dobijeni rezultati se koriste za postavljanje novih pitanja i novih eksperimenata. Pri tom, bazična istraživanja, prevashodno, imaju za cilj traganje za novim znanjem, a primenjena, za korišćenje ovih znanja u praktične svrhe.

Medicinska informatika je i medicinska tehnologija⁷ jer učestvuje u procesu formalnog medicinskog odlučivanja, bilo da se radi o procesu postavljanja dijagnoze, izboru tretmana, rukovođenju terapijom, praćenju pacijenata ili prevenciji bolesti.

Moderna taksonomija iz 1988. godine, medicinsku informatiku deli na Opštu medicinsku informatiku, čiji je predmet - organizovano znanje o medicinskom informacionom sistemu, i primenjenu medicinsku informatiku - praktične aplikacije prethodnih metodoloških koncepata na specijalne delove - objekte sistema zdravstvene zaštite (zdravstvena informatika, bolnička informatika, biološka informatika, npr.) ili posebne procese u sistemu zdravstvene zaštite (klinička informatika, informatika nege, informatika okoline, npr.).

Područje i predmet opšte medicinske informatike, ili objekti i procesi primenjene medicinske informatike, delimično se poklapaju sa onima biomedicinskog inženjerstva, računarstva ili biomedicinske naučne informatike.

Pri tom se biomedicinsko inženjerstvo prepoznaje u istraživanjima ili razvoju instrumentacije (instrumentacija sistema za monitoring pacijenata, pretvarači tj. transdjuseri za kliničku i laboratorijsku upotrebu, vizuelne tehnike koje se koriste u radiologiji, npr.), sa orijentacijom ka usavršavanju medicinskih pomagala, proteza⁸ ili specijalizovane istraživačke opreme. Za razliku od biomedicinskog inženjerstva, medicinska informatika se bavi medicinskim informacijama, znanjem, njihovim organizovanjem i upravljanjem, po pravilu podržanim računarima.

⁷ Skup pravila, postupaka i opreme koji se koriste u medicinskom radu.

⁸ Pomagalo koje zamenjuje deo tela, veštački kuk ili srce, npr.

Računarstvo, nauka o računarima ili nauka o principima na kojima se zasnivaju računari, je usmereno ka arhitekturi i dizajniranju računara, programskim jezicima i softveru, algoritmima, kodovanju. Medicinska informatika koristi rezultate svih ovih aktivnosti, bilo da se radi o razvoju hardvera, softvera ili teorijskih koncepata i rezultata. Ipak, u okviru medicinske informatike razvijen je poseban programski jezik MUMPS⁹, sa širokom i dugotrajnom primenom u medicini, ili, još 1960. godine razvijeni su specijalizovani medicinski terminali.

Biomedicinska naučna infomatika je naučna oblast koja se bavi organizovanjem i upravljanjem memorisanih naučnih i stručnih informacija iz biomedicinske literature. Za razliku od nje, medicinska informatika se bavi informacijama, znanjima i izvorima prethodnih u medicinskoj praksi ili istraživanjima, dakle, područje delovanja je znatno šire. Pored toga, a zbog raznolikosti područja, aspekt metoda, tehnika, sistema, komunikacije, mnogo je bogatiji.

Medicinska informatika generiše danas mnoge, i naučne, i praktične, izazove, da spomenemo samo neke:

- realizacija elektronske medicinske istorije bolesti tj. računarska podrška potpunoj kompjuterizaciji svih medicinskih dokumenata čiji je sadržaj svima razumljiv, a priroda i raznovrsnost problema toliko različita. Ovo je, još uvek, uprkos mnogim pokušajima, jedan od najvećih izazova;

- komunikacija, interakcija, između korisnika i računara još uvek nije “slobodna”, “neformalna”, pouzdana ili kompletna;

- danas, još uvek, u potpunosti, ne razumemo kako ljudi donose “odluke” zasnovane na znanju, s jedne, i medicinskim podacima, s druge strane. Zbog toga formalizacija i modelovanje znanja jeste i naučni i stručni izazov;

- integracija postojećih sistema je još jedan izazov. Ovo je oblast u kojoj se mnogo očekuje od standardizacije u procesu komunikacija ili od moćnih radnih stanica, npr. Većina problema je još nerešena, jer oni potiču, ne samo od različitosti interpretacije i korišćenja medicinskih podataka, njihovog kodovanja i klasifikacije, već i od

⁹ Massachusetts General Hospital Utility MultiProgramming System, Greens, 1970.

funkcionalne integracije između baza podataka i ekspertnih sistema, između procesovanja slika i sistema za podršku odlučivanja, npr.;

- informacioni sistemi prerastaju u informacione mreže (bolnički informacioni sistemi u virtuelne bolnice, npr.) pri čemu je funkcionisanje i evaluacija ovakvih sistema u podršci zdravstvenoj zaštiti još uvek nepoznanica;

- poslednje, ali ne i najmanje važno, je uključivanje medicinske informatike u obrazovanje budućih i sadašnjih lekara. I na ovom polju mnogi problemi ostaju još za rešavanje.

Odgovor na ove i buduće izazove, kao i stepen i nivo promena do kojih će razvoj i primena medicinske informatike dovesti, zavise, pre svega, od novih, ili razvoja postojećih metoda informatike, novih pravaca razvoja računarskog hardvera i softvera, povećanja broja stručnjaka koji će vladati veštinama i medicine i informatike, kao i onim promenama u sistemu zdravstvene zaštite ciljanim ka unapređenju i poboljšanju kvaliteta pružene zaštite i smanjenju troškova - efikasnijoj i efektivnijoj zdravstvenoj zaštiti.

OSNOVNI POJMOVI, DEFINICIJE I PRINCIPI

Informacija

Kako je informacija skup poruka, podataka i znanja koji čine osnovu za donošenje odluka, onda se medicinskom informacijom nazivaju oni skupovi poruka, podataka i znanja koji su potrebni za rešavanje medicinskog problema.

Informacije¹⁰ se mogu stvarati, prenositi, skladištiti, pronalaziti, primati, kopirati obrađivati, uništavati. Svaka informacija sagledava se s obzirom na: cilj njenog stvaranja;

¹⁰ Informacijom se naziva sadržaj onoga što razmenjujemo sa spoljnim svetom dok mu se prilagođavamo i dok utičemo na njega svojim prilagođavanjem. Proces primanja i korišćenja informacija je proces našeg prilagođavanja slučajnostima spoljne okoline (statistička težnja prirode ka neredu, težnja entropije da raste u izolovanim sistemima, L. Bolcman) i našeg nastojanja da u toj okolini delotvorno živimo.

uticaj koji vrši na primaoca; oblast iz koje potiče; strukturu i značaj; medijum; količinu; rezoluciju i preciznost.

Merenje količine informacije prenete nekom porukom (podaci koji se prenose, diskretni ili neprekidni niz merljivih događaja raspoređenih u vremenu) prihvata klasični postulat: za jedinicu informacije (bit)¹¹ uzeta je pojedinačna odluka, kojom se uklanja neizvesnot, između dva, jednako verovatna, alternativna, ishoda. Mera količine informacije, na taj način, je definisana kao logaritam (baze dva) broja mogućih stanja posmatranog sistema. Neizvesnost možemo tumačiti i kao informaciju koju će nam taj sistem pružiti. Mera prvobitne neizvesnosti ishoda naziva se entropija. Pojedinačna odluka potpuno odstranjuje tu neizvesnost i time daje informaciju jednaku entropiji.

Na ovakav pristup kvantifikaciji pojma informacije došli su skoro istovremeno statističar Fišer (R.A. Fisher) koji je u svojim radovima 1925. i 1956.godine uveo meru neophodne količine informacija sadržanu u podacima o nepoznatom parametru osnovnog skupa koga na osnovu uzorka treba proceniti, zatim u kontekstu teorije komunikacija fon Nojman i Viner (John fon Neuman, Norbert Wiener) 1948. godine koji su definisali količinu informacije vezane za a priori raspodelu gustine verovatnoća $f_1(x)$ slučajne promenljive veličine X ¹², dok je poznata Šenonova (C.E. Shannon, 1949.) formula za entropiju¹³ samo diskretna varijanta prethodnog izraza.

Pored ovih, postoje i mnoge druge mere informacije, kao Kulbakova, Vajdina ili Renijeva, ali je od svih njih moćniji Bajesov rizik ili Bajesova verovatnoća greške¹⁴ (T. Bayes), ukoliko su greške u odlučivanju jednake težine, u situaciji kada imamo dve (ili n) jednako verovatne hipoteze H_1 i H_2 (H_1, H_2, \dots, H_n). Ona, naime, logaritam odnosa verodostojnosti uzima za meru informacije sadržanu u $X=x$, (razlika između logaritama

¹¹ Binary digit - binarna cifra.

¹² $\int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) [\log_2 f_1(x)] dx$

¹³ $H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, i=1,2,\dots,n$

¹⁴ $\log \frac{f_1(x)}{f_2(x)}$

šansi u korist hipoteze H_1 posle opservacije x slučajno promenljive veličine X i pre te opservacije), i to za diskriminaciju u korist hipoteze H_1 a protiv hipoteze H_2 (u opštem slučaju može biti n jednako verovatnih hipoteza).

Drugi način merenja je relevantnost informacije, tipičan u sistemima za pretraživanje informacija. Prikazuje se procentom preciznosti i procentom odziva - potpunosti. Izračunava se iz jednostavne tablice kontingencije 2×2 u kojoj su navedene učestalosti pronađenih i nepronađenih, kao i relevantnih i nerelevantnih informacija.

Specifičnost medicinskih informacija prema informacijama bitnim za druge oblasti potiče iz: (a) još uvek nerešenih problema medicinske terminologije; (b) procesa visokog nivoa koji se dešavaju u složenim objektima, ljudskom organizmu npr., i (c) činjenice da zdravstvena zaštita pokriva široku oblast u kojoj se susreću uticaji i rezultati mnogih nauka i disciplina, svake sa svojim karakterističnim procesima i znanjima, posebnom terminologijom i paradigmama.

Nedostatak saglasnosti u formalnoj medicinskoj terminologiji problem je poslednjih dve stotine godina. Naime, u medicinskom jeziku ima veliki broj homonima - ista reč ima različito značenje u zavisnosti od konteksta (embolija) ili sinonima - nekoliko različitih načina da se izrazi isto (srčani udar, infarkt miokarda, koronarna tromboza), a da ne govorimo o problemima uzrokovanim eponimima, akronimima ili skraćenicama.

U klasifikaciji nauka razlikuju se one koje se bave procesima niskog i procesima visokog nivoa. Procesni niskog nivoa, tipični za fiziku ili hemiju npr., su sami po sebi formalizovani, pa se bez dodatnog rada mogu matematički modelovati. Tada primena računara zahteva samo uobičajeno numeričko programiranje. Procesni visokog nivoa, ili visokog stepena složenosti, sadrže bogate i složene opise koji ne podležu lako kodiranju, a time i procesovanju informacija matematičkim i računarskim metodama. Ovim problemima kod procesa izrazite složenosti posebno se bavi veštačka inteligencija, odnosno, sve "fuzzy" i "soft" discipline.

Zdravstvena zaštita je možda jedinstveni primer odnosa medicinskih podataka i vrlo različitih nivoa složenosti informacija. Tako, recimo, magnetna rezonancija koristi promene na nivou jezgra atoma, hematologija je okrenuta krvnim ćelijama,

mikrobiologija ka bakterijama i drugim organizmima, radiologija delovima tela, opšta medicina pacijentu u celini, a epidemiologija izabranim grupama ljudi.

Medicinske informacije se najčešće klasifikuju, prema sadržaju, značenju i mestu nastanka, na: primarne (osnovne), sekundarne (operativne) i stručne i naučne.

Prve, primarne, generišu se u direktnim kontaktima pacijenata sa lekarima, sestrama i drugim osobljem i rezultat su dnevnog rada u zdravstvenoj zaštiti. Detaljne su, uglavnom neprecizne, nepotpune i slabo struktuisane. Sekundarne medicinske informacije generišu se iz primarnih na standardizovan način, čime se osigurava uporedivost informacija nastalih iz različitih izvora. Stručne i naučne medicinske informacije generišu se iz primarnih i sekundarnih postupcima istraživanja a predstavljaju osnovu za razvoj medicinske nauke i prakse.

Generisanje informacija, ma kog tipa bile, uključuje operacije obrade podataka, definisanje algoritma i izbor neke od metoda za obradu podataka.

Obrada podataka sastoji se od različitih operacija sa podacima od kojih su elementarne: prikupljanje, proveravanje, razvrstavanje, uređivanje, sažimanje, računanje, skladištenje, pronalaženje, umnožavanje i prenošenje. Da bi skupom operacija proizveli informaciju treba odrediti njihov izbor i redosled izvršenja, koji će u konačnom broju koraka dovesti do rešenja - algoritam. Algoritam prikazuje grafički - blok dijagramom, pseudo kodom a nešto ređe tekstom. Metode za obradu podataka klasifikuju se prema nadzoru nad operacijama za obradu podataka i to na: ručne i računarske. Kod ručnih metoda čovek vrši nadzor na sledom operacija, a kod računarskih - računar, i to, naravno, samo one koje mu je čovek namenio (programirao). Karakteristični načini računarske obrade podataka su serijska, multiprogramska, simultana, daljinska i distribuirana.

Podatak, podaci

Podatak/podaci predstavlja/ju činjenicu/e, zapažanje/a. Evaluira/ju se da bi postao/li informacija/e. U medicini, podatak predstavlja pojedinačno zapažanje (broj eritrocita određenog ispitanika u određeno vreme) ili skup pojedinačnih zapažanja

(merenje istog parametra kod ispitanika u različita vremena - telesna temperatura u toku tri dana ili merenje različitih parametara u isto vreme - telesna masa, šećer u krvi, itd. ili kombinacija prethodna dva), npr.

Prikupljanje i interpretacija podataka zauzimaju centralno mesto u procesu zdravstvene zaštite upravo zbog njihove neobične važnosti u procesu donošenja medicinskih odluka. Analizujući sve aktivnosti u zdravstvenoj zaštiti nezaobilazni su prikupljanje, analizovanje i korišćenje podataka. Oni su osnova za klasifikovanje ili kategorizovanje problema koje pacijent može imati, ili su osnova za identifikaciju podgrupa u populaciji pacijenata. Takođe, pored navedenog, osnova su za odluke o neophodnosti dodatnih informacija ili za odluke o akcijama koje treba preduzeti da bi problem sa kojim je pacijent suočen bio rešen, najčešće, izbor tretmana koji će najefikasnije dovesti do izlečenja.

Pri tom moramo stalno imati na umu da su medicinski podaci, uostalom kao i drugi, nesigurni (neizvesni), odnosno, ne možemo ih prihvatati sa apsolutnom izvesnošću, sigurnošću, tj. tačnošću. Ovu nesigurnost možemo pripisati: mogućim greškama prilikom merenja, zapisivanja ili tumačenja podataka; zatim prirodnoj varijabilnosti medicinskih podataka i različitosti njihove interpretacije (skoro svaki vizuelni, auditivni ili taktilni podatak generisan tokom fizičkog pregleda varira u svojoj jačini ili stepenu od pacijenta do pacijenta, kao i sposobnost lekara da ih detektuje i zabeleži); neizvesnosti koja je sadržana u povezanosti između medicinskih podataka i prisustva bolesti (odnos kliničkih znakova, simptoma i bolesti nije isti u svakog pacijenta, izuzetak su patognomonični znakovi koji su karakteristični samo za mali broj dijagnoza) i, na kraju, neizvesnosti koja prati efekte izabranog tretmana (isti tretman za istu, potpuno izvesnu dijagnozu, može dati različite efekte).

Klasifikacija medicinskih podataka obično sledi njihov oblik ili tip. Razlikujemo govorne ili pisane medicinske podatke, numeričke vrednosti, signale i slike.

Govorni ili pisani medicinski podaci predstavljaju više od polovine svih medicinskih podataka u medicinskoj dokumentaciji¹⁵ (zdravstvenom kartonu¹⁶ ili istoriji

¹⁵ Dokument, medijum i informacija zapisana na njemu tako da je čovek ili mašina mogu pročitati. Medicinski dokument ili naučna i stručna literatura u obliku pogodnom za

bolesti¹⁷, npr.), opis bolesti, odgovori na usmerena lekareva pitanja, porodičnu istoriju, opšte stanje svih sistema, npr.

Veliki deo podataka koji se koriste u medicini su (diskretne) numeričke vrednosti, rezultati laboratorijskih testova, vitalni znaci kao temperatura ili srčana frekvenca, npr.

Signal je podatak u vidu niza vrednosti jedne veličine koji je zapisan u funkciji vremena. Analogni signal ima kontinuiran skup vrednosti (EEG ili EKG, npr.) a digitalni signal ima pridružen skup diskretnih vrednosti (nuklearna magnetna rezonanca, kompjuterizovana tomografija ili gama kamera, npr.).

Vizuelni prikazi ili slike se najčešće generišu u procesu nuklearno magnetne rezonantne dijagnostike, radiološke dijagnostike, ultrazvučne dijagnostike i termovizijske dijagnostike ali mogu biti i grafička skica abnormalnosti koju je lekar uočio.

U prethodnoj klasifikaciji i navedenim primerima, podrazumeva se da su podaci zabeleženi, odnosno zapisani, na vrlo različite načine, u rasponu od pisanog teksta, uobičajenih skraćenica do mašinski generisanih zapisa analognih signala. Standardi beleženja, a potom, memorisanja, čuvanja, pretraživanja, i naravno, korišćenja, još uvek su jedan od nedovoljno rešenih problema, problem kompjuterizovane¹⁸ istorije bolesti npr., ili, još opštije, problem kompjuterizovane medicinske dokumentacije.

Da bi se ovaj problem u potpunosti rešio, bilo je neophodno na dogovoreni način strukturisati medicinske podatke. Struktura podataka podrazumeva uređenost podataka s

čitanje ili u obliku zapisa - informacija na magnetnim medijima, npr. Dokumentacija, skup dokumenata o jednom predmetu ili skup delatnosti, kojima se osigurava planska, kontinuisana i naučna obrada sadržaja svih dokumenata u cilju njihovog izbora, emisije, prihvatanja i širenja.

¹⁶ Zdravstveni karton je dokument sa podacima o pacijentu u toku korišćenja primarne zaštite, a ne hospitalizacije. Podaci sadržani u zdravstvenom kartonu mogu biti: klinički, demografski, sociokulturni, sociološki, administrativni i bihevijoralni.

¹⁷ Istorija bolesti, obrazac u koji se beleže podaci o korisniku (porodična i socijalna anamneza, prošli medicinski događaji, itd.). U informacionim sistemima ima danas se često koristi Problemski orijentisana istorija bolesti u kojoj su anamneza, fizikalni nalazi i laboratorijski rezultati korisnika prikazani tako da daju zbirni pregled problema, a ne bolesti. Sadrži subjektivne, objektivne i značajne negativne podatke, razmatranja i zaključke, kao i dijagnostičke i terapijske planove u odnosu na svaki problem.

¹⁸ Problemski orijentisana kompjuterizovana istorija bolesti predstavlja zapis u kome su prikupljeni i zapisani podaci, lekarske procene i tretmani grupisani prema specifičnostima pacijentovih medicinskih problema.

utvrđenim međusobnim odnosom. Sadrži logičko-semantičke jedinice podataka (determinišu njihove sadržajno logičke odnose) i fizičke jedinice podataka (zavise samo od tehnike memorisanja koja se koristi). Logičko-semantičke jedinice podataka su znak¹⁹, reč²⁰ i polje, zapis (slog), datoteka²¹ i objekt²² a fizičke su bit²³, reč, blok, datoteka i objekt.

Definisana struktura medicinskih podataka omogućuje njihovo korišćenje, tj. generisanje medicinskih informacija iz već postojećih baza medicinskih podataka²⁴ i baza znanja. Formalno definisana struktura u okviru koje se podaci mogu predstaviti je model podataka. Danas se najčešće koristi relacioni model podataka koji omogućava definisanje : (a) strukture podataka; (b) operacija skladištenja i pronalaženja koje se nad njima vrše i (c) ograničenja vezanih za integritet, koji nad njima treba održavati. Ovaj poslednji koristi se u kontekstu sistema za upravljanje bazama podataka.

Sistem za upravljanje bazom podataka je programski sistem koji podržava rad sa bazama podataka. Konvencionalno se razlikuju tri klase ovih sistema, koji podržavaju

¹⁹ Znak (Karakter), element datog skupa znakova. Najmanja jedinica informacije u zapisu. Deo reči u računarstvu, koji obično sadrži 6,7 ili 8 bitova. Alfanumerički karakter je bilo koje slovo engleske azbuke i/ ili bilo koja dekadna cifra od 0 do 9.

²⁰ Reč je niz bitova koje hardver tretira kao celinu. Osnovna jedinica podataka u memoriji, koja se sastoji od unapred određenog broja bitova i znakova (koji određuju dužinu reči), a potrebno je obraditi kao celinu. Nove generacije računara koriste reči dužine 16, 32 ili više bita, za razliku od nekadašnjih, čije su reči bile najviše 8 bita.

²¹ Datoteka je kolekcija uređenih zapisa u bazi podataka koja se može formirati, pretraživati, ažurirati, obrađivati, reorganizovati, brisati i uništavati. Ažuriranje datoteke najčešća je operacija i predstavlja menjanje skupa vrednosti u datoteci, bez promene njene organizacije ili semantike.

²² Objekt je specifična struktura podataka (sa hijerarhijski složenim opisom) i skup aktivnosti sa njom.

²³ Bit je skraćénica za binarnu cifru. Označava: 1. bilo koju od dve cifre binarnog sistema, 0 ili 1, koje se u računarstvu koriste za predstavljanje brojeva, znakova i naredbi; 2. osnovnu jedinicu informacije, koja je potrebna da bi se napravila razlika između dva događaja iste verovatnoće. Osnova binarnog sistema, odnosno brojnog sistema, s osnovom 2. Bajt je niz od osam bitova, koji se najčešće koristi u predstavljanju pojedinačnih ASCII - karaktera. Kapacitet memorije računara, npr. izražava se kilobajtima, megabajtima i gigabajtima.

²⁴ Baza podataka je kolekcija uskladištenih podataka, po pravilu organizovana u polja, zapise i datoteke. Praćena je opisom i shemom. Više međusobno povezanih baza podataka čine banku podataka.

hijerarhijske, mrežne i relacione baze podataka. Savremeni relacioni sistemi poseduju sledeće funkcije: specifikacija modela, skladištenje te specifikacije i omogućavanje pristupa toj specifikaciji; skladištenje podataka u bazi u skladu sa predhodno specificiranim modelom, pristup tim podacima na osnovu upitnog jezika i ažuriranje podataka u bazi; specifikacija kompleksnih logičkih uslova integriteta podataka u bazi koji određuju valjana stanja baze i prihvatanja samo onih interakcija korisnika sa bazom koje te uslove respektuju; omogućavanje uporednih kompleksnih interakcija više korisnika sa bazom podataka - transakcija (niz radnji koje čine logičku celinu) i sa tačke integriteta podataka: specificiranje ovlašćenja korisnika za upotrebu podataka i obezbeđivanje uslova da radnje korisnika nad bazom budu u skladu sa tim ovlašćenjima. Poznatiji sistemi za upravljanje relacionim bazama podataka su *DB2*, *Informix*, *Access*, *Oracle*, *Ingres* na pr.

Pored strukture podataka rešavanje problema kompjuterizovane medicinske dokumentacije podrazumeva formiranje minimalnih skupova podataka. Minimalni skup podataka je opšte prihvaćen niz pojmova i definicija koji čine jezgro podataka prikupljenih u medicinskoj dokumentaciji a koriste se za statističku obradu, pogodnu za različite tipove analiza i korisnika. Skupovi podataka za primarnu i bolničku zaštitu, zarazne i nezarazne bolesti itd, npr. U svakom od tih skupova, podrazumeva se postojanje standardnih klasifikacija, svrstavanje u prethodno obrazovane klase na osnovu određenih zajedničkih osobina čime se unosi poredak u grupu nepovezanih činjenica. Pod idealnim uslovima klasifikaciju odlikuju prirodnost, iscrpnost, korisnost, jednostavnost, konstruktivnost, međusobna isključivost i statistička stabilnost. Jedna od najpoznatijih u medicini je klasifikacija bolesti, svrstavanje u grupe oboljenja koja imaju zajedničke karakteristike. Ona je korisna u pokušajima da se postigne standardizacija, odnosno, uporedljivost prikazivanja podataka iz različitih izvora. Može da sadrži sistematsko numeričko obeležavanje odrednice za svaku bolest (šifra), Međunarodna klasifikacija bolesti, povreda i uzroka smrti i Međunarodna klasifikacija zdravstvenih problema u primarnoj zaštiti, npr.

I struktura medicinskih podataka, i njihova klasifikacija, podrazumevaju postojanje standarda - izvršenu standardizaciju. Pod standardom mislimo na međunarodno priznatu, obznanjenu i objavljenu sistematizaciju. Javno dostupna definicija nomenklatura, hardvera ili softvera koja je rezultat internacionalnog, nacionalnog ili drugog dogovora. U računarstvu, npr., akronim ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) je dogovoreni sedmobitni kod za prikazivanje alfanumeričkih i drugih simbola. Bez ovih standarda bila bi neizvodljiva elektronska komunikacija podataka različitih korisnika iz različitih zemalja. Kodovi su pravila za transformisanje poruke iz jednog simboličkog oblika u drugi bez gubitka informacije (proces transformisanja zove se enkodiranje, a obrnut postupak dekodiranje). Sheme kodiranja predstavljaju sistem klasifikacije objekata i entiteta²⁵ (kao što su bolesti, procedure, simptomi) korišćenjem konačnog skupa numeričkih ili alfanumeričkih karaktera.

Implementacija shema kodiranja u medicini još uvek nije jedinstvena, međutim moguća je jednoznačna transformacija jednih kodova u druge. Pored Međunarodne klasifikacije bolesti (ICD), čija IX - ta revizija sadrži kodove za 12 943 bolesti i 3 735 procedura, koriste se i Read - ovi kodovi (njih 36 113), zatim Anatomska terapijska klasifikacija (ATC) za lekove (1 043 klasa), Međunarodna klasifikacija primarne zaštite sa 719 klasa ili Kodni sistem operativnih procedura (OPCS) sa 7858 procedura.

Razmena podataka, komunikacija podacima u medicini, nezmisлива je bez postojanja standarda, bilo da je reč o uobičajenoj komunikaciji (razmena pisane istorije bolesti istog pacijenta od jednog do drugog lekara, izveštaji laboratorija ili radiološki nalazi, recepti, administrativni podaci) ili elektronskoj razmeni podataka (EDI). Ova poslednja, elektronska razmena podataka, je automatizovana razmena sa prethodno definisanim i strukturisanim medicinskim podacima, u cilju razmene podataka između računarskih sistema a koji će imati isto značenja za onog koji podatak šalje ili ga prima. Najčešće korišćeni internacionalni standard za elektronsku razmenu podataka je EDIFACT - univerzalni jezik za razmenu podataka.

²⁵ Entitet predstavlja objekte modela i odnose među njima, a opisan je nizom atributa, različitih osobina ili svojstava. Atribut je bitna osobina objekta, koju u okviru nekog modela treba predstaviti. U statistici ova se osobina naziva obeležjem ili slučajno promenljivom veličinom.

Jedan tip komunikacije podataka je razmena podataka od mesta nastanka do računara. Druga, mnogo značajnija je razmena podataka između nezavisnih računarskih sistema, koja omogućuje korišćenje informacija od strane svih, unapred određenih, korisnika, a time obezbeđuje mogućnost da se podaci beleže samo jednom i to na mestu njihovog stvaranja. Uobičajeno sredstvo u komunikaciji su telefonske linije a uređaji - Modemi (Modulator - Demodulator). Pored toga, računari mogu biti povezani u računarsku mrežu²⁶, lokalnu²⁷ ili nacionalnu, tj. internacionalnu²⁸.

Na posletku, govoreći o medicinskim podacima, ne treba zaboraviti vrlo važan aspekt, njihov integritet - zaštitu. Zaštita podataka predstavljena je hardversko - softverskim mehanizmom za čuvanje (pohranjenih) podataka od neželjenih promena ("virusa", programa koji mogu da bespovratno unište delove softvera, pohranjene podatke pa čak i neke hardverske delove računara) ili neovlašćenog pristupa (reguliše se zakonima). Posebno je značajna u medicini i zdravstvu, zbog imperativa o integritetu i poverljivosti podataka ovog tipa.

Znanje

Znanje uključuje odnose, činjenice, pretpostavke, heuristike²⁹ i modele³⁰ izvedene iz formalnih ili neformalnih analiza (ili interpretacija) podataka.

Činjenica, podatak, je da pacijent ima krvni pritisak 180/110, činjenica ili podatak je da je imao infarkt miokarda. Međutim, kada se integrišu i analizuju ovakve

²⁶ Računarska mreža je hardversko - softverski sistem za uspostavljanje (ili prekid) komunikacije između terminala i računara. Protokol (skup pravila ili konvencija) mreže određuje način pripreme, slanja i primanja podataka između njenih čvorova (računara, terminala). Topologija mreže predstavlja konfiguraciju fizičkih veza između njenih čvorova.

²⁷ Lokalne mreže (LAN) obuhvataju manje područje, jednu instituciju npr., sa manjim brojem članova (čvorova).

²⁸ Velike mreže (WAN) obuhvataju široko područje sa velikim brojem članova (čvorova). Najpoznatija velika mreža, mreže svi mreže, sa slobodnim pristupom korisnika širokog područja, je INTERNET.

²⁹ Heuristika je skup proceduralnih uputstava, nekompletnih metoda i pojednostavljenih strategija ponašanja, koje su zasnovane na iskustvu i mogućnosti "snalaženja" u nedovoljno istraženim oblastima. Postupak planskog otkrivanja novog. Saznajni proces sa sposobnošću samoobučavanja kod rešavanja problema.

³⁰ Model je apstraktan prikaz odnosa logičkih, analitičkih i empirijskih komponenti sistema. Model je formalni izraz teorije ili uzročne situacije za koje se smatra da su proizveli zapažene podatke.

pojedinačne činjenice, moguće je doći do zaključka da pacijenti sa visokim krvnim pritiskom (hipertenzijom), imaju veću šansu da dožive srčani udar nego oni bez hipertenzije. Ovakva analiza podataka produkovala je jedan delić znanja o svetu. Lekarevo uverenje da prepisivanje dijete sa restrikcijom soli kod pacijenta lošeg materijalnog stanja ne bi bilo efektivno u kontrolisanju visokog krvnog pritiska (jer ovakvi pacijenti teško mogu da obezbede specijalnu hranu sa minimalnim količinama soli) je dodatni, lični delić znanja - heuristika, kojom se lekar rukovodi u donošenju odluke. Treba takođe zapaziti da adekvatna interpretacija prethodnih definicija zavisi od konteksta³¹. Znanje dobijeno sa jednog nivoa apstrakcije može biti smatrano podatkom sa višeg nivoa. Tako je krvni pritisak od 180/110 primarni podatak, a tvrđenje da pacijent ima hipertenziju samo je interpretacija tog podatka, pa prema tome predstavlja viši nivo znanja.

Baza znanja je kolekcija uskladištenih činjenica, heuristika i modela, koje koristimo pri rešavanju problema. Najčešće se susreće u kontekstu ekspertnih sistema³², u kojima baza znanja može izražavati pravila i iskustva stručnjaka (eksperata) u datoj oblasti. Ako baza znanja ima odgovarajuću strukturu, koja uključuje semantičke veze između jedinica (ajtema) znanja, računar sam može biti u stanju da primeni to znanje kao pomoć u individualnom rešavanju problema. Tako su mnogi sistemi za podršku odlučivanju u medicini, u stvari, sistemi zasnovani na bazama znanja (ONCOCYN, MYCIN, npr.).

Formiranje baza znanja ili njihovo korišćenje³³, prepostavlja, pre svega, odgovor na pitanje šta je u datom trenutku znanje - medicinsko znanje, a zatim, njegovo sakupljanje i kodovanje³⁴. Kompleksnost kodovanja znanja potrebnog sistemima za podršku medicinskom odlučivanju, njegovo ažuriranje i integritet, izazov je za sebe.

³¹ Kontekst je skup konkretnih ulaznih podataka, uvedenih hipoteza, trenutno važećih činjenica i izvedenih parcijalnih zaključaka u datom trenutku tokom rada bilo kakvog sistema, uređenih prema unapred usvojenoj strukturi.

³² Ekspertni sistem je računarski program koji koristi znanja stručnjaka - specijalista (eksperata), u određenoj oblasti i koji može da primeni to znanje u cilju uspešnog rešavanja iz te oblasti na način koji bi se smatrao inteligentnim kada bi te iste probleme rešavao čovek, ekspertni sistemi za medicinsku dijagnostiku u oblasti interne medicine, npr.

³³ Predmet su veštačke inteligencije.

³⁴ Kao sredstvo za formalizovan zapis, tj. kodifikaciju znanja, danas se koristi račun predikata, semantičke mreže ili frejmovi, npr.

Sadašnja istraživanja u kodifikaciji znanja prepoznaju relativno uspešan rad sa eksplicitnim znanjima, dok se sa implicitnim znanjima od nedavno eksperimentiše pomoću neuronskih mreža³⁵. Ipak, neke tipične situacije, kod lekara mogu da se prepoznaju. Tako, na primer, lekari koriste mentalne modele trodimenzionalnih odnosa između delova tela i organa kada interpretiraju podatke ili planiraju terapiju. Slično, sa zapanjujućom sposobnošću interpretiraju promene podataka u vremenu, procenjujući trenutne trendove i razvijajući modele razvoja bolesti ili odgovora na primenjenu terapiju. Pored toga, sposobni su da u datom trenutku i na odgovarajući način upotrebe ono što znaju (“dobro kliničko rezonovanje”), i time prave razliku u odnosu na jednostavno memorisanje znanja ili činjenica iz literature. Svaka od ovih tipičnih situacija ima analog u sistemima za podršku medicinskom odlučivanju.

Odlučivanje

Proces odlučivanja moguće je posmatrati sa dva stanovišta: kao intuitivni proces, u kojem se odluke donose na osnovu intuicije, iskustva ili osećaja, odnosno, kao racionalni proces zasnovan na stvarnim činjenicama i znanju - informacijama. Ma kako ga posmatrali, uvek smo sučeni sa odlukom o izboru onih alternativa, između nekoliko kvantitativno ili kvalitativno različitih, koje će na najbolji način razrešiti problem.

Proces odlučivanja uvek ima četiri osnovna elementa: model (kvantitativni ili kvalitativni opis problema), kriterijume (ciljeve koji se postavljaju pred donosioca odluke a koji su često mnogostruki i međusobno suprotni), ograničenja (karakteristike okoline koje na sistem deluju ograničavajuće, a najčešće su izvan kontrole donosioca odluke) i optimizaciju (izbor najbolje od postojećih alternativa za dati model, definisane ciljeve i postojeća ograničenja).

³⁵ Neuronske mreže su sistemi za procesovanje informacija, mreža autonomnih, jednostavnih procesnih jedinica ili ćelija (neurona), koji su povezani usmerenim vezama, obeleženim težinskim koeficijentima. Jednom obučena mreža može da prepoznaje i srodne primere ili da radi uz prisustvo šuma, sa nekompletnim ulaznim podacima, npr. Narocito je korisna u problemima klasifikacije najrazličitijih objekata.

Donošenje odluka u medicini³⁶, kliničkoj praksi posebno, najčešće predstavlja primenu analize odlučivanja u kliničkim uslovima, s ciljem da se medicinski i drugi podaci koriste za procenu verovatnoće različitih ishoda, u slučajevima kada su moguće alternativne odluke u dijagnostici ili terapiji (hirurška intervencija ili konzervativni tretman, u lečenju ishemije miokarda, npr).

Analiza odlučivanja predstavlja donošenje odluka uočavanjem i procenom mogućih alternativa u odnosu na izglednost ishoda, s jedne strane, i njihove cene i koristi, s druge strane. Primenljiva je u nizu odluka, koje treba doneti o različitim aspektima lečenja bolesnika: dijagnostičkim postupcima, terapijskom tretmanu i prognozi bolesti, npr. Danas, postoji posebna oblast u okviru medicinske informatike - kliničko ili medicinsko odlučivanje (*clinical, medical, decision making*) koja se upravo bavi prethodno navedenim predmetima.

Osnovu pristupa procesu medicinskog odlučivanja čini verovatnosno medicinsko rasuđivanje, pristup koji omogućuje rad sa neizvesnošću - nesigurnošću, koja prati skoro svaku medicinsku odluku. Mera te neizvesnosti je verovatnoća, lekarevo uverenje o izvesnosti neke dijagnoze izraženo brojem³⁷ od 0 do 1 npr. Većinu procena o veličini verovatnoće lekari čine na osnovu ličnog iskustva - subjektivna verovatnoća, oslanjajući se pri tom na, često nesvesne, mentalne, procese - heuristike. To su najčešće reprezentativnost (koliko je sadašnji slučaj sličan nekom prethodnom), pristupačnost (šta smo od prethodnih slučajeva upamtili) i prilagođavanje (usklađivanje, menjanje početne verovatnoće kao posledica novih informacija). Publikovani istraživački rezultati, bilo da se radi o prevalenci određene bolesti u populaciji, odnosno, posebnim grupama u toj populaciji, ili o kliničkim pravilima predviđanja koja definišu odnose kombinacija kliničkih znakova i nalaza sa određenom bolešću, služe lekarima kao podloga za bolju, objektivnu ocenu verovatnoće.

Ovo predstavlja, u dijagnostičkom procesu npr., prvi korak, verovatnoću neke bolesti *a priori* ili verovatnoću bolesti ocenjenu pre nekog dijagnostičkog testa. Sledeći korak je dobijanje dodatnih informacija, najčešće u obliku formalnih dijagnostičkih testova (laboratorijski testovi, radiološki snimci, itd.). Znajući da su oni retko testovi

³⁶ Pored ovog tipa odluka - odluke vezane za tretman individualnog pacijenta, u medicini ima i mnoštvo drugih (rukovođenje, organizacija, planiranje, nadzor, itd.) ali njima se ovog puta nećemo baviti.

³⁷ Događaj koji će se sigurno ostvariti ima verovatnoću 1, a onaj koji je nemoguć verovatnoću 0.

zlatnog standarda³⁸, pitanje izbora kriterijuma za klasifikaciju u patološke ili normalne vrednosti, a posledično i kvaliteta samog testa iskazanog njegovom senzitivnošću³⁹ - osetljivošću (stopa stvarno pozitivnih, osoba je bolesna a rezultat testa je pozitivan) i specifičnošću⁴⁰ (stopa stvarno negativnih, osoba je zdrava a rezultat testa je negativan) stalno je prisutan izazov. Senzitivnost i specifičnost testa nisu samo karakteristike tog testa *per se*, nego i testa i izabranog kriterijuma - granice između patoloških i normalnih vrednosti. Zbog toga je najbolji način za karakterizaciju nekog testa njegova ROC kriva (*receiver operating characteristic*), promene senzitivnosti ili specifičnosti testa u funkciji različitih kriterijuma - različitih graničnih vrednosti između patoloških i normalnih vrednosti. Treći korak u dijagnostičkom procesu je određivanje verovatnoće bolesti posle testa, tj. verovatnoće *a posteriori*, promena početne verovatnoće posle urađenog testa. U ovu svrhu primenjuje se Bajesova teorema, kvantitativni metod za izračunavanje *a posteriori* verovatnoća koristeći *a priori* verovatnoće, rezultat testa, kao i njegovu senzitivnost i specifičnost⁴¹.

Implikacija Bajesove teoreme u interpretaciji testa proizilazi iz analize odnosa verovatnoća bolesti pre i posle testa, u funkciji pozitivnih ili negativnih rezultata primenjenog testa. Po pravilu, kada lekar želi da potvrdi postojanje neke bolesti - bira test visoke specifičnosti, a ako želi da isključi neku bolest - izabrani test bi trebalo da je visoko senzitivan.

Analiza odlučivanja koristi se i u problemima izbora najboljeg tretmana, kada ishode tih tretmana ne možemo unapred predvideti, rezultat hirurške intervencije npr. U ovakvim problemima koristi se “drvo” odlučivanja, dijagram u obliku stabla s granama (“drvo”) pomoću koga se prikazuju mogućnosti ishoda u vezi s različitim slučajnim događajima i s različitim izborom aktivnosti. To su kvantitativno izražena moguća

³⁸ Testovi zlatnog standarda su oni čiji rezultat ukazuje na stvarno stanje pacijenta, patološki testovi, npr.

³⁹ Stopa stvarno pozitivnih, SSP, je količnik između broja bolesnih osoba sa pozitivnim rezultatom testa i broja bolesnih osoba. Do jedinice je dopunjuje stopa lažno negativnih, SLN.

⁴⁰ Stopa stvarno negativnih, SSN, je količnik između broja zdravih osoba sa negativnim rezultatom testa i broja zdravih osoba. Do jedinice dopunjuje je stopa lažno pozitivnih, SLP.

⁴¹ Ako sa $P(B)$ označimo *a priori* verovatnoću neke bolesti, sa + ili -, pozitivan ili negativan rezultat testa, onda je $P(B/+) = P(B) \times SSP / ((P(B) \times SSP) + ((1 - P(B)) \times SLP))$, a $P(B/-) = P(B) \times SLN / ((P(B) \times SLN) + ((1 - P(B)) \times SSN))$.

rešenja, očekivane vrednosti, za svaku pojedinačnu fazu procesa razmatranja problema, koja mogu da se povežu u niz grana s hijerarhijskim nizom mogućnosti.

Naravno, neke odluke u medicini ne zahtevaju analizu odlučivanja, pre upućuju na poznavanje i razumevanje fizioloških principa ili deduktivnog rezonovanja. Međutim, mnoge druge odluke zasnivaju se, ili na nesavršenim medicinskim podacima, ili se donose u situacijama kada ishodi nisu i ne mogu biti sa sigurnošću poznati. Upravo su ovakve situacije tipične za analizu odlučivanja. Korišćenje konsultativnih sistema, računarski podržanih sistema medicinskog odlučivanja, može u mnogome olakšati, ubrzati i poboljšati proces odlučivanja.

Informacioni sistem

Informacioni sistem (IS) je uređen i organizovan sistem postupaka i metoda za prikupljanje, obradu, skladištenje i razmenu informacija u cilju upravljanja (nadzora, izveštavanja, odlučivanja i planiranja) nekim drugim sistemom. Predstavlja i kompatibilnu sintezu hardvera, softvera, lajftera, orgvera i korsvera.

Hardver (tehnička osnova računarskog sistema, oprema) predstavlja fizički deo (mehanički i elektronski) računarskog sistema, koji obuhvata centralnu jedinicu, uređaje za skladištenje, uređaje za ulaz i izlaz i sredstva za razmenu i prenos podataka na daljinu.

Softver (programi za rad računarskog sistema⁴², programi) su programi⁴³, rutine i metode koje izvršava računarski sistem a vezane su za organizovanje, upravljanje, obrađivanje i korišćenje rezultata obrade podataka i informacija.

⁴² Računarski sistem, integrisana celina koju zajedno čine računarski hardver i softver. Ovim sistemom, koji može biti distribuiran (nezavisni računari dele iste podatke, programe i druge resurse), modularan ili centralizovan, upravlja korisnik. Radna stanica je računarski sistem, projektovan da podrži pojedinačne korisnike. Specijalizovan hardver i softver omogućuju ili olakšavaju rešavanje problema i obrade informacija u različitim oblastima.

⁴³ Program, 1. formalni skup odgovarajućih postupaka u cilju sprovođenja neke aktivnosti. 2. Niz naredbi (uputstava) kojima se nalaže računaru da izvede željeni redosled radnji u cilju rešavanja određenog problema. 3. Skup iskaza, kojim se usmerava

Sistemski softver (operativni sistem i prevodioci) je esencijalni pratilac hardvera i obezbeđuje delotvornost čitavog računarskog sistema, programi primene i korisnički programi nalaze široku primenu u različitim okruženjima.

Korisnički programi su skupovi uslužnih programa koji su deo svakog računarskog sistema, a obezbeđuju raznovrsne opštekorisne funkcije (programi za kopiranje i brisanje datoteka, programi za pripremu ili obradu teksta i slika, itd., npr.).

Programi primene, računarski programi, projektovani su tako, da izvrše zahteve korisnika ili grupe korisnika. Mogu biti horizontalni (široko primenljivi u različitim oblastima, baze podataka, npr.) i vertikalni (primenljivi u vrlo određenim, specifičnim oblastima). Tako, npr. statistički paket programa je skup programa koji koristi statističke metode za analizu podataka i izveštavanje o rezultatima. Najčešće korišćeni statistički paketi programa u medicini su: SAS (*Statistical Analysis System*), SPSS (“*espieses*”) (*Statistical Package for Social Sciences*) i BMDP (“*biemdipi*”) (*Biomedical Data-Analysis Package*).

Lajfver (kadrovi), tim stručnjaka koji stvara i održava informacioni sistem i skup korisnika informacionog sistema.

Orgver (organizacioni postupci, organizacija), skup postupaka, metoda i načina usklađivanja i povezivanja hardvera, softvera i lajfvera u skladnu i delotvornu celinu.

Korsver je multimedijски skup programa za računarski utemeljeno obrazovanje i obuku⁴⁴.

Svaki informacioni sistem ima svoj životni ciklus, ukupno trajanje (“život”) jednog sistema, od njegovog začetka do zastarevanja. Faze, kroz koje prolazi sistem

rad računarskog sistema. Računarski program je poseban skup instrukcija za izvršenje matematičkih i logičkih operacija računara. Programiranje, izrada (stvaranje) programa, koji obuhvata niz neophodnih aktivnosti, uključujući analizu potreba i sve etape projektovanja i implementacije.

⁴⁴CBET- computer based education and training. Nova generacija tehnologije CD-ROM jedinice, LAN i Internet priključci dovela je do mogućnosti za kvalitativnu promenu u samoj prirodi obrazovanja, umesto jednosmernog toka informacija - nove nastavne tehnike su, kao i Internet dvosmerne, kolaborativne i interdisciplinane. One omogućavaju simuliranje okruženja iz realnog sveta, učenje prema sopstvenom tempu, obezbeđivanje pristupa većem broju informacija.

zasnovan na računaru⁴⁵, su: početna koncepcija, definicija zahteva, projektovanje glavnih crta, detaljno projektovanje, programiranje, testiranje, implementacija, održavanje i modifikacija. Projektovanje sistema je aktivnost, kojom se na osnovu identifikovanog skupa zahteva, projektuje odgovarajući sistem. Implementacija predstavlja aktivnost transformisanja datog projekta sistema u njegovu radnu verziju, a evaluacija procenu ishoda primene tog sistema. Osnovni princip u projektovanju informacionih sistema, danas, je njihova otvorenost (OSI - *open system interconnection*). To znači lako uspostavljanje interfejsa⁴⁶, veze između sistema, uređaja ili programa a u cilju međusobne komunikacije.

Informacioni sistemi se klasifikuju po obimu, oblasti primene, vrsti podataka i stepenu složenosti. Za nas je najznačajniji Zdravstveni informacioni sistem (ZIS), integrisani komunikacioni računarski sistem za razmenu informacija u procesu zdravstvene zaštite, čiji su korisnici (svi) zdravstveni radnici i (svi) korisnici zdravstvene zaštite. Po obimu može biti lokalni, institucionalni, regionalni, nacionalni i internacionalni, a po strukturi centralizovani i distribuirani.

Osnovne funkcije zdravstvenog informacionog sistema su: prikupljanje medicinskih i administrativnih podataka (automatizovano prikupljanje medicinskih podataka direktno iz medicinskih instrumenata, pomagala ili strukturisanih upitnika), memorisanje i čuvanje medicinskih zapisa (operacije obrade podataka, tabeliranje podataka, formatizovanje i produkcovanje različitih izveštaja), komunikacija i integracija (komunikacija između članova istog i različitih timova i integracija sličnih podataka iz

⁴⁵ Računar (kompjuter), uređaj ili sistem koji je u stanju da obavlja određeni niz operacija na eksplicitno definisan način. Programira se nizom operacija, a koristi se za obradu i čuvanje različitih podataka. Osnovne komponente su fizički uređaji - hardver i programi ili uputstva - softver, koji se koriste za izvršavanje zadatka. Osnovna struktura računara obuhvata organizaciju memorije, sheme za dekodiranje podataka i instrukcija te kontrolne mehanizme za izvođenje računskih operacija. Centralni računar (*mainframe computer*) je višekorisnički, sa sposobnošću opsluživanja većeg broja korisnika istovremeno, a lični računar (*personal computer*, PC, pi - si, u žargonu) je opšte namene i jednokorisnički (ne može opsluživati više korisnika istovremeno, sem ako nije deo računarske mreže).

⁴⁶ Korisnički interfejs (*user interface*) je program koji omogućava vezu korisnika i računarskog sistema, operativni sistem, npr.

različitih izvora), nadzor (usmeravanje pažnje na značajne događaje, vakcinacija npr. ili potencijalno opasne situacije, alergija na određenu supstancu npr.), pretraživanje informacija (dostupnost svih podataka o pacijentu ili pretraživanje medicinske literature), analiza podataka (grafički ili deskriptivni prikaz podataka, urađena analiza preživljavanja npr.), podrška odlučivanju (klinički konsultativni sistemi koji na osnovu populacione zdravstvene statistike i kodiranog ekspertskog znanja pružaju podršku lekaru u dijagnostičkom procesu ili pri planiranju tretmana) i edukacija (sticanje novih znanja i veština, te obnavljanje starih).

Razvoj svakog zdravstvenog informacionog sistema oslanja se danas na modularni i distribuirani pristup. Naime, projektuju se, testiraju i implementiraju informacioni sistemi koji podržavaju, ili samo neke funkcije zdravstva, ili rad tipičnih zdravstvenih institucija. Kompatibilna sinteza ovakvih podsistema zdravstvenog informacionog sistema, jeste sam zdravstveno informacioni sistem. Obično su ti podsistemi: sistem medicinske dokumentacije, bolnički informacioni sistem, sistem nege, informacioni sistem laboratorije, radiološki informacioni sistem, farmakološki informacioni sistem, sistem za monitoring pacijenata, informacioni sistem ordinacije, bibliografsko - pretraživački sistem, sistem za podršku medicinskom odlučivanju, informacioni sistem medicinskih istraživanja, informacioni sistem medicinske edukacije i sistem za procenu zdravlja.

Informacioni sistem medicinske dokumentacije je sistem koji omogućava menadžment svim tipovima medicinskih i administrativnih podataka, odnosno, medicinskih zapisa - zdravstvenog kartona ili istorije bolesti, npr. Korišćenje kompjuterizovanih medicinskih zapisa ima prednosti nad papirnim dokumentima (pristupačnost, trajnost) ali i neke mane (velika početna materijalna ulaganja, posebna vrsta edukacije ili otkazi samog računarskog sistema). Danas se najčešće koriste POMR (*Problem - oriented Medical Record*) Lorensa Vida (Lawrence Weed, 1969.), problemski orijentisana istorija bolesti, o kojoj je već bilo reči, AAMRS (*Automated Ambulatory Medical - record System*), COSTAR ili TMR (*The Medical Record*).

Bolnički informacioni sistem (BIS) je sistem za upravljanje informacijama koje su zdravstvenim radnicima u bolnicama potrebne da bi uspešno, delotvorno i efikasno

pružali zdravstvenu zaštitu. Potpun sistem sastoji se od pet podsistema, za svaku od osnovnih funkcija bolnice: zajedničke aktivnosti u okviru bolnice (zakazivanje, prijem i otpust korisnika); poslovno-finansijska delatnost; komunikaciju i umrežavanje (u bolnici i/ili van nje); podsistem medicinske dokumentacije (organizovanje, prikupljanje, čuvanje i prikazivanje medicinskih informacija) i podsistem za medicinsku podršku (podrška zdravstvenim radnicima u interpretaciji medicinskih podataka i donošenju odluka). Najpoznatiji bolnički informacioni sistemi su TMIS (*The Technicon Medical Information System*), HELP, COSTAR i PROMIS (*Problem-Oriented Medical Information System*).

Informacioni sistem nege namenjen je medicinskim sestrama, pre svega, a projektovan je sa ciljem da proces nege, koji je danas veoma složen i sofisticiran, zavisao od znanja i informacija, učini što kvalitetnijim. Ovaj sistem je integralno povezan sa bolničkim informacionim sistemom, naime, podržava aktivnosti planiranja nege, intervencija, postavljanja sestrinskih dijagnoza, evaluaciju procesa nege, administraciju, istraživanja i edukaciju. Poznatiji informacioni sistemi ove namene su TMIS (*The Technicon Medical Information System*), takođe, ili NEMAS (*Nursing Education Modular Authoring System*).

Laboratorijski informacioni sistem podržava osnovne funkcije u procesovanju i upravljanju podataka. Pri tom je laboratorijska oprema integralni deo sistema, tako da se podaci automatski prikupljaju, analizuju, skladište i distribuiraju, prati se kvalitet rada u laboratorijama i pružaju neophodni podaci o inventaru, procesu rada - procenjuje se produktivnost laboratorijskog rada.

Radiološki informacioni sistem podržava osnovnu funkciju svakog radiološkog odeljenja, generisanje, prikupljanje i analizu medicinskih slika. Modaliteti generisanja slika mogu biti različiti, rendgenski snimci, kompjuterizovana tomografija, ultrazvučno slikanje ili magnetna rezonanca, dok analiza slika koristi vizuelno prepoznavanje oblika. Skladištenje, pretraživanje i korišćenje medicinskih slika omogućeno je razvojem PACS - a, Sistema za arhiviranje slika i njihovu komunikaciju (*Picture Archiving and Communication System*).

Farmakološki informacioni sistem upravlja informacijama vezanim za osobine, korišćenje i efekte lekova u procesu lečenja, sistem MENTOR npr.

Sistem monitoringa pacijenata, ponovljenog ili kontinuiranog praćenja fizioloških funkcija pacijenta, uglavnom je vezan za prikupljanje, memorisanje, tumačenje i prikazivanje podataka pacijenata u jedinicama za intenzivnu negu.

Informacioni sistem ordinacije podržava sve administrativno - finansijske funkcije, pretraživanje i korišćenje medicinske literature, zakazivanje, inventar lekova i sanitetskog materijala, generisanje i korišćenje različitih tipova medicinskih zapisa ili izveštaja.

Bibliografsko-pretraživački sistem podržan računarom je sistem koji sadrži indeksirane baze bibliografskih podataka⁴⁷ s direktnim pristupom i programe za pretraživanje ovih baza u cilju dobijanja odgovarajuće informacije. Sistem biomedicinskih naučnih informacija Srbije (SBMNI) ima četiri baze podataka: (1) Katalog strane biomedicinske periodike u Jugoslaviji, (2) Bibliografsku bazu podataka Biomedicina Jugoslavica (BI), (3) Katalog stranih biomedicinskih monografija u Jugoslaviji i (4) Bazu doktorskih disertacija i magistarskih teza odbranih na Medicinskim fakultetima u Srbiji.

Informacioni sistem za podršku medicinskom odlučivanju je sistem koji podržava menadžment medicinskih informacija, usmerava pažnju lekara na određeni problem i ostvaruje savetodavnu funkciju, MYCIN, HELP ili INTERNIST, npr.

Informacioni sistem medicinskih istraživanja je računarski podržan sistem za prikupljanje, analizu i skladištenje medicinskih podataka iz prakse ili istraživanja u svrhu unapređenja medicinske nauke i znanja, koje lekari koriste kod lečenja bolesnika. Poznatiji informacioni sistemi medicinskih istraživanja su: MEDLOG (*Microcomputer-based version of Time Oriented Database*), ARAMIS (*The American Rheumatism Association Medical Information System*) i CLINFO+ (*System for Clinical Research*).

Informacioni sistem medicinske edukacije je računarski podržan sistem za prikupljanje, analizu i korišćenje medicinskih i administrativnih podataka iz procesa medicinske edukacije u cilju unapređenja procesa sticanja znanja i obnavljanja

⁴⁷ Datoteka sastavljena od skupa zapisa u kojima su imena autora naučnog ili stručnog dela, naslov dela, izvorna publikacija i ključne reči. Najpoznatije baze biomedicinskih naučnih informacija su MEDLINE - osnovna biomedicinska literatura, EMBASE - humana medicina i srodna literatura i Health Planning and Administration - javnozdravstveni aspekti zdravstvenih usluga. Ove baze čuvaju i ažuriraju posebne matične institucije, DIMDI u Kelnu, npr.

(usvršavanja) rutina. Ti sistemi su: CBX (*Computer-based Examination*), TIME (*Technological Innovations in Medical Education*) ili GUIDON (*Teaching knowledge*).

Informacioni sistem za procenu zdravlja je podrška sistematskom pristupu u proceni zdravlja cele populacije. Omogućava obradu podataka, njihovo memorisanje, te integraciju i komunikaciju u višefaznim skrining programima, AMHT (*Automated Multiphasic health - testing systems*) npr.

LITERATURA

- (1) Alagić S. Relacione baze podataka. Svijetlost. Sarajevo 1985.
- (2) Anderson GA, Aydin CE, Jay SJ. Evaluating Health Care Information Systems. Sage Publications, London 1994.
- (3) Benson T. Medical Informatics. Longman Health Services Management, UK 1992.
- (4) Birolla H, Ferišak V, Panian Ž, Rusan I, Srića V, Škoro I. Osnove informatike. Informator, Zagreb 1981.
- (5) Blois M. Information and Medicine: The Nature of Medical Descriptions. University of California Press, Berkeley and Los Angeles 1984.
- (6) Blum B, Duncan K (eds). A History of Medical Informatics. ACM Press, New York 1990.
- (7) Dačić M. Biomedicinska naučna informatika. Naučna knjiga, Beograd 1991.
- (8) Devedžić V, Božović Z. Ekspertni sistemi i njihova primena u medicini. CMS Univerziteta u Beogradu, Beograd 1992.
- (9) Deželić Gj. Zdravstvena informatika. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1987.
- (10) Dotlić R, Maksimović R, Dragičević T, Gajić M. Edukacija medicinske informatike na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Srp Arh Celok Lek 1995, 123 Suppl 2: 1-4.
- (11) Đorđević S (urednik). Oksfordski rečnik računarstva. Nolit, Beograd 1990.
- (12) Lester S, Rada R. A method of building medical knowledge bases. Methods of Information in Medicine 1987; 26 (1): 31-39.
- (13) Marinković J, Simić S, Božović Z, Dačić M, Kocev N. Mali rečnik informatike u medicini i zdravstvu. Srp Arh Celok Lek 1995; 123 Suppl 2: 42-49.

- (14) Marinković J, Babić D, Maksimović R, Stanisavljević D. Elementi računarske podrške u naučnim istraživanjima iz oblasti medicine. *Srp Arh Celok Lek* 1995; 123 Suppl 2: 14-17.
- (15) Obradović M, Milosavljević M. Digitalna obrada i prepoznavanje signala. VINC, Beograd 1993.
- (16) Seelos HJ. Indivisibility and Variety of Medical Informatics. *Meth Inform Med* 1988, 27 (4): 191-193.
- (17) Simić S, Marinković J, Stanojević S, Radovanović M, Anđelski H, Atanasković Z, Grujović G, Pavlović Ž, Đukić Lj, Obradović M. Analiza stanja informatičke tehnologije u zdravstvenim ustanovama Srbije. *Srp Arh Celok Lek* 1995, 123 Suppl 2: 5-8.
- (18) Shortliffe EH, Perreault LE: *Medical Informatics: Computer Applications in Health Care*. Addison - Wesley Publishing Company, New York 1990.
- (19) Wiener N. *Kibernetika i društvo*, Nolit, Beograd 1973.
- (20) World Health Organisation (WHO) Collaborating Centres in Occupational Health. *Recommendation of the Second Meeting: Global Strategy of Occupational Health for All*. WHO/OCH/95.1. Geneva 1995.