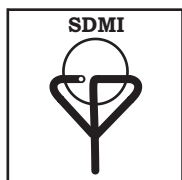


INFORMATICA MEDICA SLOVENICA

- 1 Zdravniški informacijski sistem thorax.6
- 12 Spletni informacijski sistem za podporo projektu Eurethnet
- 24 Informacijski sistem nujne medicinske pomoči v Sloveniji
- 43 Analysis of Huntington's Disease Gene Expression Profiles with Predictive Clustering Trees
- 52 Segmentation Methods in Atherosclerosis Vascular Imaging
- 70 Kritičen pogled na prosto dostopne zdravstvene informacije na spletu
- 76 Poročilo o udeležbi na 56. skupščini EFMI in konferenci MIE 2006
- 76 Drugo strokovno srečanje Od podatkov do informacij 2006 (OPIZ 2006)



Revija Slovenskega društva za medicinsko informatiko
Informatica Medica Slovenica
LETNIK 11, ŠTEVILKA 2
ISSN 1318-2129
ISSN 1318-2145 on line edition
<http://lsd.uni-mb.si/ims>

GLAVNI UREDNIK

Janez Stare

SOUREDNIKA

Jure Dimec
Blaž Zupan

TEHNIČNI UREDNIK

Peter Juvan

UREDNIŠKI ODBOR

Gregor Anderluh
Valentin Fidler
Emil Hudomalj
Brane Leskošek
Marjan Mihelin
Mojca Paulin
Borut Peterlin
Uroš Petrovič
Vladislav Rajkovič
Gaj Vidmar

BIVŠA GLAVNA UREDNIKA

Martin Bigec
Peter Kokol

O REVIJI

Informatica Medica Slovenica je interdisciplinarna strokovna revija, ki objavlja prispevke s področja medicinske informatike, informatike v zdravstvu in zdravstveni negi, ter bioinformatike. Revija objavlja strokovne prispevke, znanstvene razprave, poročila o aplikacijah ter uvajanju informatike na področjih medicine in zdravstva, pregledne članke in poročila. Še posebej so dobrodošli prispevki, ki obravnavajo nove in aktualne teme iz naštetih področij.

Informatica Medica Slovenica je strokovna revija Slovenskega društva za medicinsko informatiko. Revija je dostopna na naslovu <http://lsd.uni-mb.si/ims>. Avtorji člankov naj svoje prispevke v elektronski obliki pošiljajo glavnemu uredniku po elektronski pošti na naslov janez.stare@mf.uni-lj.si. Revijo prejemajo vsi člani društva. Informacije o članstvu v društvu oziroma o naročanju na revijo so dostopne na tajništvu društva ([Drago Rudel, drago.rudel@mf.uni-lj.si](mailto:Drago.Rudel, drago.rudel@mf.uni-lj.si)).

VSEBINA

Izvirni znanstveni članki

- 1 **Tomaž Štupnik**
Zdravniški informacijski sistem thorax.6
- 12 **Jure Dimec, Branimir Leskošek**
Spletni informacijski sistem za podporo projektu Eurethnet
- 24 **Andrej Fink**
Informacijski sistem nujne medicinske pomoči v Sloveniji
- 43 **Ivica Slavkov, Sašo Džeroski, Borut Peterlin, Luca Lovrečič**
Analysis of Huntington's Disease Gene Expression Profiles with Predictive Clustering Trees
- 52 **Rakesh Sharma, Avdhesh Sharma**
Segmentation Methods in Atherosclerosis Vascular Imaging

Strokovni članek

- 70 **Eva Klemenčič, Branimir Leskošek**
Kritičen pogled na prosto dostopne zdravstvene informacije na spletu

Bilten SDMI

- 76 Poročilo o udeležbi na 56. skupščini EFMI in konferenci MIE 2006
- 76 Drugo strokovno srečanje Od podatkov do informacij 2006 (OPIZ 2006)

Izvirni znanstveni članek ■

Zdravniški informacijski sistem thorax.6

Medical Information System thorax.6

Tomaž Štupnik

Izveček. Če je bil thorax v.3 leta 1998 le prototip, je thorax.6 zaresen zdravniški informacijski sistem s kupom najmodernejših značilnosti: Oracle 10g, verzije zapisov, večnivojska transakcijska zasnova, intranet, https, biometrična avtentikacija, XML, HL7 ipd. Za razliko od informacijskih sistemov večine slovenskih bolnišnic, ki jih informatiki razvijajo bolj ali manj le po naročilu in željah uprave, je thorax.6 nastal po meri zdravnikov - kot platforma za preizkušanje statističnih in informacijskih tehnologij pri zdravljenju in negi bolnikov. Končni cilj thorax.6 je brezpapirna bolnišnica s standardiziranim in karseda avtomatiziranim procesom zdravljenja (kliničnih poti) ter sprotnim nadzorom kakovosti zdravljenja.

Abstract. Following the success of the thorax v.3 prototype from 1998, thorax.6 is a serious medical information system with several major buzzwords: Oracle 10g, record versioning, multitier transaction based architecture, intranet, https, biometric authentication, XML, HL7, etc. It was built by medical doctors as a platform to apply new statistical and bioinformatical ideas to medicine. The final goal of thorax.6 is a paperless hospital with truly standardized and automated treatment process.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 1-11

Institucija avtorja: Klinični oddelek za torakalno kirurgijo, SPS kirurška klinika, Klinični center Ljubljana.

Kontaktna oseba: Tomaž Štupnik, Klinični oddelek za torakalno kirurgijo, SPS kirurška klinika, Klinični center Ljubljana, Zaloška 7, 1000 Ljubljana. email: tomaz.stupnik@guest.arnes.si.

Uvod

V svojem poročilu leta 1999 je IOM (Institute of Medicine) na podlagi triletnih raziskav ocenil, da v ZDA vsako leto zaradi zdravniških napak umre med 44.000 in 98.000 bolnikov. Pri natančnem pregledu 30.000 zdravljenj v bolnišnicah so pri 3.7% ugotovili podaljšano zdravljenje zaradi neželenih učinkov zdravljenja, ki bi jih vsaj v polovici primerov lahko preprečili. Kar 7.000 smrti letno so zakrivila napačno odmerjena zdravila. Zdravljenje neželenih učinkov in posledic napak, ki bi jih bilo mogoče preprečiti, je pomenilo približno 2% celotnih stroškov zdravljenja.

Obenem so napovedali, da bo informacijska tehnologija odigrala osrednjo vlogo pri nastajanju varnejšega, bolj kakovostnega in bolj učinkovitega zdravstvenega sistema. Pred vpeljavo elektronskega predpisovanja zdravil (CPOE) so manjše napake ugotovili pri kar 27% predpisanih zdravilih, po vpeljavi pa le še pri 3.4%. Ob tem so s CPOE pomembno zmanjšali tudi število hudih, potencialno smrtno nevarnih napak - z 1.7% na 0.9%.

V najbolj razvitih bolnišnicah so že okoli leta 1995 vstopili v dobo PDMS (Patient Data Management System): elektronskih zdravstvenih zapisov, brezpapirnih operacijskih dvoran in enot intenzivne nege/terapije, s standardizacijo postopkov zdravljenja, elektronskim predpisovanjem zdravil, sistemi za samodejno odkrivanje in sporočanje napak, podporo pri odločanju, ipd. Zbrani podatki jim obenem omogočajo hitre analize in nadzor kakovosti zdravljenja ter pravočasno izvajanje postopkov za optimiranje procesov.

thorax.6

Podoben sistem smo si želeli tudi na Kliničnem oddelku za torakalno kirurgijo Kliničnega centra v Ljubljani, kjer pa smo leta 1997 izvide še vedno pisali s pisalnim strojem ter popise bolezni v papirnati obliki shranjevali v arhivu in na

mikrofilmih.

Da bi vsaj malo spodbudili vodstvo naše ustanove, smo še isto leto za okolje Windows 95 razvili majhno prototipno aplikacijo thorax v.3, ki je omogočala shranjevanje izvidov v elektronski obliki ter osnoven nadzor kakovosti zdravljenja.

Kljub temu se v naslednjih letih informatizacija ni premaknila nikamor in tako smo leta 2003 še vedno uporabljali prototip iz leta 1998, skupaj z zastarelim bolnišničnim informacijskim sistemom BIS, ki je služil predvsem evidentiranju in obračunavanju storitev.

Takrat smo se odločili, da bomo začeli z razvojem pravega zdravniškega informacijskega sistema in ga v nekaj letih dogradili v aplikacijo, ki jo naše zdravstveno osebje potrebuje za kakovostno opravljanje svojega dela.

Po dobrih dveh letih razvoja je nastala prva verzija thorax.6, ki smo jo pričeli uporabljati 6. januarja 2006.

Zasnova

Naša osnovna izhodišča pri zasnovi informacijskega sistema so bila:

1. enostaven in intuitiven uporabniški vmesnik s procesno zasnovano,
2. visok nivo varnosti in zanesljivosti,
3. nezahtevna uporabniška strojna oprema,
4. nezahtevno upravljanje in vzdrževanje.

Uporabniški vmesnik

Z dobrim uporabniškim vmesnikom najlažje povečamo kakovost zbranih podatkov in zmanjšamo število šlamparij.

Aplikacija, ki jo lahko uporabniki uporabljajo šele po nekajdnevnem uvajalnem tečaju, za osrednjo učno bolnišnico kot je Klinični center nikakor ni primerna, saj se na oddelkih študentje, pripravniki, sekundariji in specializanti zamenjajo skoraj vsak mesec.

Zato mora biti uporabniški vmesnik dovolj intuitiven, da ga lahko uporabnik z osnovnim računalniškim znanjem tudi brez posebnega izobraževanja takoj razume.

Zastareli "kliperaški" način dela (pri katerem administratorke za hitrejšo delo večinoma uporabljajo skrivnostne kombinacije tipk) smo tako zamenjali s sodobnejšo okensko zasnovo, kjer lahko uporabnik večino opravil opravi z miško. Takšen način dela je tudi primernejši za uporabo s tabličnih računalnikov in mini PC, ki tipkovnice sploh nimajo.

Za bolj intuitivno delo smo uporabili procesno zasnovo, ki uporabnika vodi med posameznimi koraki ter mu ponuja le smiselne možnosti.

Implementacija takšnega uporabniškega vmesnika je v primerjavi z enostavnim dodajanjem ali spreminjanjem podatkov v posameznih tabelah ali zapisih sicer zahtevnejša, vendar pa uporabnikom precej olajša delo, kar je ob vsesplošnem pomanjkanju in preobremenjenosti zdravstvenega osebja še posebej pomembno.

Varnost

Varovanje medicinskih podatkov je v zadnjem času zelo občutljiva tema, na žalost pri nas bolj v teoriji kot v praksi. To še posebej velja za podatke v elektronski obliki, ki jih je veliko težje zaščititi kot papirnate arhive - tem že fizičen obseg in vrata s ključavnico zadoščata za dokaj sprejemljivo varnost.

Pomanjkljivosti na tem področju dokazuje tudi kazni, ki jo je informacijska pooblaščenka izrekla Kliničnemu centru zaradi neustreznega varovanja osebnih podatkov bolnikov.

Zavarovanje informacijskih sistemov z dolgimi, s števkami pomešanimi gesli, ki jih morajo uporabniki neprestano menjati, se zdi dobra rešitev, vendar je v praksi zelo nadležna - tako za uporabnike, ki si takšna gesla s težavo zapomnijo, kot za nadzornike, ki imajo kup dela z vračanjem pozabljenih gesel.

Uporabniki si pomagajo tako, da zapleteno geslo napišejo na listek papirja in ga nalepijo ob zaslon računalnika, nadzorniki pa tudi hitro omilijo svoje "prehude" varnostne zahteve.

Biometrična avtentikacija je precej udobnejša, saj uporabniki biometrične lastnosti ves čas nosijo s seboj, zato jih ne morejo izgubiti, obenem pa jih je tudi veliko težje zlorabiti.

Za dostop do thorax.6 smo poskusno uporabili biometrične čitalce prstnih odtisov, ki so se odlično izkazali¹. Uporabniki so nad njimi navdušeni in jih z veseljem uporabljajo, njihovo delovanje je zanesljivo, hitro in zaenkrat brezhibno.

Na žalost smo zaradi pomanjkanja finančnih sredstev sicer ceneni čitalci (180€) opremili le tiste delovne postaje na katerih se dnevno izmenja največ uporabnikov. Na ostalih smo ohranili dostop z geslom, za katerega pa uporabniki potrebujejo tudi ustrezen varnostni certifikat. Ta onemogoča zlorabe (prijave) z nepooblaščenih delovnih postaj.

Vsak uporabnik thorax.6 ima točno določen nabor pooblastil s katerimi lahko dostopa le do določenih podatkov. Nekateri so mu dostopni za branje, nekateri za pisanje, določeni pa so mu lahko tudi skriti.

Verzije zapisov

S še tako strogimi varnostnimi mehanizmi zlorab nikoli ne bomo povsem preprečili. Tudi zato smo v thorax.6 vgradili arhiv starih verzij zapisov:

- niti ena sama vrednost v bazi se ob spremembi ne prepíše z novo, pač pa poleg starega zapisa vedno nastane nov zapis z novimi - spremenjenimi vrednostmi, ki vsebuje tudi podatke kdo, kdaj in s katere delovne postaje je zapis spremenil,
- enako velja za brisanje zapisov, ki še vedno ostanejo v bazi - označeni kot izbrisani.

Takšen način dela uporabnike spodbuja k natančnejšemu delu in odvrta od zlorab, saj so vse spremembe natančno zabeležene ter zlahka izsledljive.

Obenem pa nam omogoča, da v primeru vdora v sistem enostavno izbrišemo zlorabljen verzije zapisov ter s tem bazo vrnemo v prvotno stanje, ne da bi za to potrebovali varnostne kopije.

Strojne zahteve

Že pred začetkom razvoja thorax.6 smo predvidevali, da zanj ne bomo imeli na razpolago večjih finančnih sredstev. Zato naj bi za uporabo zadoščali že obstoječi (šibki) osebni računalniki (vsaj s procesorjem Pentium, 16Mb pomnilnika, Windows 98 in Internet Explorerjem 6.0).

Za strežnik smo izbrali cenen, vendar dokaj zmogljiv dvoprocorski strežnik SuperMicro z dvema dvojedrnima procesorjema Intel Xeon 2.8 GHz z 2Gb pomnilnika in štirimi 250Gb SATA trdimi diski. Trije so preko Adaptecovega 2020SA krmilnika povezani v RAID-5 polje, eden pa služi za varnostno kopijo podatkov, ki jih v rednih časovnih intervalih prepíšemo tudi na rezervni strežnik na drugi lokaciji.

Na strežnik smo namestili Windows NT Server 2003 z Internet Information Server in ASP.NET 1.1 ter Oracle 10g z vsemi potrebnimi knjižnicami.

Ob običajnem številu sočasnih uporabnikov (do 10) so obremenitve strežnika minimalne in le redko presežejo 5% zmogljivosti. Bolj ga bomo izkoristili, ko bomo aplikacijo nadgradili z

dodatnimi moduli, ki zahtevajo več procesorske moči in obenem tudi povečali število sočasnih uporabnikov (predvidoma na 20).

Nezahtevno upravljanje

Naš oddelek je z 31 posteljami in 4 specialisti kirurgi, najmanjši izmed kirurških oddelkov Kliničnega centra. Prav zato je zelo primeren za razvoj in preizkušanje novih informacijskih tehnologij, saj je število delovnih postaj in uporabnikov sorazmerno majhno in ne zahteva veliko podpore.

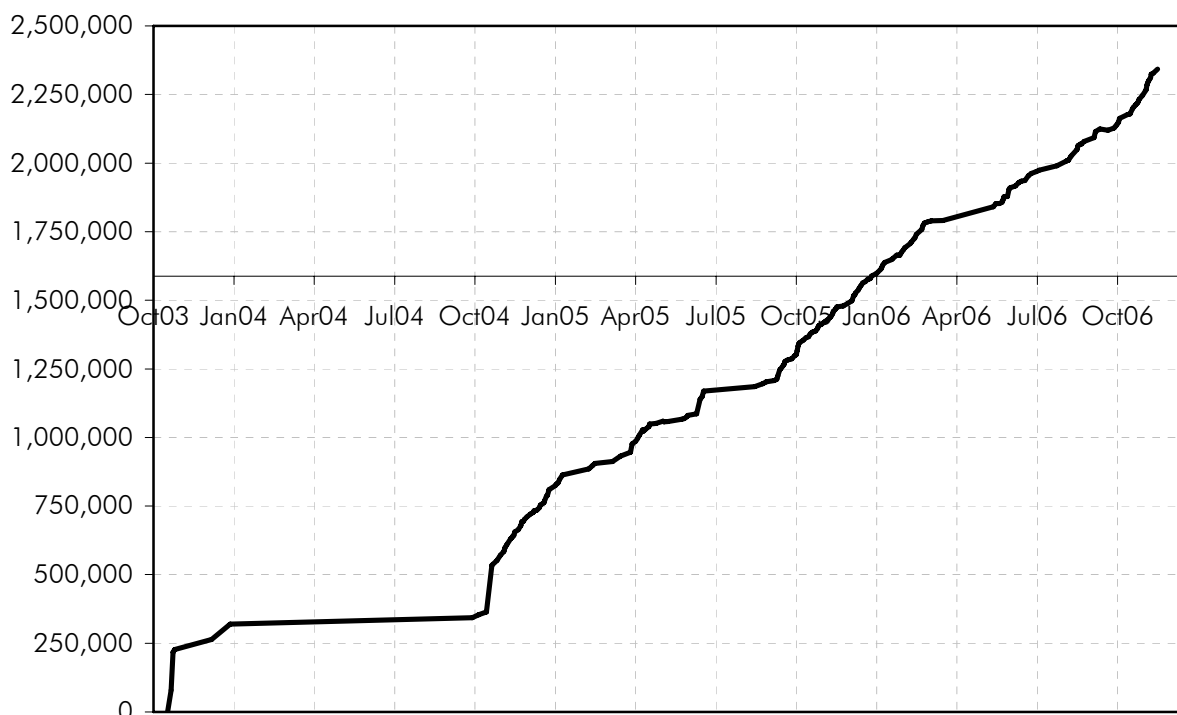
Vseeno smo želeli razviti skromno in zanesljivo aplikacijo, ki bi delovala brez kakršnegakoli posredovanja ter ne bi zahtevala dosti več od običajne skrbi za higieno strežnika (varnostne kopije, protivirusna zaščita, posodobitve operacijskega sistema, ipd.).

Arhitektura

Sodobne aplikacije s centralizirano bazo podatkov in številnimi delovnimi postajami so skoraj brez izjeme tipa odjemalec-strežnik (client-server), ločijo se le po vrsti odjemalca.

Nekatere imajo poseben - odjemalski del aplikacije, ki ga uporabniki namestijo na svoje delovne postaje in z njim dostopajo do strežniškega dela. Prednost takšnega načina je večja svoboda pri razvoju uporabniškega vmesnika, ki ni praktično z ničemer omejen, slabe strani pa:

- večje strojne zahteve (tudi prepustnost omrežja),
- zahtevnejša podpora, saj morajo uporabniki vedno znova nameščati nove verzije,
- več je tudi možnosti da odjemalec zaradi določenih gonilnikov ali drugih razlogov na kateri od delovnih postaj ne bo deloval pravilno.



Slika 1 Naraščanje količine čiste C# kode v številu znakov od konca leta 2003 do danes. Vodoravna črta označuje začetek uporabe aplikacije v začetku januarja 2006.

Večini izmed prej opisanih težav se lahko izognemo, če uporabniki odjemalec preko terminalskega dostopa poganjajo kar na strežniku. Tako lahko za delovne postaje uporabljamo tudi t.i. Thin Cliente, ki so primerni predvsem za delo ob bolniški postelji. Glavne slabosti terminalskega dostopa pa so:

- oteženo tiskanje izvidov na delovnih postajah in
- težji izvoz podatkov.

Sami smo se odločili, da bo naš odjemalec kar Internet Explorer 6.0, komunikacija pa bo potekala preko varovanega protokola HTTPS s 128-bitnim ključem. Celoten uporabniški vmesnik smo implementirali zgolj s HTML in JavaScript - brez kakršnekoli Jave ali ActiveX. Tako bomo lahko kasneje aplikacijo zelo enostavno prilagodili še za kak drug brskalnik (npr. FireFox) ali uporabo z dlančnikov (Windows Mobile).

Za razvoj smo uporabili razvojno okolje Visual Studio .NET 2003. Celotno aplikacijo smo razvili v jeziku C# s tehnologijo ASP.NET 1.1, ki je bila prva, ki je omogočila s(p)odoben razvoj spletnih aplikacij (slika 1). Ločevanje HTML in objektne C# kode je:

- povečalo možnost abstrakcije in polimorfizma v kodi,
- izboljšalo ponovno uporabo programske kode (reusability)
- ter s tem omogočilo razvoj obsežnih spletnih aplikacij, ki so zaradi svoje modularne zasnove kljub temu zanesljive in obvladljive.

Za podatkovno bazo smo uporabili Oracle 10g. Konkurenčni MS SQL Server 2000 takrat še ni imel tako dobre podpore XML, ki nam je precej olajšala hranjenje strukturiranih podatkov kot so izvidi, obenem pa smo z Oracle 10g lažje

implementirali arhiv starih verzij zapisov, ki ga nobena od običajnih podatkovnih baz ni že v osnovi podpirala.

Transakcijska knjižnica **THX_DATABASE**

Spletne aplikacije so v svojem bistvu pravzaprav transakcijski sistemi, ki delujejo preko HTTP zahtev in odgovorov. HTTP zahteve so medsebojno neodvisne, uporabnik ali strežnik jih lahko kadarkoli prekineta in kadarkoli nadaljujeta z novo zahtevo.

Prav zato je zelo primerno, da tudi spletne knjižnice delujejo transakcijsko.

Na tak način se nam ni treba pretirano ukvarjati z večopravilnostjo in sinhronizacijo dostopov do podatkov, istočasno pa lahko transakcije razporedimo med več strežnikov ter porazdelimo obremenitev.

Za podlago naše aplikacije smo zgradili transakcijsko COM+ knjižnico *THX_DATABASE* (slika 2), ki deluje preko transakcijskega strežnika MTS in ureja dostop do baze podatkov. Poleg tabel s podatki uporablja knjižnica *THX_DATABASE* tudi svoje lastne tabele v katerih hrani zapise o strukturi podatkovnih tabel, uporabnikih, njihovih privilegijih in druge varnostne zapise.

Spreminjanja strukture podatkov (tabel) tako ne moremo več napraviti neposredno na Oracle 10g, pač pa s posebno spletno aplikacijo preko knjižnice *THX_DATABASE*. Glavni razlog za to je arhiv starih verzij zapisov, ki smo ga implementirali znotraj iste tabele (v kateri so tudi sveži podatki). Ta poleg podatkovnih polj vsebuje tudi posebna polja kot so npr.:

- THX_ID,
- THX_VERSION,
- THX_UPDATED,

- THX_DELETED,
- THX_AUTHOR,

ki označujejo ali gre za svež ali star zapis, kdo in kdaj ga je spremenil ali je zapis izbrisan, ipd.

Glavna prednost takšne implementacije je hitrost zapisovanja, ki se nam je zdela pri thorax.6 veliko pomembnejša od hitrosti iskanja. Ta je zaradi izločanja izbranih zapisov in starih verzij nekoliko slabša, vendar je v naših pogojih ob ustrezno prilagojenih indeksih razlika zanemarljiva. Za lažje iskanje ima vsaka tabela tudi svoj pogled *THXVIEW_*, ki vsebuje le zadnje verzije zapisov.

Tako implementirane verzije onemogočajo uporabo običajnih relacijskih povezav med tabelami (foreign key), ki smo jih implementirali preko sprožilcev (trigger).

Knjižnica *THX_DATABASE* ob spremembah strukture samodejno poskrbi za ustvarjanje in spreminjanje posebnih polj, pogledov *THXVIEW_* in implementacijo relacij s sprožilci.

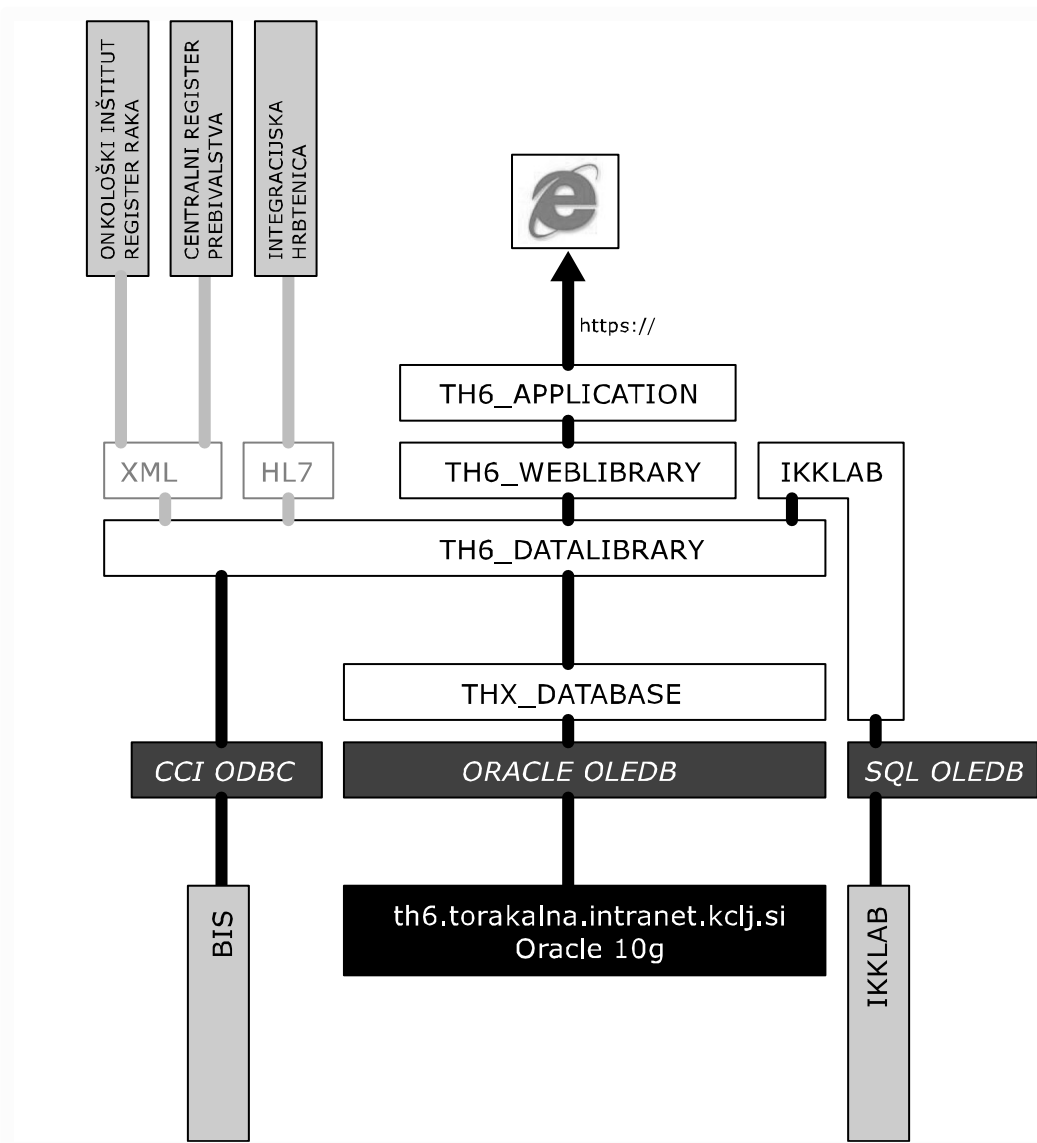
Knjižnica **TH6_DATALIBRARY**

Medicinske podatke smo organizirali v skadu z mednarodnim standardom HL7 v.3 Reference Information Model, dostop do njih pa smo implementirali s knjižnico *TH6_DATALIBRARY*, ki vsebuje celotno procesno zasnovo, v HL7 določene relacije ipd.

Druge knjižnice

Tiskanje vseh izvidov in drugih dokumentov smo implementirali preko Portable Document Format (PDF) s knjižnico DataDynamics Active Reports for .NET 2.0. Tak dokument lahko uporabnik nato bodisi natisne ali pa shrani na drug medij.

Vse grafične prikaze smo implementirali v obliki GIF ali JPEG slik. Za izdelavo grafikonov in osnovne statistične analize smo uporabili Dundas Charts ASP.NET Professional.



Slika 2 Shematski prikaz arhitekture thorax.6. Sivo so obarvane zunanje aplikacije, temno sivo pa programski vmesniki drugih proizvajalcev.

Povezava z ostalimi informacijskimi sistemi

Že v sami zasnovi smo predvideli, da bomo aplikacijo tesno povezali z ostalimi informacijskimi sistemi znotraj bolnišnice in širše ter preko teh povezav dostopali do izvidov drugih diagnostičnih in terapevtskih enot.

Pri tem smo imeli v mislih predvsem povezavo (HL7) z dolgo napovedovano Integracijsko hrbtnico Kliničnega centra, o kateri pa vse do

danes še vedno ni niti sledu. Namesto nje smo zato implementirali nekaj zasilnih nestandardiziranih povezav.

Najprej s centralnim bolnišničnim informacijskim sistemom - BIS. Povezava poteka preko CA (Computer Associates) CCI ODBC vmesnika, ki je zelo neroden, počasen, predvsem pa je naš dostop omejen le na branje. Kljub vsem težavam je ta povezava ključna, saj smo z njo poskrbeli za

ustrezne povezave naših zapisov z BIS, ki ga bo kasneje najbrž zamenjala integracijska hrbtnica.

Povezavo z Inštitutom za Klinično Kemijo - Laboratorij, od koder dobivamo laboratorijske izvide, smo implementirali preko OLE DB, podatke pa prebiramo neposredno iz njihove baze podatkov na strežniku MS SQL.

Izmenjava podatkov o čakalnih listah z Zavodom za zdravstveno zavarovanje Slovenije poteka po njihovem standardiziranem protokolu s tekstovnimi datotekami, ki jih nekajkrat letno zapišemo na fizičen medij in posredujemo po pošti.

Na podoben način komuniciramo tudi z Registrom raka, ki mu v rednih časovnih intervalih poleg papirnatih prijav po novem poskusno pošiljamo tudi elektronske prijavnice v obliki XML.

Tudi komunikacijo s Centralnim registrom prebivalstva (CRP), od koder dobivamo podatke o umrljivosti, smo uredili z ročnim prenašanjem tabel v formatu Excel.

thorax.6

S prvo verzijo thorax.6 smo januarja 2006 nadomestili vse obstoječe aplikacije in njihovo funkcionalnost v preglednejši obliki združili na enem mestu.

Medicinska dokumentacija

Zdravstveno dokumentacijo smo povsem prenovili in predvsem notranje strukturirali izvide, da je kasnejše iskanje po besedilih (text-mining) bolj učinkovito. Velik del izvidov smo strukturirali do te mere, da poleg besedila vsebujejo tudi posebna polja, npr. TNM klasifikacijo tumorjev, številčne vrednosti drugih laboratorijev (spirometrija, tireološki laboratorij, ipd.).

Povsem smo spremenili grafično podobo odpustnic in ambulantnih izvidov, ki so sedaj preglednejši in natisnjeni na barvnem tiskalniku z dvostranskim

tiskanjem. Zdravniki lahko vanje brez prepisovanja vključijo tudi druge izvide (npr. laboratorijske), fotografije, uredili smo naročanje na ambulantne preglede ipd.

Poleg šifrantov MKB10 in avstralske klasifikacije posegov smo vgradili podporo za lasten, drevesno urejen šifrant najpogostejših diagnoz in posegov, ki nam omogoča hitrejši in enostavnejši pregled nad bolniki in opravljenimi posegi. MKB10 in šifrant posegov sta pač urejena za potrebe obračunavanja storitev, zato ponekod bolnike in posege povsem po nepotrebem ločujeta, spet drugod pa neustrezno združujeta.

Čakalne liste na posege

Postopek od prvega ambulantnega pregleda preko čakalne liste do sprejema v bolnišnico, operacije, odpusta in kasnejših kontrolnih pregledov smo spremenili v proces z večimi koraki - eden od njih je tudi čakanje na operacijo.

Poleg diagnoze in vrste posega v čakalni listi spremljamo tudi štiri kategorije nujnosti posega ter predvideni čas trajanja.

Z enostavno statistiko lahko v vsakem trenutku pridemo do točnih podatkov o bolnikih na čakalni listi (število, mediana čakalna doba, realizirana čakalna doba, predvideni datum posega, ipd.) ali pa podatke izvozimo v obliki, ki jo zahteva Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije.

Fotografije in slikovna dokumentacija

Fotografije za kirurga pomenijo pomemben dokaz o opravljenem delu: npr. mestu in izgledu odstranjenega tumorja, kozmetičnem učinku, ipd. Pomemben vir fotografij so tudi endoskopski diagnostični posegi, na podlagi katerih se odločamo o vrsti in obsegu operacije, v prihodnosti pa tudi Radiološki oddelek s sistemom PAX.

Na našem oddelku smo že leta 1999 začeli s sistematičnim fotografiranjem in urejanjem fotoarhiva, ki smo ga takrat implementirali z

ACDSee in shranjevanjem slik v datotečnem sistemu.

Sedaj thorax.6 fotografije shranjuje tako kot vse ostale izvide - povezane z bolnikovimi diagnozami in opravljenimi posegi, kar pomeni da lahko kasneje poleg ključnih besed in besed v opisu pri iskanju uporabimo tudi te.

Fotografije lahko zlahka vključimo v odpustna pisma in ambulantne izvide ter posredujemo drugim zdravnikom.

Načrti

Robustno zasnovani thorax.6 predstavlja močno podlago za enostaven in hiter razvoj novih modulov.

Zdravstvena nega

Področje zdravstvene nege je v medicinskih informacijskih sistemih še vedno precej zapostavljeno, čeprav je število negovalnega osebja običajno nekajkrat večje od števila zdravnikov in bi zato pričakovali, da bo prav zdravstvena nega ustvarjala največ podatkov o procesu zdravljenja.

Oktober 2006 smo dogradili osnovno podporo procesa zdravstvene nege - sprejemni in odpustni zapis zdravstvene nege v elektronski obliki ter spremljanje negovalnih diagnoz po standardu NANDA (North American Nursing Diagnosis Association).

V letu 2007 bomo informatizirali še preostali del procesa zdravstvene nege, to so: načrtovanje nege, spremljanje izvedenih postopkov in posegov ter ocenjevanje rezultatov.

Brezipapirna bolnišnica

Do konca leta 2006 bomo implementirali elektronsko predpisovanje zdravil na oddelku in v naši intenzivni enoti. To pomeni, da bomo na viziti večino opravil lahko opravili s tabličnim

računalnikom, ki bo preko brezžičnega omrežja povezan s strežnikom, negovalno osebje pa bo kasneje elektronsko (z uporabo črtne kode) beležilo tudi podatke o dejanskih odmerkih zdravil.

Elektronsko predpisovanje zdravil nam bo ob vizitah prihranilo precej časa, obenem pa bo standardiziralo predpisovanje, zmanjšalo možnost napak ter omogočilo boljši nadzor nad porabo zdravil.

V prvi polovici leta 2007 bomo temu dodali še podporo elektronskih temperaturnih listov in anestezioloških listov ter tako za približno 90% zmanjšali količino papirja v popisih naših bolnikov, ki bodo s tem postali neprimerno preglednejši - še posebej, ko bomo lahko tudi preostalo papirno dokumentacijo skenirali in hranili v centralnem elektronskem arhivu Kliničnega centra, ki počasi zamenjuje zastarele mikrofилme.

Kdaj bomo zares postali brezpapirna bolnišnica pa je najbolj odvisno od drugih oddelkov in bolnišnic, ki bodo tudi po letu 2007 še ustvarjali papirnate izvide. Najbrž pa se bomo temu cilju s povezavo z integracijsko hrbtenico (ko bo ta implementirana) skoraj povsem približali?

Klinične poti

Klinične poti in standardizacija zdravljenja je tisto, zaradi česar smo sploh začeli z razvojem thorax.6. Na našem oddelku z le štirimi specialisti, opravijo mladi zdravniki (sekundariji in specializanti) pomemben delež opravil, vendar jih moramo pred tem zanj primerno izobraziti in nato ustrezno nadzorovati.

Žal pa mladi zdravniki svoje kroženje pri nas običajno zaključijo ravno takrat, ko smo jih primerno izučili, zato vsakih nekaj mesecev začenjamo znova. Vsem skupaj bi bilo precej lažje, če bi bili določeni standardizirani deli zdravljenja na našem oddelku tudi ustrezno informacijsko podprti, tako da bi mladim zdravnikom pomagali pri odločanju, jih ustrezno usmerjali, specialistom pa omogočali učinkovit nadzor.

To so za nas prave in uporabne klinične poti, ki jih bomo uredili modularno - sestavljali iz manjših kliničnih poti, s čimer si ne bomo olajšali le snovanja ampak tudi kasnejše spreminjanje in prilagajanje. Klinične poti bodo tudi podlaga za spremljanje kakovosti zdravljenja.

Spremljanje kakovosti zdravljenja

Sodobna medicina naj bi temeljila na dokazih (evidence based medicine), vendar pa naše zdravljenje pogosto temelji na dokazih zbranih v drugih okoljih, za katere smo enostavno predpostavili, da držijo tudi pri nas, čeprav za to pogosto nimamo trdnih dokazov. Zelo pogosto ti (tuji) dokazi temeljijo na pomanjkljivo zbranih in neustrezno statistično obdelanih podatkih, ki pa jim vseeno verjamemo, saj boljših dokazov nimamo.

Zato je še toliko bolj pomembno, da tudi sami neprestano zbiramo podatke o zdravljenju, jih obdelujemo in lastne rezultate primerjamo s tujimi. Za verodostojne primerjave pa seveda potrebujemo verodostojne podatke.

Naš oddelek je v projektu Kakovost v zdravstvu (Zdravniška zbornica Slovenije)² postal vzorčni primer za to, kako redno spremljanje kakovosti zmanjša število zapletov - v našem primeru gnojenja v rani po operaciji, ki naj bi se v zadnjih letih zmanjšalo praktično na nič.

Razlog za to pa (žal) ni bilo resnično zmanjšanje števila zagnojenih ran, pač pa spremenjen način zbiranja podatkov: namesto sprotnega zapisovanja ob odpustu bolnika, te podatke od leta 2003 naprej nekaj tednov ali mesecev po odpustu zabeleži naš "Data Manager", ki pravzaprav sploh ne ve kaj je zagnojena rana:

- rana s sekrecijo, ki jo prevezujemo enkrat ali večkrat dnevno?
- rana, ki smo jo zaradi gnojenja ponovno odprli?
- rana iz katere izteka smrdljiv gnoj?

- rana iz katere smo izolirali patogene bakterije?
- rana zaradi katere smo bolniku predpisali antibiotike?
- nekaj od tega ali kar vse?

Pravzaprav tega, kaj je v našem primeru zagnojena rana ne ve nihče.

Do verodostojnih podatkov o številu zagnojenih ran bomo najbrž prišli šele, ko bomo v bazi podatkov namesto polja gnojenje rane (da/ne/neznano), raje hranili podatke o vseh ranah ter vseh z njimi povezanih posegih (preveze, ponovno odprtje rane), mikrobiološke izvide s podatki o izoliranih bakterijah, vsa predpisana zdravila (tudi antibiotike) ter seveda tudi ustrezno definicijo kaj to zagnojena rana v resnici sploh je.

Verodostojne kazalce kakovosti lahko sestavimo le iz verodostojno zbranih, po možnosti tudi navzkrižno preverljivih podatkov. Z nadležnimi formularji, katerih izpolnjevanje si vsakdo predstavlja po svoje, pa tem pogojem le stežka zadostimo.

To je tudi glavni razlog zaradi katerega smo se odločili, da bomo spremljanje kakovosti implementirali šele takrat, ko bomo večino zdravstvene dokumentacije preselili v elektronsko obliko.

Zaključek

Thorax.6 se je v letošnjem letu odlično izkazal in uresničil večino naših želja. Vseeno pa nam do našega cilja - brezpapirne bolnišnice manjka vsaj še 1 - 1.5 milijona znakov C# kode oziroma 2 leti razvoja.

Zahvala

Hvala vsem, ki so verjeli v thorax.6 in sodelovali pri njegovem razvoju, vsi ostali pa ste prav lepo povabljeni k sodelovanju.

Literatura

1. Štupnik T, Vidmar S, Sok M: Biometrično varovanje zdravniškega informacijskega sistema thorax.6. V: Kongres Slovenskega društva za medicinsko informatiko, Zreče, 9.-11. april 2006.
2. Pajntar M, Leskošek B, Verdenik I. Rezultati kakovosti v zdravstvu in njihova dostopnost. V: Kongres Slovenskega društva za medicinsko informatiko, Zreče, 9.-11. april 2006. *Zdravje na informacijski poti : zbornik kongresa Slovenskega društva za medicinsko informatiko, Zreče, 9.-11. april 2006.* Ljubljana: Slovensko društvo za medicinsko informatiko, 2006, str. 54-58.

Izvorni znanstveni članek ■

Spletni informacijski sistem za podporo projektu Eurethnet

Web Based Information System for the Eurethnet Project Support

Jure Dimec, Branimir Leskošek

Izvleček. V članku predstavljamo podatkovno zbirko in spletno aplikacijo za vnos bibliografskih podatkov, ki smo ju na Inštitutu za biomedicinsko informatiko razvili za partnerje projekta Eurethnet, ki prihajajo iz držav, novih članic EU. Pri razvoju smo se osredotočili predvsem na izmenljivost podatkov z drugimi zbirkami projekta, podporo vsem evropskim naborom znakov, minimalizacijo obremenitev omrežja in zagotavljanje varnosti. Za razvoj sistema je bil na voljo izredno kratek čas, kar smo reševali z lastno programsko opremo za avtomatsko generiranje aplikacij.

Abstract. The paper presents a database and a web-based application for bibliographic data entry, which was developed at the Institute for Biomedical Informatics for Eurethnet project partners from EU New Member States. The development was focused mainly on records compatibility with other Eurethnet databases, support for all European character sets, minimalisation of network traffic, and security issues. The time window available for system development was very small and this problem was solved with our own software for automatic application generation.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 12-23

Institucija avtorjev: Inštitut za biomedicinsko informatiko
Medicinske fakultete v Ljubljani.

Kontaktna oseba: Jure Dimec, Inštitut za biomedicinsko
informatiko, Medicinska fakulteta, Vrazov trg 2, 1000
Ljubljana. email: jure.dimec@mf.uni-lj.si.

Uvod

Razmislek o etičnih posledicah raziskovalnega in strokovnega dela v vedah o živi naravi postaja vedno pomembnejši, raste pa tudi število dokumentov, prevsem raziskovalnih in zakonodajnih, ki se ukvarjajo s to tematiko. Videti pa je, da informacijska orodja, ki nudijo dostop do teh dokumentov, svoje naloge ne opravljajo dovolj dobro. H. Fangerau je v svoji študiji¹ pokazal, da so članki v revijah s področja medicinske etike zelo razpršeni v različnih bibliografskih zbirkah. Te zbirke je razvrstil z ozirom na pokrivanje medicinske etike in deset najvišje uvrščenih zbirk je skupaj pokrivalo le 45,2% revij s tega področja. Lahko bi ugovarjali, da najpomembnejše zbirke, denimo Medline, vključujejo le najkvalitetnejše revije, vendar pa ima področje etike nekatere posebnosti, ki sicer ne veljajo za večino drugih področij medicinskih in sorodnih ved. Za dobro informiranost in ustrezno odločanje niso pomembni samo raziskovalni članki, ampak, vsaj toliko, tudi drugi viri – članki, ki odsevajo odnos lokalne javnosti in politike do etične problematike, zakonodajna besedila in podobno, skratka viri, ki jih ne najdemo v najodmevnejših znanstvenih revijah. Že dolgo je znana določena pristranskost največjih bibliografskih zbirk v prid severnoameriškim revijam, situacija pa je nedvomno še bolj pereča, če gre za revije, ki izhajajo v državah, novih članicah EU (New Member States, NMS), zlasti če so besedila v ne-angleških jezikih.

Mednarodna mreža Eurethnet² in projekt z istim imenom sta bila ustanovljena z namenom, "da se poveča zavedanje evropske javnosti o bioetičnih problemih in pospešuje mednacionalni in medkulturni dialog" ter poveča vidnost dokumentov, ki opisujejo dosežke bioetičnih prizadevanj v evropskih okvirih.³ Projekt, ki ga je koordiniral Oddelek za medicinsko etiko in zgodovino medicine Univerze v Goetingenu, je, v okviru programa Quality of Life and Management of Living Resources 5. okvirnega programa, financirala Evropska Unija. Prvotni projektni konzorcij je sestavljalo 18 partnerjev iz 9 držav EU.

Delo se je osredotočalo na 6 glavnih sklopov: zbirki Euroethics in Endebit, informacijske produkte z dodano vrednostjo, tezaver TELS, dokumentacijske standarde in internetni portal.

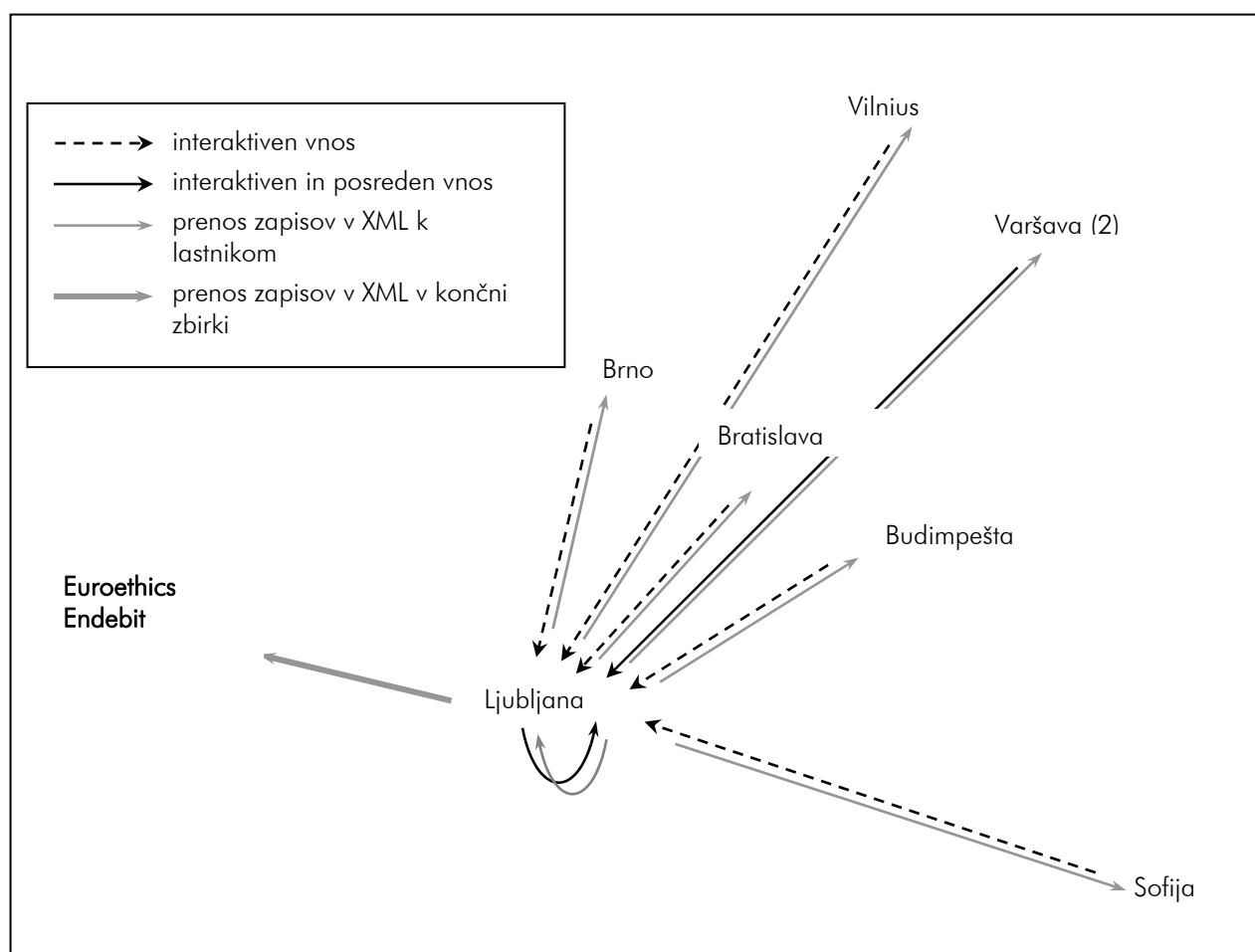
Euroethics in Endebit sta bibliografski zbirki, ki pokrivata evropsko produkcijo dokumentov s področja bioetike. Gradnja zbirke Euroethics,⁴ ki vključuje podatke o dokumentih s področja medicinske etike, se navezuje na rezultate projekta Euroethics Health Network, ki ga je financirala EU v okviru programa BIOMED-2 (1996 – 1999). Euroethics gradi in vzdržuje Univerzitetna knjižnica švedskega inštituta Karolinska (KIB), bibliografski zapisi pa izvirajo iz različnih nacionalnih zbirk partnerjev projekta Eurethnet. Zbirka Endebit⁵ vključuje opise dokumentov s področja biotehnologije, nastaja na podoben način, gradi pa jo Medoddelčni center za etiko v naravoslovju in humanistiki Univerze v Tuebingenu (IZEW), Nemčija. Obstaja tudi iskalnik⁶, ki omogoča poizvedovanje po obeh zbirkah hkrati. Informacijske produkte z dodano vrednostjo, naprimer izbrane bibliografije o aktualnih temah in sezname spletnih kazalcev na dokumente s področja etike, prispevajo različni projektne partnerji v okviru Eurethnet. Pomemben rezultat tega projekta je tudi tezaver TELS⁷ (Thesaurus Ethics in Life Sciences), ki je v rabi za opisovanje vsebine dokumentov v Eurethnet in Endebit, njegov razvoj pa vodi Nemški referenčni center za etiko v znanostih o živi naravi.

Leta 2003 se je pridružilo projektному konzorciju Eurethnet osem partnerjev iz držav NMS ter Bolgarije. Za sodelovanje teh institucij pri gradnji zbirk Euroethics in Endebit je bila predvidena ista metodologija, kot je veljala za stare članice – identifikacija nacionalnih bibliografskih zbirk oziroma knjižničnih katalogov z bioetično vsebino, izvažanje relevantnih zapisov skupaj z opisi njihove strukture, pošiljanje skrbnikom zbirk Euroethics in Endebit, preformatiranje v formate teh zbirk in nalaganje vanje. Vendar pa je sčasoma postalo jasno, da pri partnerjih iz NMS (z izjemo Slovenije in deloma Poljske) ni na voljo ustreznih zbirk ali katalogov. Časa je zmanjkovalo, ker je bil zaključek projekta sprva predviden za konec l.

2004, brez podatkov iz NMS pa njegov cilj ne bi bil dosežen in financiranje ustavljeno. Analizirane so bile različne možnosti za izhod iz te krize. Partnerji iz NMS so bili pripravljene na gradnjo novih lokalnih zbirk, a niso imeli na voljo ustrezne programske opreme, sredstva za nakup pa v projektu niso bila predvidena. Opravljene so bile analize ustreznosti cenovno dostopne programske opreme za gradnjo osebnih bibliografskih zbirk, vendar na tržišču ni take, ki bi ustrezala vsem zahtevam projekta (prilagodljive strukture,

podpora različnim naborom znakov, možnost vključevanja tezavrov...).

Spomladi 2004 je bila sprejeta pobuda Inštituta za biomedicinsko informatiko Medicinske fakultete v Ljubljani (IBMI) in slovenske Komisije za medicinsko etiko o razvoju centralizirane zbirke in ustrezne aplikacije, ki bi omogočala partnerjem z NMS omrežni vnos podatkov. Odločeno je bilo, da se pri tem uporabi odprtokodna programska oprema in spletna tehnologija. Razvoj zbirke in aplikacije je bil zaupan strokovnjakom IBMI.



Slika 1 Povezanost partnerjev v sistemu. Vsi centri vnašajo podatke online, dva (ljubljski in eden od poljskih) pa tudi z izvažanjem iz svojih zbirk. Dokončani zapisi se pretakajo v zbirki Euroethics in Endebit ter, na željo, v centre, ki so jih vnesli.

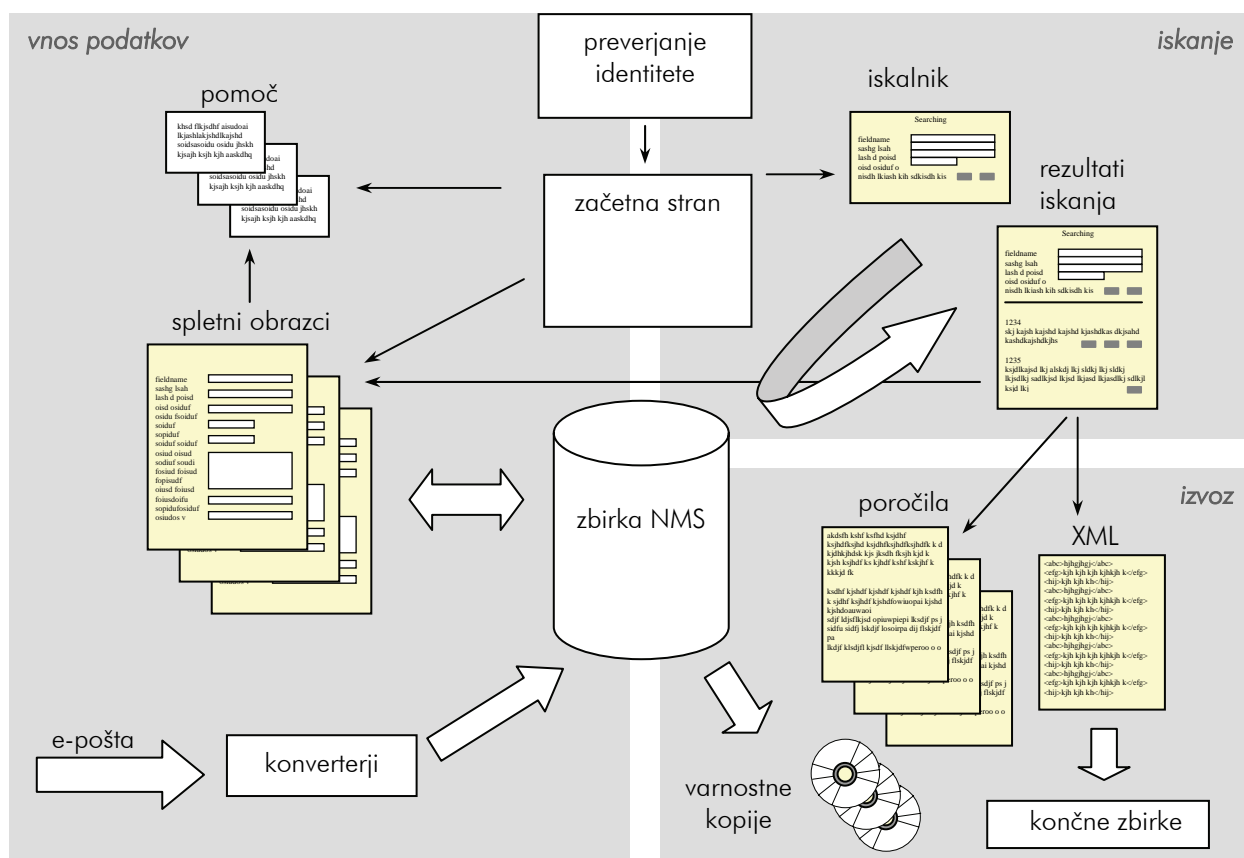
Metodologija in opis sistema

Sistem, ki ga opisujemo, sodi v mrežo zbirke projekta Eurethnet, ki predstavljajo vseevropsko shrambo bibliografskih zapisov o dokumentih s področij medicinske in biotehnoške etike.

Gradnja zbirke Euroethics in Endebit poteka v dobro definiranem in urejenem okolju, ki vključuje zbiranje zapisov iz obstoječih nacionalnih zbirke, do neke mere drugačna situacija v NMS pa zahteva drugačen pristop. Zbirka in aplikacija za vnos iz NMS služi kot vmesna postaja med avtorji zapisov, ki so običajno zdravniki, vpleteni v odločanje o etičnih problemih in končnima zbirkami Euroethics in Endebit.

Slika 1 prikazuje splošno strukturo sistema za zbiranje podatkov. Vpletenih je devet institucij: IBMI, Ljubljana, kot avtor aplikacije in gostitelj

zbirke (v nadaljevanju imenovane zbirka NMS), KIB in IZEW kot gostitelja zbirke Euroethics in Endebit in šest centrov, aktivnih na različnih področjih bioetike, ki prispevajo bibliografske zapise. Štirje od šestih centrov vnašajo podatke le z uporabo interaktivnih funkcij (vnos "online"), dva centra (Ljubljana in Varšava) pa pretakata tudi podatke iz njihovih lokalnih zbirke. V tem primeru se izvoženi podatki preformatirajo z uporabo posrednih funkcij aplikacije in vključijo v zbirko NMS. Občasno se zapisi iz zbirke NMS izvozijo v formatu XML in pošljejo v Euroethics ali v Endebit ali v obe zbirki. Pošiljajo se le zapisi, ki imajo izpolnjena vsa obvezna polja. Če pride do spremembe v že poslanem zapisu, se ta ponovno pošlje v ciljno zbirko, kjer nadomesti prejšnjo verzijo. Tudi partnerji iz NMS si lahko pretočijo iz zbirke zapise, ki so jih prispevali, v formatu XML.



Slika 2 Shematski prikaz funkcij sistema. Enostavne puščice predstavljajo možna dejanja uporabnikov, široke puščice pa tok podatkov.

Odločitev o gradnji zbirke, centralizirane z vidika partnerjev iz NMS, ima nekatere dobre posledice. Zapisi so, neglede na izvor, že ob nastanku oblikovani v skladu s standardnim formatom, ki je v rabi v projektu Eurethnet, s čemer smo se izognili izgubi informacij, ki je zelo pogosta pri pretvorbah med formati. Težave s prilagoditvijo na različne nabore znakov, ki so v rabi v Evropi, morajo biti rešene le enkrat, da ne omenjamo enostavnejšega zagotavljanja varnosti, vključno z varnostnimi kopijami podatkov. Posledice uporabe spleta kot infrastrukture so dvojne – dobre in malo manj dobre. Ker so vsi programi, ki izvajajo logiko aplikacije, nameščeni na strežniku, ali pa se sproti prenašajo s spletnimi obrazci, odpade potreba po nameščanju odjemalske programske opreme, partnerji iz NMS pa so osvobojeni skrbi za tehnične detalje. Njihove računalniške potrebe so skromne – ustreza vsak PC s spletnim brskalnikom. Zbiranje besedil z različnimi nabori znakov ali celo v različnih pisavah je (teoretično) enostavno vsaj v fazi vnašanja podatkov, ker vsi najbolj razširjeni brskalniki podpirajo standard Unicode. Po drugi strani pa pride do izraza dokajšna okornost spletnega uporabniškega vmesnika, ta pa je posledica omejitev, ki jih postavljata HTTP in HTML. Aplikacija, ki komunicira z uporabnikom preko spleta, ima omejen dostop do njegovih računalniških virov, kot so pomnilnik, procesorska moč in prostor na disku. Vsa programska koda, potrebna za delovanje aplikacije, mora biti vključena v spletno stran, zato je potreben za vsako uporabnikovo intervencijo obsežen prenos podatkov in programov, ki manipulirajo s podatki.

Po izčrpni analizi situacije smo identificirali nekaj osnovnih zahtev, ki jim mora zadostiti sistem:

1. Biti mora uporaben tudi pri počasnih povezavah in z uporabo katerekoli računalniške platforme, sposobne spletne komunikacije.
2. Zapisi morajo biti neposredno združljivi z ostalimi relevantnimi bibliografskimi zbirkami, ki nastajajo v okviru projekta Eurethnet.
3. Uporabniški vmesnik mora biti enostaven in intuitivno jasen.
4. Vse funkcije, ki imajo opravka z besedili, morajo podpirati vse nabore znakov različnih evropskih jezikov.
5. Varnostna politika mora urejati dostop do zbirke, prenos podatkov in preprečevati nehotene poškodbe podatkov.
6. Institucije, ki prispevajo podatke, ostajajo njihovi lastniki in morajo imeti možnost njihovega izvoza v standardnem formatu.
7. Uvažanje zapisov v drugih, dobro definiranih formatih, mora biti omogočeno.
8. S istem mora biti dovolj enostaven, da bo operativen v zelo kratkem času.

V članku opisujemo, kako smo zadostili navedenim zahtevam.

Na sliki 2 so prikazane tri skupine funkcij, ki omogočajo v sistemu vnos in popraviljanje, iskanje in izvoz podatkov. Običajen način vnosa bibliografskih zapisov je s pomočjo spletnih obrazcev, dodatno možnost pa nudi fleksibilen program za konverzije, ki zapise, poslane na IBMI v nekem drugem formatu, preoblikuje v format zbirke NMS in jih vključi vanjo. Obrazci za iskanje pomagajo pri izbiranju zapisov ali skupin zapisov, ki zahtevajo uporabnikovo pozornost, najsibo to popraviljanje, izdelavo izpisov ali izvažanje. Moduli za izvažanje, poleg različnih oblik izpisov, nudijo izdelavo varnostnih kopij in izvažanje podatkov v formatu XML, tako podmnožice, ki jo je kreiral posamezen partner in jo izvaža za svojo lokalno rabo, ali podmnožice, ki se prenaša v končni zbirki.

Zbirke, ki nastajajo v konzorciju Eurethnet, so v osnovi bibliografske, vendar zaradi namena projekta, da informira o etičnih temah, ki se pojavljajo v vseh plasteh javnosti, vključujejo tudi podatke, ki se pojavljajo v ne-znanstvenih medijih. Posebno zanimive informacije lahko izvirajo iz dnevnega časopisja ali v zakonodajnih aktih. S tem

v mislih standardi projekta definirajo (naša aplikacija pa implementira) širši nabor tipov dokumentov, kot je to običajno za bibliografske zbirke. Med t.i. sekundarnimi tipi, ki natančneje definirajo tip dokumenta, so, med drugim:

odločitev sodišča, predpis, zakon in parlamentarna publikacija. Dostopnost takih dokumentov, če niso v e-obliki, je pogosto otežkočena, zato v takem primeru zapisi vsebujejo tudi podatke o lokalni dostopnosti.

https://unimed.mf.uni-lj.si - Book chapter, conference paper (analytic) - Mozilla Firefox

Book chapter, conference paper (analytic)

creator: tone NMEC-RS
creation date: 25-10-2004
document ID: 511
updated 18-07-2005

Author *	<input type="button" value="delete"/>	Trontelj JV
Author's type *		author
Author's affiliation		SPS Nevrološka klinika, Klinični oddelek za nevrofiziologijo, Klinični center Ljubljana
Author's email		joze.trontelj@
Ordinal position of author *		1

Author *	<input type="button" value="delete"/>	Rees D
Author's type *		author
Author's affiliation		- choose one -
Author's email		corpor. author
Ordinal position of author *		2

Author *		
Author's type *		- choose one -
Author's affiliation		
Author's email		
Ordinal position of author *		

Done unimed.mf.uni-lj.si

Slika 3 Spletni obrazec za zbiranje podatkov o avtorstvu. Isti obrazec je v rabi za različne tipe avtorstva.

Delovanje sistema v neugodnih pogojih

Razvoj sistema je temeljil na pričakovanju, da ga uporabniki ne bodo uporabljali v širokopasovno povezanih računalniških centrih, temveč na svojih delovnih mestih. Ker so ta večinoma v okoljih,

kjer stanje računalniških povezav še vedno zaostaja za zahodnoevropskimi standardi, je bila naša osnovna skrb namenjena minimalizaciji količine podatkov, ki se prenašajo po omrežju med vnosom ali popravljanjem podatkov. Odločili smo se, da na uporabnikovi strani uporabimo le standardne, računalniško nezahtevne rešitve iz

arzenala spletnega programiranja, brez slik, animacij ali apletov.

Zbiranje podatkov s spletnimi obrazci lahko zelo obremeni omrežno infrastrukturo. Vsaka izmenjava spletnega obrazca, neglede na to, ali obrazec pošljamo, ali sprejemamo, povzroči prenos vseh opisov polj, programskih vključkov in morebitnih podatkov, ki so že vnešeni v ta polja. Struktura bibliografskega zapisa zbirke NMS je kompleksna, z velikim številom polj in številna med njimi je treba kontrolirati glede pravilnosti vnosa. Kompletna struktura z vsemi polji vključenimi v en sam obrazec, ki bi se prenašala ob vnosu ali pregledovanju enote podatkov, bi verjetno povzročala nesprejemljivo obremenitev omrežja, zato jo je bilo treba razdeliti na večje število obrazcev, prijaznejših do omrežja. Osnovi za delitev sta bili dve – dokumentacijska pravila, določena v projektu in tendenca nekaterih polj, da nastopajo skupaj. Dokumentacijska pravila razlikujejo med sedmimi tipi dokumentov, zanimivimi za etično srenjo. Obrazci za vnos so sledili posebnostim teh tipov, kar je že občutno zmanjšalo število polj v vsakem od njih (v zapisu o članku v reviji, naprimer, nista potrebni polji naslov knjige in ISBN).

Podatki, ki sodijo v nekatere skupine polj, se pojavljajo v vsakem dokumentu, neglede na njegov tip, in jih je, v skladu z njihovo naravo, najlažje organizirati kot samostojne entitete v zbirki. Taki podatki opisujejo avtorstvo in opis vsebine. V skladu z zmanjševanjem omrežnega prometa smo te podatke zbirali v ločenih obrazcih. Slika 3 prikazuje obrazec za zbiranje podatkov o avtorstvu dokumentov. O vsakem avtorju smo zbirali več, kot samo njihova imena, zato je bil potreben spletni obrazec s ponovljivimi polji. Programi, ki generirajo obrazce, ne poznajo vnaprej števila avtorjev in s tem števila zapisov, ki jih morajo pripraviti za nek dokument, zato je bil izhod v iterativnem oblikovanju obrazca. Vsakič, ko se tak obrazec pošlje spletnemu brskalniku, je v njem prostor za podatke o novem avtorju. Ko so ti podatki vnešeni in poslani strežniku, se obrazec oblikuje na novo, spet s praznimi polji za

naslednjega avtorja. Različne tipe avtorstva, ki jih predvidevajo dokumentacijski standardi, zbiramo z istim obrazcem, ob vključevanju v zbirko pa se podatki shranijo v različna polja.

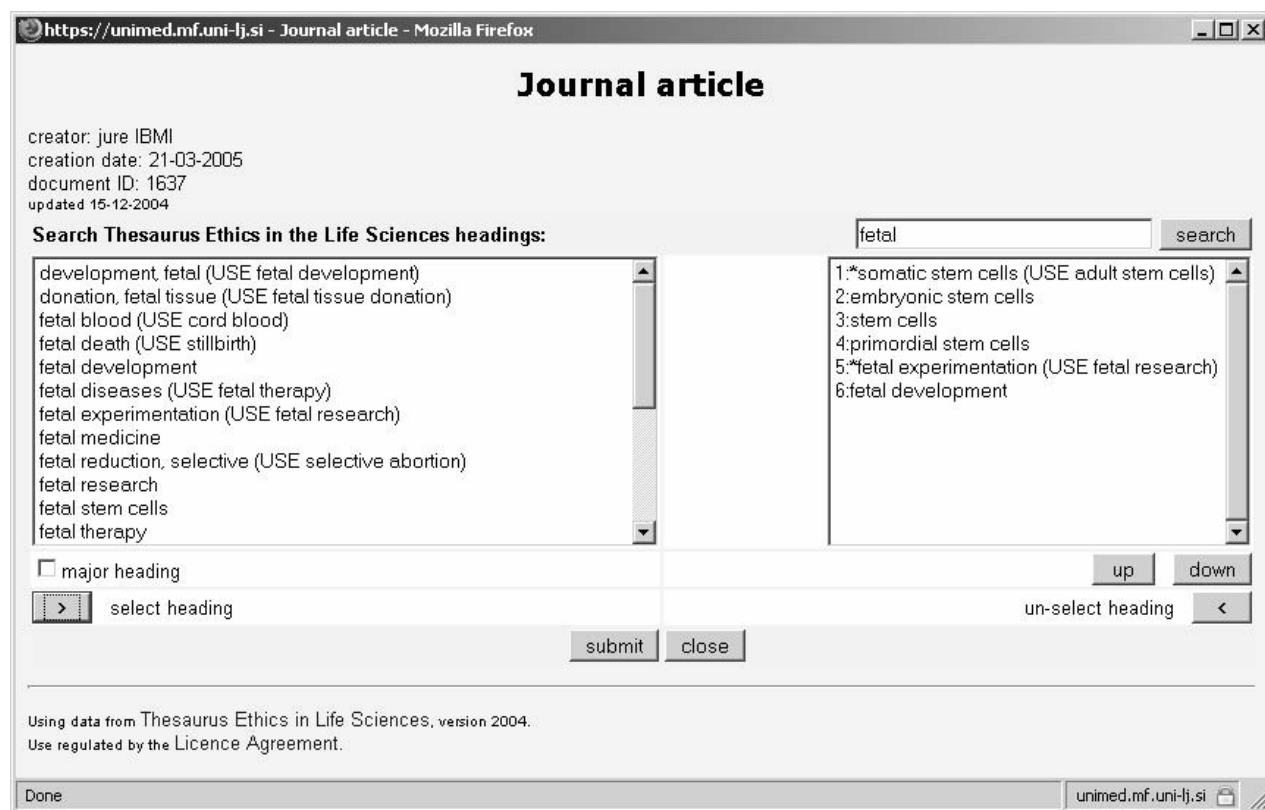
Podobno načelo samostojnih obrazcev smo uporabili za vse tri tipe polj vsebinskega opisa dokumentov. Dokumentacijski standardi definirajo 7 tipov nekontroliranih izrazov, ki pa jih je, na srečo, mogoče zbirati z istim spletnim obrazcem in razpršiti med polji zapisa ob vključevanju v zbirko. Način opisovanja vsebine dokumentov s kontroliranimi izrazi, deskriptorji, je opisan drugje v tem članku.

Vrstni red, v katerem so za neki dokument vnešeni zapisi o avtorjih, je pomemben in ga je treba ohraniti. Načela relacijskega modela ne zagotavljajo, da bodo vsakič priklicani v istem zaporedju, zato ima vsak zapis o avtorju dodatno polje, ki beleži mesto tega avtorja v dokumentu.

Tezavri

Dokumentacijski standardi projekta Eurethnet zahtevajo tri tipe polj vsebinskega opisa – t.i. nekontrolirane izraze, deskriptorje iz tezavra MeSH⁸ in deskriptorje iz tezavra Ethics in Life Sciences (TELS), ki so tudi obvezni za vsak zapis. Oba tezavra, MeSH in TELS, sta v rabi v zbirkah projekta, vključno z zbirko NMS.

Želeli smo olajšati izbiranje deskriptorjev in istočasno zmanjšati možnost vnašanja napak v zbirko, zato se nam je zdelo zelo pomembno vključiti e-obliki obeh tezavrov v aplikacijo za vnos bibliografskih podatkov. V skladu z načelom popolne prenosljivosti in neodvisnosti od uporabnikove računalniške opreme smo opustili možnost nameščanja tezavrov na uporabniški strani. Spletna tehnologija ne omogoča začasnih namestitev, zato je bil edini izhod iz zagate namestitev in uporaba tezavrov na strežniku aplikacije. Oba spletna obrazca, namenjena izbiranju deskriptorjev, sta podobna, slika 4 pa prikazuje tistega, ki je namenjen rabi tezavra TELS.



Slika 4 Po iskanju z nizom 'cells' so bili izbrani štiri deskriptorji iz tezavra TELS, dva pa po naslednjem iskanju z nizom 'fetal'. Izraza #1 in #5 sta sinonima ustreznih deskriptorjev, v katere bosta avtomatsko prevedena ob vključevanju v zbirko.

Obrazec sestavljajo iskalno okno, dve okni za izbiranje deskriptorjev in nekaj gumbov. Prenašanje celotnega tezavra TELS ob vsakem odpiranju obrazca za indeksiranje bi bilo zelo nepraktično in potratno. Uporabnik najprej vnese v iskalno okno niz, za katerega meni, da je vsebovan v deskriptorju ali deskriptorjih, ki dobro opisujejo vsebino indeksiranega dokumenta, sproži iskanje in le podмноžica teh deskriptorjev se prenese s strežnika v levo okno. Uporabnik v njem izbere tiste, ki ustrezajo in jih z gumbom [>] prenese v desno okno. Iskanje poteka tudi po sinonimih deskriptorjev. Če uporabnik v levem oknu izbere sinonim, se ta prevede v prednostni izraz. Tako bo izraz #1 na sliki 4 – 'somatic stem cells (USE adult stem cells)' shranjen v zbirki kot 'adult stem cells'.

Vključevanje besedil v nacionalnih naborih znakov

Uporabnost Eurethnetovih zbirk temelji tudi na njihovi večnacionalni naravi, ki pa prinaša zaplete, povezane s shranjevanjem podatkov, zapisanih z različnimi nacionalnimi nabori znakov v rabi v partnerskih institucijah. Težave z nabori znakov niso pereče v zbirkah, kakršna je Medline, ki organizirajo podatke o člankih z angleščino kot prevladujočim jezikom znanstvene komunikacije, v našem primeru pa so bile. Da bi omogočili doseganje osrednjega cilja bibliografskih zbirk projekta Eurethnet – nudenje karseda širokega vpogleda v etični diskurz – je bilo neizbežno vključevanje pomembnih delov bibliografskih zapisov, zapisanih v ne-ASCII naborih znakov. Poleg polstandardnih Microsoftovih kodnih strani obstajajo različni standardni nabori, v rabi v zahodnoevropskih, srednjeevropskih in baltskih

državah, vpletenih v Eurethnet. Običajni nabori znakov v teh okoljih sodijo v družino ISO 8859 (npr. ISO 8859-1 v rabi v Zahodni Evropi, ISO 8859-2 v Srednji Evropi), vendar pa se opisi teh naborov prekrivajo – iste identifikacije znakov predstavljajo različne znake pri različnih predstavnikih družine ISO 8859. Kmalu je postalo jasno, da mora aplikacija za vnos in zbirka NMS podpirati tak nabor znakov, ki velja za vse evropske države in istočasno ne predstavlja nepremagljive ovire za skrbnike zbirk Euroethics in Endebit, ki so do sedaj vključevale le podatke, zapisane v ASCII. Očiten izbor je standard Unicode,⁹ natančneje verzija UTF-8. Lastnost UTF-8, da pokriva vse nacionalne nabore, a istočasno ohranja identifikacije znakov, ki sodijo v standard ASCII ter je zato neposredno združljiva z njim, je bila še posebno dobrodošla. To dejstvo je precej olajšalo nadgradnjo zbirk Euroethics in Endebit, da so lahko začele vključevati tudi zapise iz NMS.

UTF-8 podpirajo novejšje verzije številnih programov, namenjenih procesiranju besedil, vključno s spletnimi brskalniki, spletnimi strežniki, gonilniki podatkovnih zbirk in sistemi za upravljanje s podatki. Programska okolja, ki smo jih uporabljali pri razvoju aplikacije, so bila izbrana s to lastnostjo v mislih.

Kontrola podatkov in zagotavljanje varnosti

Za zagotavljanje minimalizacije omrežnega prometa je zelo pomembno odkrivanje čimvečjega deleža napak že na odjemalski strani, s čemer se izognemo nepotrebni izmenjavi okvarjenih podatkov in diagnoz o napakah. Obrazci za vnos so že oblikovani tako, da zmanjšujejo možnost vnašanja napak. Na višjem nivoju aplikacijska logika zmanjšuje možnost hotenih ali nehotenih destruktivnih dejanj na podatkih, ki so že vnešeni v zbirko in možnost razkritja podatkov.

Podatke, vnešene v spletne obrazce, programsko preverjamo večinoma na uporabnikovi strani, takoj po uporabnikovi zahtevi za shranjevanje in pred dejanskim prenosom. Bilo bi bolj v skladu z

varnostnimi priporočili, če bi vpeljali še drugo kontrolo na strežniški strani pred vključevanjem podatkov v zbirko. Z njo bi preprečili posledice morebitnega prestrezanja in namernega poškodovanja podatkov, vendar pa smo prepričani, da je zelo malo verjetno, da bi bile, ob uporabi protokola HTTPS in kodiranju podatkov, take poškodbe neopažene in podatkov ne bi zavrnili postopki preverjanja, ki jih opravlja sama podatkovna zbirka.

Preverjanje podatkov opravljajo programski vključki v jeziku JavaScript, ki so del spletnih obrazcev. Preverjajo prisotnost podatkov v obveznih poljih, znake v poljih z omejenim naborom (npr. numeričnih) in obliko podatkov v poljih, za katera je predviden standarden format (npr. datumi, številke ISSN, e-poštni naslovi, URL-ji...). Kadarkoli so vnaprej znane vse možne vrednosti nekega polja, se potreba po kontroli zmanjša z uporabo standardnih elementov, kot so izbirni gumbi (radio buttons), potrdilna polja (checkboxes) in padajoči sezname (pull-down lists). Potrdilna polja smo uporabili celo v primeru, ko je imelo polje 45 možnih vrednosti (sekundarni tip dokumenta), s čemer je nastalo obsežno področje z izbirami, ki je delno vidno na sliki 5. Izkušnje so nam pokazale, da je tak način, še posebno, če je možnih več izbir, zelo pregleden, in časovni prihranek pri uporabi odtehta večjo porabo prostora. Za polja z mnogimi možnimi vrednostmi, denimo deskriptorji iz tezavra, smo razvili posebne rešitve, ki so predstavljene v ustreznem poglavju.

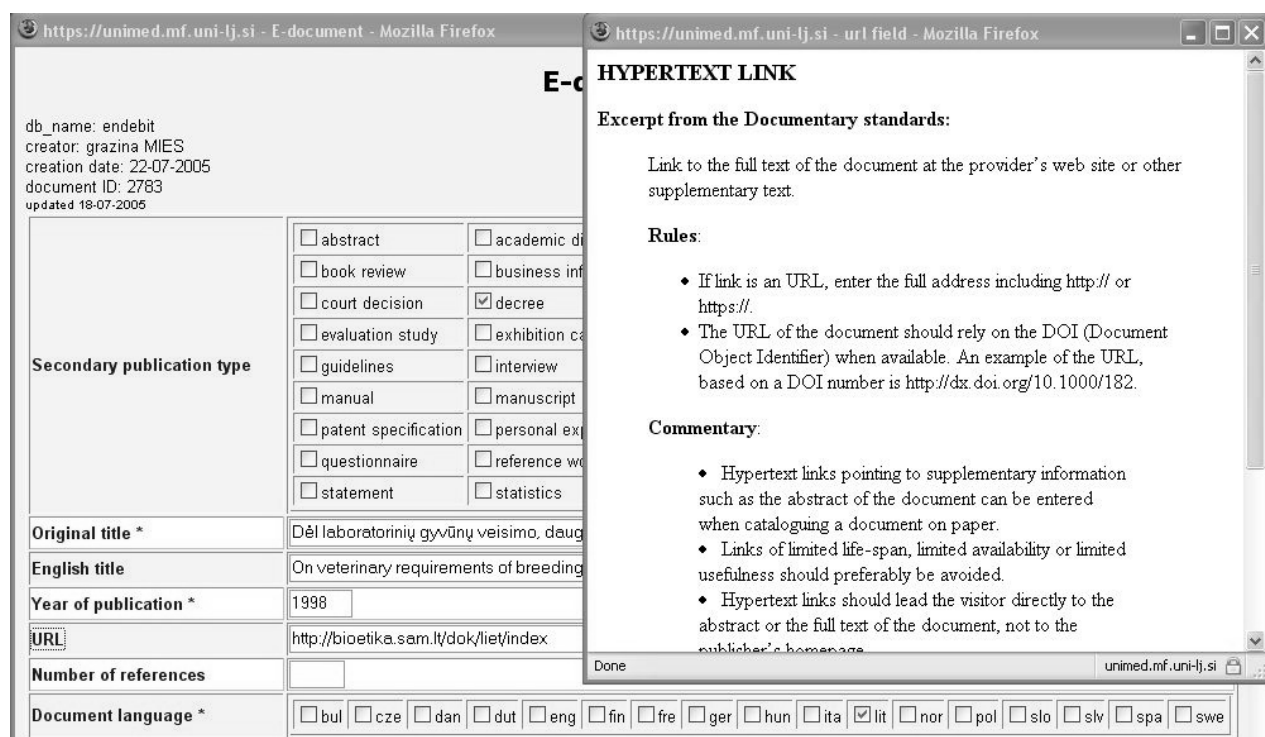
Dostop do vseh funkcij sistema, razen do uporabe priročnika, je dovoljen le registriranim uporabnikom, promet med odjemalci in strežnikom pa je kodiran z 128-bitnim protokolom SSL. Vsak uporabnik se identificira z uporabniškim imenom in geslom, vsa njegova dejanja pa se beležijo. Bibliografski podatki v zbirki so vidni vsem uporabnikom, dovoljenja za popravljanje in druge potencialno destruktivne funkcije pa imajo le uporabniki iz partnerskega centra, ki je prispeval zapis. Isto načelo velja za izvažanje zapisov – uporabniki si lahko pretočijo samo tiste zapise,

označene v jeziku XML, ki jih je prispeval nekdo iz njihovega centra.

Iskanje

Pomemben del aplikacije je vmesnik, ki omogoča iskanje in izdelovanje izpisov. Iskalni vmesnik ne poskuša biti klasični iskalnik po bibliografski zbirki, ampak orodje, ki pomaga uporabnikom pri izboru zapisov, ki jih je treba na nek način spremeniti. Iskalna polja, prisotna v vmesniku, so bila izbrana s to funkcijo v mislih. Uporabnik lahko opravi selekcijo na osnovi intervala identifikacij, imena zbirke, ki ji je namenjen zapis, primarnega tipa

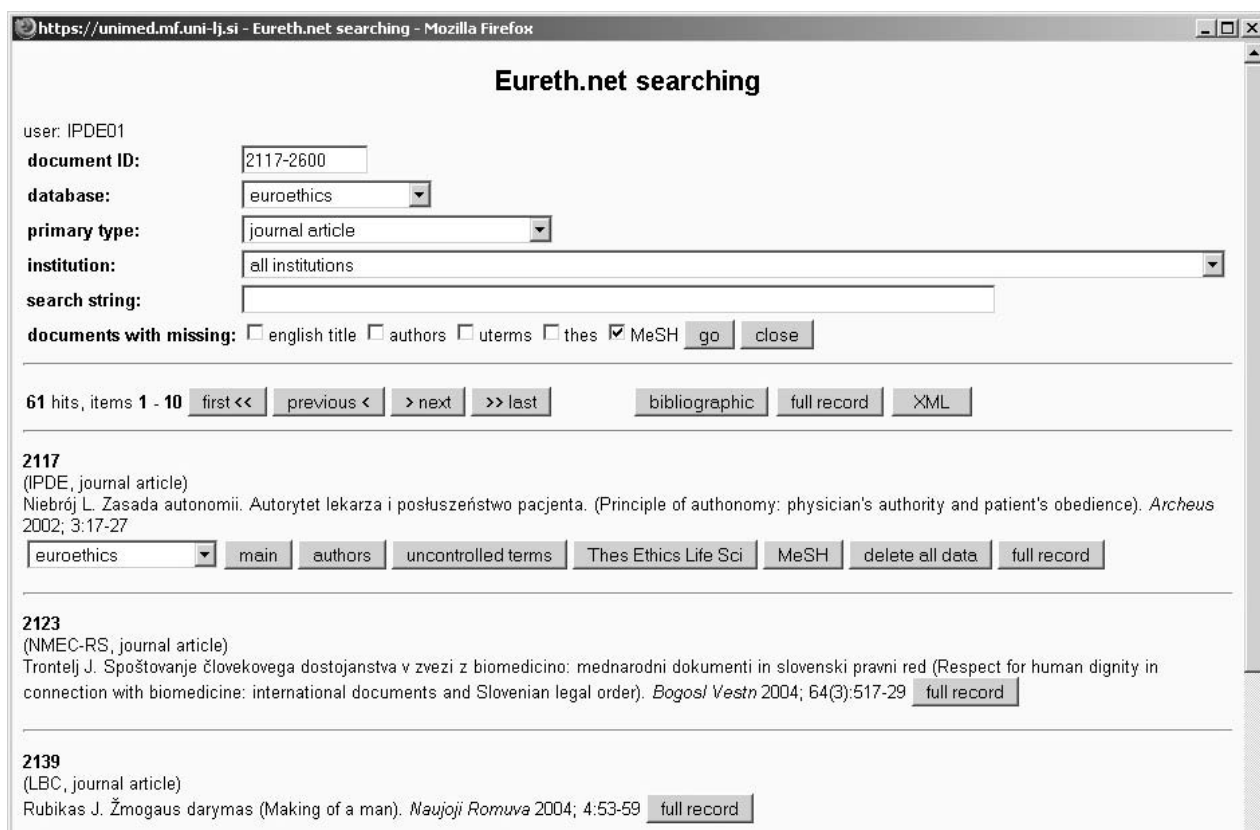
dokumenta, imena institucije, ki je zapise prispevala, ali z iskanjem po besedah v vseh besedilnih poljih. Vrstica potrdilnih polj, naslovljena 'documents with missing:' ima vlogo bližnjice do zapisov, ki jim manjkajo vrednosti v enem ali več pomembnih polj. Ta možnost je praktična, ker lajša delitev nalog pri vnosu podatkov. Ena oseba lahko vnese osnovne podatke o dokumentih, nekdo drug pa enostavno izbere ustrezno podmnožico zapisov in jih indeksira. Slika 6 prikazuje iskalni vmesnik, v katerem je uporabnik kombiniral iskalne kriterije, s katerimi je izbral zapise o člankih z ID-ji med 2117 in 2600, namenjene v zbirko Euroethics in še ne indeksirane z deskriptorji MeSH.



Slika 5 Okno za pomoč uporabnikom z navodili za vnos hipertekstnih kazalcev. Navodila so na voljo za vsako polje vsakega spletnega obrazca, okno na sliki pa se je odprlo po kliku na ime polja URL.

Med poiskanimi zapisi na sliki 6 imajo nekateri gumbje, ki priključijo obrazce za editiranje, drugi pa ne, odločitev za to pa je osnovana na pripadnosti iskalca. Oseba, ki je prispevala zapis #2117 in

iskalec prihajata iz iste institucije, zato ima iskalec pravico spreminjati podatke v tem zapisu, ne pa v zapisih #2123 in #2139, ki si jih lahko le ogleda s pritiskom na gumb [full record].



Slika 6 Iskalni vmesnik, namenjen izbiri zapisov, ki zahtevajo spreminjanje. Od poiskanih zapisov sme uporabnik IPDED1 spreminjati le zapis #2117, ki ga je vnesel nekdo iz njegovega centra.

Dodatna naloga iskalnega vmesnika je izdelava izpisov, neobremenjenih z gumbi za editiranje. Za uporabnike je posebno pomembna možnost izvažanja zapisov, označenih z XML. Medtem, ko izpisi referenc ali polnih zapisov (dostopni z gumboma [bibliographic] in [full record]) delujejo na vsej množici zadetkov iskanja (ali celi zbirki, če je bilo iskanje opravljeno brez omejujočih kriterijev), sproži gumb [XML] pretakanje samo tistih zapisov, ki jih je vnesel nekdo iz iste institucije, v katero sodi oseba, ki jih pretaka. Ta možnost izvažanja zapisov je popolnoma v skladu z eno od osnovnih idej projekta Eurethnet – poleg skupnih tudi pospeševanje razvoja lokalnih zbirk in informacijske podpore službam s področja bioetike. Z vidika posameznega partnerja deluje zbirka NMS tudi kot njegova lokalna shramba za zbiranje in shranjevanje zapisov, iz katere si jih bo pretočil, ko bo imel možnost namestitve in vzdrževanja ustrezne programske opreme za zbirke podatkov.

Pretakanje zapisov, opisanih z XML, bo prav gotovo olajšalo ta postopek.

Pomoč uporabnikom

Zaradi časovnih omejitev in geografske razpršenosti partnerjev iz NMS ni bilo mogoče organizirati delavnic za usposabljanje uporabnikov sistema. Vsa navodila, ki so jih potrebovali za vnašanje podatkov, je bilo treba vključiti v samo aplikacijo. Na vstopni strani je na voljo izčrpen uporabniški priročnik.¹⁰ Poleg njega lahko uporabnik priključuje za vsako polje vsakega spletnega obrazca stran z navodili, na kateri so deli dokumentacijskega standarda, ki razlagajo vsebino in obliko podatkov ter deli uporabniškega priročnika, ki razlagajo način dela s tem poljem. Primer dela strani z informacijami o vnosu hipertekstnih kazalcev, ki jo je uporabnik priklical s klikom na ime polja URL, je prikazan na sliki 5.

Reševanje časovne stiske

Pomembna značilnost razvoja sistema je bilo pomanjkanje časa. Zaradi pozne vključitve partnerjev iz NMS v projektno skupino je obstajala resna nevarnost, da njihov prispevek v skupne zbirke ne bo pripravljen pred zaključkom projekta Eurethnet. Bilo nam je jasno, da bo, kljub natančnemu načrtovanju in jasnih predstavah o funkcionalnosti sistema ter pričakovanih uporabnikov, zelo težko končati razvoj v danih časovnih okvirih. Namesto običajnih in zamudnih iteracij programiranja in testiranja aplikacije, smo razvili programsko opremo za generiranje aplikacij, ki je, po našem mnenju, občutno skrajšala čas, potreben za razvoj.

Jedro programske opreme za generiranje aplikacij je formalizem, ki smo ga imenovali *jezik za definiranje aplikacij* (Application Definition Language – ADL), eklektična mešanica SQL-ovega Data Definition Language (DDL) in oznak v duhu HTML. Z ADL smo opisali zbirko, uporabniški vmesnik in logiko aplikacije, ki ju uporablja. Z vidika zbirke je ADL definiral vse entitete, njihove atribute in povezanost entitet. Z vidika spletnih obrazcev pa smo z ADL opisali preslikavo elementov zbirke v obrazce, soodvisnost in ponovljivost obrazcev, pa tudi načine, na katere so bili podatki zbirani (padajoče sezname, izbirne gumbke, besedilna polja...), skupaj z morebitnimi dovoljenimi in prednastavljenimi vrednostmi. Konstrukte v ADL smo vpisovali v MS Excel-ove preglednice, ki predstavljajo priročni vmesnik za sestavljanje definicij na enem mestu. V naslednjem koraku se iz preglednic zgradijo definicijske datoteke za gradnjo zbirke in spletnih obrazcev. Te datoteke t. i. *transformacijske skripte*, napisane v jeziku Perl, pretvorijo v CGI skripte, module za administracijo uporabniških podatkov in DDL skripte, ki zgradijo tabele zbirke. Vsi deli aplikacije uporabljajo tudi dve knjižnici – t. i. *validacijsko knjižnico* v JavaScript-u in knjižnico CGI.

Tako relativno zapleteno razvojno okolje nam je omogočilo hitre posege, kadarkoli je bila potrebna sprememba aplikacije, bodisi da je šlo za boljšo prilagoditev dokumentacijskim standardom, ali za spremembo, ki so jo za lažje delo zahtevali uporabniki. Vsako spremembo smo vnesli v opis v ADL in v roku nekaj minut ponovno avtomatsko generirali celo aplikacijo. V primerih, ko zahtevane spremembe niso bile povezane s spreminjanjem tabel zbirke, sploh ni bilo treba prekinjati vnosa podatkov.

Zaradi takega pristopa so bile prve verzije programov pripravljene v treh mesecih od začetka razvoja, do desetega meseca, ko je bil razvoj uradno zaključen, pa je bila potrebna ena sama obsežna revizija aplikacije.

Literatura

1. Fangerau H. Finding European bioethical literature: an evaluation of the leading abstracting and indexing services. *J Med Ethics* 2004;30(3):299-303.
2. Eureth.net. European Information Network - Ethics in Medicine & Biotechnology. <http://www.eureth.net/>
3. Fangerau H, Simon A, Wiesemann C. Improving information systems in Europe: EURETHNET. *Med Health Care Philos* 2003;6(1):67-9.
4. Domača stran zbirke Euroethics: <http://www.idem.uni-goettingen.de/euroethics/database.htm>
5. Domača stran zbirke Endebit: <http://www.eureth.net/endebit/index.htm>
6. Skupni iskalnik po zbirkah Euroethics in Endebit: <http://www.eureth.net/multisearch.htm>
7. Thesaurus Ethics in the Life Sciences, 3rd edition. <http://www.drze.de/BELIT/thesaurus?la=en>
8. Medical Subject Headings. <http://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>
9. Unicode Home Page. <http://unicode.org/>
10. Dimec J, Leskošek B. Data entry application for NMS partners. User manual. Ljubljana: Medicinska fakulteta, 2005: 24. <https://unimed.mf.uni-lj.si/javascript/manual-v2.pdf>.

Izvirni znanstveni članek ■

Informacijski sistem nujne medicinske pomoči v Sloveniji

Emergency Medical Services Information System in Slovenia

Andrej Fink

Izvleček. V preteklem letu se je, ob upoštevanju predvidene celovite organizacijske, gradbene in infrastrukturne prenove Urgentnega bloka Kliničnega centra Ljubljana, izvedla analiza obstoječega stanja na področju nujne medicinske pomoči ter izdelala celovita zasnova novega informacijskega sistema nujne medicinske pomoči v Kliničnem centru Ljubljana. Zasnova informacijskega sistema je izdelana tako, da je možno konceptualne rešitve uporabiti tudi v drugih bolnišnicah oz. službah nujne medicinske pomoči v državi. V sklopu projekta se je izvedel tudi preizkus delovanja rešitve za izvajanje osnovnih storitev telemedicine - prenos informacij o nujnem bolniku v elektronski obliki. Vzpostavljen je bil sistem za izvajanje osnovnih storitev telemedicine na relacijah predbolnišnično okolje in štirih različnih lokacijah znotraj Kliničnega centra Ljubljana.

Abstract. In the past year, with consideration of the future renewal of the organization and infrastructure of the Emergency Unit of the Ljubljana University Medical Center, we conducted analysis of the current condition of emergency medical services and we created a complete scheme for a new information system in emergency medicine within the Ljubljana University Medical Center. The information system scheme was designed in the way that the concepts can also be used in other hospitals or emergency medicine units throughout the country. Within the scope of this project the telemonitoring solution has been put to the test, namely the electronic transmission of the urgent patient data. The system for basic telemedicine services has been set up in pre-hospital settings and four different locations within the Ljubljana University Medical Center.

Institucija avtorja: Reševalna postaja, Klinični center Ljubljana.

Kontaktna oseba: Andrej Fink, Reševalna postaja, Klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 25, 1000 Ljubljana. email: andrej.fink@kclj.si.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 24-42

Uvod

Odgovor na vprašanje, zakaj potrebujemo informacijski sistem nujne medicinske pomoči se skriva v sami definiciji medicinske informatike, ki pravi, da je to uporaba informacijske tehnologije, računalniških sistemov in komunikacijskih orodij za izboljšanje vseh vidikov bolnikove oskrbe, medicinskega izobraževanja in raziskovanja.¹ To pomeni, da želimo s pomočjo informacijskega sistema nujne medicinske pomoči izboljšati oskrbo nujnega bolnika, izboljšati usposabljanje za izvajanje nujne medicinske pomoči in izboljšati raziskovalno dejavnost na področju nujne medicinske pomoči.

Nujna medicinska pomoč v državi

Nujna medicinska pomoč se v Sloveniji izvaja 24 ur vse dni v letu na podlagi določil Pravilnika o službi nujne medicinske pomoči.² Organizacijsko se deli na predbolnišnično in bolnišnično nujno medicinsko pomoč. Predbolnišnična nujna medicinska pomoč se izvaja z naslednjimi organizacijskimi oblikami:

- 1a enota – ekipo sestavljata zdravnik in zdravstveni tehnik; ekipa intervenira z vozilom urgentnega zdravnika,
- 1b enota – ekipo sestavljajo zdravnik, zdravstveni tehnik in zdravstveni tehnik voznik; ekipa intervenira z nujnim reševalnim vozilom,
- 1b okrepljena enota – ekipo sestavljajo zdravnik, zdravstveni tehnik in zdravstveni tehnik voznik; ekipa intervenira z nujnim reševalnim vozilom – reanimobilom,
- prehospitalna enota – ekipo sestavljajo zdravnik, zdravstveni tehnik in zdravstveni tehnik voznik; ekipa intervenira z nujnim reševalnim vozilom – reanimobilom,
- helikopterska enota nujne medicinske pomoči – ekipo sestavljajo zdravnik in dva zdravstvena

tehnik ter letalska posadka reševalnega helikopterja (od 1.12.2006 dalje zdravstveni del ekipe sestoji iz zdravnika in zdravstvenega tehnika).



Slika 1 Reševalna vozila, ki se uporabljajo za izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči.

Slika 1 prikazuje vrsto prevoznih sredstev in vozil, ki so vključena v izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči na različnih ravneh in predstavljajo možne "oddajnike" pri prenosu oz. zagotavljanju podatkov o stanju bolnikov. Razlika med 1b okrepljeno enoto in prehospitalno enoto je tudi v tem, da 1b okrepljene enote poleg osnovne dejavnosti opravljajo še dežurno službo, prehospitalne enote pa imajo izključno nalogo izvajanja predbolnišnične nujne medicinske pomoči. Na treh lokacijah prehospitalnih enot v državi (Koper, Ljubljana in Maribor) so rednim ekipam pridruženi še reševalci na motorjih, ki izvajajo predbolnišnično nujno medicinsko pomoč s pomočjo prirejenih in opremljenih motorjev. V sklop predbolnišnične nujne medicinske pomoči sodi tudi dispečerska služba nujne medicinske pomoči. Bolnišnična nujna medicinska pomoč se izvaja z naslednjimi organizacijskimi oblikami:

- bolnišnična urgentna služba tip H1, ki kot posebna služba deluje v Kliničnem centru Ljubljana in Splošni bolnišnici Maribor,
- bolnišnična urgentna služba tip H2, ki deluje v preostalih splošnih bolnišnicah v državi kot

združena dežurna služba bolnišnice in

bolnišnična urgentna služba,



Slika 2 Mreža predbolnišnične nujne medicinske pomoči.

- center za zastripitve, ki je organiziran centralno v Kliničnem centru Ljubljana z nalogo opravljanja 24-urne konzultativno-informacijske službe.

Mreža službe nujne medicinske pomoči, katere gostota in razporejenost ekip oz. enot je razvidna iz slik 2 in 3, obsega področje celotne države na treh stopnjah glede na število prebivalcev, zemljepisnih razmer, prometnih zvez in oddaljenosti bolnišnic:

- na prvi stopnji delujejo enote 1a, 1b in okrepljena 1b,
- na drugi stopnji delujejo prehospitalne enote ter dispečerska služba nujne medicinske pomoči in

na tretji stopnji delujejo bolnišnične urgentne službe in center za zastripitve.

Po Pravilniku o službi nujne medicinske pomoči² v mreži nujne medicinske pomoči v predbolnišničnem okolju deluje 15 prehospitalnih enot, 2 okrepljeni 1b enoti, 30 1b enot, 13 1a enot ter dispečerska služba nujne medicinske pomoči. Po potrebi se v izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči vključuje še 50 reševalnih postaj, katerih prvotna naloga je izvajanje nujnih in nenujnih reševalnih prevozov. V bolnišničnem okolju pa deluje 8 bolnišničnih urgentnih služb tipa H2 in 2 tipa H1 ter 1 center za zastripitve.



Slika 3 Mreža bolnišnične nujne medicinske pomoči.

Kljub uveljavitvi Pravilnika o službi nujne medicinske pomoči² leta 1996, državi vse do danes ni uspelo vzpostaviti zdravstvene dispečerske službe. Prenovljena delovna skupina za dispečerstvo, ki deluje v sklopu Projekta nujne medicinske pomoči v Republiki Sloveniji, je koncem preteklega leta izdelala zasnovo zdravstvene dispečerske službe (slika 4), iz katere je razvidno, da bo za učinkovito delovanje te službe potrebna dobra informacijska podpora.

Nujna medicinska pomoč v Kliničnem centru Ljubljana

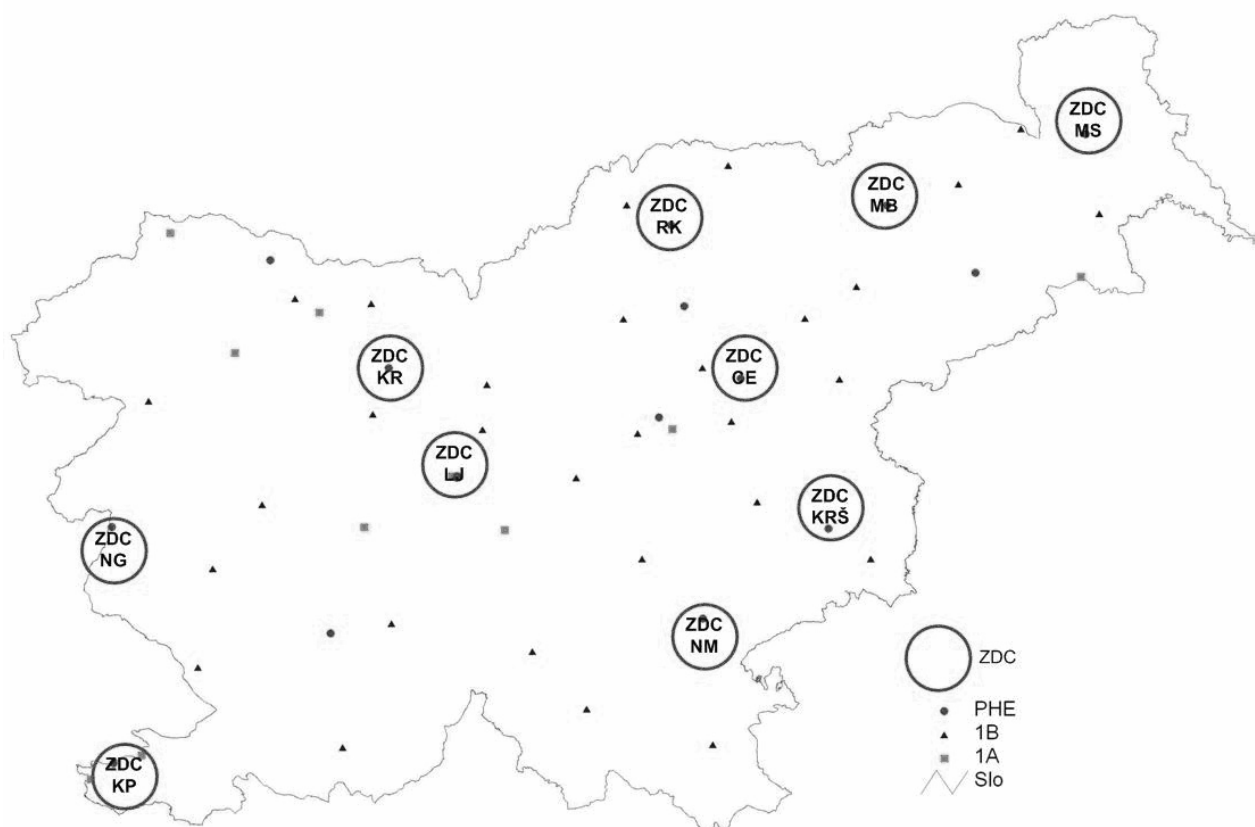
Klinični center Ljubljana (v nadaljevanju KC) je največja zdravstvena ustanova v Sloveniji tako po številu zaposlenih kot po številu obravnavanih bolnikov (pojem bolnik je univerzalen in vključuje tudi poškodovanca in varovanca). Poleg svoje

velikosti sodi KC v sam vrh tudi zaradi strokovnosti. Analogno sodi k temu tudi sistem nujne medicinske pomoči, katerega KC zagotavlja na primarni, sekundarni in terciarni ravni.

Nujno medicinsko pomoč v KC delimo na predbolnišnično in bolnišnično nujno medicinsko pomoč. Nosilec predbolnišnične nujne medicinske pomoči je Služba nujne medicinske pomoči Zdravstvenega doma Ljubljana (v nadaljevanju SNMP), ki s svojimi ambulantami gostuje v Urgentnem bloku Kliničnega centra Ljubljana. Izvajalec predbolnišnične nujne medicinske pomoči je poleg SNMP še Reševalna postaja Kliničnega centra Ljubljana (v nadaljevanju Reševalna postaja KC). V praksi poteka izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči tako, da SNMP zagotavlja urgentne zdravnike, Reševalna postaja KC pa zagotavlja ustrezna reševalna vozila

z opremo in ustrezno ekipo v sestavi dveh posebej usposobljenih zdravstvenih tehnikov. V skladu z dogovorom o delitvi nalog in obveznosti pri izvajanju službe predbolnišnične nujne medicinske pomoči med Zdravstvenim domom Ljubljana in KC je naloga in obveza Reševalne postaje KC, da skrbi za vozni park in vso opremo, vključno s sanitetno-potrošnim materialom. Območje, ki ga z delom pokrivata SNMP in Reševalna postaja meri 4.212 km² in po podatkih podskupine za prevoze pri Projektu nujne medicinske pomoči v RS Ministrstva za zdravje in opremo iz leta 2002 šteje 528.946 prebivalcev. Bolnišnično nujno medicinsko pomoč v KC sestavljata bolnišnična urgentna služba in center za zastrupitve.

Večina enot bolnišnične urgentne službe je koncentriranih v Urgentnem bloku, ki se nahaja v glavni stavbi KC, nekatere enote pa se nahajajo v dislociranih objektih in se izmenično vključujejo v bolnišnično urgentno službo. Področje pokrivanja bolnišnične nujne medicinske pomoči je enako področju zagotavljanja zdravstvenega varstva, ki ga zagotavlja KC. Za razliko od predbolnišnične nujne medicinske pomoči na KC na primarnem in sekundarnem nivoju gravitira okrog 558.000 ljudi, na terciarnem nivoju pa celotno prebivalstvo RS. Bolnišnično urgentno službo sestavlja 16 različnih organizacijskih enot KC v glavni stavbi in na oddaljenih lokacijah ter 2 službi gostujočih zdravstvenih zavodov (SNMP in depo krvi Zavoda za transfuziologijo RS).



Slika 4 Predog mreže zdravstvene dispečerske službe.

Analiza stanja procesov v nujni medicinski pomoči

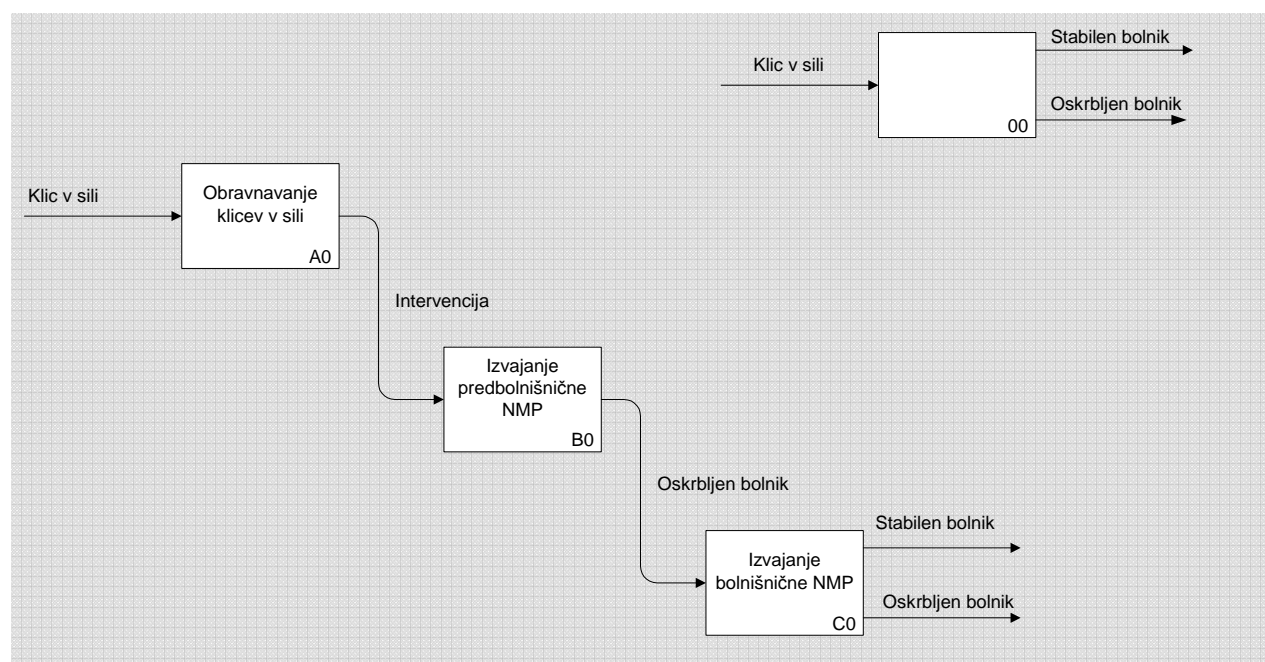
Nujni bolnik vedno vstopa v sistem nujne medicinske pomoči na primarnem nivoju. Načinov vstopanja v sistem nujne medicinske pomoči je več:

- osebno vstopanje,
- obisk urgentnega zdravnika na domu,
- intervencija ekipe Reševalne postaje KC,
- intervencija ekipe predbolnišnične nujne medicinske pomoči.

Analiza obstoječega stanja v KC je pokazala, da v procesu Izvajanje nujne medicinske pomoči manjkajo nekateri podproces, za katere različni

avtorji^{3,4} trdijo, da lahko bistveno vplivajo na kakovost delovanja predbolnišnične nujne medicinske pomoči. Ob upoštevanju dejstva, da le-ta predstavlja prve člene v verigi, ki vplivajo na večjo verjetnost za preživetje, to vpliva tudi na kakovost delovanja sistema nujne medicinske pomoči v celoti. Proces Izvajanje nujne medicinske pomoči sestoji iz treh podprocesov, ki so prikazani na sliki 5:

- obravnavanje klicev v sili,
- izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči,
- izvajanje bolnišnične nujne medicinske pomoči.



Slika 5 Podproces, procesa Izvajanje nujne medicinske pomoči.

Skozi analizo obstoječega stanja je bil proces Izvajanje nujne medicinske pomoči analiziran vse do 6. ravni podprocesov. Podproces, do 5. ravni so bili analizirani v celoti, podproces, do 6. ravni so bili le delno analizirani in to predvsem tisti, ki so

najprimernejši za prenovu procesov. Z analizo problemskega stanja je bil tako skupno obdelanih 221 podprocesov. Podproces A0 Obravnavanje klicev v sili sestoji iz treh podprocesov:

- *sprejemanje klicev* - zbiranje podatkov o dogodku, določanje prednosti klica, beleženje klica in posredovanje naloga,
- *oddajanje intervencij* – sortiranje intervencij po prednosti, izbiranje intervencijske ekipe ter aktiviranje intervencijske ekipe in
- *nadziranje statusov ekip* – oblikovanje dnevnega rasporeda, beleženje prijav v sistem, beleženje čiščenja, beleženje prehrane in beleženje odzivnih časov.

Podproces B0 Izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči se sestoji iz štirih podprocesov:

- *vožnja na kraj dogodka* – vožnja reševalnega vozila, parkiranje reševalnega vozila, zavarovanje kraja dogodka in iskanje bolnika,
- *ocenjevanje stanja bolnika* – izvajanje primarnega pregleda, jemanje prve anamneze in izvajanje sekundarnega pregleda,
- *nudenje predbolnišnične nujne medicinske pomoči* – vzpostavljanje proste dihalne poti, vzpostavljanje proste intravenske poti, apliciranje medikamentozne terapije ter izvajanje nujnih posegov in
- *transport v bolnišnico* – transportiranje bolnika do reševalnega vozila, nadaljevanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči v reševalnem vozilu, izpolnjevanje dokumentacije in predajanje bolnika.

Podproces C0 Izvajanje bolnišnične nujne medicinske pomoči se sestoji iz štirih podprocesov:

- *administrativno sprejemanje* – dopolnjevanje podatkov o bolniku, dopolnjevanje obračunske dokumentacije in predajanje dokumentacije o bolniku,
- *jemanje sestrške anamneze* – strokovno prevzemanje bolnika, spraševanje bolnika, spraševanje svojcev in pregledovanje spremljajoče dokumentacije,

- *izvajanje zdravniškega pregleda* – jemanje zdravniške anamneze, izvajanje primarnega pregleda, izvajanje sekundarnega pregleda, izvajanje diagnostičnih postopkov ter oblikovanje diagnoze in
- *zdravljenje* – odločanje o zdravljenju, pripravlanje bolnika na zdravljenje, izvajanje zdravljenja in premeščanje bolnika.

KC ima zelo razvejano računalniško omrežje in vzpostavljen intranet ter dostop do interneta. Problem je nepovezanost posameznih SPS, SOE in služb na programski ravni, podatkovni ravni itn., saj so bile obstoječe informacijske rešitve razvite za delovanje posameznih funkcijskih področij v KC in kot podpora dela procesa znotraj ene funkcije.⁵ Razvoj informacijskega sistema je bil zastavljen brez ustrezne strategije in vključuje različne tehnologije. Danes v KC obstaja več kot 25 različnih informacijskih rešitev, ki uporabljajo 8 različnih sistemov za upravljanje z zbirkami podatkov. Vse programske rešitve naj bi povezovala skupna informacijska infrastruktura prek bolnišničnega informacijskega sistema, kar pa še ni dokončno realizirano.⁶ Obstajajo povezave med centralno rešitvijo za administrativno obravnavo bolnika, rešitvijo za naročanje laboratorijskih preiskav in dvema oddelčnima rešitvama. Preostale rešitve niso med seboj povezane oziroma so slabo povezane. Odraz neustrezno urejenega globalnega stanja je viden tudi na področju nujne medicinske pomoči.

Informacijski sistem predbolnišnične nujne medicinske pomoči se deli na dva podsistema:

- informacijski sistem Reševalne postaje KC in
- informacijski sistem Služne nujne medicinske pomoči Zdravstvenega doma Ljubljana.

Oba podsistema nista povezana med seboj in imata na tehnični ravni dve stični točki znotraj telekomunikacijskega sistema na področju sistema radijskih zvez ter na področju snemanja telefonskih pogovorov in pogovorov prek radijskih zvez.

Informacijski sistem Reševalne postaje KC sestavljajo štiri pod sistemi, ki so med seboj v celoti povezani:

- lokalna računalniška mreža,
- računalniško podprt dispečerski sistem,
- programske rešitve za obračun storitev in upravljanje z viri,
- geografski informacijski sistem.

Informacijski sistem Službe nujne medicinske pomoči Zdravstvenega doma Ljubljana sestoji iz izolirane računalniške mreže, ki deluje avtonomno znotraj bolnišnične urgence KC. Ta informacijski sistem ohranja relativno avtonomnost tudi nasproti informacijskemu sistemu Zdravstvenega doma Ljubljana, saj se vsake 3 mesece izvaja sinhronizacija informacijskega sistema Zdravstvenega doma Ljubljana. Dostop do informacijskega sistema KC imajo omejen preko dveh delovnih postaj, na katerih teče aplikacija LABIS - program za naročanje laboratorijskih preiskav in pregledovanje rezultatov.

Stanje informacijskega sistema bolnišnične nujne medicinske pomoči je odvisno od stanja informacijskih sistemov posameznih enot, ki tvorijo bolnišnično nujno medicinsko pomoč in so formalno del drugih organizacijskih enot, internih ali gostujočih. Temu primerno je tudi opisovanje stanja informacijskega sistema bolnišnične nujne medicinske pomoči, če sploh lahko govorimo o informacijskem sistemu bolnišnične nujne medicinske pomoči. V ta informacijski sistem so bolj ali manj vključeni naslednji informacijski pod sistemi:

- informacijski pod sistem Strokovno poslovne skupnosti Interna klinika,
- informacijski pod sistem Strokovno poslovne skupnosti Kirurška klinika,
- informacijski pod sistem Kliničnega inštituta za klinično kemijo in biokemijo,

- informacijski pod sistem Kliničnega inštituta za radiologijo,
- informacijski pod sistem Strokovno poslovne skupnosti Nevrološka klinika,
- informacijski pod sistem Strokovno poslovne skupnosti Ginekološka klinika,
- informacijski pod sistem Klinike za infekcijske bolezni in vročinska stanja,
- informacijski pod sistem Zavoda za transfuziologijo RS,
- informacijski pod sistem Zdravstvenega doma Ljubljana.

Za informacijski sistem bolnišnične nujne medicinske pomoči je značilno, da IS posameznih organizacijskih enot med seboj niso povezani tako, da je premeščanje bolnikov vezano na izdajo papirne dokumentacije in na končni lokaciji je potreben ponoven administrativen sprejem.

Ugotovljeni problemi

Skupna analiza stanja je izpostavila naslednje probleme:

- predolgi reakcijski časi (čas od vstopa klica v sili v sistem do dejanskega začetka izvajanje intervencije) dispečerske službe,
- predolgi dostopni časi (čas od vstopa klica v sili sistem do prihoda ekipe na kraj dogodka) ekip predbolnišnične nujne medicinske pomoči,
- dolga čakalna doba na bolnišnično nujno medicinsko pomoč in/ali zdravljenje,
- visoki stroški dela in
- prevelike delovne obremenitve.

Na prvo mesto po pomembnosti je bil postavljen cilj doseči krajšo čakalno dobo na bolnišnično

nujno medicinsko pomoč in/ali zdravljenje (tabela 1), saj je v KC za bolnike, ki jih prevaža RP KC, najbolj problematičen čas od vstopa v bolnišnico do začetka nujnega zdravljenja (npr. tromboliza ali katetrizacija).

Tabela 1 Prikaz ciljev in njihove pomembnosti.

Opis cilja	Pomen
doseči krajšo čakalno dobo na bolnišnično nujno medicinsko pomoč in/ali zdravljenje	30
doseči krajše dostopne čase ekip predbolnišnične nujne medicinske pomoči	25
doseči krajše reakcijske čase dispečerske službe	20
doseči zmanjšanje stroškov dela	15
doseči zmanjšanje delovnih obremenitev	10

Zasnova novega modela informacijskega sistema nujne medicinske pomoči

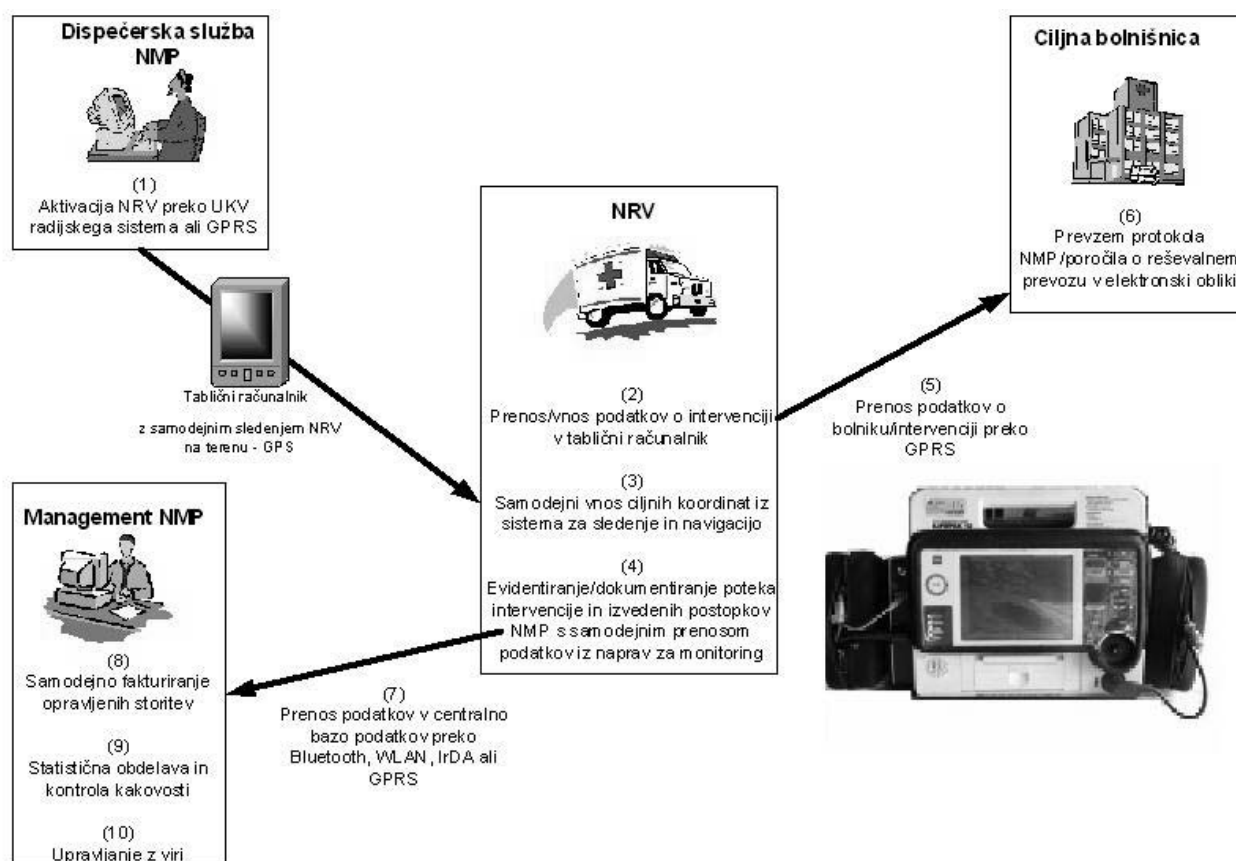
Predlagane spremembe procesa Izvajanje nujne medicinske pomoči

Ugotovljeno je bilo, da bo ob izgradnji informacijskega sistema nujne medicinske pomoči potrebno prenoviti kar 22% omenjenega procesa. Največ sprememb bo potrebnih zaradi:

- optimizacije obstoječe dispečerske službe oz. izgradnje zdravstvene dispečerske službe,
- nepapirne administrativne in strokovne obravnave bolnika,
- skrajševanja časa od nastanka dogodka do začetka zdravljenja,
- izvajanje telemedicinskih storitev.⁷

Skozi analizo obstoječega stanja je bilo ugotovljeno, da v podprocesu Obravnavanje klicev v sili manjkata podprocesa Dajanje osnovnih navodil in Dajanje navodil za izvajanje prve pomoči. S podprocesom Dajanje osnovnih navodil se preprečuje nadaljevanje škodljivega delovanja npr. vplivov okolja na bolnika, zagotavlja se varen kraj dogodka tako za bolnika kot za intervencijske ekipe, omogoča se umirjanje oz. pomirjanje klicatelja v kolikor je to potrebno in se ga pripravlja na nudenje prve pomoči bolniku še pred prihodom ekipe predbolnišnične nujne medicinske pomoči. Istočasno se s tem podprocesom zbira informacije (npr. kako najlažje priti do bolnika, obstoj nevarnosti na kraju dogodka...), ki se posredovani ekipi NMP, ki je že na poti na kraj dogodka. Podproces Dajanje navodil za izvajanje prve pomoči ima največji vpliv na skrajševanje časa od nastanka dogodka do nudene prve pomoči. Z uvedbo tega procesa se močno skrajša celo dostopni čas, saj je tisti trenutek, ko klicatelj dejansko začne izvajati prvo pomoč po navodilih zdravstvene dispečerske službe, enakovreden trenutku, ko ekipa predbolnišnične nujne medicinske pomoči prispe na kraj dogodka.³ Za zagotovitev elektronske administrativne in strokovne obravnave bolnika bo med drugimi podprocesi potrebno prenoviti tudi podproces Obveščanje bolnišnice o prihodu bolnika. Zaradi uvedbe telemedicinske storitve telenadzora se bo predhodno omenjeni podproces preimenoval v Izvajanje telenadzora. Podproces Izvajanje telenadzora bo zagotovil izvedbo administrativnega sprejema že v reševalnem vozilu ter s prenosom podatkov o bolniku v elektronski obliki v bolnišnico še strokovni sprejem. Skrajševanja časa od nastanka dogodka do začetka zdravljenja bo med drugim zagotovila tudi prenova podprocesa Dogovarjanje z bolnišnico, ki se po prenovi imenuje Izvajanje telekonzultacije.

Shematski prikaz nepapirne obravnave bolnika/intervencije je prikazan na sliki 6.



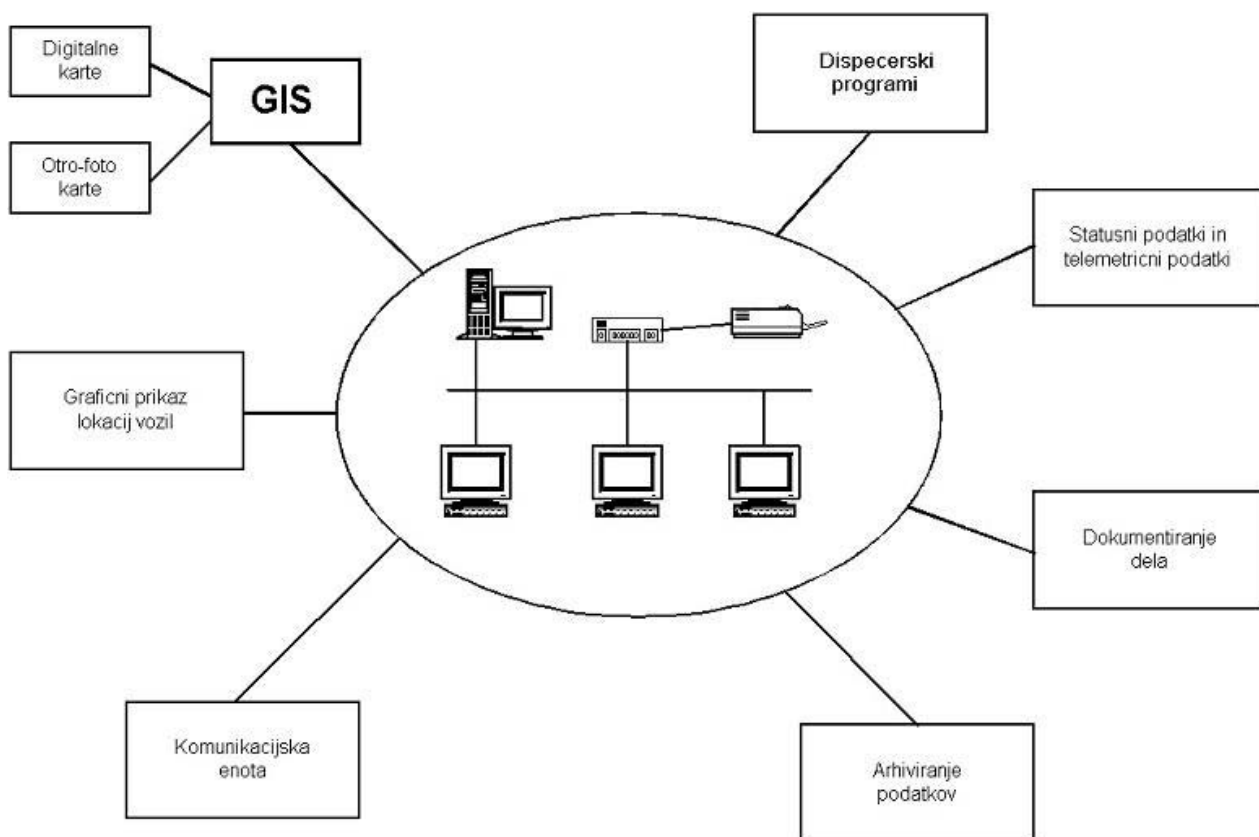
Slika 6 Shematski prikaz nepapirne obravnave bolnika/intervencije.

Informacijska podpora procesu Obravnavanje klicev v sili (A0)

Prvi od treh glavnih procesov nujne medicinske pomoči je obravnavanje klicev v sili. Ta proces se običajno odvija v posebni službi, imenovani zdravstvena dispečerska služba. Zdravstvena dispečerska služba predstavlja možgane vsakega sistema nujne medicinske pomoči, kar še posebno velja za predbolnišnično nujno medicinsko pomoč. Delovanje sodobne zdravstvene dispečerske službe je močno odvisno od takšne ali drugačne informacijske podpore oz. od računalniško podprtega dispečerskega sistema.^{8,9} Računalniško podprt dispečerski sistem mora zagotavljati neprekinjeno dostopnost do storitev te službe vse dni v letu za vse osebe, ki se nahajajo na področju pokrivanja. Glavni cilj te službe je, da se na klic v

sili odzove v čim krajšem možnem času, da v čim krajšem možnem času zajame relevantne podatke, da prejete podatke ustrezno presodi in na podlagi dobljenih informacij sprejme pravilno odločitev o načinu interveniranja tako, da na kraj dogodka pravočasno napoti ustrezno usposobljeno in opremljeno ekipo. Razvidno je, da je v tem procesu čas izredno pomemben. Zato mora računalniško podprt dispečerski sistem zagotavljati:

- hiter zajem podatkov,
- istočasen prenos informacij na različne lokacije,
- sočasen vpogled, dopolnjevanje in ažurno sledenje spremembam,
- samodejno evidentiranje dela in arhiviranje.



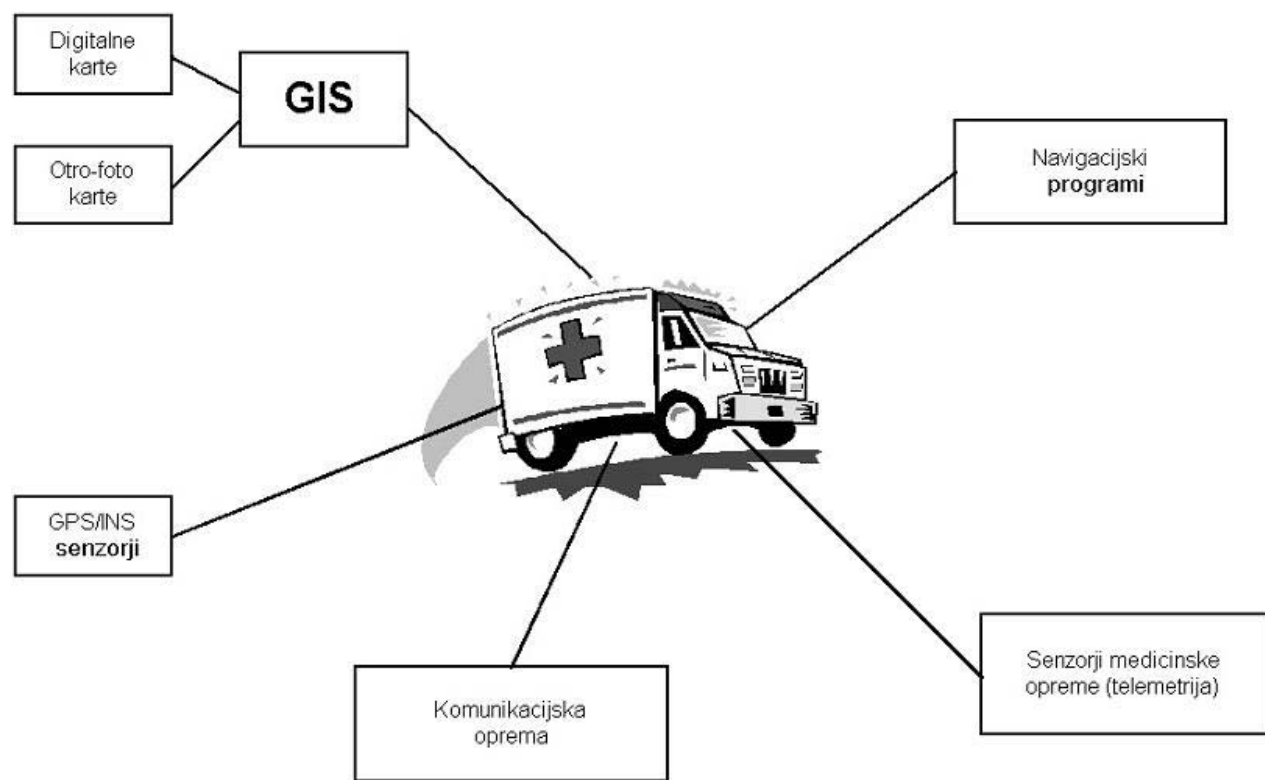
Slika 7 Informacijsko podprt dispečerski sistem – sprejem klicev.

Vse te cilje se doseže s pomočjo informacijske podpore/tehnologije, ki omogoča naslednje funkcionalnosti:

- Številčna in lokacijska identifikacija klicatelja in samodejen prikaz teh podatkov v vmesniku za sprejem/obravnavo klica v sili (slika 7).
- Računalniško krmiljenje telefonske centrale, ki omogoča neposredno sprejemanje telefonskih klicev in generiranje le-teh v različnih vmesnikih dispečerskega računalniškega programa. Nadalje ta funkcionalnost omogoča objavljanje različnih predjav, katere klicatelj posluša, še preden stopi v neposreden stik z zdravstvenim dispečerjem ter omogoča izvajanje algoritma, ki poskrbi, da so vsi dispečerji enakomerno obremenjeni s telefonskimi klici. V sklopu te funkcionalnosti se izvaja uradno snemanje vseh telefonskih pogovorov zdravstvenih

dispečerjev kot tudi vseh komunikacij preko radijskega UKV sistema. Vsi pomembni podatki (npr. čas nastanka klica, vhodna linija, telefonska številka klicatelja, podatki o lokaciji klicatelja, podatki o osebi, ki je obravnavala klic, dolžina pogovora itn.) so evidentirani v centralni bazi podatkov in so na voljo za podrobne analize delovanja sistema in izvajanje kontrole kakovosti dela dispečerske službe.

- Izmenjava podatkov o intervenciji in stanju bolnika med dispečersko službo (oddajno/nadzorni del) in reševalnim vozilom preko brezžičnega medija (slika 8).
- Tiha aktivacija intervencijskih ekip preko avtonomnega paging sistema. Sistem krmili dispečerski program, ki v odvisnosti od prioritete in lokacije dogodka ustvarja skupino za tiho aktiviranje/alarmiranje.



Slika 8 Informacijsko podprt dispečerski sistem – ekipe predbolnišnične nujne medicinske pomoči.

- Računalniško krmiljenje sistema radijskih zvez z uporabo različnih radijskih frekvenc ter s povezovanjem različnih radijskih sistemov v celoto. Sistem za računalniško krmiljenje radijskih zvez omogoča samodejno evidentiranje statusnih sporočil (redundančna funkcionalnost v primeru izpada sistema za sledenje) v centralno bazo podatkov in prikaz v ustreznem vmesniku dispečerskega programa.
- Sistem za samodejno sledenje intervencijskim ekipam na terenu in sporočanje podatkov o geolokaciji intervencijske ekipe, statusu intervencijske ekipe ter različnih podatkov iz potovalnega računalnika vozila (hitrost vožnje, vrtljaji motorja, uporaba svetlobne in zvočne signalizacije itn. – prikaz teh podatkov mora biti nastavljen). Sistem omogoča tudi funkcionalnost opozarjanja na nevarnost trka, ko zazna kritično približevanje reševalnih vozil, od katerih najmanj eno izmed njih uporablja svetlobno in zvočno opozorilno signalizacijo.
- Geografski informacijski sistem služi kot podlaga za izvajanje nekaterih predhodno navedenih funkcionalnosti in vključevanje geolokacijskih atributov v sklop podatkov o klicu v sili oz. o izvedeni intervenciji. Sistem omogoča prosto prostorsko preoblikovanje področja pokrivanja na sektorje in kvadrante oz. na določena zelena področja, ki služijo za izvajanje ekspertnih analiz (npr. analiza intervencijskih obremenitev, analiza gibanja ekip) brez poseganja v osnovno geolokacijsko bazo podatkov ter za izvajanje nadzora statusa sistema. Sistem omogoča izvajanje analize gibanja ekip predbolnišnične nujne medicinske pomoči za ugotavljanje najpogostejših poti po katerih se gibljejo reševalna vozila in njihovo optimizacijo. V kombinaciji s sistemom za sledenje vozil in posredovanimi podatki o cestnih zaporah (v pisni ali elektronski obliki),

stanju prometa na cestah GIS omogoča izvajanje avtonavigacije v realnem času.

- Dispečerski program kot glavna integracijska komponenta med vsemi navedenimi sistemi, omogoča hiter zajem podatkov, njihovo beleženje in arhiviranje. Podatki, ki so vneseni v bazo podatkov, se ne morejo brisati. Vsaka sprememba se vnese kot popravek osnovnega vnosa, iz katerega je razvidno, kaj je bilo popravljeno, kdaj in kdo je popravek izvedel.
- Naročanje nenujnih reševalnih prevozov preko intraneta/interneta - nujni klici in nujna medicinska pomoč za naročanje preko intraneta/interneta niso primerni, ker je potreben stik preko telefona in voden pogovor s klicateljem).
- Ekspertna programska orodja/sistemi za odločanje o načinu interveniranja, dajanju osnovnih navodil za ukrepanje in navodil za nudenje prve pomoči pred prihodom intervencijske ekipe na kraj dogodka ter za izvajanje podrobnih analiz, na podlagi katerih se v praksi izvaja nadzor statusa sistema.
- Povezovanje z informacijskimi sistemi drugih intervencijskih služb in dvosmerna izmenjava podatkov o obravnavani intervenciji.
- Povezovanje in izmenjava podatkov z informacijskim sistemom nujne medicinske pomoči drugih izvajalcev/enot predbolnišnične nujne medicinske pomoči v državi.
- Modul za obračun storitev oz. integracija z obstoječim programom za evidentiranje in obračunavanje storitev. Ta funkcionalnost omogoča, da se podatki samo enkrat vnašajo in se v poznejših procesih samo preverjajo ter po potrebi popravijo oz. dopolnijo z manjkajočimi podatki.⁹⁻¹³

Informacijska podpora izvajanju procesa Predbolnišnična nujna medicinska pomoč (B0)

Drugi glavni proces nujne medicinske pomoči je Izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči (B0), ki ga izvajajo različne funkcionalne enote na terenu v skladu s Pravilnikom o službi nujne medicinske pomoči (Ur. l. RS 77/96). Informacijski sistem nujne medicinske pomoči zagotavlja za nemoteno delo tega procesa naslednje funkcionalnosti:

- Zajem podatkov o stanju bolnika in izvedenih postopkih nujne medicinske pomoči z medicinskih aparatov preko namenskih vmesnikov in prenos/zapis v lokalno bazo podatkov na prenosnem računalniku.
- Zajem podatkov iz kartice zdravstvenega zavarovanja in prenos v lokalno bazo podatkov na prenosnem računalniku ter priključitev k obstoječim podatkom o intervenciji oz. bolniku.
- Izmenjava podatkov o intervenciji in stanju bolnika med dispečersko službo (oddajno/nadzorni del), reševalnim vozilom in bolnišnično urgentno službo preko brezžičnega medija s ciljem izvajanja telemedicinskih storitev (telenadzor, telekonzultacija in teleoskrba oz. telezdravljenje).
- Telenadzor je namenjen daljinskemu nadzoru nad stanjem hudo prizadetega bolnika/poškodovanca v primerih, ko v reševalnem vozilu ni zdravnika ter v primerih aktiviranja ekip bolnišnične nujne medicinske pomoči v stanje pripravljenosti.
- Telekonzultacija je nadgradnja telemonitoringa in se izvaja v primerih, ko v reševalnem vozilu ni zdravnika in je potreben posvet med zdravstvenim reševalcem in zdravnikom na daljavo oz. kadar želi zdravnik pridobiti drugo mnenje o stanju bolnika/poškodovanca oz. zdravnik potrebuje pomoč pri postavitvi delovne diagnoze.

- Teleoskrba oz. telezdravljenje je nadgradnja telekonzultacije in se izvaja v primerih, ko se po izvedeni telekonzultaciji odredi ali svetuje izvajanje določenih ukrepov/postopkov predbolnišnične nujne medicinske pomoči.
- Samodejni administrativni sprejem se izvede ob prenosu/izmenjavi podatkov med intervencijsko ekipo na terenu oz. v reševalnem vozilu in bolnišnično urgentno službo. Intervencijska ekipa prejme povratno informacijo o tem, v katero ambulanto/boks/čakalnico naj bolnika prepeljejo.
- Ročni vnos podatkov o stanju bolnika, izvedenih postopkih nujne medicinske pomoči in poteku intervencije v lokalno bazo podatkov preko namenske računalniške aplikacije na prenosnem računalniku. Po potrebi se poročilo o opravljeni intervenciji tudi natisne na terenu. Praviloma se prenos podatkov v centralno bazo podatkov opravi takoj po zaključenem dokumentiranju intervencije. Zaključeno dokumentiranje intervencije je, ko avtor poročila in prevzemnik bolnika/poškodovanca z elektronskim podpisom zagotovita/potrdira verodostojnost podatkov. Za tem spreminjanje vnosa ni več mogoče.
- Modul za pomoč pri delu vodje izmene. Rešitev omogoča izvajanje nadzora na daljavo nad delovanjem reševalne službe v celoti in posameznih intervencijskih ekip na terenu. Modul zagotavlja oblikovanje poročil in vodenje evidence dela vodje izmene. Poleg tega programska rešitev zagotavlja podporo za vodenje zahtevnejših intervencij (npr. množične nesreče).
- Modul za obračun storitev oz. integracija z obstoječim programom za evidentiranje in obračunavanje storitev. Ta funkcionalnost omogoča, da se podatki samo enkrat vnašajo in se v kasnejših procesih samo preverjajo ter po potrebi popravijo oz. dopolnijo z manjkajočimi podatki.

- Dostopanje na daljavo v centralno bazo podatkov in vpogled v elektronski zdravstveni karton bolnika/poškodovanca, ki ga oskrbuje ekipa predbolnišnične nujne medicinske pomoči.

Informacijska podpora izvajanju procesa Bolnišnična nujna medicinska pomoč (C0)

Tretji podproces, ki ga pokriva informacijski sistem nujne medicinske pomoči, je izvajanje bolnišnične nujne medicinske pomoči. Informacijski sistem nujne medicinske pomoči temu procesu zagotavlja naslednje funkcionalnosti:

- Vodi se elektronski popis bolezni, ki je dostopen za bolnika/poškodovanca tudi na daljavo.
- Samodejni administrativni sprejem se izvede ob prenosu/izmenjavi podatkov med intervencijsko ekipo na terenu oz. v reševalnem vozilu in bolnišnično urgentno službo. Intervencijska ekipa prejme povratno informacijo o tem v katero ambulanto/boks/čakalnico naj bolnika/poškodovanca dostavi.
- Skozi obravnavo bolnika/poškodovanca v sklopu bolnišnične urgence in v nadaljnjem zdravljenju se obstoječi podatki samo dopolnjujejo. Dostop do podatkov je določen z uporabniškimi pravicami tako, da npr. diplomirana medicinska sestra lahko dostopa samo do podatkov za katere je pristojna.
- Telemonitoring je namenjen daljinskemu nadzoru nad stanjem hudo prizadetega bolnika/poškodovanca v primerih, ko v ambulanti/boksu ni zdravnika in se le ta nahaja na drugi lokaciji, s katere lahko stanje bolnika/poškodovanca nadzira na daljavo.
- Telekonzultacija je nadgradnja telemonitoringa in se izvaja kadar v ambulanti/boksu ni zdravnika in je potreben posvet med medicinsko sestro/zdravstvenim tehnikom in zdravnikom na daljavo oz. želi

zdravnik pridobiti drugo mnenje o stanju bolnika/poškodovanca oz. zdravnik potrebuje pomoč pri postavitvi delovne diagnoze.

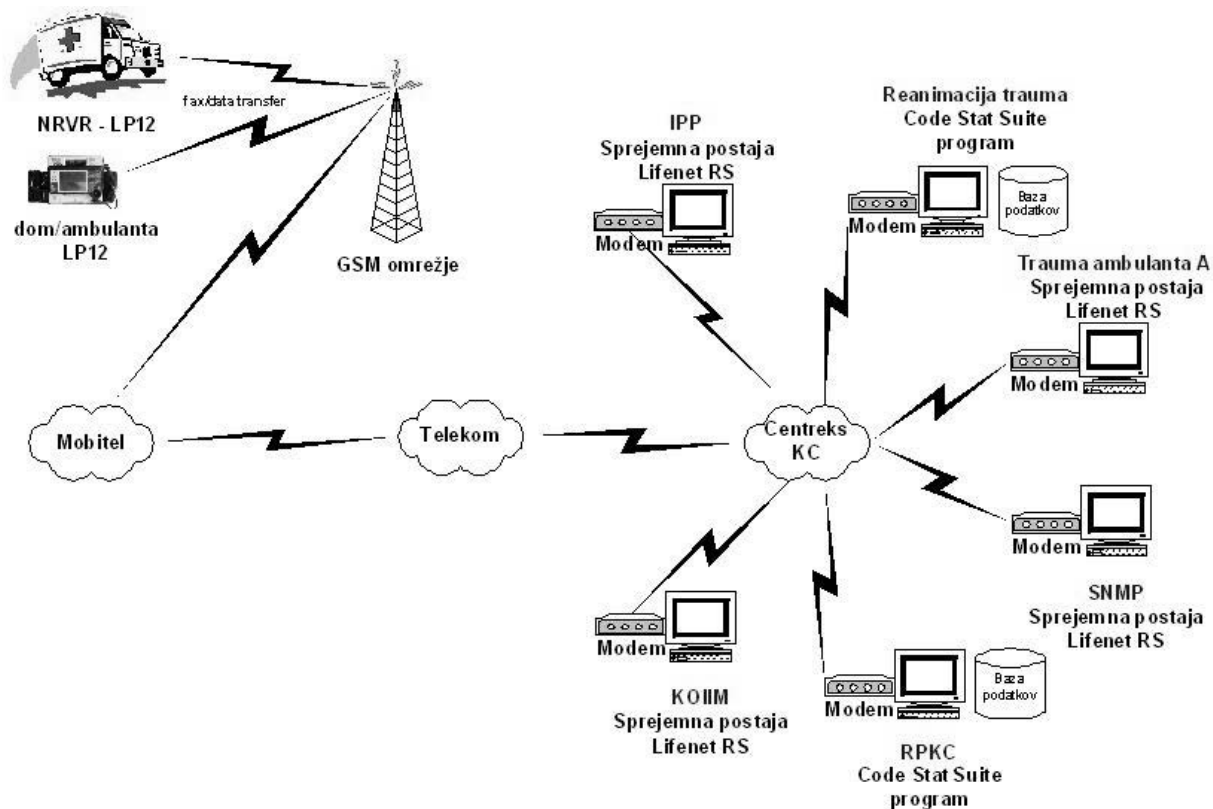
- Teleoskrba oz. telezdravljenje je nadgradnja telekonzultacije in se izvaja kadar se po izvedeni telekonzultaciji odloči ali svetuje izvajanje določenih ukrepov/postopkov bolnišnične nujne medicinske pomoči.
- Modul za pomoč pri delu nadzornega osebja bolnišnične urgentne službe. Programska rešitev omogoča izvajanje nadzora na daljavo nad delovanjem bolnišnične urgentne službe v celoti, po segmentih (zdravniki, zdravstvena nega ...) in posameznih ekip bolnišnične nujne medicinske pomoči znotraj nje. Modul zagotavlja oblikovanje poročil in vodenje evidence dela nadzornega osebja. Poleg tega programska rešitev zagotavlja podporo za vodenje in izvajanje dela v izrednih razmerah (npr. množične nesreče). V ta modul sodijo funkcionalnosti za upravljanje z bolniški posteljami, za upravljanje s kadri ter za upravljanje z materialnimi viri bolnišnice (monitorji za nadzor vitalnih funkcij, dihalni aparati, sanitetno potrošni material, infuzijske tekočine, zdravila...).
- Povezovanje z informacijskimi sistemi preostalih bolnišnic v državi in izmenjavanje podatkov o posteljnih, operacijskih, diagnostičnih, tehničnih in kadrovskih zmogljivostih (v primeru izrednih razmer).
- Naročanje reševalnih prevozov prek intraneta/interneta in vpogled v stanje naročenega prevoza.

Varnost in zanesljivost informacijskega sistema nujne medicinske pomoči

Ob uporabi standarda CEN ENV 12924 za kategorizacijo varnostnih zahtev ugotovimo, da informacijski sistem nujne medicinske pomoči sodi v vseh treh glavnih skupinah (razpoložljivost, zaupnost in integriteta) v VI kategorijo, kar pomeni, da je ključnega pomena ("mission

critical") za uspešno izvajanje nujne medicinske pomoči v celoti. Tega dejstva se je potrebno zavedati že pri samem načrtovanju in za tem še skozi vse faze izgradnje in nenazadnje tekom uporabe v praksi. Zanikanje pomembnosti oz. kritičnosti vodi neizogibno v zmanjševanje zanesljivosti sistema, kar opisujejo različni avtorji,¹⁴ ko so šele po polnem izpadu njihovega informacijskega sistema in težavni sanaciji spoznali, da je informacijski sistem nujne medicinske pomoči "mission critical" za njihovo bolnišnico. Glede zagotavljanja varnosti je posebej potrebno poudariti občutljivost podatkov, ki se manipulirajo s tem sistemom. Varstvo osebnih podatkov je v Republiki Sloveniji ena izmed z ustavo zajamčenih človekovih pravic in temeljnih svoboščin. Z namenom zagotavljanja te pravice se z zakonom o varstvu osebnih podatkov podrobneje določajo pravice, načela in ukrepi, s katerimi se preprečujejo nezakoniti in neupravičeni posegi v zasebnost posameznika, ki bi lahko nastali kot posledica obdelave osebnih podatkov ter njihove uporabe. Nadalje Zakon o zdravstvenem varstvu in zdravstvenem zavarovanju omenja, da so zdravstveni zavodi in zasebni zdravstveni delavci dolžni voditi zdravstveno dokumentacijo in druge evidence skladno s posebnim zakonom. Ker poseben zakon za to področje še ni bil sprejet, se moramo pri tem nasloniti na Zakon o varstvu osebnih podatkov. Pri načrtovanju in izgradnji informacijskega sistema nujne medicinske pomoči bo potrebno upoštevati določila nove serije standardov ISO 27000.

Na področju zanesljivosti bo zaradi narave dela nujne medicinske pomoči potrebno veliko narediti za zagotovitev visoke stopnje razpoložljivosti. Za doseganje visoke stopnje razpoložljivosti se predvideva vzpostavitev več nivojske redundance npr. na področju preskrbe z električno energijo, delovanjem nekaterih komponent telekomunikacijskega sistema ipd.. Tu je potrebno poudariti, da več nivojska redundanca pomeni tudi to, da se v primeru izpada določenega segmenta informacijskega sistema nujne medicinske pomoči pričnejo uporabljati stari delovni procesi, ki izpadlih komponent sistema za svoje delovanje ne potrebujejo.



Slika 9 Shematski prikaz preizkušane rešitve za izvajanje telenadzora.

Vzpostavitev rešitve za izvajanje telenadzora

Telenadzor, kot osnovna telemedicinska storitev, vnaša v proces Izvajanje nujne medicinske pomoči nove relacije na nivoju podprocesov Izvajanje predbolnišnične nujne medicinske pomoči (B0) in Izvajanje bolnišnične nujne medicinske pomoči (C0), ki omogočajo bistveno skrajševanje časov od nastanka nenadnega obolenja do začetka zdravljenja in s tem tudi povečujejo možnosti za preživetje ali bolj kakovostno zdravljenje. Glavni cilji testiranja rešitve za izvajanje telenadzora so bili:

- ugotoviti možnosti za vzpostavitev takšnega sistema v našem okolju,
- preveriti zanesljivost in učinkovitost delovanja,

- ugotoviti dejanski vpliv na obstoječe procese ter
- izdelati predlog za morebitno trajno implementacijo.

Pred vzpostavitvijo rešitve za izvajanje telenadzora se je KC z uradnim zastopnikom ponudnika teh rešitev, ki ima za te in podobne rešitve največji tržni delež v svetovnem merilu, dogovoril za temeljito testiranje. Testirana rešitev je temeljila na prenosu podatkov v elektronski obliki (12 kanalni EKG, rezultati meritev vitalnih znakov, aplikacija zdravil, izvedeni medicinsko tehnični postopki, osnovni osebni podatki...) iz reševalnega vozila (terena) na določene lokacije znotraj KC in na vzpostavljanju povratne zveze med KC in ekipo predbolnišnične nujne medicinske pomoči na terenu (slika 9). Poskusna rešitev je delovala od oktobra 2004 in se je v različnih enotah KC (Internistična prva pomoč, travmatološki

reanimacijski prostor v centralnem urgentnem bloku, travmatološke ambulante A hodnik Centralnega urgentnega bloka, Služba nujne medicinske pomoči, RPKC in Klinični oddelek za intenzivno interno medicino) testirala vse do konca aprila 2005.

Testirana rešitev za izvajanje telenadzora, je vsebovala naslednjo opremo:

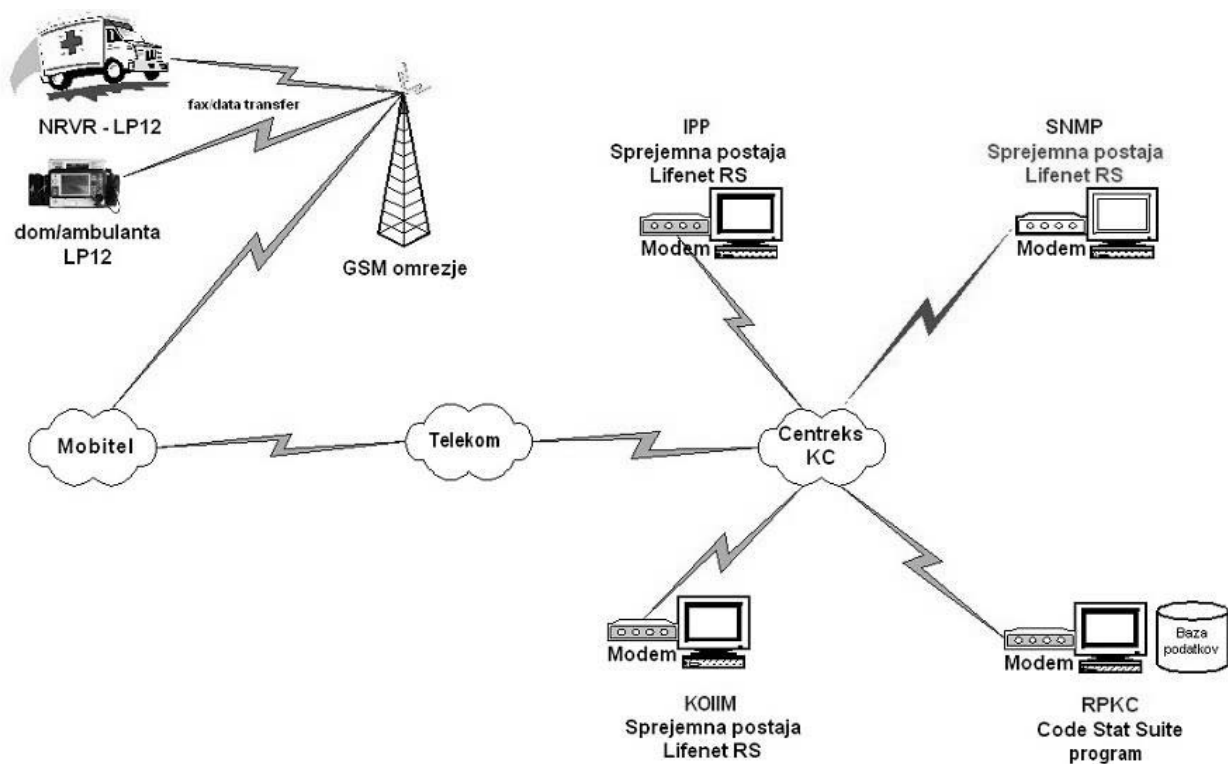
- 3 EKG monitorji/defibrilatorji LP 12 opremljeni z internimi GSM modemi,
- 2 osebna računalnika s programsko opremo za pregledovanje, urejanje in shranjevanje podatkov o bolnikih (LifeNet CodeStat Suite), ki sta bila nameščena v reanimacijski prostor urgentnega kirurškega bloka in na Reševalni postaji KC in
- 4 sprejemne postaje (LifeNet RS).

V času testiranja je bilo evidentirani preko 300 primerov opravljenih prenosov podatkov v sklopu telenadzora. V večini primerov (76%) posredovanih podatkov se je uporabil nabor podatkov, ki je vseboval vse podatke. Na drugem mestu (12%) je bil nabor podatkov, ki je vseboval povzetek podatkov o stanju bolnika. Prevladovala sta dva dogodka, ki sta pogojevala prenos podatkov.

Na prvem mestu je to bilo srčno obolenje (21%) in na drugem bolečina v prsnem košu (17%). Učinkovitost telenadzora pa se je izkazala v primerih, ko so se podatki prenašali na SNMP in Internistično prvo pomoč. V prvem primeru so se v glavnem prenašali zaradi posvetovanja zdravstvenega tehnika z urgentnim zdravnikom o nadaljnji oskrbi bolnika na terenu. V drugem primeru pa so bili prenosi podatkov izvedeni zaradi slabega zdravstvenega stanja bolnikov in v nekaterih primerih tudi zaradi kardio

pulmonalnega oživljanja. V večini primerov posredovanih podatkov se je uporabil nabor podatkov, ki je vseboval vse podatke. Tu so pošiljatelji izbrali najlažjo pot, saj so s tem zagotovili celovit prikaz zdravstvenega stanja bolnika. Na začetku projekta je sicer obstajal dvom, da hitrost prenosa podatkov ne bo zadoščala za pošiljanje vseh podatkov, kar pa se je na koncu projekta izkazalo za neutemeljeno. Čas pošiljanja podatkov med samo intervencijo običajno ni presegal 1 minute. Do časovno potratnih prenosov podatkov je prihajalo večinoma pri prenosu podatkov iz arhiva EKG monitorja/defibrilatorja LP 12 po končani intervenciji ali po potrebi kasneje v postopku analiziranja poteka zanimive ali sporne intervencije. Eden izmed najpomembnejših rezultatov je ta, da je sistem brezhibno deloval v 77% primerov, kar je zelo dober rezultat saj je bila vzpostavljena minimalna oz. okrnjena konfiguracija samo z enim modemom na lokaciji za sprejem in prepošiljanje podatkov. Izkazalo se je, da je kljub tej pomanjkljivosti sistem deloval z visoko stopnjo zanesljivosti. Zanimivo je, da je bilo kar 41% primerov posredovanja podatkov zaradi bolnikov s srčnimi obolenji (vrsta dogodka: srčno obolenje, bolečina v prsni in srčni zastoj). Temu primerno je bilo tudi največje število naročanja posebnih ukrepov za razpoložljivost ustrezne ambulante in ekipe na Internistični prvi pomoči. Na podlagi zadovoljivih rezultatov testiranja in izdelanega predloga implemenacije se je v letu 2006 v Kliničnem centru Ljubljana vzpostavila stalna rešitev za izvajanje telenadzora na naslednjih lokacijah (slika 10):

- Internistična prva pomoč.
- Služba nujne medicinske pomoči,
- Klinični oddelek za intenzivno interno medicino in RPKC.



Slika 10 Shematski prikaz stalne rešitve za izvajanje telenadzora.

Sklep

Informacijski sistem nujne medicinske pomoči je zaradi dokazane pomembne vloge v procesu zdravljenja nujnega bolnika s časom postal nepogrešljiva sestavina vsakega sistema nujne medicinske pomoči. Temu razvojnemu trendu se ne bo mogla izogniti nobena resna bolnišnica ali katera koli druga resna zdravstvena ustanova, ki se ukvarja z izvajanjem nujne medicinske pomoči. Pri načrtovanju in izgradnji informacijskega sistema nujne medicinske pomoči bo potrebno izvesti temeljite analize stanja sistema in kasneje izvesti ustrezne prenove procesov, tako da bo informacijska tehnologija optimalno izkoriščena.

Pričujoča zasnova informacijskega sistema nujne medicinske pomoči je izdelana tako, da je možno konceptualne rešitve uporabiti tudi v drugih

bolnišnicah oz. službah nujne medicinske pomoči v državi.

V sklopu informacijskega sistema nujne medicinske pomoči se bodo izvajale različne telemedicinske storitve, kar bo odvisno od hitrosti razvoja komunikacijske tehnologije in omrežij za prenos podatkov. Ena izmed rešitev za postavitve osnovnega sistema za izvajanje telemedicine je bila uspešno preizkušena in vzpostavljena v praksi v resničnem okolju. Pri tem je bila, kljub minimalni tehnični konfiguraciji izkazana visoka stopnja zanesljivosti in kljub relativno kratkemu času preizkušanja tudi izkazana velika praktičnost in pozitiven vpliv na večanje možnosti za preživetje v primeru stanj, ki neposredno ogrožajo življenje bolnika.

Literatura

1. Kulkarni R., Nathanson L. A., (2001) Medical informatics in emergency medicine,

- <http://www.emedicine.com/emerg/topic879.htm>, 21. 3. 2004.
2. Pravilnik o službi nujne medicinske pomoči, Uradni list Republike Slovenije 77/1996.
 3. Clawson J. J. in Dernocoeur K. B. (2001) *Principles of Emergency Medical Dispatch 3rd ed.*, National Academy of Emergency Medical Dispatch, Salt Lake City.
 4. Vergeiner G, Baumgartl B, Bergmann G, et al. Leitstellen im Rettungsdienst: Aufgaben, Organisation, Technik. Wien: Stumpf und Kossendey, 1999.
 5. Črv M. in Prijatelj V. (2003) Prehod k procesno usmerjenemu informacijskemu sistemu v Kliničnem centru Ljubljana, <http://www.drustvo-sdmi/prispevki-mi2003.asp>, 20.4.2004.
 6. Grgič, M. in Mihelin, M. (2001) Informacijski ambulantni podsistem kot nadgradnja bolnišničnega informacijskega sistema Kliničnega centra (BIS KC) *Informatica Medica Slovenica*, 7(1), 11-15.
 7. Fink A. (2000) Kako skrajšati dostopne čase v Ljubljani, *Urgentna medicina - Sedmi mednarodni simpozij o urgentni medicini* (Bručan A. in Gričar M., Ed.), Portorož 2000; 613-635, Slovensko združenje za urgentno medicino, Ljubljana.
 8. Ministrstvo za zdravje RS - Zdravstvena dispečerska služba (zasnova). Delovna skupina za dispečerstvo. Projekt nujne medicinske pomoči v RS.. 2005.
 9. Ott W. E. (2003) The homeland security communication mistake, *Journal of Emergency Medical Services*, 28(10), 34-44.
 10. Allred K. (2002) Recommendations for ITS Technology in Emergency Medical Services, U. S. Department of Transportation, Washington.
 11. Fink A. (2003) Skracivanje dostupnog vremena s upotrebom metodologije nadzora statusa sistema, 2. *Simpozij o urgentnoj medicini i spašavanju s međunarodnim sudjelovanjem* (Crnić I. in Kukić Ž., Ed.), Rijeka 2003, 13- 21, Sestrinsko vijeće za postupke oživljavanja, Zagreb.
 12. Fink A., Planinc S. in Vehar T. (2003) Prototip dispečerskega računalniškega programa za reševalno postajo, <http://www.drustvo-sdmi/prispevki-mi2003.asp>
 13. Fink A. (2001) Telekomunikacijski sistem, *Strokovni seminar – Dispečerstvo v zdravstvu* (Posavec A. in Fink A., Ed.), Ljubljana 2001; 55-62, Sekcija zdravstvenih tehnikov in medicinskih sester reševalcev pri Zbornici zdravstvene nege Slovenije, Ljubljana.
 14. Mazzoleni M.C., Baiardi P., Giorgi I. (1999) Lesson learnt from a halt of the hospital information system, *Medical Informatics Europe '99* (Kokol P. et al., Ed.), Ljubljana 1999, 102-105, IOS Press, Amsterdam.

Research paper ■

Analysis of Huntington's Disease Gene Expression Profiles with Predictive Clustering Trees

Ivica Slavkov, Sašo Džeroski, Borut Peterlin, Luca Lovrečič

Abstract. In this paper we analyzed microarray data of patients with Huntington's disease (HD). First, we preprocessed the data by using ribosomal genes expression levels as a way of normalization. After this, Predictive Clustering Trees (PCTs) were used to identify useful gene expression profiles and also to connect patient records with gene expression levels. In the end patients' pathological characteristics which created the biggest difference in gene expression levels were identified, but also genes that could serve as a way of differentiating between patients and control subjects, or presymptomatic and symptomatic patients

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 43-51

Authors' institutions: Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia (IS, SD), Division of Medical Genetics, Department of Obstetrics and Gynaecology, University Medical Centre Ljubljana, Slovenia (BP, LL).

Contact person: Ivica Slavkov, Department of Knowledge Technologies, Jožef Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia. email: ivica.slavkov@ijs.si.

Introduction

Huntington's disease is an autosomal dominant neurodegenerative disorder characterized by progressive motor impairment, cognitive decline, and various psychiatric symptoms, with the typical age of onset in the third to fifth decades. It is caused by the expansion of an unstable triplet repeat in *huntingtin* gene, which encodes for ubiquitously distributed huntingtin protein. Recent studies have shown that mutant huntingtin interferes with the function of widely expressed transcription factors, suggesting that gene expression may be altered in a variety of tissues, including peripheral blood. That is why it has been postulated¹ that microarray expression profiles obtained from peripheral blood samples of HD patients could be used to analyze the changes of gene expression levels caused by mutant huntingtin.

The data were obtained as a part of a study conducted by Clinical Center Ljubljana, Department of Medical Genetics.

This paper is organized as follows. First we give a brief description of the data that was available. Next we describe the preprocessing of the data, including the specific problem of re-normalizing the data between runs and filtering the important genes. The scenarios for the actual analysis of the data are further outlined. Also, a brief overview of the concept of Predictive Clustering Trees is given, as well as the software used for the analysis. At the end the results of the analysis are presented and also conclusions and plans for future work are detailed.

Description of the data

The patient records consist of three attributes: HD status (*Presymptomatic*, *Symptomatic*, *Controls*), Age (which was a continuous attribute) and Sex (*Male*, *Female*).

The microarray data, on the other hand, is from Slovene patients obtained from three different runs. In the first one, microarray data was obtained for 4 presymptomatic and 3 control subjects, in the second for 5 presymptomatics and 5 controls and in the third for 5 late symptomatics and 5 controls. All together, there were 27 samples. For each sample the expression levels for 54.675 probes from an Affymetrix HG.U133A 2.0 chip were measured. The expression levels were obtained by using the MAS 5.0 software.

Data preprocessing

As part of the preprocessing procedure the attribute "Age" was first discretized. Because of the typical age of onset of the disease a discretization threshold of 40 years was chosen. A bigger preprocessing effort, however, was made with the microarray data. In order to have meaningful results from the analysis a necessary condition would be to have a sufficiently large sample size. This is especially important for microarray data analysis where thousands of genes are being analyzed simultaneously and where the ratio of samples vs. attributes is always an issue. During the preprocessing of the microarray data, we tried to solve two problems. The first one was putting the data obtained from different runs into a single dataset. Despite that the ratio of genes/samples was still too big. We did a gene selection process where we decided which genes should be considered for further analysis. In the end we obtained an acceptable ratio of genes/samples, which was a tradeoff between overfitting and losing genes which might be important.

Ribosomal genes

A re-normalization of the gene expression values has to be done with the help of some stable measure. We decided to do a re-normalization with the help of the expression levels of genes, which encode ribosomal proteins. Because ribosomes are basic particles of each cell, the genes

which encode them are always expressed. Therefore, their overall expression levels should be stable and also independent of the disease/control status. We used the ribosomal genes for two purposes. First we used them to check if re-normalization between runs was necessary and then we used them to re-normalize.

We marked the runs arbitrary with Run1, Run2 and Run3. The data from each run was in the format presented in Table 1.

Table 1 Data format for each run.

Gene \ Sample	S_1	S_2	...	S_n
G_1	$exp_{1,1}$	$exp_{1,2}$	...	$exp_{1,n}$
G_2	$exp_{2,1}$	$exp_{2,2}$	...	$exp_{2,n}$
\vdots
G_m	$exp_{m,1}$	$exp_{m,2}$	...	$exp_{m,n}$
RG_1	$exp_{m+1,1}$	$exp_{m+1,2}$	...	$exp_{m+1,n}$
RG_2	$exp_{m+2,1}$	$exp_{m+2,2}$	...	$exp_{m+2,n}$
\vdots
RG_r	$exp_{m+r,1}$	$exp_{m+r,2}$	...	$exp_{m+r,n}$

Explanation: In each run there were n samples and $m+r$ genes. The set of ribosomal genes consists of the ones marked with "RG" and it has r genes.

First we calculated the values for three vectors:

$$Mean_1, Mean_2, Mean_3$$

Each element from the vector was the value of the mean of the expression levels of a ribosomal gene for the corresponding run.

$$Mean_i = \{mean.rib_{i1}, mean.rib_{i2}, \dots, mean.rib_{ir}\}$$

$$i = 1 \dots 3$$

where

$$mean.rib_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^n exp_{m+j,l}}{n}$$

$$j = 1 \dots r$$

The check was made by calculating the ratios between the corresponding elements of each vector *Mean* i.e. the ratio between the means from different runs of each ribosomal gene. After this we again had three vectors containing the ratios:

$$Ratio_{ij} = \{ratio.rib_{ij1}, ratio.rib_{ij2}, \dots, ratio.rib_{ijr}\}$$

$$i = 1,2; j = 2,3$$

where

$$ratio.rib_{ijl} = \frac{mean.rib_{il}}{mean.rib_{jl}}$$

$$l = 1 \dots r$$

If the values of the elements of *Ratio* are closer to "1", that means that ribosomal expression levels are comparable for *Run_i* and *Run_j*, and no re-normalization is necessary. Therefore as a numerical measure to evaluate if re-normalization between each run is needed, we used the average difference of the ratios from 1.

$$avg.diff_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^r |1 - ratio.rib_{ijl}|}{r}$$

$$i = 1,2; j = 2,3$$

There was no need to re-normalize between Run1 and Run2. However, some kind of re-scaling would be necessary between Run1 and Run3, as well as between Run2 and Run3 (Table 2). Therefore, the data from Run1 and Run2 were put together (Run1-2) without re-normalization and then re-normalized with Run3.

Table 2 Average difference from “1” of the ratios of means of ribosomal genes from each run.

Average difference from “1”	Run1	Run2	Run3
Run1	0	0.113288	0.259912
Run2	0.113288	0	0.287245
Run3	0.259912	0.287245	0

Process of Re-Normalization

The algorithm of the process of re-normalization can be described as follows:

- Calculate means of expression of ribosomal genes from each run;
- Calculate ratios of means between same ribosomal genes from different runs;
- Eliminate ribosomal genes whose ratios have bigger deviation from the mean than the standard deviation;
- Use the geometric mean of the selected subset of ribosomal genes to re-normalize.

The first two steps were performed with the previously described equations. The third step was done to eliminate those ribosomal genes, which have too big difference in ratios and therefore should not be considered when determining the stable set of ribosomal genes. This step reduced the number of ribosomal genes for further consideration from 59 to 48. In the last step we took the remaining ribosomal genes and calculated their geometric mean. We then used this as a re-normalization factor.

$$rn.factor_i = \sqrt[r-k]{mean.rib_{i,1}, mean.rib_{i,2}, K, mean.rib_{i,r-k}}$$

In the equation, $r-k$ is the set of ribosomal genes which satisfy step 3 from the algorithm for re-normalization. For Run1-2 we used a re-normalization factor, $rn.factor_{12} = 8334.728$ and for Run3, $rn.factor_3 = 11327.16$. We actually

divided each number (gene expression level) with its' corresponding re-normalization factor. In the end we got two new sets which could be combined directly. We calculated the new expression levels according to:

$$rn.exp_{ijl} = \frac{exp_{ijl}}{rn.factor_i}$$

where

$$i = 1,2; j = 1..., m + r; l = 1...n;$$

Selecting important genes

Although we got 27 samples all together, that was still a small number compared to 54.675 probes. That is why we wanted to filter the genes further. First we eliminated the “background noise” genes. Only the genes with expression level bigger then 100 in at least one sample in each run separately were included in further analysis. With this we ensured that the data obtained from a single run was not just a background noise. Further testing was done on the full sets. In order to identify genes which were differentially expressed in HD patients compared to controls a significance test (student t-test) between patients and controls was performed. Only genes with $p < 0.05$ were considered. Then the means of gene expression levels of HD patients and controls were calculated separately. We compared the ratio of these means and by using cut-off values of < 0.6 and > 1.8 we decided upon the final set of genes that were potentially significant for further analysis.¹

At the end of the preprocessing phase we got a dataset of 27 patients and 109 probes (genes).

Data analysis using predictive clustering trees

Considering the previous description of the data there were two major tasks. First we wanted to see the connection patient records-microarray data

and then microarray data-patient records. We used decision trees or the more general Predictive Clustering Trees (PCTs) as a way of connecting the data. The software that was used is a generic system for constructing decision trees- Clus. Before proceeding to details about the analysis a brief description of PCTs and Clus is given.

Predictive Clustering Trees (PCTs)

Decision trees are usually considered for classification purposes. Each tree consists of three elements: internal nodes, branches and leaves. The internal nodes are labeled with some attribute (variable name) and each branch is labeled with a predicate that can be applied to the attribute associated with the parent node. The leaves however, are labeled with a class. Following the branches from the root to a leaf gives sufficient conditions for classification (Figure 1).

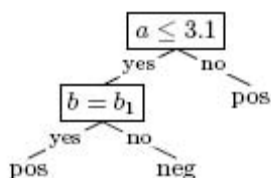


Figure 1 A typical classification tree with classes “pos” and “neg”.

An alternate view of decision trees is that they correspond to the concept of hierarchical clustering.^{2,3} Each node (and leaf) corresponds to a cluster and the tree as a whole represents a kind of taxonomy or hierarchy. Thus we can use the concept of TDIDT (Top-Down Induction of Decision Trees) for inducing clustering trees. We assume that two types of functions exist. A prototype function, which is used to get the best description of the members of a cluster, and a distance function for measuring the distance between prototypes and also between members of the cluster and the prototype. When inducing the clustering tree the TDIDT algorithm uses as a

heuristic the minimization of intra-cluster variance (and maximization of inter-cluster variance). The minimization of the intra-cluster variance means minimizing the average distance between the members of the cluster and the prototype, which describes it. Maximization of the inter-cluster variance maximizes the distance between the prototypes. At the end we get a clustering tree in which the top-level node corresponds to one cluster containing all of the data, which is recursively partitioned into smaller clusters while moving down the tree. The leaves of the clustering tree are clusters, but they also store information about the cluster prototype. Because in essence the prototype describes the cluster, it can also be considered as a prediction of the values in that cluster with a certain amount of error.

The Clus system

The system that was used for data analysis is called Clus. It is a generic system for constructing decision trees. It can be used for constructing classification trees, for predicting symbolic attributes, as well as for regression trees for numeric values prediction. Sometimes it is also useful for predicting several attributes at once so multi-objective trees can also be constructed (Figure 2).

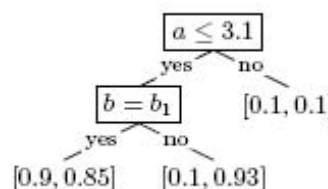


Figure 2 Multi-objective regression tree predicting values for two numeric attributes.

Clus uses a standard recursive top-down induction algorithm to construct the decision trees similar to that of C4.5 and Cart.

We use Clus by executing it in a “beam-search” mode. When run in this mode, Clus considers the

set of k best trees (the beam) found so far. This beam when initialized has one tree that consists of only one leaf node. During each iteration of the beam-search, the beam is modified by constructing all refinements of all trees in the beam. A refinement is obtained by replacing a leaf by a new internal node. This is repeated for each possible test that can be used in the internal node. If a refinement is better than the worst tree in the beam, then this tree is replaced by the new refinement. The score for sorting the trees in the beam can be based on accuracy or on entropy. The execution in beam-search mode ends if no better refinements are found and the beam of the k best trees is returned.

Simulation of IC-clustering

The first scenario of analysis was the simulation of the Itemset Constrained clustering (IC-clustering)⁴ as a way of connecting patient records-microarray data.

The idea of simulating IC clustering is the following: We have the patient attributes (Age>40, SexMale...) or combination of attributes (Symptomatic&Age>40, Age>40&SexMale...) which divide the patients (samples) into two groups- one group that has those characteristics (e.g. Age>40) and another one which does not (e.g. Age<40). We want to determine which attribute (or combination of attributes) creates groups whose members are most similar to each other in terms of their gene expression levels.

The steps for this scenario for analysis are:

- Find frequent itemsets from the patient records (attributes);
- Use them as patient features;
- Create PCT stubs with patients' features as constraints.

At the beginning we wanted to see which patient attributes appeared together most often- like "Symptomatic_Age>40". After finding the frequent itemsets we used them as features. This means that if the patient (sample) is symptomatic and has more than 40 years of age, we assign the Symptomatic and Age>40 attribute but also the Symptomatic_Age>40 as a separate attribute. We use Clus in a beam search mode to construct PCT stubs (Figure 3) which are trees which contain only one internal node. The node contains the patient feature (the patient features are the descriptive attributes D) and the leaves just contain the information of the cluster size.

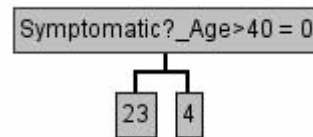


Figure 3 PCT stub which is output from Clus.

Determining useful gene expression profiles

When talking about useful gene expression profiles we consider genes or set of genes which might prove useful for distinguishing two things: if a subject has HD or is healthy, but also to determine the progress of the disease of HD patients. First we tried to construct regular classification trees. The class we tried to predict was "Huntington" with class attributes HD and H (healthy). Then we used as a class "Stage" with three class values: P (presymptomatic), S (symptomatic) and C (controls). For determining the accuracy of the decision trees we used a leave-one-out validation. However the accuracy was low in both cases. In the case of the class "Huntington" the accuracy was around 51% and in the case of Stage it was even lower around 44% (Table 3).

Therefore we tried to improve the accuracy of the models by constructing PCTs. The PCTs were more specifically multi-objective decision trees

that used the two classes “Huntington” and “Stage” simultaneously (Figure 4). We presumed that this would help the algorithm to do a more informed decision when constructing the trees.

Table 3 Comparison of accuracy for different types of decision trees

Type of model	Class	Class values	Accuracy
Classification tree	Huntington	{HD,H}	51%
Classification tree	Stage	{P,S,C}	44%
Multi-objective classification tree	Huntington	{HD,H}	74%
	Stage	{P,S,C}	74%

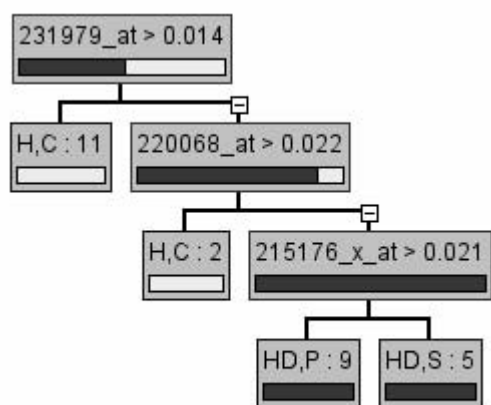


Figure 4 Multi-objective decision tree with genes at the decision nodes.

Table 4 The relationship between the two classes “Huntington” and “Stage”.

Stage\Huntington	HD=true, H=false		HD=false, H=true	
	HD=true, H=false	HD=false, H=true	HD=true, H=false	HD=false, H=true
P	true	false	false	false
S	false	true	false	false
C	false	false	true	true

The cross-validation showed that the accuracy rose to 74% for both classes. The reason why multi-objective decision trees performed better

was because the two classes were correlated (Table 4).

In essence, we have put a constraint on the algorithm when trying to separate Presymptomatic, Symptomatic and Controls to prefer putting Presymptomatic and Symptomatic in one cluster and Controls in the other. Furthermore, we used Clus in a beam search mode in order to see which are the best multi-objective trees that can be constructed. We found out that the top 203 trees have the same value for the intra-cluster variance. Each of these trees had three genes in its internal nodes.

Results from the simulation of IC-clustering

The results from the simulation of IC-clustering (Table 5) were somewhat expected. The attribute, which created clusters that had the minimal values for the intra-cluster variance was “Symptomatic”. This confirms the results from a previous study of HD¹ that the biggest differences of gene expression levels were detected in HD patients that were symptomatic with respect to the presymptomatic and control subjects.

Table 5 Results from the simulation of IC-clustering.

Cluster rank	Cluster description
1	Symptomatic
2	Control
3	HD
4	Symptomatic_Age>40
5	HD_Age>40
...	...

The clusters “Control” and “HD” had the same value for the intra-cluster variance and they were also expected results because they show that the clusters are less compact if they contain presymptomatic and symptomatic patients together i.e. HD patients. Symptomatic and Age>40 stresses the significance of the age of

onset of the disease connected to the appearing of the symptoms of HD.

Results obtained with Predictive Clustering Trees

As mentioned previously the 203 models with the same intra-cluster variance were obtained from the beam search that was conducted with Clus. They were in essence the 203 models of multi-objective classification trees, which were the best predictive models of the data and for which the same accuracy assessment from the leave-one-out validation applied. The probes which were part of these models were identified and ranked according to their number of appearance in the models. In this way we identified altogether 39 probes. To see if any of the probes (genes) identified as significant were meaningful in biological context we searched for their function from the gene ontology database.⁵

For seventeen of them little or nothing is known and cannot be matched to a known gene of biological function.

Probes "1556462_a_at", "226736_at", "205101_at", "1553983_at" are involved in processes related to transcription - transcriptional activator activity, transcription factor activity, transcription corepressor activity, pyrimidine metabolism, dTDP and dTTP biosynthesis, DNA metabolism. It has been previously shown that disturbed transcriptional activities are characteristic for HD.^{6,7} Therefore our finding that expression of these transcription-related genes is different in above described groups is even more suggestive that the transcription in HD is disturbed.

Also, inappropriate protein functioning, synthesis and degradation has been documented in HD.⁸ Probes "1558699_a_at", "204581_at", "240254_at", "1555181_a_at", "201041_s_at", "228055_at", "228056_at", "204410_at" are all involved in different processes related to proper

protein functioning, for example proteolysis and peptidase activity, protein modification, protein binding, protein amino acid glycosylation, protein biosynthesis, translational initiation or regulation of translation.

Probe "221478_at" is predicted to have a role in induction and positive regulation of apoptosis, which is another process that is balanced out in HD.⁹

Some of the remaining probes are involved in immune response ("209374_s_at", "212671_s_at", "222934_s_at"), intracellular signaling cascade ("239533_at", "204484_at") and some other processes, which are yet to be elucidated in the view of HD.

Conclusion and further work

In this study a lot of effort was made in the preprocessing phase and in finding a way to do a proper normalization of the gene expression data. Also, reducing the ratio of genes/samples was addressed and statistical filtering of the important genes was performed. As part of the analysis process of the microarray data an attempt was made to demonstrate the uses of PCTs for two purposes: as a way to connect the patient records with microarray data and also as a way to identify important gene expression profiles. Some of the genes that were identified could prove useful as biomarkers for Huntington's disease, but further work and biological insights are needed in order to be able to make any kind of a significant claim and true validation of the results. This would include validation of the results by repeating the analysis on other HD microarray data sets and also by comparing results from different types of analysis and previous studies.

References

1. Borovecki et al.: Genome-wide expression profiling of human blood reveals biomarkers for

- Huntington's disease. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, August 2 2002, vol. 102., no 31, p 11023-11028
2. H. Blockeel. *Top-down induction of first order logical decision trees*. PhD thesis, Department of Computer Science, Katholieke Universiteit Leuven, 1998.
 3. H. Blockeel, L. De Raedt, and J. Ramon. Top-down induction of clustering trees. In *Proceedings of the 15th International Conference on Machine Learning*, pages 55–63, 1998.
 4. Sese Jun, Yukinori Kurokawa, Kikuya Kato, Morito Monden and Shinichi Morishita. Constrained Clusters of Gene Expression Profiles with Pathological Features. *Bioinformatics* vol. 20 issue 17 Oxford University Press 2004
 5. Web Page: <http://www.geneontology.org>.
 6. Dunah AW, Jeong H, Griffin A et al. Sp1 and TAFII130 transcriptional activity disrupted in early huntington's disease. *Science*, 2002; 296: 2238-43.
 7. Sugars KL, Rubinsztein DC. Transcriptional abnormalities in Huntington disease. *Trends in Genetics*, 2003; 19: 233-238.
 8. Harjes P, Wanker EE. The hunt for huntingtin function: interaction partners tell many different stories. *Trends Biochem Sci.* 2003; 28 (8): 425-33.
 9. Sawa A, Wiegand GW, Cooper J et al. Increased apoptosis of Huntington disease lymphoblasts associated with repeat length-dependent mitochondrial depolarization. *Nat Med* 1999; 10: 1194-1198.

Research paper ■

Segmentation Methods in Atherosclerosis Vascular Imaging

Rakesh Sharma, Avdhesh Sharma

Abstract. Vascular stenosis measurement evaluates the cardiovascular risk and vascular disease by use of 3D segmentation. 3D segmentation methods of vascular MRI images are used in vascular feature characterization by parametric deformable models, feature contour map and contrast enhancement methods. Segmentation is done by object delineation and recognition using surrogate vascular marker. T1 weighted and T2-weighted segmentation methods use parametric color-coded feature maps and 3D reconstruction rendered images to display different plaque and vascular wall features. Segmented wall thickness, lumen area and plaque constituents appear significant cardiovascular risk indicators after automated segmentation of vascular features.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 52-69

Authors' institutions: Department of Medicine, Baylor College of Medicine, Houston, TX, USA (RS), Postgraduate Department of Biochemistry, North Maharashtra University, Jalgaon, Maharashtra, India (RS), Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology, New Delhi, Delhi, India (AS), Department of Electrical Engineering, Jay Narain Vyas University, Jodhpur, Rajasthan, India (AS).

Contact person: Rakesh Sharma, 901 West Jefferson Street, Jeffwood B-7, Tallahassee, FL 32304, USA. email: rs2010@columbia.edu.

Introduction

Atheromatous plaques develop in the walls of large and medium arteries. These include thoracic and abdominal arteries, carotid and coronary arteries. Common carotid artery bifurcates into two internal and external branches. Progressive enlargement of plaques narrows the arterial lumen, causing vascular stenosis and occlusion.

Atherosclerosis may become acute asymptomatic when an unstable atheromatous plaque ruptures. The contents of ruptured plaque are highly thrombogenic, causing arterial occlusion 'emboli' and lead to the development of aneurysm. These cause tears longitudinally in the arterial wall. Ultimately these tears in wall allow blood to escape from their vessel lumen. Vascular magnetic resonance imaging (MRI) imaging helps to define the nature and extent of vascular disease and therapy monitoring for progression or reoccurrence after therapy. Image processing is used to extract information from vascular imaging. Carotid artery segmentation locates the incidence of atheroma formation near to bifurcation region. AHA classification distinguished the plaque MRI features and scored criteria of atherosclerosis disease burden.¹ Glagov et al.² classified and defined morphological segments of common carotid (C1 C2), bifurcation (B1 B2), external and internal branches (E1, I1). Atherosclerosis in vivo evaluation mainly depends on accurate carotid segmentation for vessel wall, plaque chemical composition and lumen measurement. However, many controversial questions in vascular imaging are important such as: isolated plaque or multiple lesions, % occlusion or narrowing of lumen in vascular segment, site of occlusion either distal or proximal to the lesion, presence of collateral vessels to provide blood flow around lesion, abnormal blood flow patterns.

In the present paper, locally developed 3D segmentation method is demonstrated based on algorithms of object delineation and object recognition of atherosclerosis vascular wall and plaque features; surrogate markers; validation with experimental phantom; finally theory of

evaluation of segmentation method. Our focus was to demonstrate the power of segmentation to visualize carotid vascular MRI features and plaque constituents as possible cardiovascular risk predictors. This segmentation approach may be applied to other vessels and arteries such as femoral and renal arteries.

Vascular Image Segmentation

Classifiers and segmentation algorithms extract out features and characteristics of image primitives or *a priori* information. This *a priori* information is boundary-based and region-based edge-detection approximate gray-level values of carotid vessel wall tissue, spatial location of bifurcation to initialize a threshold-based or spatial transformation or boundary detection and interpretation of wall layers. Segmentation depends on thresholding that suffers from noise and sampling artifacts. Deformable models minimize these problems in segmentation. Deformable models are 'curves' or 'surfaces' defined within image domain that can move under the influence of internal forces within the curve or surface it self and external forces that are computed from the image data.

Deformable models as SNAKES or active contours

Parametric deformable models use 'snakes' and 'curves'. Snakes show direct interaction with the model and lead to fast-real time implementation. These 'snakes' are also known with other names such as balloons, surfaces etc. Deformable models may be geometric models. Parametric deformable models may be two types: 'energy minimizing formulation' and a 'dynamic force formulation'.

Energy Minimization Formulation

It finds a parameterized curve with minimum internal energy (tension or the smoothness of contour) and potential energy (local minima at the image intensity edges occurring at object boundaries). 'Curve' may be defined as

$X(s) = (X(s), Y(s))$, $s \in [0,1]$ which moves through the spatial domain of an vascular image to minimize the following energy functional component:

$$E(X) = S(X) + P(X) \quad (1)$$

where $E(X)$, $S(X)$ and $P(X)$ are energy functional components of curve.

Dynamic Force Formulation

The force formulation represents the external force as dynamic formulation by dynamics of a contour $X(s,t)$:

$$\mu d^2X/dt^2 = F_{damp}(X) + F_{in}(X) + F_{ext}(X) \quad (2)$$

where $\mu=0$ (in segmentation) is coefficient that has mass unit and F_{damp} is the damping (or viscous) force defined as $-\gamma dX/dt$ with γ being the damping coefficient. Several external forces are now applicable to deformable contours and surfaces such as multiscale Gaussian potential force, pressure force, distance potential force, Gradient vector flow, dynamic distance force, interactive force. Deformable models generate ‘contours’ by finite difference method, dynamic programming, greedy algorithm, marching algorithm.³

Interpretation of Features from Segmentation

Color-coded feature classification aims to the specific identification of plaque components. Descriptions of regions may be either “Contour-based” or “Region-based” (in terms of effective diameter, circularity and projection).⁴

Classification vs. Representation

Color-coded feature based classification of plaque tissue represents the compositional and dimensional properties of atherosclerosis lesions. However, question of diffuse or semi-solid, fibrous, collagenous or elastic, still remains a problem into one of a finite number of mutually exclusive

classes. A ‘classifier’ needs to designate and separate points representing distinct ‘classes’ with assumption that matching points tend to be closer with each other away from other points. The subset of features yielding minimum $P(e)$ represents best set and parametric classifier (Bayes method) uses probability structure data class-by-class to generate ‘feature set’ or class decision for a given sample. If data is insufficient, non-parametric classifier methods (ANN, KNN) are used.⁵

Quantitative Analysis of Segmented Images and Algorithms

The segmentation goals are identification of accurate vessel morphology, topology (angles and curvatures), correct plaque labeling and voluming. It is accomplished by measurement of wall thickness, lumen and plaque size. Automatic segmentation requires robust and quick methods to perform accurate separation and identification of vascular structure with minimal amount of user interaction. This allows the selective visualization (region of interest display), and quantitation of vascular function.

A priori Knowledge Based Image Segmentation

It depends on *a priori* knowledge. It may involve knowledge of approximate gray-level value of a tissue class to initialize a threshold based method, spatial location of tissue or organs for automated selection of training points for a classifier, or shape of object. Training points design the spatial transformations and constraints for the boundary detection algorithms.⁶ This information can be used to improve the specificity and sensitivity of the low-level segmentation algorithms.

Vasculature Assessment (Object Extraction) Algorithm

Extraction of bifurcation segment starts from operator-choice of seed point using following strategy. The segment is a 3D portion of vasculature. Using seed point, image intensity ridges are extracted out approximately same vessel dimensions utilizing *a priori* information supplied. The vessel dimensions can be measured proportional to the scale.⁶ The steps are:

1. Geometry-based semi-automatic segmentation using carotid artery magnetic resonance angiography (MRA) volume to extract bifurcation segment in the region of interest;
2. Comparison of extracted vessel segments with maximum intensity projection of MRI data in the region of interest. If bifurcation segment is missing, repeat step 1;
3. Iterative construction of carotid artery bifurcation segment;
4. 3D visualization and interactive editing of resulting bifurcation artery segment.

Artery Visualization and Suppression of Overlapping Veins

Vessel segmentation uses automated process after operator selects two points (start and end points) of vessel. At the start point location, a search for the vessel borders is performed by dynamic programming in a plane perpendicular to the vessel segment (two interactively marked points). Dynamic programming identifies approximately elliptic border of artery cross-section and a centroid of vessel region is calculated as new centerline point. It is mapped to the next plane of vessel segment in the direction of segment end.⁷ The steps are:

1. Maximum intensity projection of bifurcation region of interest in 3D

2. Interactive identification of start and end points of adjacent veins, and their removal;
3. Interactive generation of targeted MIP image
4. Bifurcation segment labeling
5. Repetition of steps 2, 3, 4 until resulted bifurcation MIP image.

SNAKES Algorithm

‘Snakes’ are deformable active contour models attracted to image features such as edge, lines, contours etc. Snake is a energy-minimizing spline guided by internal constraint forces and influenced by external forces that pull it towards image features. These snakes pass by edges. It behaves as balloon and skips high intensity points and passes over edges that are weaker intensity points. The starting point for SNAKES algorithm is manually chosen as a single seed point at common carotid artery (centroid). Further, application of 3×3 Sobel edge detector mask to carotid MRA images enhances the speed of snake energy minimization. At optimized settings of edge force, expansion force and use of constants, several node points approximate a contour. The vertices of the obtained contours are placed in areas with significant values of the image gradients. The algorithm is the equation determining vertex movement. Equation (3) defines the new iterative process for finding the SNAKE location. A contour by a set of points $v(s) = (x(s), y(s))$ on an image parameterized with respect to the contour arc length s . The total energy of the active contour is the integration of local energies along its normalized contour, which is written as

$$E_{snake} = \int_{0..1} E_{int} + E_{ext} ds \tag{3}$$

E_{int} represents the internal energy of the snake that measures the continuity and smoothness of the contour. The internal energy can be defined as $E_{int} = a(s) |v_s(s)|^2 + b(s) |v_{ss}(s)|^2$, where v_s and v_{ss} are the first and second derivative of v by the arc length s . E_{ext} are external forces, which can be

lines, edges and terminations derived from the image.

$$\begin{aligned} E_{\text{ext}}(v) &= - \int_{\Omega} g_o (|f_M * I| + A * I) ds \\ &= - \int_{\Omega} F(v) ds \end{aligned} \quad (4)$$

where f_M represents the Macleod operator, I denotes the raw image, g_o is the gravity constant, A is a positive weighting factor, and $*$ represents the convolution operator. In addition, Ω defines a local area in which the gravity is assumed to be effective to current position v . Depending on positive or negative value of f_M the contour vertices move forward or backward along their normal vectors n . Function f in Equation (4) looks along the vector n for the maximum value of dot product between image gradient and vector n . The neighborhood of radius b (in one dimensional space) maxima point can be searched. The search step is set to a fractional part of a pixel. The gradient computed value gives an intensity difference on a similar distance. The image intensity is calculated by means of bilinear interpolation. If the maximum gradient is found on the outer side of the contour, function f obtains a positive value and the vertex moves towards the maxima point is searched. At maxima point inside the contour, the vertex moves in the opposite direction. The algorithm enables the user to change the radius b as one of the parameters control the distance of the contour edge located in the expected location. In this algorithm, snake vertices oscillate near the sharpest edge based on the assumption that the initial contour for locating the intima always lies above the sub-intima region. So the iterative process must be stopped after a certain number of iterations (usually ten iterations). If the function f_M is set to zero in Equation (4) the algorithm can be used for contour smoothing by using the sequence of ten iterations of the full snake algorithm, five iterations of smoothing and again five iterations of the snake algorithm. The smoothing phase avoids spurious edge for the smooth curved object shape.

Tracking the Carotid Aorta

This method produces surface as a set of voxels with user's supervision during segmentation process and parameter correction.⁸ The algorithm steps are described in the procedure for aorta tracking based on connectivity:

1. Initialization in one of the slices (just under the aortic arch) and automatically finding starting point and performs segmentation for other slices;
2. Find the descending aorta in all slices under the initial one;
3. The initial point in the next slice is determined as an average position of all snake points in the previous slice;
4. The parameter associated with pixel intensity is corrected for each slice, so that the product p and av is constant, where p is the balloon parameter, av is an average pixel value computed for certain neighborhood of the initial point; and
5. Segmentation must be repeated only for the skipped slices. A maximum number of iterations is done that is acceptable for a contour approximation.

If the contour exceeds this number, its average position is not used as an initial point for the next slice. In that case the last regular snake is used to compute the initial point. This feature is used to track the aorta, in cases when a single image can destroy an entire set by moving the initial point completely out of the desired area of the aorta.

Dynamic Programming Algorithm

It computes the optimal paths in a graph for searching boundaries in one direction based on the principle that "an optimal policy has the property of whatever the initial state and initial decision are, the remaining must constitute an optimal policy with regards to the state resulting from the

first decision".⁹ So, the choice of a transition from n_j to n_{j+1} can be based on only the cost of optimal path to n_j and the local cost associated with a move from n_j to n_{j+1} .

Both border detection searches are performed in small bands along the approximate border positions in full resolution data.

Plaque contrast enhancement methods

In vivo MRI imaging evaluation of 1-mm thick carotid artery image slice with plane resolution of 0.1 mm visualizes atheroma tissue components appearing as dark, brighter and gray areas. Carotid artery wall mainly consists outer layer intima, outlined by epithelium collagen embedding media which is the seat of connective tissue components like elastin, collagen, fibrous muscles, blood capillaries and deposits including thrombus, plaque etc.

Two important plaque components are atheromatous core and fibrous cap generate contrast by selecting different TE and TR values.¹⁰ Apparently the major presence of water hydrogen atoms in the core in comparison with lipids allows better NMR signal by frequency selective methods. T2 weighted sequences using broad range of TE and TR provide good contrast between plaque components with lesser effect of noise, motion artifacts, acquisition time demand and longer TE.

Segmentation and evaluation

Evaluation of segmentation method

Evaluation is done by 'object recognition' and 'delineation' that depend upon contrast-to-noise ratio in segmentation. Image (gray level) display, interpolation, filtering, and registration operations depend on image segmentation process.

Quantitative evaluation of segmentation algorithms, at the outset, specifies the quality of

segmentation in terms of technique stability and its accuracy depending on various factors:

- A: An application or task; example: volume estimation of atherosclerosis plaque or scene.
- B: A body region; example: carotid artery bifurcation.
- C: An imaging protocol; example: FSE MR imaging with a particular set of parameters. Scene: A 3D volume image, denoted by $\xi = \{C, f(c)\}$, where C is a rectangular array of voxels, and $f(c)$ denotes the scene intensity of any voxel c in C. ξ may be a vectorial scene, meaning that $f(c)$ may be a vector whose components represent several imaged properties. C is referred to as binary scene if the range of $f(c)$ is (0, 1).
- T: A set of slice-by-slice scenes acquired for the given application domain $\langle X, Y, Z \rangle$.

Segmentation of an object 'o' in a given scene acquired for an application domain $\langle X, Y, Z \rangle$ is the process of defining the region/ boundary of 'o' in the given scene. It consists of two related tasks - recognition and delineation. Recognition is a high-level and qualitative task of determining roughly the whereabouts of the object in the scene. Delineation is a lower-level and quantitative task of specifying the precise location and extent of object's region/boundary in the scene.

Suppose the output of any segmentation algorithm corresponding to a given scene $e = (C, f)$ is a set of voxels $O \subset C$. This set represents the region occupied by (the support of) an object o of B in C. The fuzzy object defined by o in e is a scene $e_o = (C, f_o)$, where, for any $c \in C$,

$$f_o(c) = \begin{cases} \eta(f(c)), & \text{if } c \in O; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5)$$

Suppose, e_o is itself a fuzzy object. Here η is a function that assigns a degree of objectiveness to every voxel c in O depending on the scene intensity $f(c)$. Segmentation in C represents object

o in B by O and the corresponding fuzzy object by e_o .

The *efficacy* of vascular segmentation method M in an application domain $\langle X, Y, Z \rangle$ depends on three factors: *precision* which represents repeatability of segmentation taking into account all subjective actions required in producing the result; *accuracy*, which denotes the degree to which the segmentation agrees with truth; *efficiency*, which describes the practical viability of the segmentation method.

For carotid vessel as fuzzy object, let us assume the operations as: $e_{ox} = (C, f_x)$, $e_{oy} = (C, f_y)$ and $e_{oz} = (C, f_z)$ be any fuzzy objects defined by the same object o in a scene e . Then, the *cardinality* of the fuzzy object is defined as $|e_{ox}| = \sum_{c \in C} f_x(c)$. Fuzzy set union $e_{oz} = e_{ox} \cup e_{oy}$ is defined for any $c \in C$ by $f_z(c) = \max(f_x(c), f_y(c))$. Fuzzy set intersection $e_{oz} = e_{ox} \cap e_{oy}$ is defined for any $c \in C$ by $f_z(c) = \min(f_x(c), f_y(c))$.

Fuzzy set difference $e_{oz} = e_{ox} - e_{oy}$ is defined for any $c \in C$ by

$$f_z(c) = \begin{cases} f_x(c) - f_y(c), & \text{if } f_y(c) \geq 0; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (6)$$

A fuzzy masking operation, $e_{oz} = e_{ox} \bullet e_{oy}$ called 'inside', is defined for any $c \in C$ by

$$f_z(c) = \begin{cases} f_x(c), & \text{if } f_y(c) \neq 0; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (7)$$

Another fuzzy masking operation is $e_{oz} = e_{ox} \circ e_{oy}$, called 'outside'. It is defined for any $c \in C$ by

$$f_z(c) = \begin{cases} f_x(c), & \text{if } f_y(c) = 0; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

Surrogate of Truth

In case of in vivo MRI patient images, it is almost impossible to establish absolute true segmentation; some surrogate of truth for comparison is needed. Our basic objective was to develop this framework in the light of assumption that operator manually

outperform computer algorithms in recognition tasks, while automated computer algorithms are far more efficacious in delineation than it is done manually. Accordingly, the surrogates that were used reflected this objective. However, the delineation and recognition aspects are two separate methods.

Object Delineation

Five possible choices of the vascular surrogate of truth for delineation are outlined below.

Manual Delineation: It is easier but it is not exact. Suppose, corresponding to a given set T of scenes for the application domain $\langle X, Y, Z \rangle$, manual delineation in either of these forms produces a set T_{td} of scenes representing the fuzzy objects defined by the same object represented in the scenes in T . Manual 'delineation' produces a hard set o for each scene $C \in T$, which is later converted to a fuzzy object. There are several ways of averaging the results to get binary scenes, T_{td} . The binary objects (o) segmented in each scene $C \in T$ in multiple trials may be averaged first and then the fuzzy object may be computed.

Automated delineation: Automated delineation of vessel boundaries and edge identification assesses carotid artery stenosis. An example of automated contour delineation of vascular boundaries and measurement of wall thickness by using SNAKE algorithm is demonstrated in present report. In this approach, transform pixel coordinates of SNAKE boundary from x, y to radial r, θ are used to delineate the outer and inner boundaries of the vessel to measure wall thickness.

Simulated Scenes - 3D Deformations: 3D deformations generate simulated scenes to capture variations for segmentation. The same method was applied for manual segmentation. The complete set of scenes (original + deformed) in this case constitutes T , and the complete set of segmentations represents T_{td} .

Simulated Scenes - Cutoff Regions: Another method to simulate vascular scenes first creates an

ensemble of “cut-outs” of object regions from actual acquired scenes. In second step, these “cutouts” of object regions get buried realistically in different scenes. Each cut-out may be segmented by appropriate segmentation method viz. validated, seed growth, supervised etc. The cut-out regions contain the object region with a background tissue region only without any other confounding tissue regions the resulting scenes and the segmentations constitute T and T_{td} , respectively.

Contour Delineation: Our semi-automatic contour delineation technique was modification of method Ladak et al.¹¹ based upon the discrete dynamic contour (DDC). A DDC is a polyline, a sequence of points connected by straight-line segments that deforms to fit features in an image. DDC drives outwards through a balance of image-derived forces (which define the edges of the vessel), internal forces (which keep the DDC smooth in the presence of noise), and damping forces (which keep the DDC stable during deformation). The image-derived forces are based on edges. So, it is necessary to initialize the DDC by drawing an approximate outline of the object.

In our approach, an operator first identifies and then crops out the vessel of interest in the given image. The operator then draws an approximate outline of the inner arterial wall in the form of a polygon with four to six vertices. The DDC is then deformed towards the inner (lumen/wall) boundary, with additional points automatically introduced to maintain a fixed spacing (patching) between points. In case of unsuccessful segmentation (e.g., if part of the contour undershoots an edge due to overdamping), individual points on the DDC can be manipulated, and the DDC is deformed again. Once the algorithm successfully finds the inner boundary of the arterial wall, this inner contour is saved and then inflated by approximately $626 \mu\text{m}$ (i.e., two pixels at the standard 16-cm FOV, and roughly equal to the wall thickness of a normal carotid) to create a ‘second contour’ as the initial approximation for the outer arterial wall boundary. This second contour is then automatically

deformed and saved to fit the outer arterial wall boundary in the same manner as described for the inner contour.

Object Recognition

In evaluation approaches, the overall vascular volume delineated by segmentation may not match with segmentation truth i.e. some areas of a vessel may be missed regions in delineation. If it is a crucial landmark area, such as a location of lesions, vascularization then missing or overestimating could affect important clinical-decision making for the location of vital regions such as vulnerable plaque fibrous cap. It highlights the algorithm's recognition performance.

Prerequisites of object recognition: Plaque as true surrogate needs reliable information for assessing accuracy of segmentation. It needs *a priori* information related to the object (recognition) based on the following strategy:

1. Compile a list of features/landmarks that are vital for $\langle X, Y, Z \rangle$ through help from a set of experts (radiologists, surgeons, cardiovascular-anatomists).
2. Each expert assigns a score to each feature to indicate its level of importance in $\langle X, Y, Z \rangle$.
3. Compute an average of the scores. Normalize these to the range $[0, 1]$. It generates a feature vector F whose components have values in $[0, 1]$.
4. Experts locate and delineate the critical plaque area of these features in scenes in T repeatedly.
5. Use the mean location and spread information and the mean vector F to generate a scene C_{tr} , (for each scene $C \in T$) which is a composite of the Gaussian weighted scores for all features in the set. In this composite scene $C_{tr} = (C, f_{tr})$, a high value $f_{tr}(c)$ for a voxel $c \in C$ indicates that c is both close to the mean location for a particular feature.

It generates a scene e_{tr} for each feature i in F or make C_{tr} , a vectorial scene. Alternatively, these individual scenes e_{tr} may be combined into a composite scene C_{tr} , as indicated above by taking an average or a fuzzy union. In any case, let S_{tr} denote the set of resulting scenes containing information about truth in object recognition. Object recognition measurements on segmented contours: Other approach may be using the inner and outer contours (C_{in} and C_{out}), to compute six measures: 1) arterial wall area (A_w); 2) average radius of C_{in} (R_{in}); 3) average radius of C_{out} (R_{out}); 4) signal difference to noise ratio (SDNR) at the inner wall-blood interface ($SDNR_{in}$); 5) SDNR at the tissue-outer wall interface ($SDNR_{out}$); and 6) SNR within the wall.

Using this approach, wall area was calculated by subtracting the area enclosed by C_{in} from the area enclosed by C_{out} . Since the computed wall areas are dependent on both C_{in} and C_{out} , R_{in} and R_{out} were calculated to characterize the effects of resolution and noise on these contours individually.¹² R_{in} was calculated by finding the average distance between C_{in} and its centroid. R_{out} was calculated similarly from C_{out} .

For 'edge detection' algorithm, a particularly convenient and appropriate measure is the SDNR difference at the inner wall-blood interface ($SDNR_{in}$) and the tissue-outer wall interface ($SDNR_{out}$) to detect the edge between the regions. SDNR served as objective measure of quality for interfaces. It is calculated by taking the ratio of the signal difference at the interface of interest and the standard deviation (SD) of pixel values with in an area of no signal. Each inner-outer wall boundary contour pair (C_{in} and C_{out}) from a given image generated two additional contours automatically: a deflated inner boundary contour (C_{def}) was created by moving the nodes of the inner boundary contour $626 \mu\text{m}$ inward in a direction normal to C_{in} while an inflated outer contour (C_{inf}) was created by moving the nodes of C_{out} $626 \mu\text{m}$ outward in a direction normal to C_{out} . It calculates $SDNR_{in}$ by subtracting the mean pixel value of the wall region (bounded by C_{in} and C_{out}) from the mean pixel value of the blood boundary

region (bounded by C_{def} and C_{in}) and dividing by the SD of pixel values in the blood-core region (enclosed by C_{def}). In the same way, $SDNR_{out}$ is calculated by subtraction of the mean pixel value of the tissue-boundary region (bounded by C_{inf} and C_{out}) from the mean pixel value in the wall region (bounded by C_{in} and C_{out}) and dividing it by the SD of pixel values in the blood-core region. Mean pixel value of the wall region (bounded by C_{in} and C_{out}) divided by the SD of pixel values in the blood-core region gives SNR. So, both $SDNR_{in}$ and $SDNR_{out}$ are measures of "interface quality" associated with the C_{in} and C_{out} contours.

3D reconstruction and 3D rendering analysis

Three-dimensional analysis of stacked gray scale images or of stacked binary image was performed on computer as geometrical transformations (rotation, translation and zooming) by use of the "reslicing" and "projective imaging" tools of the NIH-Image 1.63 software.¹² Volumetric analysis was be done after 3-D reconstruction in rotating frame using Vision 2.5 software as described with example in the following results. 3D reconstruction was done by use of contour image series of the specimen surfaces and of the internal structures display. Marching cube algorithms generated three-dimensional models based on feature vectors and cluster partitioning for geometrical transformation, projection, hidden-part removal and shading. These models can be viewed from all angles and can be animated for enhanced 3D effect using the "Vascular Display" module of the image Vision 2.5 software. Commonly available alternative methods of rendering are z-buffer technique, ray-casting, 'surface approximation' and 'voxel projection' in vascular 3D rendering based on distinct blocks of different translucencies (opacity) of each binary scene (vascular regions at plaque interface) at various angles. In other words, different density of each voxel shows distinct opacity and color.

Imaging and Postprocessing

Image Acquisition for Carotid Artery Bifurcation

MRI images (n=14) were used for segmentation and registration. These MRI images were earlier acquired as part of a pilot study using 1.5 T GE Signa Lx Horizon attached Cardiac Imaging system at Methodist Hospital, Houston with ECG gating and appropriate parameters (Table 1) to get images with the same or nearly-same phase of cardiac cycle.¹⁰

Multicontrast Protocol

With a multicontrast protocol using T1-, proton density-, and T2-weighted images generated actual area of carotid artery with different tissue features due to their different Larmor frequencies of plaque constituents resulting in specific T1 and T2 values and signal intensities.^{12, 13}

T1 Parametric Contrast Method

Two 3D image analysis algorithms, one a nearest-neighbor (ANN) tissue segmentation algorithm, the other a 'surface modeling' algorithm, were applied to serial MR images.¹⁴ The algorithms operate on different principles to determine tissue volume: the nearest-neighbor approach used manually identified 'tag' points to assist in classifying tissue types while 'boundary' and 'volumes' are calculated automatically. The

surface-modeling algorithm relied on manual segmentation while volume determination was automated. Volumes of contrast enhancement and rates of volumetric change were determined by both algorithms. The tissue segmentation algorithm was used to create 3D maps.¹⁴

T2 Parametric Imaging for Segmentation and Quantification of Plaque Components

T2 parametric segmentation was based on their TE and TR values as earlier described elsewhere.¹⁵

Supervised Semi-automated Parametric Color-coded Segmentation Method

Color-coding segmentation by using k-nearest neighbor algorithm (k-NN) was utilized to create a stack of color-coded segmented image slices. It discards seed points. Connectivity algorithm classifies the color coded features. The method was based on color-coded pixel intensity probability distribution.¹⁶ Similarly, voxel-coding probability provides voxel-by-voxel parameters for automated structure parameterization. A supervised classifier was used to derive binary map. In each 2D slice a fast algorithm propagates a distance field from image exterior to interior. Local maxima distances were identified. The second shortest voxel paths to exterior were also identified. A third distance field is traversed to establish object connectivity between slices, and resulting voxel set is uniformly re-parameterized and triangulated as described in detail elsewhere.¹⁷

Table 1 Scan imaging parameters of the different pulse sequences for image acquisition with different T1/T2/proton density (PD) weighting for carotid artery bifurcation.

Plane	Slices	Pulse sequence	PSD	Flip Angle	TR/TE	Gated BW	Thick/Sp	FOV	Matrix	NEX weight
Sagittal	11	FSE,ETL=12	-	90	2000/26	-	64	4/4	24x24	1 PD W
2D TOF	50	GRE,ETL=12	2DTOF	60	24/5	-	64	1.5/0	16x12	1 T1 W
Axial	6	FSE,ETL=8	-	90	2200/32	2RR	64	3/0	13x13	2 PD W
Axial	5	FSE,ETL=3	-	90	550/16	-	32	3/0	13x13	2 T1 W
Axial	6	FSE,ETL=18	FSE-XL	90	2500/108	3RR	62	3/0	13x13	3 T2 W

3D Reconstruction Display

Volume rendering was done by using Volume J a java image processing program for DICOM multi-slice stacked images. For surface rendering, VISION 5.4 and VTK software generated 3D graphic view of vascular frame.¹⁸

Plaque Volume Measurement

It may be calculated from the outer wall radius (R) and inner wall radius (r) and length of plaque rich segment as:

$$V_{(\text{maximum})} - V_{(\text{minimum})} = L(2R+r) B/6 \tag{9}$$

where B is small plaque-rich region on MR image of the plaque. The difference in outer and inner wall volumes comes out as plaque volume as validated elsewhere¹⁹ and shown in Figure 10.

Results

The 3D TOF FSE images showed distinct quantifiable wall boundaries, however, different flow rates appeared visibly to artifact these image signal intensities (Figure 1). Wall thickness and atheroma size were main distinct features to assess plaque stenosis and vulnerability.

Multislice comparison showed good agreement between segmentation truth and postsegmented delineated wall measurements of inner and outer wall perimeters, lumen size and plaque curves at the bifurcation landmark on in vivo MRI images (Figures 2-4). Interestingly, at different levels of carotid vessel after supervised multiparametric color-coded feature maps of the lumen size and wall thickness gave an estimate of extent for % stenosis and plaque tissue proton density with distinct color (Figure 5). For true estimate of dimensions, intact plaque and its histology section with plaque features are shown (Figure 6).

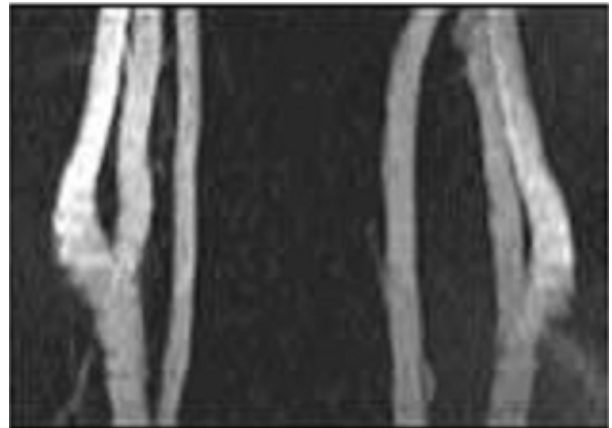


Figure 1 3D TOF FSE images of carotid artery at the level of bifurcation show distinct plaque sites.

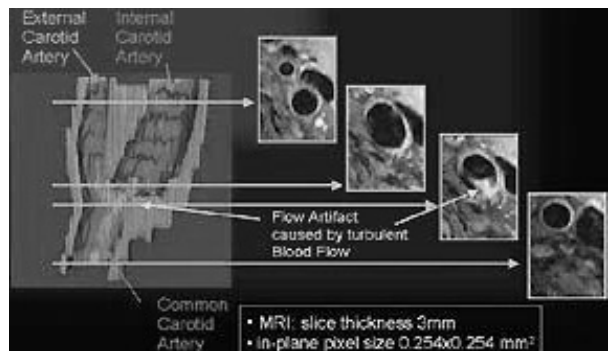


Figure 2 An in vivo postsegmented carotid artery plaque shows the distinct wall thickness and delineated wall boundaries representing different wall thickness in different slices.

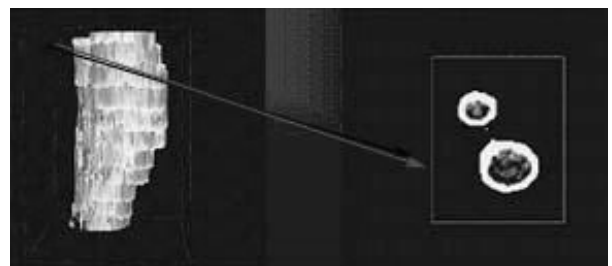


Figure 3 The method of 3D multislice stereographic display at different levels (left) and wall delineation by SNAKES algorithm demonstrates the measurement of outer and inner wall radii (right).

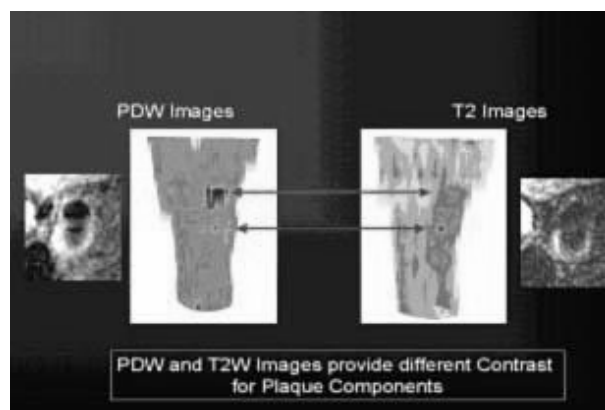


Figure 4 Supervised multiparametric color-coded feature maps show lumen size and wall thickness (left panel). Contours with different signal intensities of different plaque constituents (right panel). Notice the plaque visibility on in vivo images.

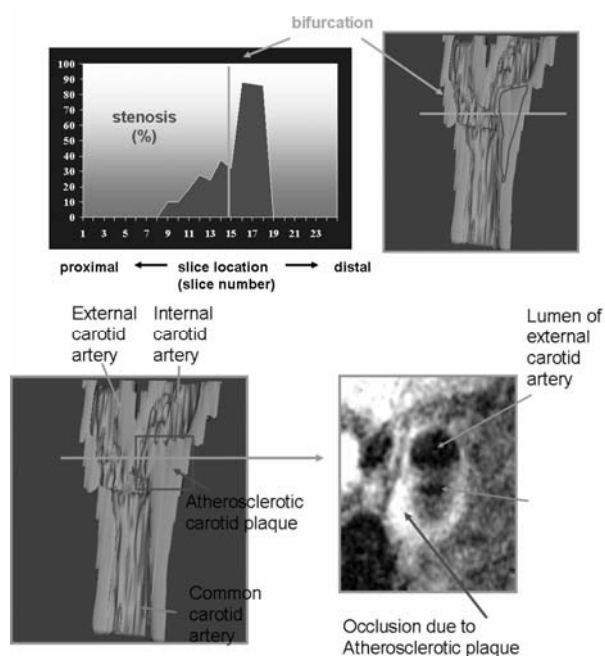


Figure 5 Semiautomated delineation is shown on multiparametric color-coded feature map to demonstrate the measurement of % stenosis (top panel) and lumen size (bottom panel).

T1 parametric contrast: T1 values of images provided less information than T2 values or proton density images. Due to dependence of T1 and T2 relaxation times upon magnetic field, it might not allow same MRI criteria. It needed appropriate TE and TR choice for in vivo

microimaging application using 1.5 T MRI clinical imager. However, wall measurement in postsegmented carotid arteries was better due to sharp edges (Figure 7) while plaque features were poorly measurable.

T2 parametric contrast: Specifically, spin-spin relaxation time T2 of image micro-dissected necrotic core at different sets of TE settings, overcome the problem of observed darker T2 images than actual low signal of plaque components e.g. fibrocellular and thrombus contents. On other hand, the wall measurement was not as good as measured by T1 parametric segmentation (Figure 8).

Multiparametric contrast: Combined T1/T2/proton density multiparametric approach allowed interactive segmentation by color cluster statistics (as 3D histograms) and tracking stereo display of different tissue constituents (Figure 9).¹⁵

3D Reconstruction: 3D reconstruction of staked DICOM images showed as contiguous display. The plaque in situ 3D features were distinct and plaque volume measurement was based on using curvature and outer and inner radii (Figure 10).

Volume rendering and 3D display: NIH Image J interfaced with Volume J was used for 3D graphic display and staked cross-sectional 3D display was obtained by VTK software. The minimum intensity projection (MIP) stacked slices demonstrated the calcification on transverse sites while 3D surface rendering demonstrated features in longitudinal sites along the wall (Figure 11).

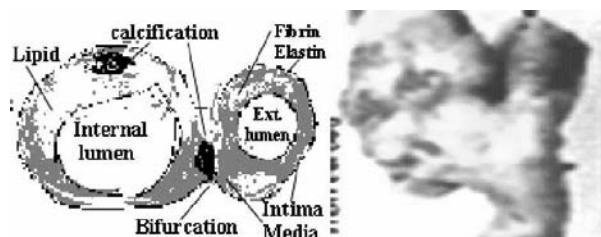


Figure 6 A comparison of plaque histology (left panel) and endarterectomy (right panel) shows true wall thickness and plaque features as surrogate markers for MRI segmentation.

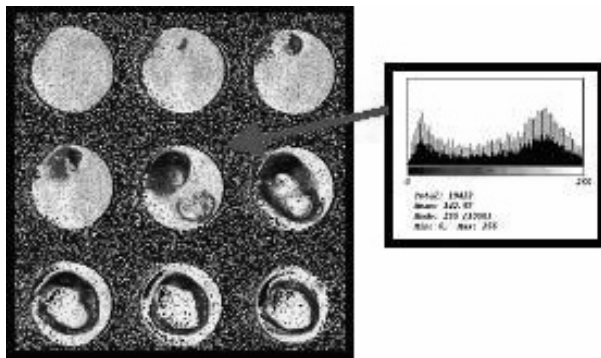


Figure 7 T1 parametric segmentation is shown to highlight wall thickness at various segments as contiguous postsegmented images of carotid endarterectomy sample.

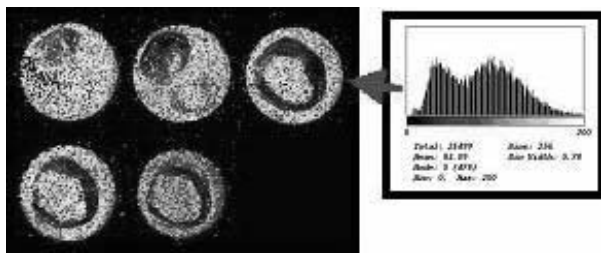


Figure 8 T2 parametric segmentation is shown to highlight wall thickness at various segments as contiguous postsegmented images of carotid endarterectomy sample.

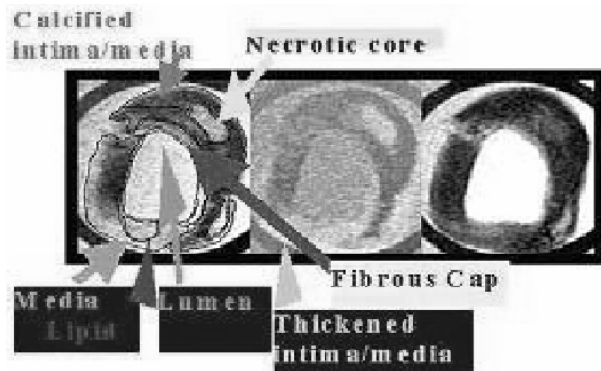


Figure 9 Multicontrast ex vivo MR images of a carotid endarterectomy sample shows distinct features of plaque on T1-weighted (left); proton density-weighted (in center); and T2-weighted (right) images. Plaque delineated features are shown with arrows.

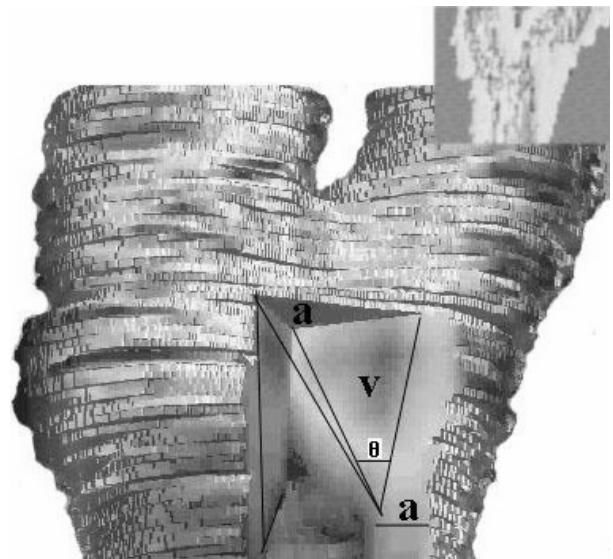


Figure 10 A set of postsegmented stacked carotid endarterectomy images shows reconstructed image 3D display. The display demonstrated the plaque size V and wall area 'a' features at various angles θ . The insert on top shows the plaque dimension in one cross-section.

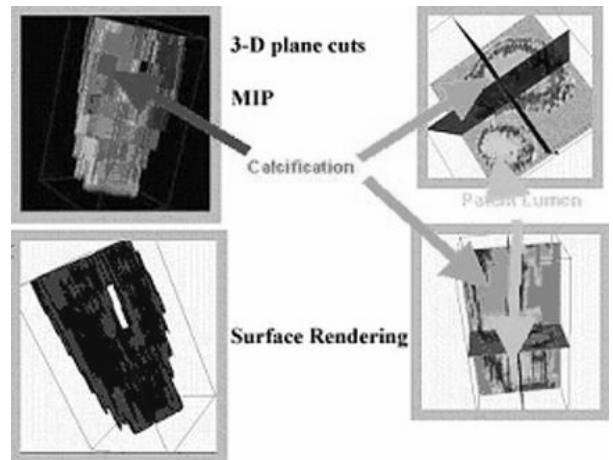


Figure 11 Continuous display of endarterectomy sample shows the 3D reconstructed MIP images (top left); 3D plane cut to show calcification in transverse plane (top right); surface rendering in 3D box (bottom left); and 3D plane cut to show calcification in longitudinal plane (bottom right).

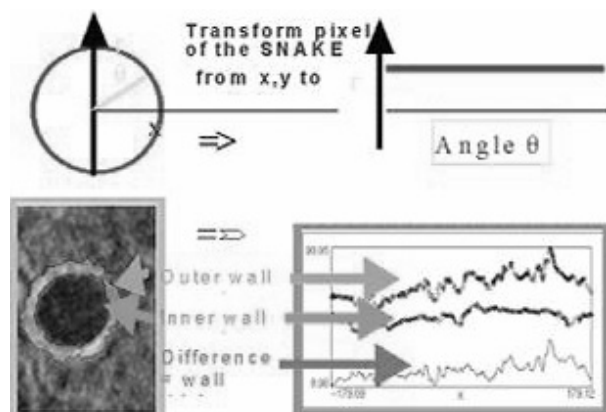


Figure 12 Deformable model and SNAKES parametric method shows the contours on outer and inner walls to measure wall thickness (bottom right).

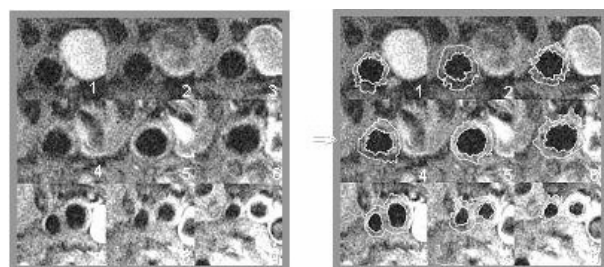


Figure 13 A semi-automated delineation method shows the outer and inner boundaries of carotid walls on serial slices of an endarterectomy sample (right). For comparison, different serial image slices are shown before delineation (left).

Deformable models and SNAKES for wall thickness segmentation: Deformable parametric models of contours of outer and inner walls generated automated wall thickness curves at different levels of carotid artery (Figure 12). The SNAKES as contours were pixel transformations at different angle. The semi-automated method of delineation in contiguous image slices may be summed up to measure total plaque burden (Figure 13). The measurement accuracy of outer and inner wall is demonstrated in in vivo MRI image (Figure 14).

Evaluation of segmentation: Deformable models extracted out the carotid plaque boundaries and wall thickness from MRI images and generated parametric curve and parametric surface by object delineation (plaque and lumen size) and

bifurcation landmark as surrogate marker. Object recognition was accomplished by distinct T1, T2 and proton density signal intensities of plaque features and clear edges of carotid vessel wall.

Color-coded feature maps: Non-parametric trained data sets of feature maps shown measurable lumen size and wall thickness at various transverse sections. These could be used as indicators of tissue composition (Figure 14).

Plaque Voluming: Outer and inner radii and size of plaque rich segment, volume of plaque from in vivo MR images was measured. However, other method of plaque volumetry used summing up of all plaques areas in every slice (Figure 10).

Discussion

Carotid artery atherosclerosis imaging is investigated as important clinical-decision making modality for plaque vulnerability. 3D segmentation techniques are in developing stage but very promising in tissue classification using in vivo MRI methods. 2D/3D time-of-flight FSE or GRE methods are now available for fast vascular imaging. So, segmentation plays crucial role and as challenge due to its several trade-offs. Main emphasis was focused in recent years on dimensionality and quantification of carotid artery morphology features. However, success was limited but encouraging for parametric and non-parametric segmentation on one hand while 3D voluming and surface or volume rendering showed window for time-dependent dynamic angiography applications. Present time interest in plaque constituents and feature analysis at different levels of carotid bifurcation image slices was reported as good indicator of plaque instability and vulnerability.²⁰ Of specific mention, these images of carotid artery on multicontrast (using T1, T2 and proton density) protocol visualize better segmentation and contrast information on these three image sets. In previous report, T1/T2/proton density multiparametric approach allowed interactive segmentation by color cluster statistics

(as 3D histograms) and tracking stereo display of different tissue constituents.²¹ Carotid artery bifurcation is used as a landmark for overall vessel segmentation process.

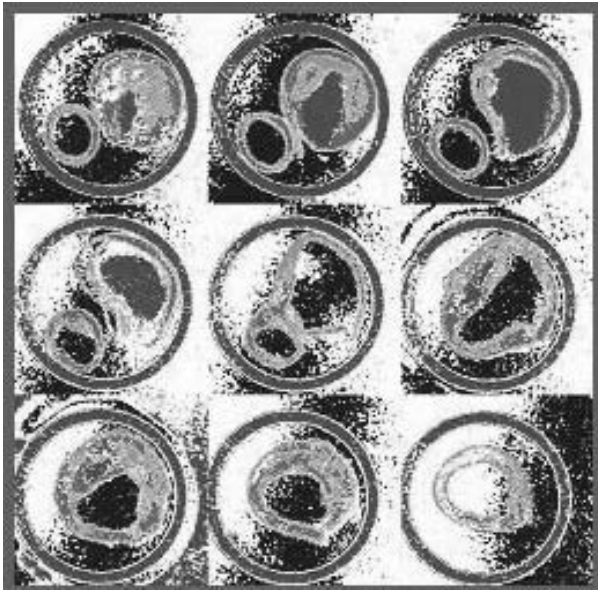


Figure 14 A set of transverse color-coded post-segmented feature maps of an atherosclerosis plaque at different levels show wall delineation and lumen size. It calculates the vascular wall composition as shown distinct colors of different features.

3D skeleton build-up is important approach as guide map for segmentation. From quantification point of view, center of vessel and *a priori* knowledge of carotid artery is important for segmentation tasks such as artery-vein separation, object extraction. Most of the time, image acquisition suffers from partial volume effects and intensity non-uniformities. From the quantitative point of view, several segmentation methods overcome these non-uniformities. Among them, of special importance are thresholding (shape-based histogram techniques, optimal thresholding either by non-parametric optimal or parametric optimal, Maximum Likelihood methods) and edge-based methods (border tracing, graph searching, dynamic programming, advanced border detection, Hough transforms). Other methods include region-based segmentation (region growing, region splitting and merging, connected component labeling) and

various classification methods, such as clustering algorithms (parallelepiped, minimum distance, K-means ISODATA, Fuzzy C-means), Bayes classifiers, k-NN, Adaptive fuzzy c-means with INU estimation, decision trees, ANN (Feed forward ANN, Kohonen ANN) and contextual classifiers.²²

In this study, the display of three-dimensional angiograms used *a priori* knowledge of quantitative shape features such as tangent and curvature of the centerline of vessels. These could be obtained in previous reports from a curve-like skeleton representation.²³ If connectivity and topology were preserved, and if geometrical constraints such as smoothness and centeredness were satisfied, it was possible to estimate length, orientation, curvature, and torsion (Figure 2). An efficient robust method for the identification of such shape components was developed. First, a suitable representation was obtained using a voxel-coding approach to yield connected and labeled unit-thick paths. The desired features were estimated from a smoothed version of the skeleton produced by a moving average filter.²⁴ Previously, most investigators reported standard fast spin-echo sequences for atherosclerotic plaque distinct MRI signals appearing as darker lipid rich core and lighter fibrocellular tissue by T2-weighted sequences.^{8,9} These factors were highlighted in this study showing further the need of T1-weighting using frequency selective sequences with very short TE for achieving good contrast between atheroma and fibrous tissue. In recent studies, monitoring of progression or regression of atherosclerotic lesions of carotid aorta and lumen stenosis or wall thickening in serial images and use of 2-D/3-D fast spin-echo proton density weighted images improved contrast-to-noise ratio and discriminated lumen, peri-adventitial fat and plaque. Common carotid intima-media thickness and atherosclerotic lipid-rich plaque characterization at carotid bifurcation served as unique indicators of generalized atherosclerosis. Other approach of enhancing in-plane resolution was based upon using short TE, T2 weighting MR imaging to define better plaque region by Morrisett et al.¹⁰ In that study, intravascular T2 weighted

imaging generated better MR contrast resolution. It served well by placing phased array coils closer to carotid artery wall using short TE for 'high spatial resolution' weighted images. The present report supports previous multicontrast approach of selection (T1/T2 and proton density weighted MRM) to acquire maximum signal-to-noise ratio (SNR) for better segmentation of plaque components in 1 mm thick MRM slice. Differentiation of plaque components by T2 contrast resolution at 9.4 T generates discriminated plaque structural components after segmentation to distinguish calcification, fibrous, collagen, elastin, hemorrhage, crystalline cholesterol, other lipids based upon different MR signal intensities due to their MR visible distinct proton species. Atheroma and fibrous cap in plaque images are generally considered to represent plaque instability and generate optimized contrast by selecting TE and TR values.¹⁰

Parametric imaging of segmentation and quantification of plaque components based on their TE and TR values could be accomplished with high degree of sensitivity and specificity on T1 parametric and T2 parametric segmentation. T1 parametric segmentation was better for vessel geometry and T2 parametric segmentation was better for classification. These values appear to provide information of noninvasive in vivo application of MRI criteria. Specifically, T2 values micro dissected the necrotic core at different sets of TE values to overcome the problem of observed darker T2 images than actual low signal of plaque thrombus and fibrous components. T1 weighted images provide less information than T2 weighted images or proton density weighted images. So, it needs appropriate TE and TR choice for in vivo microimaging application.

In supervised semiautomatic parametric segmentation generated color-coded feature maps for each plaque features that measured the composition of plaque. Interestingly, stacked image slices and the inclusion of T1 based images, as a third input, produced significant improvement in the delineation and curvatures of carotid vessel wall and it supports earlier reports.^{25,26} Volumetric

segmentation techniques visualize 3D to 2D projections such as object-based approach to reconstruct the artery but less known and possible future hope. However, these help to calculate the plaque volume and lumen quantification directly from MRI image by iterative dilatation approach by starting distal artery end traveling in proximal direction along the center of vessels, determining the lumen boundaries.¹⁸

3D reconstruction and surface and volume rendering techniques promise for cross-sectional multislice axial, coronal and sagittal comparisons and a future hope of 3D registration of multi-session studies for drug or therapy monitoring.^{12,20,21,27} The study has limitations due to its preliminary evidence to demonstrate the possibilities of less known robust segmentation power of different algorithms to be applied in clinical studies. Segmented images, however, may evaluate wall thickness, lumen size, plaque volumes, diagnosis, location of pathology, vascular anatomical structure, treatment planning, partial volume correction of vascular dynamic imaging data, and computer integrated endarterectomy.

Conclusion

Segmentation algorithms of 3D segmentation based on object delineation and object recognition of atherosclerosis vascular wall and plaque features; surrogate markers; validation with SNAKE algorithm provide evaluation of carotid artery atherosclerosis disease burden. It may be applied to in vivo MRI images of carotid artery vessels to estimate carotid artery atherosclerosis plaque burden and its feature identification. Segmented images can be used in femoral and other major vessels to evaluate the risk of atherosclerosis.

Acknowledgements

First author acknowledges his training at Atherosclerosis division, Baylor College of Medicine, Houston, TX, and all MRI data

acquisition and data figures as part of a pilot study done with Joel Morrisett, Ph.D, William Insull, MD and Wesley Wick, MD, Ph.D. He also acknowledges the computer facility access for all data analysis to Dr JK Katz at Cardiology Division, Columbia University, New York, NY. Partly, the experimental data was presented at RSNA 2000, ISMRM 2000 and AHA 2000 meetings.

References

1. Naghavi M, Libby P, Falk E, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: a call for new definitions and risk assessment strategies: Part I. *Circulation* 2003; 108(14):1764-1772.
2. Glagov S, Bassiouny HS, Masawa N, Sakaguchi, Giddens DP, Zarins CK. Cerebrovascular Disease: A Pathologist's View. In *Syndromes of Atherosclerosis: Correlation of Clinical Imaging and Pathology*, Ed. Fuster V., Futura Publishing Company Inc., Armonk, NY. 1996, pp 161-180.
3. Liang Q, Wendelhag I, Wikstrand J, Gustavsson T. A multiscale dynamic programming procedure for boundary detection in ultrasound carotid artery images. *IEEE Trans Med Imaging* 2000; 19(2):127-142.
4. Chao H, Kerwin WS, Hatsukami TS, Hwang JN, Yuan C. Dynamic contours: Detecting objects in image sequences using rulebased control in an active contour model. *IEEE Trans Biomed Eng* 2003; 50(6):705-710.
5. Makowski P, Sorensen TS, Therkildsen SV, Materka A, Stodkilde-Jorgensen H, Pedersen EM. Twophase active contour method for semiautomatic segmentation of the heart and blood vessels from MRI images for 3D visualization. *Comput Med Imaging Graph* 2002; 26(1):917.
6. Pizer SM, Eberly DH, Morse BS, Fritsch DS. Zoom invariant vision of figural shape: The mathematics of cores. *Computer Vision and Image Understanding*, 1998; 69:5571.
7. Wink O, Niessen W, Viergever M. Fast quantification of abdominal aortic aneurysms from cta volumes. In *Proc. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI'98)*, Berlin, Springer. 1998, pp 1381-45.
8. Troussaint JF, LaMuraglia GM, Southern JF, Fuster V, Kantor HL. Magnetic Resonance Images: lipid, fibrous, calcified, hemorrhagic, and thrombotic components of human atherosclerosis in vivo. *Circulation* 1996; 94(5):932-938.
9. Shinner M, Fallon JT, Wehrli S. The diagnostic accuracy of ex vivo MRI for human atherosclerotic plaque characterization. *Arteriovascular Thromb Vasc Biol* 1999; 19:2756-2761.
10. Morrisett J, Vick W, Sharma R, Lawrie G, Readon M, Ezell E, Schwartz J, Hunter G, Gorenstein D. Discrimination of components in atherosclerotic plaques from human carotid endarterectomy specimens by magnetic resonance imaging ex vivo. *Magn Reson Imaging* 2003; 21:465-474.
11. Ladak HM, Milner JS, Steinman DA. Rapid three-dimensional segmentation of the carotid bifurcation from serial MR images. *J Biomech Eng* 2000; 122(1):969.
12. Vinitzki S, Gonzalez CF, Knobler R, Andrews D, Iwanaga T, Curtis M. Fast tissue segmentation based on a 4D feature map in characterization of intracranial lesions. *J Magn Reson Imaging* 1999; 9(6):768-776.
13. Beltrame F, Fato M, Raposio E, Sobel I. Recent results in color compositing of threeparameter magnetic resonance scans as a preoperative aid to the management of upper limb sarcomas. *MAGMA* 1997; 5(4):289-298.
14. Ishimori Y, Kimura H, Uematsu H, Matsuda T, Itoh H. Dynamic T1 estimation of brain tumors using double echo dynamic MR imaging. *J Magn Reson Imaging* 2003; 18(1):113-120.
15. Helms G. T2 based segmentation of periventricular white matter volumes of quantification of proton magnetic resonance spectra of multiple sclerosis lesions. *MAGMA* 2003; 16(1):101-106.
16. Yi D, Hayward V. Skeletonization of volumetric angiograms for display. *Comput Methods Biomech Biomed Engineering* 2002; 5(5):329-341.
17. Woods RP, Grafton ST, Watson JD, Sicotte NL, Mazziotta JC. Automated Image Registration: II. Intersubject validation of linear and nonlinear models. *J Computer Assisted Tomography* 1998; 22(1):153-165.
18. Ashburner J, Friston KJ. Nonlinear spatial normalization basis functions. *Human Brain Mapping*. 1999; 7(4):254-266.
19. Sharma R. A device for MR imaging of atherosclerosis plaque in carotid endarterectomy specimens ex vivo. *Mag Res Med Sci* 2002; 1(2):129-136.
20. Zhang S, Cai J, Luo Y, Han C, Polissar NL, Hatsukami TS, Yuan C. Measurement of carotid

- wall volume and maximum area with contrastenhanced 3D MR imaging: Initial observations. *Radiology* 2003 Jul; 228(1):2005.
21. Long Q, Ariff B, Zhao SZ, Thom SA, Hughes AD, Xu XY. Reproducibility study of 3D geometrical reconstruction of the human carotid bifurcation from magnetic resonance images. *Magn Reson Med* 2003 Apr; 49(4):665-674.
 22. Dawant BM, Zijdenbos AP. *Image Segmentation*. Chapter 2 in *Handbook of Medical Imaging Volume 2. Medical image processing and analysis*, Eds. Sonka M, Fitzpatrick JM, SPIE Press, Washington, USA. 2000, pp 711-28.
 23. Yuan C, Lin E, Millard J, Hwang JN. Closed contour edge detection of blood vessel lumen and outer wall boundaries in blackblood MR images. *Magn Reson Imaging*. 1999; 17(2):257-266.
 24. Goubergrits L, Affeld K, Fernandez Britto J, Falcon L. Geometry of the human common carotid artery. A vessel cast study of 86 specimens. *Pathol Res Pract* 2002; 198(8):543-551.
 25. Clarke SE, Hammond RR, Mitchell JR, Rutt BK. Quantitative assessment of carotid plaque composition using multicontrast MRI and registered histology. *Magn Reson Med* 2003 Dec; 50(6):1199-1208.
 26. Cai JM, Hatsukami TS, Ferguson MS, Small R, Polissar NL, Yuan C. Classification of human carotid atherosclerotic lesions with in vivo multicontrast magnetic resonance imaging. *Circulation* 2002; 106(11):1368-1373.
 27. Merickel MB, Carman CS, Brookeman JR, Mugler JP 3rd, Brown MF, Ayers CR. Identification and 3D quantification of atherosclerosis using magnetic resonance imaging. *Comput Biol Med* 1988; 18(2):89-102.

Strokovni članek ■

Kritičen pogled na prosto dostopne zdravstvene informacije na spletu

Critical View of Free Access Health Information on the World Wide Web

Eva Klemenčič, Branimir Leskošek

Izvleček. Zaradi široke možnosti dostopa do storitev medmrežja, predvsem spleta, ga čedalje več posameznikov uporablja za iskanje zdravstvenih informacij, ki morajo biti sodobne in avtorizirane, saj le tako zmanjšamo možnost zavajanja na najnižjo možno mero. Kot primer bomo pokazali časovno razporeditev števila zapisov v bibliografskih zbirkah MEDLINE (<http://www.pubmed.gov>), Biomedicina Slovenica (<http://bswww.mf.uni-lj.si>) in ekvivalentnih izrazov v iskalniku Google (<http://www.google.com>) ter izpostavili nekaj faktorjev, ki pomembno vplivajo na izbor primernih informacij. Pri spletnem iskanju seveda ne moremo in ne smemo zapostaviti virov kot sta npr. Wikipedia (<http://www.wikipedia.org>) ali Google, ki jih lahko uporabimo kot "generatorje idej" za hitro pridobivanje možnih informacij, od katerih izbrane dodatno preverimo v avtoriziranih strokovnih zbirkah, kot je npr. prosto dostopna faktografska zbirka MedlinePlus.

Abstract. Easy accessible internet with its vast amount of information is more and more often used for searching health information, which should be contemporary and authorised. As an example we will show time distribution of records in MEDLINE, in Slovenian bibliographic database Biomedicina Slovenica and in Google. Then we will show some factors that have important impact on choosing suitable and relevant information. While searching health information we shouldn't ignore the free access services like Wikipedia or Google. They can be used for fast finding of information candidates from which the selected should be verified in authorised and competent free access databases like MedlinePlus.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 70-75

Institucija avtorja: Inštitut za biomedicinsko informatiko, (IBMI) Medicinska fakulteta (MF), Univerza v Ljubljani.

Kontaktna oseba: Eva Klemenčič, IBMI, MF, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana. epöšta: eva.klemencic@mf.uni-lj.si.

Uvod

V sedanjem času postaja iskanje in pregledovanje po svetovnem spletu, kot najbolj priljubljeni storitvi medmrežja/interneta, nepogrešljivo pri vsakdanjem delu. Uporaba storitev medmrežja se je zelo hitro razširila na vsa področja znanosti, tako tudi v medicino. Na spletu najdemo ogromno število zdravstvenih informacij, ki jih dobimo tako pri informacijskih službah kot na spletiščih posameznih institucij ali celo posameznikov.¹ Podobno kot za iskanje splošnih informacij, obstaja, za lažje in hitreje iskanje zdravstvenih informacij, na spletu veliko število prosto dostopnih iskalnikov in podatkovnih zbirk z bolj ali manj prijaznimi uporabniškimi vmesniki. Zaradi velikega števila v takšnih zbirkah najdenih zdravstvenih informacij, se posamezni iskalci težko odločijo, katere informacije so za njih najustreznejše.² Zdravstvene informacije mnogokrat iščejo bolniki, da bi se hitreje in natančneje seznanili z dejstvi o svoji bolezni³ in bi tako dobili podatke o diagnostiki, zdravljenju in poteku bolezni.⁴ Na drugi strani lahko takšne vire zdravstvenih informacij enostavno in učinkovito uporabljamo za izobraževanje bolnikov in zdravstveno vzgojo prebivalcev⁵⁻⁷ na vseh področjih medicine. Najpogosteje se splet uporablja za iskanje odgovorov na vprašanja o diagnostiki, zdravljenju in rehabilitaciji novotvorb,⁸ sladkorne bolezni,⁹ prehrane,¹⁰ srčnih bolezni,¹¹ kot tudi revmatičnih bolezni¹² in v pediatriji.¹³ Takšne zdravstvene informacije posamezne zdravstvene institucije velikokrat objavljajo same, na svojih spletnih straneh, in tako poskrbijo za njihovo ustreznost in sodobnost.⁵ Ker zaradi enostavnosti in anonimnosti iskanja veliko bolnikov, kot tudi zdravih oseb, redno pregleduje in išče informacije preko spleta, so strokovnjaki začeli pregledovati in spremljati zdravstvene informacije ter jih analizirati glede na njihovo ustreznost.¹⁴ Pri mnogih informacijah ni možno ugotoviti njihovega izvora, a jih kljub temu veliko uporabnikov spleta brez zadržkov sprejema kot relevantne.¹⁵ Seveda je možno zaradi narave medmrežja na spletu brez kakršne koli kontrole objavljati poljubne informacije,¹⁶ ki lahko

povzročijo veliko nesporazumov ali celo škode bolnikom.¹⁷ Problem zdravstvenih informacij na spletu je tudi njihova sodobnost, saj na spletu praktično nimamo niti zanesljivega mehanizma s katerim bi preverili čas objave informacije, kaj šele, da bi preverili ali je določena informacija sodobna ali ne. Pri zdravstvenih informacijah je zelo zavajajoče tudi prikrito reklamiranje in oglaševanje tako zdravil kot diagnostičnih in terapevtskih metod.¹ Poleg nenadzorovanih virov pa imamo na spletu na razpolago tudi prosto dostopne faktografske zbirke, v katerih so sodobne zdravstvene informacije, ki so pred objavo sledljivo preverjene in avtorizirane. Ena izmed takih zbirk je tudi zbirka MEDLINE plus.¹⁶ To zbirko, tako kot MEDLINE (<http://www.pubmed.gov>), pripravlja, redno vzdržuje, posodablja in dopolnjuje Nacionalna medicinska knjižnica v ZDA.

V prispevku bomo opisali naše izsledke pri pregledu zdravstvenih informacij na spletu v dveh medicinskih preverjenih in avtoriziranih bibliografskih zbirkah: mednarodni zbirki MEDLINE in domači zbirki Biomedicina Slovenica (<http://bswww.mf.uni-lj.si>) ter v največjem splošnem spletnem iskalniku Google (<http://www.google.com>). Pri tem bomo opisali tudi dobre in slabe lastnosti iskanja zdravstvenih informacij na spletu ter podali, po našem mnenju, najustreznejšo rešitev za ločevanje, na spletu, najdenih zdravstvenih informacij na ustrezne in neustrezne. Uporabljene spletne podatkovne zbirke in rešitve se v našem primeru nanašajo le na brez omejitev prosto dostopne sisteme in informacije.

Metode

Najprej bomo izvedli iskanje z deskriptorjema zdravstveno varstvo in medmrežje/internet z dvema prosto dostopnima spletnima podatkovnima zbirkama. Za prvi primer smo izbrali mednarodno podatkovno zbirko bibliografskih podatkov MEDLINE. Iskanje po tej zbirki je možno preko prosto dostopnega spletnega vmesnika PubMed. Ta zbirka je najpomembnejša

bibliografska zbirka na področju biomedicine v svetu, v njej se zato odražajo vsi najpomembnejši trendi na tem področju. Upravlja in vzdržuje jo Nacionalna medicinska knjižnica v ZDA. Za drugi primer pa smo vzeli domačo podatkovno zbirko Biomedicina Slovenica, ki je najpopolnejša zbirka bibliografskih dokumentov, ki jih objavljajo slovenski avtorji. To zbirko upravlja in vzdržuje Inštitut za biomedicinsko informatiko Medicinske fakultete v Ljubljani (<http://www.mf.uni-lj.si/ibmi/>). Ker se ti dve zbirki po velikosti zelo razlikujeta, pričakujemo, da bomo našli v slednji ustrezno manjše število bibliografskih zapisov, ki pa bo odražalo stanje pri nas.

V obeh zbirkah bomo glede na izbrana deskriptorja poiskali število zapisov in njihov časovni raspored v zadnjih sedmih letih, tj. od leta 1999 do vključno leta 2005. Za primerjavo bomo poiskali število zadetkov še v spletnem iskalniku Google. Ker informacije v spletnem iskalniku Google niso opisane z deskriptorji, bomo po njem iskali kar z besedno zvezo "zdravstveno varstvo" in besedo internet (medmrežje). Prav tako zadetkov ne moremo razvrstiti po času, zato bomo iskali kar po celotni zbirki.

V nadaljevanju bomo podali prednosti in slabosti iskanja zdravstvenih informacij po spletu ter v zaključku predlagali optimalno rešitev za izbiro ustreznih in relevantnih informacij iz množice vseh najdenih.

Rezultati

Rezultate iskanja bomo prikazali ločeno za vsako posamezno zbirko in sicer najprej za zbirko MEDLINE, nato za zbirko Biomedicina Slovenica in nazadnje za iskalnik Google. Za lažjo predstavo o številu najdenih zapisov, ki se nanašajo na zdravstveno varstvo in medmrežje, bomo poleg njega vedno prikazali še celotno število zapisov v zbirki. V prvih dveh primerih smo najprej poiskali število bibliografskih zapisov za obdobje od leta 1999 do vključno 2005 leta, ker za tekoče leto 2006 še ni končnega števila bibliografskih zapisov.

V vseh zbirkah smo poiskali število bibliografskih zapisov, najprej ločeno in potem skupaj za izbrana deskriptorja.

Medline

V prvem koraku smo poiskali število zapisov z deskriptorjem zdravstveno varstvo, ločeno po letih, med leti 1999 in 2005. Rezultati so podani v tabeli 1.

Tabela 1 Rezultati iskanja z deskriptorjem zdravstveno varstvo/health care category po zbirki MEDLINE.

leto	število zapisov
1999	185.140
2000	193.750
2001	203.292
2002	217.618
2003	236.996
2004	254.287
2005	270.668
skupaj	1.561.751

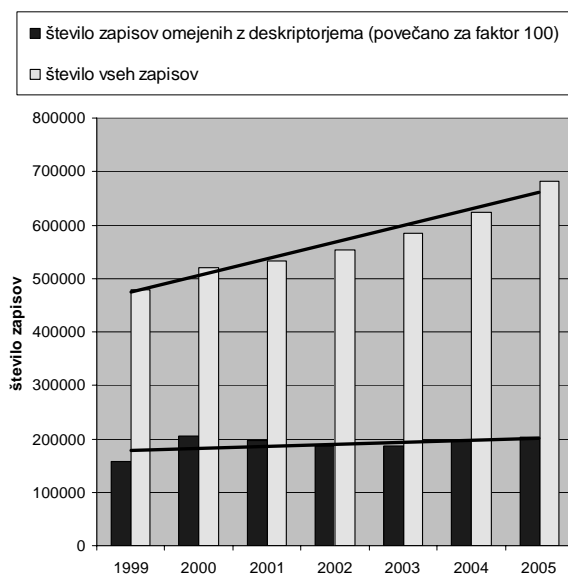
Število najdenih zapisov je res, kot smo pričakovali, veliko. V drugem koraku smo poizvedbo omejili še z dodatnim deskriptorjem medmrežje/internet. Zapise smo prav tako poiskali za posamezna leta v istem časovnem obdobju kot prej. Rezultati tega iskanja so podani v tabeli 2.

Tabela 2 Rezultati iskanja z deskriptorjema zdravstveno varstvo/health care category in medmrežje/internet v zbirki MEDLINE.

leto	število zapisov	število vseh zapisov
1999	1.566	479.687
2000	2.050	521.038
2001	1.963	533.321
2002	1.859	553.095
2003	1.860	583.782
2004	1.959	623.491
2005	2.033	682.706
skupaj	13.290	3.937.517

Navkljub povezavi dveh deskriptorjev je po iskanju še vedno ostalo veliko zapisov. Oba

rezultata kažeta, kako je v sedanjem času to področje še vedno pomembno, čeprav je trend naraščanja števila zapisov z upoštevanjem deskriptorjev med leti 1999 in 2005 statistično značilno počasnejši ($p < 0,001$), kot trend naraščanja vseh bibliografskih zapisov v zbirki MEDLINE (slika 1). Oba trenda smo primerjali z uporabo metode linearne regresije.



Slika 1 Naraščanje števila vseh zapisov in zapisov izbranih z deskriptorjema zdravstveno varstvo/health care category in medmrežje/internet v bibliografski podatkovni zbirki MEDLINE. Število z deskriptorjema omejenih zapisov je zaradi nazornejšega prikaza povečano za faktor 100.

Biomedicina Slovenica

Po enakem postopku kot za zbirko MEDLINE smo poiskali zapise v zbirki Biomedicina Slovenica. Najprej smo poiskali zapise za deskriptor zdravstveno varstvo/health care in potem še za prisotnost besede medmrežje/internet v naslovu ali izvlečku zapisov, saj v zbirki Biomedicina Slovenica ni nobenega zapisa z deskriptorjem medmrežje/internet. Iskanje smo izvedli v opazovanem časovnem obdobju (1999-2005), dobljene zapise pa smo razdelili po posameznih letih. Rezultati so prikazani v tabelah 3 in 4.

Tabela 3 Rezultati iskanja z deskriptorjem zdravstveno varstvo/health care po zbirki Biomedicina Slovenica.

leto	število zapisov
1999	143
2000	170
2001	156
2002	127
2003	169
2004	172
2005	173
skupaj	1.110

Tabela 4 Rezultati iskanje z deskriptorjem zdravstveno varstvo/health care in medmrežje/internet po zbirki Biomedicina Slovenica.

leto	število zapisov	število vseh zapisov
1999	0	6.910
2000	1	7.958
2001	3	7.003
2002	1	7.663
2003	3	7.488
2004	2	7.749
2005	1	6.728
skupaj	11	51.499

Google

Iskanje s spletnim iskalnikom Google je čisto drugačno, kot iskanje po bibliografskih zbirkah. Kot prvo, spletni iskalnik Google ne omogoča iskanja po času objave oz. to tudi tehnično ni mogoče, saj v spletu nimamo mehanizma s katerim bi lahko (vsaj za nazaj) preverjali kdaj je bila določena informacija objavljena. Kot drugo pa zapisi v zbirki niso razvrščeni glede na deskriptorje, ampak glede na pojavnost besed ali besednih zvez na spletnih straneh ali povezavah, ki kažejo na najdene spletne strani.¹⁸ Zadetki (spletne strani oz. dokumenti na spletu) so urejeni v skladu z algoritmom PageRank,¹⁸ ki poleg popularnosti strani upošteva tudi frekvenco pojavljanja iskanih izrazov na spletnih straneh. Rezultati iskanja s spletnim iskalnikom Google so prikazani v tabeli 5.

Tabela 5 Rezultati iskanja s spletnim iskalnikom Google.

iskalni niz	približno število zapisov
"health care"	338.000.000
"+"health care" +internet"	282.000.000

Prednosti in slabosti iskanja informacij po spletu

Pri iskanju raznovrstnih informacij, ki jih (še) ne moremo enoumno definirati tako kot npr. matematične algoritme, se vedno lahko vprašamo do kakšne mere jim lahko zaupamo. To velja še toliko bolj za tako občutljive informacije kot so zdravstvene informacije. Posebej pazljivi pa moramo biti pri iskanju takšnih informacij po prosto dostopnem spletu, saj napačne zdravstvene informacije niso samo neuporabne ampak so lahko tudi škodljive. V nadaljevanju smo opisali nekaj faktorjev na katere moramo biti pozorni pri iskanju informacij na prosto dostopnem spletu, saj so lahko v nekaterih primerih to prednosti in v drugih slabosti:

- **Prosti dostop:** Prosto dostopne podatkovne zbirke so velik uspeh dosegle šele z razmahom medmrežja, saj ponujajo informacije, ko jih uporabnik potrebuje, brez dodatnih "zapletov". Seveda se moramo zavedati, da pojem prosti dostop ne pomeni brezplačen. Takšne zbirke se ponavadi vzdržujejo posredno z npr. oglaševanjem, kar lahko vpliva na kakovost informacij oz. nas lahko napeljuje na pristranske informacije.
- **Enostavnost uporabe in objave:** Spletni vmesniki podatkovnih zbirk in iskalnikov so enostavni in lahko razumljivi vsakomur z osnovnim znanjem uporabe računalnikov in teorije množic (logični operatorji IN, ALI ter s tem povezani pojmi presek in unija). Vsa ta znanja se danes podajajo že v osnovni šoli. Poleg tega je na spletu, praktično brez nadzora, enostavno in poceni objaviti kakršnokoli informacijo.
- **Mobilnost:** Medmrežje je, sploh z razmahom mobilnih tehnologij, doseglo stopnjo, ko lahko informacijo začnemo iskati in najdemo ob tistem času in na tistem mestu, ko jo potrebujemo. V smislu angleških kratic POS (Point of Sale – Točka prodaje), bi tak način lahko imenovali PON (Point Of Need – Točka potrebe).
- **Obstočnost in sledljivost informacij:** Po eni strani avtorizirane zbirke, kot sta npr. naša primera MEDLINE in Biomedicina Slovenica, zagotavljajo sledljivost vnešenih informacij in tudi njihovo daljšo obstojnost. Po drugi strani pa se informacije v spletnih iskalnikih ali zbirkah kot sta npr. Google ali Wikipedia (<http://www.wikipedia.org>) stalno spreminjajo skladno s spremembami dokumentov na medmrežju in odražajo trenutno stanje. V njih (zaenkrat) nimamo nobenega mehanizma, da bi preverili kakšna je bilo preteklo stanje informacij oz. da bi ugotovili kdaj je bila določena informacija objavljena, kaj šele, da bi vedeli ali je informacija sodobna.
- **Velika količina informacij:** Ponavadi o iskanem problemu dobimo preveč informacij izmed katerih moramo sami izbrati obvladljivo podmnožico informacij oz. jih nekako rangirati. Znan je primer "zlorabe" avtomatskega razvrščanja PageRank v spletnem iskalniku Google pri iskalnem pojmu failure (=neuspeh). Katero možnost Google ponudi kot prvo, pa naj bralec preveri sam.
- **Prikrito oglaševanje:** Pri spletnem oglaševanju moramo biti pozorni, saj večkrat ni mogoče enostavno ločiti med pravim zadetkom in podtaknjenim, ki lahko izgleda zelo podobno, kljub temu, da naj bi bili oglasi jasno označeni in ločeni od z iskanjem najdenih zadetkov. Za strani z zdravstvenimi informacijami obstaja tudi takoimenovani HON (Health On the Net) etični kodeks,¹⁹ ki predpisuje kakšno naj bi bilo etično sprejemljivo objavljanje zdravstvenih informacij. Veliko spletišč, ki objavljajo le zdravstvene informacije, se drži tega kodeksa.

Zaključek

Zdravstvene informacije na spletu so lahko zelo koristne. Preko spleta lahko v kratkem času in z nizkimi stroški pridobimo veliko količino informacij. Zaradi spletne robustnosti imajo prosto dostopne zbirke veliko prednost pred zaprtimi/plačljivimi zbirkami in verjetno že tudi vsebujejo več informacij (npr. za spletno enciklopedijo Wikipedia je znano, da je že preseгла velikost Enciklopedije Britannice). Poleg pridobivanja informacij se splet še vedno premalo uporablja na področju zdravstvene vzgoje in zdravstvenega izobraževanja uporabnikov. Seveda moramo na zdravstvene informacije, pridobljene iz prosto dostopnih medmrežnih zbirk, gledati kritično in biti previdni pri njihovi uporabi, saj na spletu obstaja še manj mehanizmov kot drugje, ki bi zagotavljali ustreznost, strokovnost in sodobnost informacij. Zavedati se moramo, da praktično vsaka prednost medmrežja v določenih primerih lahko pomeni tudi slabost. Če ustreznih informacij ne najdemo neposredno v avtoriziranih strokovnih zbirkah, iz lastnih izkušenj predlagamo, da za dostop do najbolj ustreznih in relevantnih informacij izberemo "mešani" pristop. Pri tem najprej uporabimo splošne prosto dostopne podatkovne zbirke (npr. Google ali Wikipedia) kot hitre "generatorje idej", katerih rezultat je začetna množica informacij in idej o našem vprašanju, problemu ali težavi. Tako dobljene informacije nato dodatno preverimo v avtoriziranih strokovnih prosto dostopnih zbirkah kot je npr. MedlinePlus.

Literatura

1. Fležar M. Spletna stran o astmi v Sloveniji. *Isis* 2000;9(7):42-3.
2. Hesse BW, Nelson DE, Kreps GL, Croyle RT, Arora NK, Viswanath K. Trust and sources of health information: the impact of the internet and its implications for health care providers. *Arch Intern Med* 2005;165(22):2618-24.
3. Hecterby I, Hatcher M, Tabrizioni H. Web based health education, e-learning, and weight management. *J Med Syst* 2005;29(6):611-7.
4. Umefjord G, Petersson G, Hamberg K. Reasons for consulting a doctor on the internet: web survey of users of an ask the doctor service. *J Med Int Res* 2003;5(4):e26.
5. Yancy C. Cardiology patients page. Online program aids heart patients and their doctors. *Circulation* 2002; 106(18):2229-300.
6. Bickmore T, Gruber A, Picard R. Establishing the computer-patient working alliance in automated health behavior change interventions. *Pat Educ Consul* 2005; 59(1):21-30.
7. Madar Ak, Tichansky DL, Speck KE, Turman KA. Internet use in the bariatric surgery patient population. *Obes Sur* 2005;15(8):1144-7.
8. Perocchia RS, Raphin B, Hordorowski JK, Davis NL, McFarlane AR, Carpenter R. Raising awareness of on-line cancer information: helping provider empower patients. *J Health Commun* 2005;10(Suppl 1):157-72.
9. De Leo G, Krishna S, Boren S, Fato M, Parro I, Balas EA. Web and computer telephone-based diabetes education: lessons learnt from the development and use of a call center. *J Med Syst* 2005;29(4):343-55.
10. Papadaki A, Scott JA. The Mediterranean eating in Scotland experience project: evaluation of an internet-based intervention promoting the Mediterranean diet. *Br J Nutr* 2005;94(2):290-8.
11. Thomson NR, Nicevski V. A descriptive project evaluation to determine internet access and the feasibility of using the internet for cardiac education. *Heart Lung* 2005;34(3):194-200.
12. Maloney S, Ilic D, Green S. Accessibility, nature and quality of health information on the internet: a survey on osteoarthritis. *Rheumatology* 2005;44(3):382-5.
13. Aslan N, Bowyer D, Wainwright A, Theologis T, Benson M. Evaluation of internet use by paediatric orthopaedic outpatients and the quality of information available. *J Paediat Orthop* 2005;14(2):129-33.
14. Cline RJ, Haynes KM. Consumer health information seeking on the internet: the state of the art. *Health Educ Res* 2001;16(6):671-92.
15. Levy Ja, Strombeck R. Health benefit and risks of the internet. *J Med Syst* 2002;29(6):495-510.
16. Bessell TL, McDonald S, Silagy CA, Anderson JN, Hiller JN, Sansom LN. Do internet interventions for consumers cause more harm than good? A systematic review. *Health Expect* 2002;5(1):28-37.
17. Wyatt JC, Sullivan E. eHealth and the future: promise or peril? *BMJ* 2005;331(7529):1391-3.
18. <http://www.google.com/technology/>.
19. <http://www.hon.ch>.

Bilten SDMI ■



Andrej Orel, član UO SDMI, poroča o svoji udeležbi na 56. skupščini EFMI in konferenci MIE 2006. Konferenca je bila od 26. do 30. avgusta 2006 v Maastrichtu na Nizozemskem. Poročilo je objavljeno na spletni strani SDMI.



V četrtek, 23. novembra 2006 je potekalo drugo strokovno srečanje Od podatkov do informacij 2006 (OPIZ 2006). Enodnevno srečanje z mednarodno udeležbo s predavanji ter delavnicami so organizirali Ministrstvo za zdravje RS, Inštitut za varovanje zdravja RS in Slovensko društvo medicinske informatike (SDMI). Prvo srečanje je bilo organizirano leta 2005.

■ **Infor Med Slov:** 2006; 11(2): 76