

Valentin Fidler

Moje delo na področju medicinske informatike

My Work in the Field of Medical Informatics

Uvod

V prispevku, za katerega me je kot soustanovitelja SDMI povabil dr. Marjan Premik, se bom omejil na svojo dejavnost na področju medicinske informatike, ki se ukvarja s pridobivanjem in analizo podatkov pri preiskavah v nuklearni medicini (NM). Področje je izrazito interdisciplinarno. Pokriva znanja iz jedrske fizike, analogne in digitalne elektronike, računalništva, radiokemije in farmacije ter matematičnih in statističnih metod pri obdelavi radioizotopskih in radioloških slikovnih in drugih podatkov.



Slika 1 Dr. Valentin Fidler, univ. dipl. ing. fizike.

Izobraževalna pot

Rodil sem se 9. 11. 1946 v Šentjurju pri Celju v številni kmečki družini. V Šentjurju sem obiskoval osnovno šolo, gimnazijo pa v Celju. Ker je bila kmetija skromna, si je bilo potrebno zaslužiti sredstva za šolanje in obleko z delom izven kmetije v času poletnih počitnic. Oče nam je dal dober motiv za izobraževanje in marljivost z besedami, da bomo šli delat v železarno Štore ali v Cinkarno v Celju, če se ne bomo dobro učili. Že zgodaj sta me začeli privlačiti matematika in fizika. Poleg šahovskih problemov sem rad reševal matematične in fizikalne naloge v reviji Matematičko-Fizički list iz Zagreba, v reviji Proteus probleme prof. dr. Lava Čermelja ter na republiških srednješolskih matematičnih tekmovanjih. Za uspešno reševanje nalog sem prejel nagrade. V Ljubljani sem diplomiral iz tehniške fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo leta 1970.

Zaposlitev

Takoj po zagovoru diplome sem se zaposlil na Reaktorskem centru Inštituta Jožef Stefan, kjer sem se seznanil z meritvami in analizo energijskih spektrov nekaterih radioizotopov na scintilacijskih detektorjih, delom v Reaktorju ter zaščito pred različnimi vrstami jedrskega sevanja. Po enem letu sem se prijavil na razpis Radioizotopnega laboratorija Interne klinike v Ljubljani za mesto fizika in tam ostal do upokojitve. Delo je zahtevalo študij zame povsem novega področja. Tako sem se sam učil osnov medicine, nuklearnomedicinske fizike, računalništva s programiranjem, obdelave podatkov z obsežnim naborom metod numerične analize, zaščite pred radioaktivnim sevanjem, statistične analize izmerjenih podatkov in drugega. Pridobil sem osnovno znanje iz programskega jezika FORTRAN na tečaju Republiškega računskega centra. To znanje mi je odločilno pomagalo in zaznamovalo vso mojo nadaljnjo strokovno pot. Užival sem pri uporabi numeričnih metod v računalniški obdelavi raznovrstnih podatkov v nuklearni medicini, še

posebej, če sem jih nadgradil s svojimi idejami. Na Inštitutu za nevrofiziologijo so mi prijazno dovolili razvoj programov za analizo radioizotopskih preiskav v hematologiji in radiokemiji, seveda v nočnem času, na edinem njihovem razvojnem osebnem računalniku proizvajalca HP. V matični ustanovi, ki se je v nekaj letih osamosvojila ter preimenovala najprej v Inštitut nato pa v Kliniko za nuklearno medicino pod vodstvom prof. dr. Bojana Varla, še ni bilo naprav z možnostjo računalniške obdelave, zato sem razvil in vpeljal analogne metode obdelave podatkov z lastno konstrukcijo naprav za izračun pomembnih kliničnih parametrov na izrisanih časovnih krivuljah pri renografu ter analogni gama kameri. Za kliniko sem skonstruiral zaščitna sredstva (pomične svinčene panoje, svinčene tulce za brizge, očala iz svinčenega stekla) za zaščito pred vsemi vrstami jedrskih sevanj (gama, beta in alfa) za vsa delovna mesta.

Magistrski študij

V svetu je nuklearna medicina v sedemdesetih letih hitro napredovala z uvajanjem računalniške tehnologije. Želel sem se izobraziti v znanjih, ki jih je napredek nudil, zato sem pogojeval svoje nadaljnje delo na kliniki s študijem medicinske fizike v evropskem centru v Aberdeenu pri prof. dr. Mallardu. Predstojnik klinike prof. dr. Varl mi je leta 1974 pridobil državno štipendijo za magistrski študij medicinske fizike, ki je bil po eni strani izjemno naporen s celodnevним programom, vključno s sobotami od 1. oktobra do zadnjega dne v septembru naslednjega leta, po drugi strani pa zame zelo zanimiv in poglobljen. Poleg fizikalnih osnov medicinske fizike s področij radioterapije, nuklearnomedicinske tehnologije, digitalne elektronike in računalništva, ultrazvočnih metod, zaščite pred sevanji in radiobiologije je študij zajemal tudi osnovna znanja iz človeške anatomije, fiziologije in biokemije. Preverjanje znanja je bilo po prvem in drugem semestru v obliki vprašanj iz vsakega področja v šesturnem pisnem izpitu. Kdor ni opravil izpita po vsakem od obeh štirimesečnih študijskih semestrov, ni dobil dovoljenja za nadaljevanje študija. Tretji štirimesečni semester je bil v celoti namenjen poglobljanju izbranih tem ter izdelavi magistrskega dela. Iz nabora danih tem sem si izbral spektralno analizo slik možganov (naslov izvirnika: Fourier Analysis of Brain Scans), ki mi je omogočila pridobiti znanje na takrat zelo prodornem področju analize medicinskih slik tako pri planarnih kot tudi tomografskih gama kamerah in skenerjih. Nakupil sem si najnovejše knjige iz teorije računalniške obdelave slik, uporabe hitre Fourierove transformacije ter teorije izboljšanja ločljivosti

struktur v slikah. Pri razvoju programske opreme za transformacijo slik v frekvenčni prostor sem naletel na napako v teoretičnem izvajanju algoritma za pospešeno Fourierovo transformacijo v takrat najnovejši knjigi The Fast Fourier Transform avtorja E. Orana Brigham, ki je izšla pri založbi Prentice Hall. Seveda sem izgubil nekaj dni, da sem uspel teoretično izvajanje algoritma v knjigi popraviti, nakar mi je transformacija stekla. Zakaj je bila Fourierova transformacija zanimiva za nuklearno medicino? Osnovni motiv je v metodi, s katero sliko nadomestimo z velikim številom dvodimenzionalnih valov različnih frekvenc, amplitud in faz. Jakost vsakega vala z določeno frekvenco se popiše z velikostjo amplitude, odmik začetka vala pa s faznim kotom. Pridobil sem poglobljeno znanje o tem, kakšen je amplitudni in fazni spekter v frekvenčnem prostoru pri zelo različnih radioizotopskih slikah (glede vrste preiskovanih delov telesa, količine zaznanih gama žarkov v slikah in raznih kolimatorjev gama kamere). V frekvenčnem prostoru je bilo možno optimalno odstraniti šum v slikah, ki se pojavlja zaradi naključnosti radioaktivnega razpadanja. Še posebej se pozna nenatančnost v scintigramih preiskav z nizko injicirano radioaktivnostjo ter pri prvem prehodu radioaktivne snovi skozi preiskovan organ. Z mojim delom so bili na univerzi zelo zadovoljni, saj sem omogočil obdelavo slik v frekvenčnem prostoru bistveno hitreje od predhodnikov (skrajšanje iz dvanajsturne obdelave na polurno) in so mojo metodo za izboljšanje radioizotopskih slik takoj vključili v vsakdanje klinično delo. Ob prejemu diplome na zaključni slovesnosti študija so mi nudili mesto predavatelja za predmet Radioizotopsko slikanje ter možnost opravljanja doktorskega študija. Nisem se odločil za to pot, saj sem komaj čakal povratek v domovino.

Delo in raziskave na kliniki in doktorat

Na kliniki smo po mojem povratku leta 1975 kmalu pridobili novo gama kamero z Digitalovim računalniškim sistemom PDP 11, ki je omogočil obdelavo slik ne samo z vgrajenimi komercialnimi programi, temveč tudi lasten razvoj in dograditev kliničnih obdelav. Zaradi zasedenosti aparata s preiskavami na bolnikih od jutra do večera sem imel razpoložljiv čas za razvoj novih obdelav v nočnem času ter ob sobotah in nedeljah. Ne glede na to omejitev sem s sodelovanjem zdravnikov uspel razviti vrsto novih metod za analizo pljučnih, ledvičnih, možganskih ter srčnih nuklearnomedicinskih preiskav. Novosti smo objavljali v pomembnih mednarodnih revijah ter poročali na kongresih v

tujini. V kratkem času smo objavili več deset odmevnih objav v mednarodnih revijah. Izsledki našega dela na področju sindroma WPW (motnje v regionalnem poteku kontraktilnosti levega srčnega prekata zaradi motenj v prevajanju električnega signala) so bili tudi večkrat citirani. Pri teh raziskavah in objavah se je posebej izkazal prof. dr. Peter Rakovec s kardiološkega oddelka. V kratkem času je uspel napisati članke, ki so bili dobro sprejeti v vrhunskih revijah. Svoje raziskovalne dosežke sem uspešno vgradil v doktorsko delo Inteligentno zajemanje scintigrafskih podatkov pri radioizotopskih preiskavah srčnih prekatov leta 1990, v knjižnih publikacijah *Information Processing in Medical Imaging* s konferenc na univerzah v Utrechtu leta 1987 in Berkeleyu leta 1989 ter v izdajah prispevkov z domačih in evropskih kongresov. Pri razvoju obdelav preiskav SPECT v scintigrafiji možganov pri zaznavanju ishemične penumbre sem z dr. med. Tomažem Milanezom in dr. med. Janom Kobalom razvil metode za kvantitativno spremljanje stanja bolezni. Metodo in rezultate smo objavili v knjižni obliki povzетkov s konference *Sodobni pogledi na možganskožilne bolezni* leta 2003. Za raziskovalne in razvojno inovativne dosežke smo trikrat prejeli nagrado Sklada Borisa Kidriča – v letih 1985, 1989 in 1990. Zanimiva je prigoda iz obdobja, ko smo uvajali digitalizacijo podatkov v administrativnem delu klinike. Na strokovnem sestanku sem predlagal, da nadomestimo pisalne stroje z osebni računalniki. Takratni predstojnik je bil proti temu z argumentom, da bo nastala zamuda pri pisanju izvidov in da bodo nastale napake v izvidih zaradi nevesčega osebja. Odobril je nakup novih pisalnih strojev. Ker se s tem nisem strinjal, sem problem rešil tako, da sem brezplačno pridobil odslužene računalnike Zavarovalnice Triglav in SDK, ki so pri njih končali v skladiščnem odpadu. Uvajanje nove tehnologije mi je vzelo veliko časa, ker sem moral s tečaji najprej priučiti osebje o vsem potrebnem za rokovanje z računalniki, pisanje v urejevalniku besedil, shranjevanje izvide na kasete in jih izpisovati na tiskalnike. V nekaj mesecih so šli pisalni stroji v naš skladiščni odpad. Naj povem še zgodbo o moji vlogi za docenta medicinske fizike na medicinski fakulteti. Po takratnih kriterijih sem imel prekomerno zbranih raziskovalnih in pedagoških točk, vendar mi vloga ni uspela zaradi odklonilnega stališča predstojnika Inštituta za biofiziko. Prof. dr. Kordeš mi je takoj po sestanku ocenjevalne komisije zaupal, da je predstojnik Inštituta za biofiziko utemeljil svoje nasprotovanje z argumentom, da na Medicinski fakulteti ni medicinske fizike, čeprav je bila strokovno prisotna na številnih klinikah UKC in Onkološkem inštitutu (OI). Tako se je končala moja kariera na Medicinski fakulteti. Poslej sem se usmeril

še bolj v razvoj in raziskovanje, kar me je tudi sicer bolj privlačilo. Poučevanje znanja iz medicinskega slikanja pa je še naprej ostalo v programih raznih medicinskih vej.

Raziskovalno-razvojni projekti za ARRS in IAEA

Z uvajanjem osebnih računalnikov s pomočjo sredstev iz raziskovalnih projektov ARRS se je naš razvoj strmo dvignil. Za razvoj in uporabo lastnih pristopov pri slikanju srčnih prostorov z radioaktivno označenimi eritrociti smo se lotili razvoja lastnega zajemalno-obdelovalnega sistema. Pri tem mi je pomagal sodelavec elektronik dipl. ing. Milan Prepadnik, izjemen razvijalec tako analogne kot digitalne elektronike. Uspeli smo, tudi z denarno pomočjo Mednarodne agencije za atomsko energijo (IAEA), razviti in izpopolniti povsem samostojen sistem za zajemanje in analizo tako standardnih kot tudi z lastnimi idejami dopoljenih radioizotopskih kliničnih preiskav. Naša vloga za sofinansiranje razvoja tega sistema je padla na plodna tla pri IAEA šele potem, ko sta vodja nuklearno medicinskega oddelka IAEA Y. Xie ter vodja projekta, londonski profesor Andrew Todd-Pokropek, obiskala našo kliniko ter uspešno, v manj kot eni uri, pridobila statične, dinamične in srčne preiskave na svoja osebna računalnika z našim sistemom ter jih uspela prikazati na svojih ekranih. Ta dosežek nam je odprl vrata za več raziskovalno-razvojnih projektov IAEA v naslednjem desetletnem obdobju. Razvoj je bil namenjen tehnološki pomoči Združenih narodov državam v razvoju pri digitalizaciji njihovih številnih analognih gama kamer. IAEA je zahtevala od nas velike napore pri optimizaciji elektronskega zajemalnega sistema ter avtomatizaciji obdelave kliničnih preiskav. Potrebno je bilo združiti naše tri okorne elektronske prototipne zajemalne module v enega samega v večplastni tehnologiji. Preden je nov prototip dokončno zaživel, je bilo potrebnih več nadgradenj in seveda preverjanj na različnih gama kamerah. Pri izgradnji novega prototipa so nam pomagala profesionalna elektronska in računalniška podjetja iz Slovenije. Enak napor je bil vložen tudi pri optimizaciji zajemalne programske opreme, ki je bila v končni obliki povsem enakovredna komercialni ali še boljša v mnogih segmentih. Omogočala ni samo standardnega zajemanja nuklearno medicinskih preiskav, temveč tudi izboljšave in nove tehnike. Pri analizi kliničnih preiskav se je s svojim znanjem in izkušnjami izkazal doc. dr. Jure Fettich. Uvajanje našega NM sistema preko IAEA je potekalo v več fazah. Najprej smo tekmovali v kakovosti in ekonomičnosti z drugimi raziskovalnimi centri, ki jih

je IAEA tudi financirala, na primerjalnih testih. Po končnem izboru našega sistema kot najboljšega in primerneza za distribucijo po svetu je naša skupina na mnogih regionalnih tritedenskih tečajih v številnih azijskih, evropskih, afriških in srednjeameriških državah izobraževala inženirje radiologije, elektronike, fizike ter zdravnike za delo z našim sistemom ter dodanimi osnovami nuklearne medicine in tehnologije. Iz tega obdobja se spomnim doživljaja z učnega seminarja v Daki v Bangladešu. V prepolni dvorani udeležencev seminarja so se na začetku zvrstili pozdravni nagovori ministrov za zdravstvo in znanost. Pričakoval se je tudi nagovor predstavnika IAEA. Ker pa ga zaradi zadržanosti ni bilo, sem moral nagovor kot vodja seminarja na hitro sestaviti in ga posredovati občinstvu. V nagovoru sem izpustil običajne floskule. Udeležencem sem zaželel uspešno sprejemanje znanja ter timsko sodelovanje pri uvajanju tehnologije v klinično delo v bolnišnicah.

Tehnološki napredek pri operacijskih sistemih za osebne računalnike je v devetdesetih letih 20. stoletja

prinesel razvoj večopravilnega in grafično odlično podprtega sistema Windows. V kratkem času sta naš zajemalno-obdelovalni sistem Gamma/PF iz operacijskega sistema DOS transformirala v novo operacijsko okolje Windows hči Sanja Fidler in Mario Medved, takrat še oba diplomanta uporabne matematike. Še več, nadgradila sta ga s telemedicinskimi funkcijami. Naš prispevek Development of Telemedicine Software for Efficient Low-Cost Communication je bil izbran med najboljše predstavitve na evropskem kongresu NM v Amsterdamu leta 2003. IAEA se je nemudoma odzvala s projektom pomoči Srednji in Južni Ameriki ter Severni Afriki z uvajanjem telemedicine v nuklearni medicini, ki je omogočila interaktivno delo med oddaljenimi nuklearno-medicinskimi centri. Zakaj telemedicina v NM ni zaživela kljub razviti programski oprepi? Razlog je preprost: zdravniki še niso bili pripravljeni pošiljati svojih izvidov v preverjanje specialistom na kliniki ali inštitutu.



Slika 2 Fotografija s konference Information processing in Medical imaging v Berkeleyu 1989. Zbrani so bili vsi vabljeni vrhunski strokovnjaki s področja teorije, tehnologije in računalniške analize v medicinskem slikanju. Avtor prispevka je v sredini zadnje vrste.



Slika 3 Fotografija s podelitve nagrad Sklada Borisa Kidriča leta 1984 iz področja nuklearne kardiologije. Prejemniki so bili z desne proti levi prof. dr. Peter Rakovec, dipl. ing. Milan Prepadnik in dr. Valentin Fidler.



Slika 4 Fotografija s konference IAEA Validation of PC/Gamma camera interface and software for data processing of clinical studies v Ankari, na kateri so raziskovalne skupine iz Indije, Turčije, Kitajske, Kube in Slovenije predstavile in primerjale svoje dosežke pri razvoju zajemalno-obdelovalnega sistema za gama kamere. Projekt je bil finančno podprt s strani OZN in eden največjih in najbolj uspešnih v pomoči manj razvitim 50 državam sveta.



Slika 5 Fotografiji dveh mladih matematikov, odločilnih za posodobitev programske opreme iz operacijskega sistema DOS v Windows: na levi dipl. ing. Mario Medved (danes vodja oddelka za razvoj medicinskega slikanja v podjetju Xlab v Ljubljani) in na desni dr. Sanja Fidler (danes izredna profesorica na univerzi v Torontu).

Raziskovalni projekti na Onkološkem Inštitutu

V Sloveniji se je naš sistem uvedel v klinične preiskave NM ter nadomestil preko deset namenskih računalnikov v bolnišnicah v Ljubljani, Mariboru, Celju in Šempetru. Ta nadomestitev je prihranila finančna sredstva za ocenjenih milijon dolarjev, ki bi bila nujna za nakup komercialnih sistemov. Naš sistem je stal le 5000 dolarjev, torej le dvajsetino komercialnih. Ta cena je bila mogoča zaradi financiranja s strani ARRS in IAEA ter trdega dela razvijalcev. Nadaljevanje raziskovalnorazvojnega dela za majhne skupine se je z novo politiko ARRS po letih 2000 končalo. Tudi naše. Projekte so dobile samo velike skupine. Tudi pred letom 2000 so se kriteriji za pridobitev projektov ves čas spreminjali. Ko je kakšen »pomembnejš« napredoval v državni raziskovalni svet ali na ministrstvo, je pri določanju uteži za raziskovalne točke vpeljal bodisi nove ali pa takšne, ki jih je lahko pri prijavi lastnih projektov izdatno izkoristil. Med drugim se je naenkrat pojavil tudi kot zelo pomemben kriterij naziv ambasadorja znanosti. Sam sem temu neuspešno ugovarjal z argumentom, da ta naziv ne sodi med kriterije za pridobitev raziskovalnega projekta. Posledica te spremenjene politike pri financiranju raziskovalnih projektov so bile za majhne skupine z uspešnimi razvijalci ter raziskovalci pogubne. Strokovnjaki so začeli zapuščati državne ustanove, odšli so v tujino ali v zasebna podjetja. Vsakoletno podeljevanje priznanj uspešnim raziskovalcem se je iz prej priljubljenega množičnega dogodka spremenilo v dogodek z malo udeleženi raziskovalci.

Na Onkološkem inštitutu se še po dvajsetih letih od prve namestitve uporabljata dva naša sistema z nadgradnjama za digitalni gama kameri, ki ju je bilo potrebno modificirati za oddajanje pozicijskih, energijskih in časovnih digitalnih signalov v naš programski sistem MedicView. Pri tem je potrebno poudariti, da se noben proizvajalec novih gama kamer ni držal obljube o neposredni programski povezavi z našim sistemom in smo morali sami izvesti to razvojno delo na stroške OI. Zakaj je OI vztrajal na našem zajemalnoobdelovalnem sistemu? Preprosto zato, ker je nudil veliko več od komercialno dostopnih sistemov tako pri zajemanju scintigrafskih podatkov kot tudi pri analizi. MedicView sistem lahko v večopravilnem operacijskem sistemu Windows hkrati izvaja naslednje funkcije: (1) zajema pozicijska signala ter energijo zaznanih gama žarkov, časovno značko vsako milisekundo ter EKG signal z našega namensko razvitega elektronskega pretvornika iz analognega v digitalni signal; (2) v času zajemanja sestavlja sliko v spominu računalnika, jo prikazuje v izbranem intervalu, požene poljubno izbrano barvno lestvico, obdela sliko z izbranimi raznovrstnimi matematičnimi transformacijami, gladi slike na osnovi regionalne gostote v okolici vsakega piksla ali filtrira šum v frekvenčnem prostoru; (3) pri slikanju srčnih prostorov z EKG proženo ponavljajočo ventrikulografijo razloči normalne od ekstrasistolnih ter postekstrasistolnih utripov s tekočo analizo EKG signala ter nudi še mnogo drugih funkcij. Istočasnost izvajanja več funkcij pri zajemanju je postala mogoča zaradi veliko hitrejših in spominsko zmogljivejših računalnikov. Pri prilagajanju in uvajanju sistema v klinično delo mi je izdatno pomagal radiološki inženir Slavko Škalič. On je bil tisti, na katerega je najprej letela kritika sodelavcev, če je sistem v času razvoja med izvajanjem kdaj zatajil. Preiskava za odkrivanje metastaz v varovanih bezgavkah s planarno gama kamero je zahtevala večleten razvoj, da je postala visoko cenjena in predstavljena s številnimi kliničnimi objavami na mednarodnih kongresih in v mednarodnih revijah. Je najbolj množična vsakodnevna preiskava na NM oddelku OI. Tudi konkurenčna metoda s SPECT/CT ji ni vzela veljave, ker je enostavna, hitra, točna in veliko cenejša. Le v primeru slikanja bezgavk z metastazami v notranjosti telesa služi kot dodatna preiskava poleg SPECT/CT.

V letih po 2016 smo začeli z razvojem lastne majhne gama kamere zgrajene z LYSO kristali ter fotodiodne matrice, ki bo služila za izboljšanje tako prostorske ločljivosti kot občutljivosti zaradi tesnega kontakta s telesom bolnika.

■ **Infor Med Slov** 2020; 25(1-2): 40-45