

Z N A N O S T

Štirinajstdnevna znanstvena priloga časnika Delo / 28. januarja 2002

Ljubljansko
barje

**Medalja pripada
poplavam**

prof. dr.
Joseph Polacco

**Gensko
nespremenjenih
rastlin skoraj ni**

Intervju dr. Ruzena Bajcsy

Pogled in celo otip na daljavo

Jasna Kontler - Salamon

Čast prve tuje častne doktorice znanosti ljubljanske univerze (domači sta Vida Tomšič in prof. dr. Božena Ravnihar) je konec minulega leta pripadla ameriški znanstvenici slovaškega rodu prof. dr. Ruzeni Bajcsy, ki sodi v sam svetovni vrh raziskovalcev računalniškega vida. Častni doktorat si je prislužila predvsem z nesebično pomočjo številnim slovenskim znanstvenikom – že več kot 25 let jim s finančno podporo omogoča tudi gostovanje v svojem laboratoriju.

Dr. Bajcsy je bila v rodni Bratislavi leta 1967 prva ženska, ki si je pridobila doktorat iz elektrotehničnih znanosti. Takoj nato je dobila štipendijo za postdoktorsko izpopolnjevanje na univerzi Stanford. Tam je dosegla še doktorat iz računalništva, nato pa se je zaposlila na pensilvanski univerzi, kjer je do pred kratkim delala kot redna profesorica računalništva in informatike in vodila laboratorij GRASP. Zdaj je zaposlena na kalifornijski univerzi v Berkeleyju, kjer je direktorica inštituta CITRIS (Center for Information Technology in the Interest of Society Berkeley).

V tistem času, ko ste vi zapustili Slovaško, je bilo to precej zapleteno. Kako ste si zagotovili ta študij?

Kot mlado raziskovalko so me povabili na Stanford, tam naj bi ostala samo krajši čas, vendar se je prav takrat začela praška pomlad in dogodki, ki so ji sledili. To me je zadržalo v Združenih državah.

Je bil to edini razlog, da ste se odločili ostati v Ameriki?

Resnično sem se nameravala vrniti, toda ko so Rusi zasedli mojo domovino, sem se odločila, da se ne bom.

Odločitev je bila za vas vsekakor koristna, saj ste dosegli izjemno veliko tudi po ameriških merilih.

Ne vem, ali sem res tako uspešna, vem pa, da delam to, kar rada delam, in vem tudi, da sem zelo srečna, ker sem dobila priložnost, da predavam na pensilvanski univerzi.

To je bila že druga slavna univerza na vaši poti.

Drži, toda vsaka slovi predvsem po določenih področjih. Penn mi je dala priložnost, da zgradim laboratorij za področje, ki me je najbolj zanimalo. Nacionalna znanstvena fundacija mi je financirala prvi projekt in to je bil začetek laboratorija, ki pa je nastajal postopoma.

Ste v tem času ohranili kakšne stike s slovaškimi kolegi?

Ne, resnično ni bilo priložnosti. Ovire so bile politične in tudi osebne. Dolga leta je bilo tako. Tudi v zadnjih letih sem imela zelo malo stikov. Sodelovala sem s Češko, z raziskovalci v Pragi, ne pa s tistimi v Bratislavi.

Kako pa se je začelo vaše sodelovanje s Slovenijo?

Začelo se je, ko je Franc Solina prišel študirat na našo univerzo. On je nato priporočil Staneta Kovačiča, ta pa spet Aleša Leonardisa. Vsi ti študentje so bili zelo sposobni, trdo so delali, imeli so izjemno matematično in inženirsko znanje. Takšno delo je seveda dalo tudi veliko rezultatov. Delati z njimi je bilo zame resnično veselje.

Vaše delovno področje, zlasti osnovno elektrotehnično, ni ravno običajno med ženskami. Kako ste se odločili za ta študij, najprej na Slovaškem in nato v ZDA?



dr. Ruzena Bajcsy

Bila sem dobra matematičarka, zlasti me je zanimala uporabna matematika. Elektrotehniko sem izbrala zato, ker se mi je to zdela idealna kombinacija inženirskega in matematičnega študija. V tistem času pač še nisem mogla razmišljati o študiju računalništva, saj je bil na Slovaškem še skorajda neznanka. Vendar me je že med študijem elektrotehnike zelo zanimalo vse, čemur danes rečemo kibernetika – razumevanje bioloških sistemov z inženirskimi metodami.

Kaj vas je usmerilo na področje računalniškega vida, ki ste mu posvetili večino svojih raziskav?

Od nekdanje me je posebno zanimalo, kako delujejo možgani. Ko sem prišla na Stanford, je bil tam strokovnjak za to področje profesor McCharty in z njim sva imela veliko razprav. Zlasti me je pritegnilo delovanje sistema vida, kako bi se dalo narediti napravo, ki bi »gledala« tako, kot to delajo ljudje. Profesor me je usmerjal v preučevanje razpoznavanja tekstur. Pričela sem raziskovati to področje in v okviru svojega doktorata izdelala enega prvih sistemov za razločevanje različnih tekstur. Delo sem nadaljevala tudi, ko sem prišla na Penn. Raziskave sem razširila na preučevanje oblik, kontur in drugih vhodnih podatkov pri razpoznavi vida. Do tedaj je bil običajen način tovrstnih raziskav tak, da se je skušalo razviti sistem, ki bi tako kot ljudje lahko razumel vsebino posamičnih statičnih slik in skušal iz njih izluščiti čim več podatkov.

So bile to že naprave, ki bi lahko pomagale tudi slepim?

Gotovo bi jih izdelali tudi zanje, a to bi bilo že prehiteno razvoju. Šlo je šele za temeljne raziskave – saj tedaj še nismo razumeli, kako tako razpoznavanje poteka in kako se ga da simulirati. Pri tem nas je med drugim spodbujalo, da bi nam to znanje tudi zelo pomagalo pri razumevanju dela možganov. Ob razmišljanju in eksperimentiranju sem ugotovila, da posamezna slika ne daje dovolj podatkov. Pri simuliranju človeškega vida sta namreč možni dve poti. Ena je, da sistem razpolaga z zadostnim predhodnim znanjem, ki mu nato omogoča, da prepozna obraze, predmete in tako naprej. Druga možnost je, da imaš na voljo veliko različnih slik opazovanih predmetov, ki so tudi posnete iz različnih kotov, iz katerih jih vidiš. S takim aktivnim opazovanjem presežeš omejitve razpoznavanja, ki se pojavijo pri analizi ene same slike. Posamezna slika je dvodimenzionalna narava, medtem ko je svet, ki nas obdaja, tridimenzionalen in tridimenzionalne vplive (denimo sence in osvetlitve) je prak-

tično nemogoče razumeti v okviru dvodimenzionalne slike.

Ta razmišljanja so me navedla k formuliranju teorije aktivnega zaznavanja – pozneje sem vizualnim informacijam dodala še informacije, pridobljene z dotikom. Skratka, gre za posnemanje človeškega ravnanja, saj se tudi ljudje navadno ne zadovoljimo s tem, da samo vidimo stvari, temveč se jih želimo še dotakniti. Ta problem aktivnega razpoznavanja okolja še ni povsem raziskan.

Pozneje so me pritegnili problemi, kako bi lahko iz slik ugotovili fizikalne lastnosti nekih predmetov. Kot primer kompleksnega fenomena naj navedem pogled skozi okno, kjer imamo hkrati tri vrste slikovnih informacij: zunanje dogajanje, odsev notranjosti na steklu in teksture, ki so lahko na samem steklu. Človek te tri vrste informacij zlahka razločuje, znanstveniku pa se ob tem postavi vprašanje, kako to počne. Večino življenja sem se ukvarjala s tovrstnimi vprašanji, dosegla sem napredek, vendar še ne poznam dokončnih odgovorov.

Kdaj bodo znani?

Ne vem, morda jih bo dočakala že naslednja generacija, morda jih bodo odkrili veliko pozneje. Kljub mnogim odprtim vprašanjem pa smo z dosedanjimi raziskavami že omogočili rešitve številnih praktičnih problemov. Ob pomoči računalniškega vida je nastala, denimo, identifikacija ljudi na podlagi njihove očesne roženice, slike obraza, odtisa dlani itd. Računalniški vid je pomagal tudi pri diagnostiki možganskih poškodb in sprememb. Sama sem sodelovala pri reševanju nekaterih medicinskih problemov z računalniškim vidom – med mojimi sodelavci pri interpretaciji možganskih slik je bil dr. Stanislav Kovačič. Eden od glavnih uporabnikov računalniškega vida je tudi vojska, za katero je pravočasno in natančno prepoznavanje predmetov izrednega pomena. Tako na primer orientacija nizkoletečih izstrelkov temelji na uporabi računalniškega vida.

Kdo financira vaše raziskave?

Veliko denarja nam je dala vojska, poleg tega me je v mnogih projektih podprla Nacionalna znanstvena fundacija oziroma Nacionalni inštitut za zdravje. Sprva je vedno šlo za temeljne raziskave, ki pa so večinoma imele uporabne izsledke na številnih področjih.

Ste se že približali cilju, ki ste si ga zastavili na začetku svojih raziskav?

Iz obrazložitve častnega doktorata

Osnovno raziskovalno področje prof. Ruzene Bajcsy je računalniški vid, to je disciplina, ki preučuje, kako iz slikovnih informacij modelirati in razumeti tridimenzionalni svet. Med njene najpomembnejše teoretične prispevke sodi spoznanje, da morajo tudi računalniki, oziroma umetni sistemi, podobno kot biološki sistemi aktivno iskati informacije o svojem okolju. S to idejo in številnimi konkretnimi raziskavami in prototipi je sprožila povsem novo paradigmo na področju računalniškega vida, ki jo v angleščini poznamo pod pojmom »Active vision«.

Vse svoje raziskovalno delo sem podredila temeljnemu cilju, da bi razumela proces vidnega zaznavanja oziroma kako se na podlagi slik formirajo predstave o svetu, ki nas obdaja. To imenujemo problem prehajanja od signalov do simbolov. Fascinira me, da lahko kljub nestabilnim signalom tako zanesljivo prepoznamo stvari – denimo neki predmet pri povsem različnih razmerah osvetlitve. Prilagodljivost človeškega vida je fantastična. Rada bi izvedela, kako poteka ta fizični proces. Marsikaj že vem, še več pa je tistega, česar ne vem.

Vem, da se v zadnjem času ukvarjate s tako imenovano teleprisotnostjo. Kako je to povezano z vašimi dosedanjimi raziskavami?

Teleprisotnost je kombinacija vidnega zaznavanja in komuniciranja. Ideja je približno taka: midve komunicirava, vendar sem jaz medtem v Kaliforniji in vi v Ljubljani. Kljub temu si želiva popolno komunikacijo, torej tudi vidno zaznavo. Lahko se zadovoljiva s sliko, ki jo na računalniška ekrana projicira digitalna videokamera, a je to le dvodimenzionalna slika. Če je kamer dovolj, pa dobimo tridimenzionalno informacijo, ki jo lahko posredujemo po internetu in s posebno tehnologijo v prostor sogovornika, kar daje občutek resnične prisotnosti obeh sogovornikov v istem prostoru. Teleprisotnost nam sodobna tehnologija sicer že omogoča, vendar moramo z nadaljnjimi raziskavami odgovoriti na vprašanje, kako to tehnologijo narediti čim bolj prijazno in neopazno. Naslednje vprašanje razvoja teleprisotnosti bo, kako vidne informacije dopolniti še s taktilnimi.

Torej že virtualna telekineza?

Zagotovo bo šel razvoj v to smer. Sama vidim predvsem to prednost, da bomo s takšno tehnolo-

gijo izboljšali komunikacijo med ljudmi na globalni ravni in tako tudi zmanjšali potrebo po poslovnih potovanjih.

Grozno si je zamisliti svet, kjer bo virtualna informacija lahko zamenjala resnično prisotnost.

No, tudi sama upam, da se to ne bo zgodilo. Toda lahko si predstavljamo, da bi tako zelo olajšali in izboljšali življenje. Poglejte, danes je elektronska pošta že skoraj izpodrinila klasično in tako bo gotovo tudi na drugih področjih komuniciranja.

Čeprav ste tako predani znanosti, ta ne more biti vse v vašem življenju. Vam je bilo kdaj žal, da ste ostali v Ameriki?

Nikoli, saj sem si v novi domovini ustvarila družino, ki me zelo osrečuje. Moj mož je upokojeni profesor fizike. Imava tri otroke in pet vnukov. Najina hči je profesorica računalništva, en sin je inženir, drugi dela kot menedžer. Imam pa tudi okrog 50 svojih doktorandov po svetu, tudi njih štejem k svojim otrokom. Mislim, da sem zelo srečna ženska.

Kolikokrat ste že obiskali Slovenijo in kakšna se vam zdi?

Tu sem bila že velikokrat. Prihajam za nekaj dni, tako da sem nenehno v stiku s svojimi tukajšnjimi sodelavci. Všeč mi je vaša država, predvsem mi ugajajo njeni ljudje. Moji nekdanji študenti so zdaj uspešni znanstveniki in vsak bi lahko delal kjer koli po svetu. Veliko srečo imate, da so ostali pri vas in da prenašajo svoje znanje na nove generacije študentov.

Ali že načrtujete upokojitev?

Ne, nasprotno, zdaj sem v marsikaterem pogledu na novem začetku. Od nedavna sem profesorica

na kalifornijski univerzi v Berkeleyju, kjer vodim inštitut z letnim proračunom 100 milijonov dolarjev. V njem se med drugim ukvarjamo z raziskavami, kako se informacijsko tehnologijo lahko uporabi za kontrolo transporta ali za saniranje naravnih nesreč, kot so denimo potresi, ki so pogosti v Kaliforniji. Zdaj je seveda zelo aktualno raziskovanje, kako jo uporabiti tudi pri preprečevanju terorizma. Med cilji naših raziskav je tudi pomoč starejšim ljudem. Informacijska tehnologija jim namreč lahko pomaga, da ostanejo čim dlje neodvisni od zunanje pomoči. Na svetu je čedalje več postaranih družb in eden njihovih največjih problemov je, kako skrbeti za starejši del populacije. Priznam pa, da me to zdaj, ko sama prihajam v stara leta, zanima tudi iz osebnih razlogov. Čim dlje bi rada uživala v tem čudovitem življenju! ■

Kaj je o dr. Bajcsy povedal dr. Franc Solina, redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani:

»Prof. Ruzeno Bajcsy poznam od leta 1983, ko sem kot Fullbrightov štipendist prišel na pensilvansko univerzo v Philadelphio. Enoletni obisk se je raztegnil kar na pet let, saj sta me dr. Bajcsy in njen laboratorij GRASP v hipu pritegnila. Dr. Bajcsy je dobesedno izžarevala radovednost po odkrivanju novih stvari in to navdušenje prenašala tudi na študente. V njenem laboratoriju so bili zbrani študentje in profesorji z vsega sveta in z različnih strokovnih področij, njihove raziskave problemov računalniškega vida in robotike pa so sodile v sam svetovni vrh. V laboratoriju so jo tudi redno obiskovali drugi vrhunski znanstveniki z omenjenih dveh področij. Študentje se tam nismo naučili le raziskovalno delovati, ampak smo osebno spoznali tako rekoč vse ključne ljudi v robotiki in računalniškem vidu. Po drugi strani pa se je z njenimi doktorskimi študenti, ki zdaj predavajo na številnih uglednih univerzah po vsem svetu, širil tudi sloves in vpliv profesorice Bajcsy.«

Hrbtenični robot

Roka se mu ne zatrese

V operacijskih dvoranah imajo kirurgi vedno pogosteje za pomočnike tudi robote. Toda za zdaj ti še niso mogli pomagati pri operacijah hrbtenice. Raziskovalci štirih Fraunhoferjevih inštitutov (inštituta za proizvodno inženirstvo in avtomatizacijo, inštituta za proizvodne sisteme in tehnologije, inštituta za biomedicinsko inženirstvo in inštituta za raziskovanje računalniške grafike) pa so nedavno predstavili prototip »hrbteničnega« robota.

Kakor pojasnjuje dr. Volker Urban z Univerzitetne klinike za nevrokirurgijo v Erlangnu, Nemčija, ki pri možganskih operacijah že nekaj mesecev uporablja robota, mu slednji omogoča izjemno natančnost. Robotova »roka« je povsem mirna in dela z natančnostjo nekaj stotink milimetra, ko jo z »igralno paličico« in prek računalniškega zaslona vodi kirurgova roka. Pri operacijah na možganih je to bistvenega pomena, saj je vsak milimeter možganov izjemno pomemben.

Toda za posege na hrbtenici bo potrebna naslednja generacija robotov, saj je pri hrbtenični kirurgiji (na primer pri operaciji poškodovanih medvretenčnih ploščic) potrebna še večja natančnost.

Prototip robota, ki so ga razvili na omenjenih Fraunhoferjevih inštitutih, ima vgrajeno posebno kinematiko, kar mu omogoča, da se lahko približa težko dostopnim delom hrbtenice,

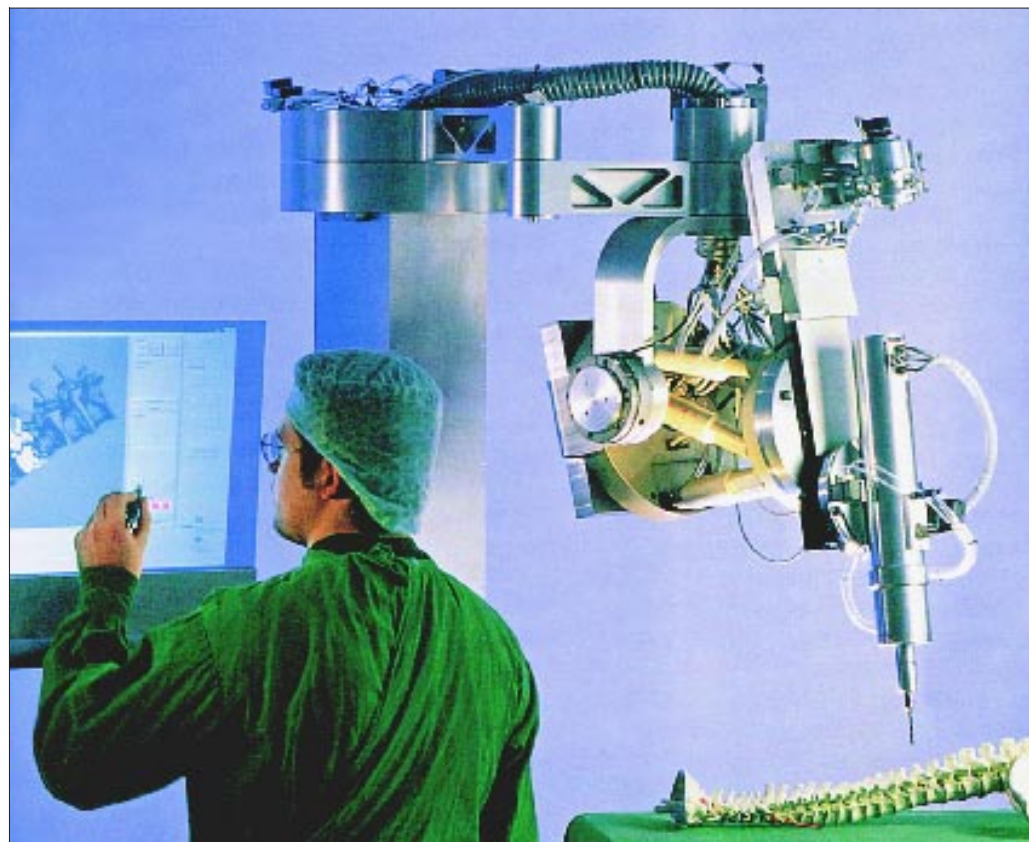
hkrati pa je povsem stabilen in natančen. Skratka, lahko dela neprimerno natančneje kot še tako izurjen kirurg.

Seveda morajo biti tovrstne operacije izjemno natančno načrtovane, zato so sodelavci inštituta za raziskovanje računalniške grafike razvili poseben program, ki z računalniško tomografijo izdela tridimenzionalno sliko poškodovanega dela hrbtenice, tako da operater lahko spremlja robotovo delo v realnem času na posebnem zaslonu, primerja spremembe glede na začetno stanje in lahko vsak trenutek posreduje oziroma ustavi operacijo.

Poseben izziv je tudi upoštevanje zahtevnih sterilizacijskih razmer, ki jim je podvržen celoten robot, če ga hočejo uporabljati v operacijski dvorani; tako mora celotna naprava, z vso zahtevno elektroniko, brez škode preстати petminutno »savnanje« pri 135 stopinjah Celzija.

Čeprav preizkusne »operacije« potekajo odlično in so izkušeni kirurgi že zdaj navdušeni nad sposobnostmi robotskega pomočnika, bo potrebnih vsaj še nekaj let testiranja in izpopolnjevanj, da bo robot za operacije na hrbtenici prišel v redno uporabo.

I. K.



Prototip »hrbteničnega« robota za zdaj operira le na modelih, a že v nekaj letih naj bi postal nepogrešljiv pomočnik v operacijskih dvoranah.



Potek »robotske« operacije spremlja kirurg na posebnem zaslonu.

Foto Fraunhofer magazine