

Laboratorij za robotiko in biomedicinsko tehniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

V sklopu predstavitev znanstvenega in raziskovalnega dela na Univerzi smo se pogovarjali z izrednim članom SAZU prof. dr. Tadejem Bajdom in prof. dr. Markom Munihom.



Člani laboratorija na doktorskem srečanju

Ventil: Prof. Bajd, vaše znanstvenoraziskovalno delo je povezano s človekom, njegovim gibanjem, pomočjo pri gibanju, spodbujanju bolnikov s poškodbami ter na drugi strani z roboti. Kje so vaši začetki, kaj je vplivalo na to, da ste povezali ti področji, in kako je bilo vaše delo vpeto v razvoj Laboratorija za robotiko in biomedicinsko tehniko?

Prof. Bajd: Ta navidezna dvotirnost raziskav na področjih biomedicinske tehnike in robotike se kaže samo na prvi pogled. V resnici obe področji povezuje gibanje, kar lepo odseva naslov naše programske skupine Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju. V obeh primerih gre za merjenje položajev, hitrosti in pospeškov ter sil in navorov v

sklepih. Kinematika in dinamika robotskih mehanizmov in človekovih ekstremitet imata pomembne podobnosti. Pristopi k vodenju bodisi položaja ali sile so prav tako podobni pri človeku in robotu. Naše začetne raziskave so bile usmerjene v sintezo preprostega vzorca hoje pri povsem hromi paraplegični osebi z uporabo funkcionalne električne stimulacije paraliziranih mišic. Še danes smo v veliki meri zvesti področju rehabilitacije, le da so električno stimulacijo nadomestili roboti in navidezna okolja. Za dobro raziskovalno delo na področju biomedicinske tehnike je potrebno temeljito poznavanje teoretičnega ozadja in modelov, prav to znanje lahko uporabimo na področju strojev in obratno.

Ventil: Prof. Munih, v čem laboratorij sledi premise, ki so bile postavljene že v preteklosti?

Prof. Munih: Sedanji razvoj laboratorija je logična posledica preteklega razvoja. Že prvi predstojnik laboratorija, akademik prof. Kralj, je gojil zanimanje tako za gibanje človeka kot tudi za industrijsko robotiko, posebej za področje manipulacije manjših sklopov v elektromehanski industriji. Sedanja usmerjenost v rehabilitacijsko robotiko je pravzaprav med obema področjema, vključuje in zahteva znanja z obeh in se kaže kot logično nadaljevanje. Laboratorij nadaljuje tradicijo raziskovalne vpetosti v mednarodno in domače okolje. Publiciranje raziskovalnih dosežkov na vseh področjih delovanja je stalnica od vsega začetka. Vedno več je tistih doktorandov z več objavami v odmevnih mednarodnih publikacijah že pred zagovorom disertacije.

Ventil: Prof. Bajd, vaša bibliografija je obsežna in številne citacije pomenijo, da ste objavljali za stroko ključna in pomembna spoznanja. Kakšni so potrebni pogoji za tako odlično znanstveno delo?

Prof. Bajd: Začne se z radovednostjo, ki žene mladega raziskovalca k odkrivanju in snovanju novega. V tem času je potreben dober mentor. Imel sem srečo, da sem raziskoval

pod mentorstvom akademikov Vodovnika in Kralja. V naslednjem koraku je potrebna izvirnost. Naučiti se moraš razmišljati drugače kot večina, le tako bodo tvoji dosežki objavljeni v poplavi mednarodnih znanstvenih člankov. Pri iskanju izvirnih idej v veliki meri pomaga interdisciplinarnost raziskav. V našem primeru velikokrat pri snovanju novih robotskih mehanizmov poiščemo zglede v naravi, pri človeku in obratno pri ocenjevanju gibov ohromele osebe uporabimo matematična orodja, ki so uveljavljena v robotiki. Takšna presajanja znanja z enega področja na drugo že pomenijo zametke izvirnosti. Radovednost in izvirnost zadoščata za raziskovalca v narovoslovju, ne pa za raziskovalca inženirja. Inženir mora zagotoviti še izvedljivost ideje, ki mora biti na koncu koncev še ekonomsko smiselna. Prav to zadnje pomeni za raziskave v tehniki poseben izziv, ki ga druga področja ne poznajo.

Ventil: Prof. Munih, laboratorij je vodilni v slovenskem prostoru in je dobil številna priznanja. Katere aktivnosti ali pogoji dela so po vašem mnenju ključni za doseganje vrhunskih znanstvenih dosežkov v okviru univerze?

Prof. Munih: Podati kratek odgovor na to vprašanje je težko. Mogoče je na prvem mestu dejanska vpetost skupine v mednarodno dogajanje na relevantnem področju kot tudi ustrezen stik z domačo industrijo. Gre za področja publiciranja, financiranja in mobilnosti. Istočasno je nadvse pomembna dobra ekipa, tim sodelavcev. Kontinuiteta delovanja pogosto predstavlja okorno strukturo, v našem primeru pa smo nasprotno uspeli zagotoviti dobro opremljenost, tudi prepoznavnost, publiciranje in večino priprave projektov.

Ventil: Prof. Munih, kako se konkretno vaš laboratorij povezuje z znanstvenimi ustanovami v tujini? Kakšni so vaši mednarodni projekti in kdo jih financira?

Prof. Munih: Laboratorij je uspel pridobivati tuje projekte zadnjih trideset let, sprva v daljšem obdobju do 1990



Izometrično merilno okolje za osebe po kapi v projektu Alladin (FP6 EU)

od več agencij v ZDA, predvsem NIH in NIDRR, naprej tudi v nekaterih evropskih državah, v zadnjem obdobju pa od EU v okviru FP4, FP5, FP6 in sedaj tudi v pravkar začetem FP7. Okrajšave največjih od teh projektov so BIOMED, GENTLE/S, I-Match, Alladin in MIMICS.

S kar nekaj državami smo imeli ali pa še imamo projekte bilateralnega sodelovanja (npr. Japonska, ZDA, Izrael, Romunija, Avstrija, Kitajska). Preveč za naštevaje je znanstvenih ustanov, s katerimi smo raziskovalno sodelovali v zadnjih desetih, dvajsetih letih na pravkar omenjenih projektih ali na projektih, na katerih so se po doktoratu še izpopolnjevali naši doktorji.

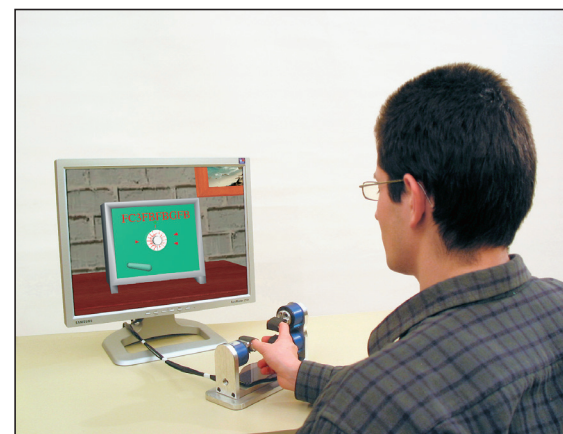
Ventil: Pomemben pogoj za uspešno raziskovalno delo so raziskovalci. Od kod prihajajo in kam odhajajo vaši doktorandi?

Prof. Munih: Večina naših dosežanih doktorandov je doštudirala najprej na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Njihove nadaljnje poti so zelo raznolike. Eden je v državni upravi na področju meroslovja, večina je v domači, nekateri tudi v tuji industriji, so tudi na nekaterih eminentnih mestih na

tujih univerzah, nekateri pa smo še naprej skupaj v skupini.

Ventil: Pomembna pogoja sta oprema in potrebna infrastruktura. Kako rešujete problem nakupa drage raziskovalne opreme in kako je laboratorij opremljen?

Prof. Munih: To je posebna tema. Na srečo je laboratorij uspešen pri pridobivanju mednarodnih projektov kot tudi pri sodelovanju z industrijo. Tako uspemo skupaj z raziskovalnimi instrumenti, ki jih nudi Republika Slovenija, vzdrževati konkurenčen nivo opremljenosti za raziskovalne in pedagoške aktivnosti. Posebej



Sile prstov delujejo na objekte v računalniškem navideznem okolju (doktorska naloga)

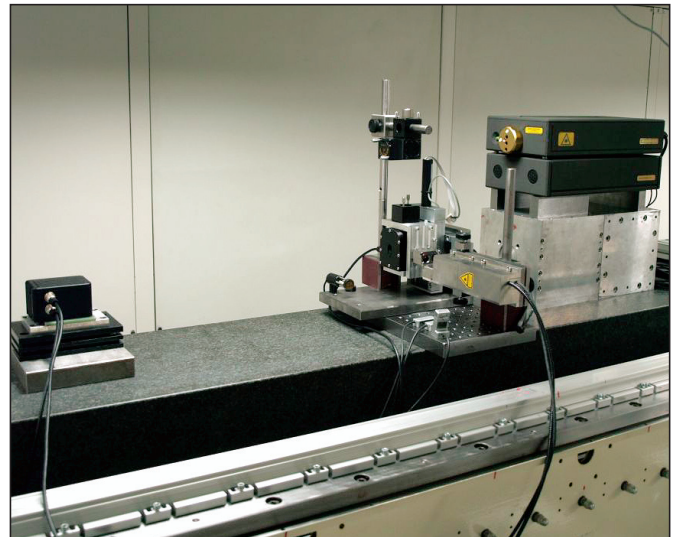
velja omeniti, da študentje, dodiplomski in podiplomski, delajo na raziskovalni opremi, ki ni financirana iz pedagoške dejavnosti, saj investicij v pedagoško opremo pri nas pravzaprav ne poznamo.

Ventil: Že veliko let sodelujete z raziskovalci z medicinskega področja. Kakšno je to sodelovanje? Ali lahko predstavite nekaj projektov, ki si zaslužijo še posebno pozornost?

Prof. Munih: Najobsežnejše je še nadaljnje sodelovanje z Inštitutom za rehabilitacijo Republike Slovenije, kjer je tudi pet članov naše programske skupine. Tu gre predvsem za prenos razvitih robotskih rehabilitacijskih pristopov urjenja zgornjih in spodnjih ekstremitet v klinično okolje. Na Kliničnem centru v Ljubljani je trenutno več sodelovanja z Inštitutom za klinično nevrofiziologijo, kjer uporabljamo haptični robot skupaj z magnetno resonanco in EEG merjenji. S sodelavci podjetja Iskra-Medical delamo na prenosu naših naprav v njihovo proizvodnjo.

Ventil: Del dejavnosti laboratorija je tudi sodelovanje s slovensko industrijo. Ali lahko predstavite nekaj uspešnih projektov oziroma raziskav?

Prof. Munih: V obdobju zadnjih nekaj let smo razširili tudi obseg direktnega raziskovalnega sodelovanja s slovensko industrijo, s katero smo povezani na različne načine. Pri večjih projektih sodelujemo s Trimom, Trebnje, in Eto, Cerklje. Z Eto smo v okviru enega od projektov izvedli robotsko brušenje srha pri livarskih odlitkih, še pred tem pa ustrezno merjenje obdelovancev. K boljši kvaliteti in manjšemu izmetu diastatov pomagajo naša merjenja.



Razviti laserski sistem za merjenje premosti ali upogiba robotskih segmentov v kalibracijskem okolju merilnice na TUG (doktorska naloga)

S partnerjema Trimo in Technische Universität Graz sodelujemo na projektu e-tehnologija montaže s skupnim ciljem robotizacije polaganja panelov. Naprej velja omeniti tiste s področja robotike, ki uvažajo robote v slovensko industrijo (Motoman, ABB, DAX). Lepo je število diplomskih nalog in rešitev, ki so zaživele preko njih.

Ventil: Laboratoriji na univerzi so neločljivo povezani s pedagoškim delom. Kako se študenti vključujejo v delo laboratorija?

Prof. Munih: Za sodelovanje s študenti smo odprti na različne načine. Dobre seminarske naloge se podaljšajo npr. v konferenčne prispevke. Izkušenejši pomagajo kot demonstratorji pri nekaterih predmetih ali pri predstavitvah delovanja laboratorija nasploh. Nekateri najdejo okolje za realizacijo svojih idej ali za delo v povezavi s firmo, kjer so študenti. V raziskovalno delo vključujemo tudi študente z drugih univerz in iz drugih držav. Tako smo imeli doktorske in podoktorske študente iz Hrvaške, Danske, Irske in celo Japonske.

Ventil: Na koncu naše bralce prav gotovo zanima, kakšni so vaši načrti tako na področju biomedicinske tehnike kot na področju industrijske robotike?

Prof. Munih: Veseli smo, da so v zadnjem obdobju recenzenti dobro ocenili naše raziskovalne predloge, kar se zdi kot potrditev usmerjenosti laboratorija. Tako je naš cilj še nadalje plemeniti delo naših doktorandov z intenzivno mednarodno interakcijo. Na področju industrijske robotike pa se želimo kar najbolje prilagajati usmeritvam in željam industrijskih partnerjev.

Hvala za odgovore in uspešno delo tudi v prihodnje

Dr. Dragica Noe



Merilna celica z robotom Epson in laserskim senzorjem za predmete kompleksne oblike