

Moje računalniško izobraževanje

My computer science education

Franc Solina

franc.solina@fri.uni-lj.si

Fakulteta za računalništvo in informatiko

Univerza v Ljubljani

1000 Ljubljana, Slovenia

POVZETEK

V članku podajam kronološki pregled mojega izobraževanja na področju računalništva, od izbirnega predmeta na gimnaziji v zgodnjih 1970-tih letih, preko doktorskega študija v ZDA in kasnejših aktivnostih kot univerzitetni profesor.

KLJUČNE BESEDE

Gimnazija Bežigrad, Fakulteta za elektrotehniko, doktorski študij, Univerza Pensilvanije, Fakulteta za računalništvo in informatiko

ABSTRACT

The article gives a chronological overview of my education in computer science, ranging from an elective course in high school in the early 1970s up to doctoral studies in US and later activities as an university professor.

KEYWORDS

Bežigrad grammar school, Faculty of electrical engineering, doctoral studies, University of Pennsylvania, Faculty of computer and information science

1 IZOBRAŽEVALNE INSTITUCIJE

1.1 Gimnazija Bežigrad

Po osnovni šoli dr. Vita Kraigherja sem se brez veliko premišljanja vpisal na mojemu domu najbližjo gimnazijo Bežigrad. Ker me je matematika vedno veselila, sem se odločil za razred z intenzivno matematiko. Tisto leto je bilo za intenzivno matematiko veliko zanimanja in je gimnazija sestavila kar dva razreda z intenzivno matematiko. V našem razredu, paralelki c, nas je bila polovica z intenzivno matematiko, polovica pa z intenzivno angleščino. Matematiko nas je učil slavni Ivan Štalec. V tretjem letniku (1972/73) smo imeli možnost izbrati dodatni predmet Računalništvo. Tisto leto so se trije učitelji računalništva med seboj dokaj pogosto izmenjavali oziroma nadomeščali. Tako sem spoznal poleg prof. Rajkoviča tudi prof. Bratka in prof. Lajovica. V okviru predmeta smo tudi "obiskali" računalnik IBM 1130 na FE.

O računalništvu do takrat nisem vedel kaj dosti, še največ iz knjig o znanstveni fantastiki, ki sem jih redno prebiral. Isaac Asimov je bil eden od zgodnjih vplivov in veliko pozneje sem ga med mojim doktorskim študijem v ZDA tudi osebno srečal in dobil njegovo posvetilo v knjigo, ki jo je takrat izdal [25].

Pouk računalništva pa ni bil med takratnimi učitelji univerzalno prijazno sprejet. Spomnim se, da je celo učitelj matematike

– tisti, ki je učil naše "angleže", to je drugo polovico našega razreda – trdil, da bo Slovenija v prihodnosti potrebovala največ tri do štiri računalnike in da je učenje programiranja potemtakem proč vržen čas. Mene je kljub temu računalništvo tako pritegnilo, da sem se po maturi leta 1974, sicer po nekaj premišljanja, odločil za vpis na Fakulteto za elektrotehniko. Kompromis pa je bil vzporedni vpis na študij Filozofije na Filozofski fakulteti, saj so me zanimala vprašanja, ki bi jih danes lahko bolje opredelili kot kognitivno znanost.

1.2 Fakulteta za elektrotehniko

Univerza je seveda pomenila velik preskok od dotedanjega šolanja, čeprav na FE manj kot na FF. Na srečo nas je z gimnazije in z intenzivne matematike šlo kar nekaj sošolcev. Omenim naj Saša Tomažiča, pa Andreja Levstka, ki sta kasneje ostala na fakulteti. Spomnim se prof. dr. Keršiča (Osnove elektrotehnike), ki je na začetku predavanj pokazal na desno polovico Predavalnice 1 in rekel, "vi boste prišli naprej v 2. letnik, vi na levi pa ne!" Na srečo sem se usedel na pravo stran predavalnice ☺. Za številne profesorje smo prevzeli ali pa izumili nove nadimke. Prof. dr. GAbrielu TOMšiču smo nadeli vzdevek GATO, saj se je s svojo drobno postavo kot maček sukal pred tablo. Z dobro gimnazijsko naravoslovno osnovo sem sicer prva dva letnika na FE zlahka zaključil. V 1. letniku sem tudi dobil svoj prvi elektronski kalkulator *Texas Instruments*. Takrat sem lahko tudi dokaj redno opravil vse študijske obveznosti na FF. Študij filozofije sem opustil šele v četrtem letniku, saj takratni študijski program ni bil po mojem okusu, študij elektrotehnike pa je tudi zahteval vedno več časa. Nisem želel niti opustiti mojih pritožljivih dejavnosti, to je učenja smučanja in kasneje še potapljanja.



Slika 1: Smer Avtomatika, 4. letnik, šolsko leto 1977/78. V akademskih in znanstvenih krogih so poleg avtorja iz te generacije ostali še Jurij Šilc, Bojan Nemeč in Jadran Lernerčič, vsi na IJS.

Po drugem letniku, pa se nisem odločil za smer Računalništvo ampak raje za Avtomatiko, sisteme in kibernetiko (Slika 1). Avtomatika je bila v tistem času bolj uveljavljena smer, delo s signali so me tudi bolj zanimali kot klasična umetna inteligenca. Morda me je podzavestno premamila tudi meni čarobna beseda kibernetika, ki sem jo poznal še iz knjig Asimova? Tako sem se znašel v

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2021, 4–8 October 2021, Ljubljana, Slovenia

© 2021 Copyright held by the owner/author(s).



Slika 2: Skupina, ki se je ukvarjala z računalniško analizo signalov EKG: z desne prof. dr. Ludvik Gyergyek, dr. Marjan Vezjak, prof. dr. Krunoslav Turkulin in medicinski tehnik med posvetom v Krapinskih toplicah okoli leta 1980. Foto: Franc Solina.

laboratoriju prof. dr. Ludvika Gyergyeka, kjer sem naredil tako diplomu [23] kot znanstveni magisterij [24], takrat zaposlen že kot stažist oz. mladi raziskovalec. Moj delovni mentor je bil dr. Marjan Vezjak, delal pa sem na analizi signalov EKG (Slika 2). Takrat so bili člani laboratorija še Nikola Pavešič, France Mihelič, Franjo Pernuš, Stane Kovačič, Andrej Kušcer, Bojan Grošel in Franc Jager, ki se še danes ukvarja z analizo EKG na FRI.

Programiral sem v jeziku C na računalniku PDP-11/34. Cela katedra si je delila ta računalnik. Takrat še ni bilo osebnih računalnikov. Zato so za mlajše člane kolektiva ostale noči kot edini možni čas za delo na računalniku. Programirali smo tako, da smo programe najprej napisali na papir in jih nato pretipkali na konzoli, nato pa poganjali program in odpravljali napake. Podatke, to je posnetke EKG, ki smo jih dobili od naših zdravnikov, smo hranili na magnetnih trakovih s pomočjo instrumentacijskega magnetofona HP3964. Moj glavni dobavitelj posnetkov EKG in mentor na medicinskem področju je bil dr. Japac Jakopin, ki mi je kot sin dveh eminentnih mojstrov besede celo lektoriral mojo magistrsko nalogo. Problem je bil tudi kako dokumentirati naše rezultate, to je slike signalov EKG, ki so se izpisovali na katodnem zaslonu računalnika. Razen tiskalnika TTY nismo imeli nobene druge izhodne enote. Rešitev mi je nakazal Zaviša Bjelogrič, dve leti mlajši podiplomski študent v našem laboratoriju in navdušen fotograf. Popolna tema, fotoaparati SLR na stativu, slikanje zaslonov z dolgimi časi ekspozicije na visoko kontrastni film, nato razvijanje filma in izdelava fotografij v temnici na fakulteti. Vse to sem se moral naučiti, da sem lahko fotografije z rezultati nalepil v tipkopis svojega magistrskega dela, ki sem ga natipkal na svoj mehanski pisalni stroj. Šele Zaviša je bil prvi v našem laboratoriju, ki se je lotil pisanja svojega magisterija na računalniku s programom nroff. Imel sem tudi eminentno komisijo za zagovor svoje magistrske naloge [24], v kateri sta bila kar dva bodoča člana SAZU, poleg mojega mentorja prof. dr. Ludvika Gyergyeka [3] še zdravnik prof. dr. Matija Horvat [32].

1.3 Hidrografski inštitut vojne mornarice

Po seriji srečnih naključij se je moje služenje obveznega vojaškega roka odvil v računalniškem centru Hidrografskega inštituta vojne mornarice v Splitu. Inštitut je sedaj civilna ustanova [11]. V centru smo imeli na voljo računalnik iz serije PDP-11, zaposleni pa so bili praktično samo civilni uslužbenci. V centru

smo obdelovali razne oceanografske podatke Jadranskega morja, ki jih je inštitut sam zbiral s svojo oceanografsko ladjo *Andrija Mohorovičič*, najvišjo stopnjo zaupnosti pa so takrat imeli podatki o deviacijah gravitacijskega pospeška g , kar je bilo pomembno za vodenje raketnih izstrelkov. Sicer pa so bili takrat komercialno najpomembnejši pomorski navigacijski zemljevidi, ki so jih tiskali v tiskarni inštituta. Prvič v življenju sem imel na voljo skoraj neskončno računalniškega časa, tako da sem programiral predvsem stvari, ki so me zanimale, med drugim tudi Conwayevo igro življenja.

1.4 Pensilvanska univerza

Za Fulbrightovo štipendijo sem kandidiral že takoj po diplomi, vendar je moja kandidatura uspela šele po zaključenem magistrskem študiju. Dobil sem Fulbrightovo potovalno štipendijo [8] in štipendijo sklada IREX [13], obenem pa še mesto gostujočega raziskovalca na Pensilvanski univerzi [31]. Moja gostiteljica in kasnejša mentorica je bila prof. dr. Ruzena Bajcsy, ki je na Oddelku za računalništvo in informatiko (CIS) vodila laboratorij GRASP (General Robotics, Automation, Sensing & Perception Lab) [9]. University of Pennsylvania, ki je zasebna univerza v Philadelphiji in članica *Ivy League*, je v svetu računalništva znana predvsem kot rojstni kraj računalnika ENIAC [6]. Takorekoč v predsobi našega laboratorija in moje pisarne je takrat še vedno stalo nekaj kosov (omar) originalnega ENIACa (Slika 3).



Slika 3: Člani laboratorija GRASP s prof. dr. Ruzeno Bajcsy, ustanoviteljico laboratorija na sredini, leta 1984. Na desni v ozadju stojijo še komponente računalnika ENIAC [22].

Prof. Ruzena Bajcsy [21], po rodu iz Slovaške, je svoj drugi doktorat znanosti dobila na Univerzi Stanford pod mentorstvom prof. Johna McCarthyja [15], enega od pionirjev umetne inteligence. Prof. McCarthy je leta 1955 v projektnem predlogu za organizacijo konference v Dartmouthu, ki je potekala poleti leta 1956 in velja za rojstni kraj nove znanstvene discipline, tudi skoval ime za to novo disciplino – *Artificial Intelligence* [15]. Zato se lahko pohvalim, da je moj akademski “dedek” eden od začetnikov umetne inteligence [18].

Prvo leto svojega bivanja v Philadelphiji sem imel status gostujočega raziskovalca, toda moje ambicije so bile večje. Ker je bila moja mentorica zadovoljna z mojim delom, me je finančno podprla, da sem se lahko naslednje leto vpisal na doktorski program. Ker sem že prvo leto neformalno poslušal predmete na doktorskem študiju, sem lahko že v naslednjem letu opravljal rigoroz, ki je pogoj za doktorski naziv. Rigoroz (angl. preliminary

exam ali candidacy) se je takrat pisal tri dni zaporedoma, vsak dan po tri oziroma štiri temeljne računalniške predmete, skupaj deset predmetov. Ker v Ljubljani nisem izbral študijske smeri računalništvo, sem moral precej snovi nadoknaditi, vse od matematične logike, teorije programskih jezikov, prevajalnikov itd. Čez pol leta je sledil še drugi del rigorozna, to sta bila dva izbirna predmeta, običajno povezana s temo doktorske disertacije. Izbral sem računalniški vid in robotiko. Robotiko nam je predaval prof. Richard P. Paul, eden od pionirjev robotske kinematike [20].

Moji sošolci iz laboratorija GRASP so se raztepli skoraj po vsem svetu: Gregory Hager (John Hopkins University) [10], ki je štiri leta bil tudi moj cimer, Peter Allen (Columbia University), David Heeger (New York University) [5], Hugh Durrant-Whyte (University of Sydney) [12], Eric Krotkov (Toyota Research Institute) [7], Stephane Mallat (Collège de France in École normale supérieure) [30], Ken Goldberg (Univerza Kalifornije, Berkeley) [16]. Moja mentorica Ruzena Bajcsy pa se je po nekaj letih kot poddirektor NSF v Washingtonu v času Clintonove administracije preselila v Kalifornijo, kjer je profesorica na Univerzi Kalifornije, Berkeley.

V času mojega bivanja v Philadelphiji sem za krajše raziskovalne obiske odprl vrata v laboratorij GRASP še več kot desetim drugim raziskovalcem s FE. Omenim naj Jasno Maver in Aleša Leonardisa, ki sta kasneje na FE pod mojim mentorstvom doktorirala in Staneta Kovačiča, ki je skupaj s prof. Bajcsy objavil prvi članek o elastični poravnavi medicinskih slik [1], ki ima na Google učenjaku več kot 1600 citatov. Za podporo slovenskim akademikom je Univerza v Ljubljani prof. Bajcsy leta 2001 podelila častni doktorat.

V svoji doktorski disertaciji sem se ukvarjal z rekonstrukcijo volumetričnih modelov iz globinskih slik [26], ki navdih išče v teoriji človeškega zaznavanja slik. Članek na osnovi mojega doktorata so sprejeli na prvi mednarodni konferenci iz računalniškega vida (ICCV), ki je bila 1987 v Londonu [2], kasneje sem to objavil tudi reviji IEEE PAMI [28]. Istega leta novembra sem še zagovarjal svojo disertacijo. Nato sem imel do avgusta 1988 status podoktoranta, ko sem se vrnil v Ljubljano na FE. Za moj povratek na FE je bil najbolj zaslužen takratni prodekan prof. dr. Tadej Bajd, ki je leta 1987 obiskal Pensilvansko univerzo. Na dolgem pogovoru ob pivu sem mu zaupal svoje želje o povratku v domovino, prof. Bajd pa je nato na fakulteti sprožil ustrezne postopke. Mojo zaposlitev je podprl tudi prof. dr. Boštjan Vilfan, takratni predstojnik Katedre za računalništvo in informatiko. Domov me je vlekla družina pa tudi velike družbene spremembe, ki so se že napovedovale. Naj še omenim, da je bilo v tistem času težje vzdrževati stike z domovino, saj pri nas še ni bilo elektronske pošte, ki sem jo v ZDA uporabljal že od leta 1983, o svetovnem spletu pa seveda še ni bilo ne duha ne sluha. Za informacije od doma so poskrbele mailing liste: *Pisma bralcev*, ki jih je urejal Andrej Brodnik in *RokPress*, ki ga je začel Rok Sosič.

1.5 Vrnitev na fakulteto

Tako ko sem se vrnil na FE, sem začel predavati različne računalniške predmete. Nekaj sem jih nasledil od prof. Petra Tanciga, ki je bil zunanji sodelavec fakultete. Računalniške predmete sem predaval tudi na kemiji, montanistiki, tekstilni tehnologiji, matematiki in kasneje še na Fakulteti za pomorstvo in promet v Portorožu. Izstopajoči študenti v mojih prvih letih v Ljubljani so bili Andrej Bauer na matematiki, na FE pa Marko Grobelnik, Dunja Mladenič in Jerneja Gros. Čeprav so me kolegi učitelji na FE podpirali, pa kljub temu nisem imel nobenega neposrednega



Slika 4: Člani laboratorija LRV s prof. dr. Ruzeno Bajcsy leta 1995. Od leve proti desni stojita Peter Peer in Franc Solina, sedijo pa Aleš Jaklič, Bojan Kverh, Ruzena Bajcsy in Aleš Leonardis.

botra, kar pa ni bilo vedno slabo. Na samem začetku nisem imel nobene fakultetne opreme, za prvo financiranje od takratne raziskovalne skupnosti sem se moral zelo naprezati. Svoj Laboratorij za računalniški vid so mi odobrili šele leta 1991. Ustanovili smo ga celo v istih dneh, ko se je osamosvajala Slovenija. Kakšno leto kasneje smo za laboratorij dobili večji prostor. Odlično sem sodeloval s takratnim dekanom prof. dr. Baldomirjem Zajcem pri organizaciji konference *IEEE Melecon* leta 1991 v Cankarjevem domu tik pred razglasitvijo samostojnosti, kasneje pa sva začela z organizacijo konferenc ERK. Skrbel sem predvsem za urejanje konferenčnih zbornikov. Prevzel sem tudi tehniško uredništvo Elektrotehniškega vestnika. Pri vsem tem delu mi je bila na začetku v dragoceno pomoč oprema, ki sem jo prinesel s seboj iz ZDA: osebni računalnik Macintosh II in laserski tiskalnik Apple Laserwriter II. Konec 80-tih let na fakulteti še ni bilo drugega laserskega tiskalnika. Za oblikovanje besedil sem tudi prvi na fakulteti uvedel \LaTeX . Takoj sem tudi začel z mentoriranjem pri doktoratih [17]. Moja prva doktorica znanosti je bila že leta 1990 Tatjana Zrimec. Še posebej pa sem ponosen, da sem bil mentor pri raziskovalni nalogi Jureta Leskovca, ko je še bil gimnazijec. V doktorskih komisijah mojih kandidatov je nekajkrat sodelovala tudi prof. Ruzena Bajcsy (Slika 4). S prof. Srečom Draganom z ALUO sva začela dolgoletno plodno sodelovanje na področju umetnosti novih medijev [29].

1.6 Fakulteta za računalništvo in informatiko

Moje strokovno delo po ustanovitvi samostojne Fakultete za računalništvo in informatiko je bolj podrobno opisano v zborniku, ki je izšel ob 20-letnici fakultete [4]. Naj na kratko omenim le, da sem se kot dekan fakultete med leti 2006 in 2010 posvetil predvsem bolonjski reformi in arhitekturnim načrtom nove stavbe. Pri bolonjski reformi sem si prizadeval, da bi tudi umetna inteligenca dobila svoj zaslužen del študijskega programa na FRI, ki ga do tedaj ni imela, čeprav je umetna inteligenca prispevala največ raziskovalnih rezultatov. Pri novi stavbi pa smo od arhitektov predvsem želeli prostore, ki bodo omogočali srečevanje ljudi in spodbujali večje sodelovanje.

Po štirih letih dekanovanja se je bilo kar težko spet vrniti v raziskovalni ritem. Bolj sem se posvetil uporabniškim vmesnikom, 3D dokumentiranju v arheologiji (v sodelovanju z arheologom Miranom Eričem [14]). Vrnil sem se celo na tematiko svojega doktorata, saj skušamo isti problem danes rešiti z globokimi nevronske mrežami [19]. Po bolonjski reformi sem začel redno predavati tudi na ALUO, smer Video in novi mediji. Svoje umetniško ustvarjanje sem z novih medijev razširil še na kiparstvo

v kamnu in lesu, kar skušam povezati s svojim računalniškim znanjem [27]. Delam na seriji kamnitih skulptur (Svetlobni vodnjak), ki sem jih virtualno obogatil z video projekcijo gibajočih se svetlobnih pik, ki se obnašajo kot vodne kapljice.

Vodenje Laboratorija za računalniški vid sem leta 2019 predal svojemu nasledniku prof. dr. Petru Peeru.

Da zaključim, izbirni predmet Računalništvo, ki sem ga imel na gimnaziji, je bil morda odločilna izhodiščna vzpodbuda za zanimivo strokovno življensko pot.

LITERATURA

- [1] Ruzena Bajcsy in Stane Kovačič. "Multiresolution elastic matching". V: *Computer vision, graphics, and image processing* 46.1 (1989), str. 1–21. DOI: 10.1016/S0734-189X(89)80014-3.
- [2] Ruzena Bajcsy in Franc Solina. "Three dimensional object representation revisited". V: *Proceedings First International Conference in Computer Vision — ICCV*. London, UK: The Computer Society of the IEEE, 1987.
- [3] Tadej Bajd. *Ludvik Gyergyek*. URL: <https://www.sazu.si/clani/ludvik-gyergyek> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [4] Miha Bejek in sod., ur. *FRI 20: 1996-2016: 20 let Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani*. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2016. URL: http://eprints.fri.uni-lj.si/3655/1/Zbornik_FRI20_web_100.pdf.
- [5] *David Heeger* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=David_Heeger&oldid=1040812002 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [6] *ENIAC* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ENIAC&oldid=1043539355> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [7] *Eric Krotkov* — *Toyota Research Institute*. URL: <https://www.tri.global/about-us/dr-eric-krotkov/> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [8] *Fulbright Program* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Fulbright_Program&oldid=1040898195 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [9] *GRASP Lab — General Robotics, Automation, Sensing & Perception Lab*. URL: <https://www.grasp.upenn.edu> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [10] *Gregory D. Hager* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gregory_D._Hager&oldid=910655080 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [11] *Hrvatski hidrografski institut*. URL: <https://www.hhi.hr/onama/o-institutu> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [12] *Hugh F. Durrant-Whyte* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hugh_F._Durrant-Whyte&oldid=1041360160 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [13] *International Research & Exchanges Board* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=International_Research_%26_Exchanges_Board&oldid=1042689102 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [14] Aleš Jaklič in sod. "Volumetric models from 3D point clouds: The case study of sarcophagi cargo from a 2nd/3rd century AD Roman shipwreck near Sutivan on island Brač, Croatia". V: *Journal of Archaeological Science* 62 (2015), str. 143–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.007>.
- [15] *John McCarthy* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_McCarthy_\(computer_scientist\)&oldid=1041515367](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_McCarthy_(computer_scientist)&oldid=1041515367) (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [16] *Ken Goldberg* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ken_Goldberg&oldid=980981818 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [17] *Mathematics Genealogy Project* — *Franc Solina*. URL: <https://genealogy.math.ndsu.nodak.edu/id.php?id=61986&fChrono=1> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [18] *Mathematics Genealogy Project* — *Ruzena Kucera Bajcsy*. URL: <https://genealogy.math.ndsu.nodak.edu/id.php?id=39957> (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [19] Tim Oblak in sod. "Learning to Predict Superquadric Parameters From Depth Images With Explicit and Implicit Supervision". V: *IEEE Access* 9 (2020), str. 1087–1102. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3041584.
- [20] Richard P Paul. *Robot manipulators: mathematics, programming, and control: the computer control of robot manipulators*. MIT Press, 1981.
- [21] *Ruzena Bajcsy* — *Wikipedija, prosta enciklopedija*. URL: https://sl.wikipedia.org/wiki/Ruzena_Bajcsy (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [22] Franc Solina. *GRASP Lab 1984.jpg* — *Wikimedia Commons, the free media repository*. 1984. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GRASP_Lab_1984.jpg (pridobljeno 10. 9. 2021).
- [23] Franc Solina. "Računalniška analiza ravninskih in prostorskih zank VKG signalov". Diplomsko naloga. Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, 1979.
- [24] Franc Solina. "Računalniška prepoznavna motenj srčnega ritma". Magistrska naloga. Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, 1982.
- [25] Franc Solina. *ROBOT.SI - Predaja knjige Isaaca Asimova*. 2020. URL: <https://youtu.be/2mPgYT7Bi4I> (pridobljeno 10. 9. 2021).
- [26] Franc Solina. "Shape recovery and segmentation with deformable part models". Doktorska disertacija. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania, 1987. URL: <https://repository.upenn.edu/dissertations/AAI8804963>.
- [27] Franc Solina. *Skulpture / Sculptures 2012–2020, 2. izdaja / 2nd Edition*. Ljubljana: Društvo likovnih umetnikov Ljubljana, Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2021. URL: <https://dts.cld.bz/Skulpture-Franc-Solina-2021/5/>.
- [28] Franc Solina in Ruzena Bajcsy. "Recovery of parametric models from range images: the case for superquadrics with global deformations". V: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 12.2 (1990), str. 131–147. DOI: 10.1109/34.44401.
- [29] Franc Solina in Srečo Dragan. "Novomedijski umetniški projekti kot most med realnim in virtualnim svetom". V: *Robotika in umetna inteligenca*. Ur. Tadej Bajd in Ivan Bratko. Slovenska matica, 2014, str. 187–230. URL: http://eprints.fri.uni-lj.si/2861/1/Poglavje_SM_Solina-Dragan.pdf.
- [30] *Stéphane Mallat* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%A9phane_Mallat&oldid=1037604805 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [31] *University of Pennsylvania* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=University_of_Pennsylvania&oldid=1043629770 (pridobljeno 12. 9. 2021).
- [32] Zvonka Zupanič Slavec. *Matija Horvat*. URL: <https://www.sazu.si/clani/matija-horvat> (pridobljeno 12. 9. 2021).