

▣ Razvoj računalništva in informatike na Univerzi v Ljubljani, s poudarkom na pomenu RRC in RCU

Janez Grad
Univerza v Ljubljani
janez.grad@siol.com

1 PROCES IN ORGANIZIRANOST

V proces računalništva in informatike sem bil vključen od 1960 dalje, ko sem se zaposlil na Nuklearnem inštitutu »Jožef Stefan« v Ljubljani, torej od samega začetka uporabe računalnikov v slovenskem gospodarstvu ter raziskovalni in pedagoški sferi, s poudarkom na Univerzi v Ljubljani, v nadaljevanju Univerza, in Nuklearnem inštitutu Jožef Stefan, v nadaljevanju NIJS in kasneje IJS. Tako v nadaljevanju podajam informacije, za katere menim, da so potrebne za uravnotežen prikaz razvoja računalništva in informatike v Sloveniji.

Vsekakor so bili v 60-tih letih prejšnjega stoletja največji igralci na eni strani Intertrade, ki je pokrival precejšen del poslovne sfere z IBM tehnologijo, na drugi strani pa Univerza v Ljubljani, v okviru katere je bil iniciator in nosilec aktivnosti predvsem NIJS, ki se je v ta namen povezala z ZP Iskro, Izvršnim svetom SRS, oziroma Republiškim zavodom za statistiko, Raziskovalno skupnostjo in Izobraževalno skupnostjo Slovenije, kot glavnima financerkama Univerze in raziskovalne sfere. NIJS je za svoje raziskovalne potrebe najprej uporabljal računalnik IBM 705 na Zveznem zavodu za statistiko v Beogradu, v letu 1963 pa sta Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko Univerze v Ljubljani (IMFM) in NIJS, tedaj še kot inštitut izven Univerze, prenesla obdelave na skupni računalnik ZUSE-Z-23, ki so ga postavili v Ljubljani v sodelovanju z ZP Iskro, ki je prešla na licenčno izdelavo tovrstnih računalnikov. V tem času so univerzitetni raziskovalci in raziskovalci na NIJS sodelovali z Iskro pri razvoju sistemske programske opreme za njene računalnike, ki jih je izdelovala po licenci s firmo ZUSE iz Nemčije.

Zaradi hitrega razvoja zmogljivejše računalniške strojne in sistemske programske opreme, ki je bila,

vsaj v Sloveniji, konec 60-tih let še predvsem paketno usmerjena, brez možnosti daljinskega pristopa s pomočjo terminalne opreme, in za posamezno institucijo ali podjetje predraga in potratna (saj ne bi bila polno izkoriščena), so Univerza v Ljubljani, vključno z IJS, ZP Iskra in Izvršni svet SRS leta 1968 ustanovili Republiški računski center (RRC), v njegovem okviru pa Operativni elektronski računalniški center (OERC), ki je deloval kot enota IJS pod vodstvom J. Grada. Veliki računalnik v OERC, najprej CDC 2100 nato pa CDC 3300, je bil nameščen v zgradbi Iskre v Stegnah. Zaradi oddaljene lokacije OERC od fakultet je Univerza za pedagoške potrebe nabavila še računalnik IBM 1130, ki je bil postavljen na Inštitutu za matematiko, fiziko in mehaniko. Za koordinacijo dela med visokošolskimi zavodi, IJS in RRC je Univerza v Ljubljani leta 1971 ustanovila Računalniški center Univerze v Ljubljani (RCU), vodja dr. Janez Grad, za poslovno sodelovanje Univerze z IJS in RRC je skrbel Poslovni odbor RCU, za strokovni razvoj računalništva in informatike na Univerzi (v okviru vseh članic univerze) pa je bil ustanovljen Strokovni svet za računalništvo, ki ga je vodil prof. dr. Jernej Virant. Seveda pa so članice Univerze za lastne potrebe poleg skupne računalniške opreme v RRC uporabljale tudi manjše nepovezane računalnike, ki jih tu ne omenjam.

Ker so potrebe po računalniških obdelavah hitro naraščale, je RRC leta 1971 nabavil nov, mnogo zmogljivejši računalnik CDC CYBER 72, ki je zagotavljal dostop do centralnega sistema preko oddaljenih terminalov. Novi začasni direktor centra je postal dr. Edo Pirkmajer, ki sta mu sledila Cveto Trampuž in dr. Desan Justin. Za boljšo izkoriščenost novega sistema je RRC vključeval vedno nove uporabnike iz

gospodarstva, kot so na primer bile Ljubljanske mlekarnice, gradbeno podjetje Obnova, Narodna banka Slovenije, Republiška družba za ceste, Državna založba Slovenije in še drugi. RRC je deloval kot nekakšna »zadruga« partnerjev, ki jih je bilo leta 1977 kar 23, večinoma gospodarskih organizacij. Na centralni računalniški sistem je bilo vezanih 33 terminalov iz raznih krajev Slovenije, nekaj pa tudi izven nje.

Zaradi naraščajočih specifičnih potreb množičnega študentskega dela več kot 20.000 študentov na fakultetah in akademijah po hkratnem interaktivnem delu na centralnem računalniškem sistemu je RCU v letu 1981 načrtal novo računalniško mrežo po članicah univerze. CYBER računalnik v ta namen ni bil najbolj primeren, zato se je Univerza odločila za prehod na računalnike firme DEC. Izbran je bil sistem DEC system-10 z vozliščnimi računalniki DELTA ter terminali KOPA 1000 in LA 34. V naslednjih letih je bil sistem še razširjen in tudi dokončno vzpostavljen. Vodja RCU je postal Franc Mandelc. Nov korak na področju računalništva je Univerza napravila v letih 1987–88, ko je iztrošeni DEC 10 zamenjala z dvema računalnikoma VAX 8550, na katera je bilo priključenih preko 200 terminalov in osebnih računalnikov. Preko JUPAK sistema, ki so ga omogočale jugoslovanske PTT organizacije, je bil univerzitetni računalniški sistem povezan z drugimi računalniki v Sloveniji, Jugoslaviji in Evropi, kar je zagotavljalo neposredno izmenjavo informacij z univerzami doma in po svetu v obliki elektronske pošte (BITNET, COSINE) ali s pomočjo vzdrževanja in uporabe skupnih baz podatkov.

2 RABA RAČUNALNIŠKE TEHNOLOGIJE RRC NA UNIVERZI IN IJS V OKVIRU NJIHOVH STROKOVNIH DEJAVNOSTI

Računalniški sistem v RRC je predstavljal najzmoглиjvejšo računalniško tehnologijo Slovenije v svojem času. Z združitvijo njegove uporabe pri vseh njegovih partnerjih je bil to za slovensko družbo edini še dosegljiv način nakupa tako zmogljive računalniške opreme. Partnerji so uporabljali sistem za zadovoljevanje svojih informacijskih potreb v okviru snovanja, kreiranja in rabe lastnega informacijskega sistema. Univerza in IJS sta ga uporabljala kot informacijsko tehnologijo v raziskovalnem in pedagoškem procesu, ter tudi za potrebe upravljanja. To je njihovim pedagoškim delavcem in raziskovalcem omogočilo kreativno delo pri opravljanju svojih osnovnih na-

log in zadolžitev, tudi pisanju učnih gradiv, kot tudi aktivno sodelovanje v okviru strokovnih združenj in podjetij doma in v tujini; doma na primer v Slovenskem društvu Informatika, Društvu matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, Društvu ekonomistov Ljubljana, ISKRI – Zavod za avtomatizacijo, ISKRI DELTA, INTERTRADE TOZD zastopstvu IBM itd. in v tujini na primer v IFIP. Vse to delo je opisano in predstavljeno v mnogih učbenikih, strokovnih revijah, zbornikih, monografijah in drugih publikacijah. V ilustracijo navajam v nadaljevanju nekaj virov, v katerih so predstavljeni rezultati dela ali pa so opisane dejavnosti določenih skupin raziskovalcev ali raziskovalnih institucij:

- FIZIKALNI PRORAČUNI ZA YEGGR (preliminarna konceptna študija nuklearne centrale ...). Nuklearni inštitut »Jožef Stefan« Rektorski oddelek NIJS, Ljubljana, oktober 1962. Nosilec naloge dr. ing. M. Osredkar, 8 sodelavcev; študija vsebuje računalniški program za računalnik IBM 705 v Beogradu, avtor J. Grad.
- Zbornik del V. jugoslovanskega mednarodnega simpozija o obravnavanju podatkov FCIP/Proceedings of the Vth Yugoslav international symposium on information processing, Bled, 8. – 11. oktober 1969. Ur. odbor: Jernej Virant, Marjan Špegel; tehn. ur.: Andrej Jerman-Blažič; Zvezni strokovni odbor za obravnavanje podatkov/The Federal Professional Committee for Information Processing, Jamova 39, Ljubljana. Preko 80 referatov.

Opomba: To je le eden od zbornikov, ki so izšli v več zaporednih letnih srečanjih FCIP.

- ŠTUDIJSKO GRADIVO IV Osnove za avtomatsko obdelavo podatkov v javni upravi in družbenih službah. Ur.: dr. Lovro Šturm, Inštitut za javno upravo in delovna razmerja pri Pravni fakulteti v Ljubljani, Ljubljana, november 1969. Posvetovanje: OSNOVE ZA AVTOMATSKO OBDELAVO PODATKOV V JAVNI UPRAVI, Ljubljana, november 1969. 9 referatov ter 5 informacij in prikazov.
- (1) Študija o obravnavanju informacij v Sloveniji, (2) Program projekta za obravnavanje informacij pri SKB. Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani, Ljubljana, 1970, 25 avtorjev.
- IJS Inštitut Jožef Stefan Ljubljana Yugoslavia. Published by the Jožef Stefan Institute, Ljubljana, July 1970.

- ELEKTRONSKI RAČUNALNIKI, osnove-programiranje-uporaba. Ur.: Franc SPILLER-MUYS, Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana 1971. 26 avtorjev. Izdano ob KONGRESU IFIP 71 (IFIP CONGRESS 71, International Federation for Information Processing) v Ljubljani.
 - RAČUNALNIŠTVO – Gradivo s tečaja za srednješolske profesorje. Ur.: B. Roblek, Zavod za šolstvo SR Slovenije, Ljubljana, 1972. 7 avtorjev.
 - POROČILO O DELU INSTITUTA V LETU 1971. Ur.: Andrej Šmalc, Univerza v Ljubljani INSTITUT »JOŽEF STEFAN« LJUBLJANA, JUGOSLAVIJA. IJS POROČILO P-278, Letno poročilo, april 1972.
 - BILTEN UNIVERZE V LJUBLJANI, RAČUNALNIŠTVO, 1971 – 1977. Za strokovni svet prof. dr. J. Virant, za RCU doc. dr. J. Grad.
 - SISTEM ZA OBRAVNAVANJE DOKUMENTACIJSKIH INFORMACIJ RAZLIČNIH BAZ PODATKOV – I. faza. ISKRA – Zavod za avtomatizacijo Ljubljana, 1973, Poročilo raziskovalne naloge, nosilec naloge Vera Mirt – Levovnik, 6 sodelavcev.
 - slovenija paralele 23, ,73, GOSPODARSKO-DRUŽBENA REVIIJA. Glavni ur.: Lojze Jakopič, odgovorni ur.: Mihajlo Milanović, tehnični ur.: Sašo Mirtič. EPID-BIRO ZA EKONOMSKO PROPAGANDO IN ZALOŽNIŠKO DEJAVNOST, Ljubljana, Hala Tivoli, Celovška 25.
 - INFORMATICA 73, Zbornik 8. jugoslovanskega mednarodnega simpozija o obravnavanju podatkov/Proceedings of the 8th yugoslav international Symposium on information processing, Bled 1. – 5. oktober 1973. Ur. odbor: Anton P. Železnikar, Iztok Lajovic; tehn. ur.: Andrej Jerman-Blažič; Zvezni strokovni odbor za obravnavanje podatkov, Jamova 39, Ljubljana. Preko 100 referatov.
- Opomba: To je le eden od zbornikov, ki so izšli v več zaporednih letnih srečanjih INFORMATICA.
- RAZISKOVALEC, Let. 4, Št. 3, str. 79 – 103, Ljubljana, marec 1974. Informativni bilten, izdaja RSS s sodelovanjem SAZU, Zavoda SRS za mednarodno Tehnično sodelovanje in Zveze raziskovalnih organizacij Slovenije.
 - Ivan Bratko, Vladislav Rajkovič (1974): UVOD V RAČUNALNIŠTVO. Državna založba Slovenije, Ljubljana 1974.
 - Janez Grad (1975): The experience of operating the University Computing Centre with other users. Sperry Univac International Executive Centre, COMPUTERS IN EDUCATION AND RESEARCH Symposium, Rome, Nov. 18–20, 1975.
 - ORGANIZACIJA INFORMACIJSKEGA CENTRA I – III. Poročilo o raziskovalnem delu, Računalniški center Univerze v Ljubljani, 1975, 1976, 1978. Nosilec naloge dr. Janez Grad, preko 14 sodelavcev iz podjetij in ustanov v Sloveniji.
 - SREDNJEROČNI PLAN RAZVOJA RAČUNALNIŠKEGA SISTEMA UNIVERZE V LJUBLJANI 1976–1980. Univerza v Ljubljani RAČUNALNIŠKI CENTER UNIVERZE, Ljubljana, 1977. Podpisniki v publikaciji: 20 pooblaščenih predstavnikov članic Univerze in rektor Univerze.
 - PRVO DELOVNO POROČILO (december 1976) IN DRUGO DELOVNO POROČILO (november 1980), Komite za družbeno planiranje in informacijski sistem, Delovna skupina za pripravo republiškega programa izobraževanja kadrov za potrebe računalništva in informatiko, Ljubljana. Vodja delovne skupine prof. dr. J. Virant, 13 članov in 7 sodelavcev.
 - RAZISKOVALEC, Let. 7, Št. 9–10, str. 279 – 352, Ljubljana, september – oktober 1977.
 - RAČUNALNIŠKA MREŽA UNIVERZE. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani Računalniški center univerze. Glavni urednik Janez Grad, odgovorni urednik Franc Mandelc. Računalniški center Univerze, Kardeljeva ploščad 17, Ljubljana, 1981.
 - informatica JOURNAL OF COMPUTING AND INFORMATICS. Editor-in-Chief: Anton P. Železnikar, Executive Editor: Rudi Murn; Vol. 6, No. 1, 1982; INFORMATIKA, Slovene Society for Informatics, Ljubljana, Parmova 41, Yugoslavia. YU ISSN 0350-5596
 - Matjaž Gams (2014): Editorial: »Michie-Turing« IS2014 Award Recipient: Janez Grad. Informatica An International Journal of Computing and Informatics. Executive Editor – Editor in Chief: Anton P. Železnikar, Executive Associate Editor – Managing Editor: Matjaž Gams, Executive Associate Editor – Deputy Managing Editor: Mitja Luštrek, Executive Associate Editor – Technical Editor: Drago Torkar; Vol. 38, No. 4, 2014; Slovene Society Informatika (president Niko Schlamberger), Litoostrojska c. 54, Ljubljana, Slovenia. ISSN 0350-5596

- PC LIP in PC LIP+ programski paket za linearno programiranje. INTERTRADE TOZD Zastopstvo IBM, Center za razvoj programske opreme, UNIVERZA V LJUBLJANI Ekonomska fakulteta, Fakultetni center za informatiko, razvoj in prodaja programske opreme, 1986–87, nosilec naloge dr. Janez Grad, 2 sodelavca.
- Dr. Ivan Turk s sodelavci (1987): POJMOVNIK POSLOVNE INFORMATIKE. Izdalo Društvo ekonomistov Ljubljana v sodelovanju z Iskra Delta Ljubljana, Založilo Društvo ekonomistov Ljubljana Trubarjeva 3, Ljubljana 1987. (Dr. Ivan Turk in 37 strokovnih sodelavcev).
- ZBORNİK LJUBLJANSKE UNIVERZE 1989. Gl. in odg. Ur.: Alenka Štih; Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Ljubljana 1989.
- RAČUNALNIŠKI SLOVARČEK angleško-slovenski, slovensko-angleški, 3. razširjena izdaja. Strokovni urednik Matjaž Gams, 9 nacionalnih koordinatorjev slovenskega računalniškega izrazoslovja in 80 sodelavcev. CANKARJEVA ZALOŽBA, LJUBLJANA 1993. ISBN 86-361-0822-5
- *uporabna* INFORMATIKA. Gl. in odg. ur.: Mirko Vintar, tehn. ur.: Katarina Puc Let. 1, Štev. 1, jul/avg/sept, 1993; Slovensko društvo Informatika, Ljubljana, Vožarski pot 12, Slovenija.

Opomba: Revija še vedno redno izhaja pod naslovom UPORABNA INFORMATIKA. ISSN 1318-1882. Vmesna urednika sta bila: odg. ur.: Jurij Jaklič, tehn. ur.: Mira Turk Škraba; sedanja urednika pa sta: glavni ur.: dr. Saša Divjak, tehn. ur.: dr. Slavko Žitnik.

- SOR, 93 SIMPOZIJ IZ OPERACIJSKIH RAZISKAV, 93, Ljubljana, 25. – 27. november 1993. ZBORNİK DEL, 1993. Urednika: prof. ddr. Viljem Rupnik, prof. ddr. Ludvik Bogataj; Slovensko društvo Informatika (SDI) Sekcija za operacijske raziskave (SOR), Ljubljana, Vožarski pot 12. UDK: 519.8(08).

Opomba: Sekcija za operacijske raziskave še vedno organizira simpozije in izdaja zbornike del, sedaj pod naslovom, na primer v letu 2007:

- Proceedings of the 9th International Symposium on OPERATIONAL RESEARCH SOR ,07 in Slovenia, Nova Gorica, Slovenia, September 26–28, 2007. Edited by: L. Zadnik Stirn and S. Drobne,

Tech. editor: Samo Drobne; Slovenian Society Informatika – Section for Operational Research, Ljubljana, Vožarski pot 12, Slovenia. ISBN 978-961-6165-25-9

- DSI DNEVI SLOVENSKE INFORMATIKE ,94, I. posvetovanje, Portorož Avditorij, 13. – 15. april 1994. ZBORNİK POSVETOVANJA. GZS Združenje za informatiko in računalništvo, Slovensko društvo Informatika, Društvo ekonomistov Ljubljana.

Opomba: Slovensko društvo Informatika še vedno organizira posvetovanja in izdaja zbornike posvetovanja s spremenjenim naslovom, na primer v letu 2001:

- DSI 2001 DNEVI SLOVENSKE INFORMATIKE 2001/SLOVENIAN INFORMATICS CONFERENCE 2001, Portorož, Slovenija, 18. – 21. april 2001. ZBORNİK POSVETOVANJA/PROCEEDINGS. Odgovorni urednik, editor-in-chief: Janez Grad; Slovensko društvo Informatika/Slovenian Society Informatika, Ljubljana 2001. ISBN 961-6165-11-9
- PRIPOVEDI O IJS – OB 50-LETNICI INSTITUTA »JOŽEF STEFAN«. Ur.: prof. dr. Milan Osredkar in Natalija Polenec, univ. dipl. arh.; Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana, sept. 2000. ISBN 961-6303-21-X
- *90 let Univerze v Ljubljani Med tradicijo in izzivi časa 1919– 2009*. Ur.: Jože Ciperle; Ljubljana: Univerza 2009. Delo, 30. november 2009: Sprehod skozi čas ...
- Publikacije Centra za programirano učenje, Ljubljana. Predstojnica centra: prof. dr. Aleksandra Kornhauser.
- **FRI 20**: 20 let Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Fakulteta za računalništvo in informatiko. Univerza v Ljubljani, Večna pot 113, Ljubljana, 2016. ISBN 978-961-6209-92-2

3 MEDNARODNO SODELOVANJE

Seveda pa so bili Univerza, IJS in druge raziskovalne institucije ves čas dejavne tudi v mednarodnem okviru. Izpostavljam mednarodna projekta COST 11 in COST 12.

4 PROJEKTI COST

V okviru mednarodnega sodelovanja Jugoslavije z Evropsko gospodarsko skupnostjo (EGS) in drugimi

državami na področju znanstvenih in tehnoloških raziskav se je Slovenija vključila v več multilateralnih projektov. Vključitev je potrdila na ministrski konferenci v Bruslju leta 1971. Skupaj z 18 evropskimi državami se je tako vključila tudi v multilateralno sodelovanje na področju znanstvenih in tehnoloških raziskav – COST (Cooperation scientifique et technique). Na mednarodnem področju je sodelovanje Jugoslavije potekalo preko Zveznega zavoda za mednarodno znanstveno, prosvetno-kulturno sodelovanje v Beogradu, sodelovanje znotraj Slovenije in Slovenije na medrepubliškem nivoju pa je koordinirala Komisija za mednarodno znanstveno sodelovanje pri Raziskovalni skupnosti Slovenije. (Janez GRAD, Janez ROGELJ (1977): SODELOVANJE JUGOSLAVIJE Z EVROPSKO GOSPODARSKO SKUPNOSTJO IN DRUGIMI DRŽAVAMI NA PODROČJU ZNANOSTI IN TEHNOLOGIJE. Raziskovalec 7 (1977) 9–10. Za področje računalništva in informatike sta bila zanimiva predvsem projekta COST 11 in COST 12.

Projekt COST 11 – Evropska mreža informatike.

Cilj projekta je bil povezati med seboj v mrežo pet nacionalnih računalniških centrov, kot vozlišč mreže, ki naj bi služila kot model za možno kasnejšo evropsko računalniško mrežo. Kot vozlišča mreže so bili določene države Vel. Britanija, Francija, Italija, Švica in Norveška. Ostale države, članice na projektu, med

njimi tudi Jugoslavija, so sodelovale pasivno. To pomeni, da same niso vršile raziskav, imele so pa pravico dostopa do vseh informacij in rezultatov projekta (prototip opreme, programska oprema, ...). Projekt je bil petleten in se je iztekel leta 1978. Zvezni koordinator v Jugoslaviji je bila Raziskovalna skupnost Slovenije, ki je bila, tako kot Univerza v Ljubljani, vključno z IJS, partner v RRC. Kot predstavnika v projektu sta sodelovala dr. Edo Pirkmajer, ki je bil dvakrat zapored izbran za predsednika, in dr. Tomaž Kalin; zapazena je bila velika aktivnost obeh jugoslovanskih predstavnikov. Naloga naših raziskovalcev je bila, da skrbno proučijo dobljene izsledke in jih uporabijo pri načrtovanju domače jugoslovanske mreže računalnikov. Načrtovane so bile tudi vrste informacij, ki naj bi se prenašale preko evropske računalniške mreže.

Projekt COST 12 – Evropska programska knjižnica. Cilj projekta je bil formiranje programskih knjižnic v državah, ki so sodelovale na projektu. Za projekt je bilo v Jugoslaviji veliko zanimanje. Za zveznega koordinatorskega je bila izbrana Raziskovalna skupnost Slovenije, strokovna in tehnična dela pa naj bi za njo opravljal Računalniški center Univerze v Ljubljani, vodja dr. Janez Grad. Zaradi medsebojnih nesoglasij članic na projektu, predvsem Anglije in Francije, kje naj bi stal evropski informacijski center, je projekt zastal.

■

Janez Grad je leta 1958 diplomiral iz matematike na Naravoslovni fakulteti Univerze v Ljubljani, leta 1968 je magistriral iz matematične fizike na Univerzi v Birminghamu, leta 1973 pa doktoriral iz matematičnih znanosti na Vseučilišču v Zagrebu. Po letu 1957 je bil strokovni sodelavec na Institutu Jožef Stefan, vodja Republiškega računskega centra in predstojnik Računalniškega centra Univerze v Ljubljani. Od leta 1973 do leta 1999 je sodeloval kot učitelj za informatiko na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani, nato pa je do upokojitve leta 2007 poučeval informatiko na Fakulteti za upravo Univerze v Ljubljani. Strokovno se je izpopolnjeval na Zveznem zavodu za statistiko v Beogradu, Institutu für Strahlen und Kernphysik v Bonnu, Univerzi v Birminghamu, kot gostujoči profesor pa je delal na Univerzi v Indiani, School of Business, Bloomington, ZDA. Ukvarjal se je s programiranjem na računalniku in z numerično matematiko – reševanjem problema lastnih vrednosti in vektorjev matrik; v zadnjih letih pred upokojitvijo pa se je ukvarjal predvsem z reševanjem problemov s področja operacijskega raziskovanja in s področja baz podatkov. Je soavtor šestnajstih monografij, učbenikov in knjig, 119 člankov in referatov v strokovnih revijah ter zbornikih strokovnih srečanj doma in v tujini ter 38 poročil raziskovalnih nalog in projektov. Opravi je več recenzij člankov za domače in tuje revije, bil je član številnih domačih in tujih strokovnih združenj in zvez ter član uredniških odborov več domačih in tujih strokovnih revij. Slovensko društvo INFORMATIKA mu je leta 1995 podelilo priznanje za življenjsko delo na področju razvoja in uveljavitve informatike v Sloveniji. Bil je mentor pri dvanajstih doktorskih disertacijah, več deset magistrskih in univerzitetnih diplomah na ekonomski fakulteti. Univerza v Ljubljani mu je za njegovo delo podelila zlato plaketo in naziv zaslužni profesor; na 17. mednarodni multikonferenci Informacijska družba so mu podelili nagrado Donald Michie and Alan Turing za življenjsko delo.