



### Robert Manger, bavi se matematikom, računarstvom i operacijskim istraživanjima

Željko Hanjš



Robert Manger

Robert Manger je umirovljeni redoviti profesor u trajnom zvanju. Rođen je 1957. u Zagrebu. Studirao je na Matematičkom odjelu PMF-a Sveučilišta u Zagrebu. Godine 1979. postaje diplomirani inženjer matematike – smjer praktična matematika i informatika. Od 1979. do 1982. zaposlen je na Matematičkom odjelu kao asistent, a od 1982. na Elektrotehničkom institutu Rade Končar kao stručni suradnik. Od 1990. do 1993. radi u Zagrebačkoj banci. Potom se vraća na PMF, najprije kao docent, zatim izvanredni profesor te potom redoviti profesor. Godine 2005. postao je znanstveni savjetnik u području tehničkih znanosti, polje računarstvo, a 2013. izabran je u znanstvenog savjetnika u području prirodnih znanosti, polje matematika. Posljednji izbor u znanstveno-nastavno zvanje bio mu je 2012., kada je na PMF-u izabran u redovitog profesora u trajnom zvanju. Objavio je veći broj radova u međunarodnim znanstvenim časopisima. Sudjelovao je u preddiplomskoj, diplomskoj i postdiplomskoj nastavi na Matematičkom odsjeku PMF-a kao predavač kolegija iz područja računarstva. Njegov najznačajniji doprinos nastavi sastoji se u pokretanju niza računarskih kolegija koji su tada bili novost na studiju matematike. Član je Hrvatskog matematičkog društva, Hrvatskog društva za operacijska istraživanja te IEEE Computer Society. Umirovljen je 2024. godine i još uvijek drži nastavu na Matematičkom odsjeku PMF-a kao vanjski suradnik.

#### Opišite, molim Vas, vaša sjećanja na osnovnoškolske i srednjoškolske dane.

Osnovnu školu pohađao sam u Varšavskoj ulici u Zagrebu. Kao učenik viših razreda sudjelovao sam na natjecanjima iz matematike gdje sam postizao dobre rezultate. To me je motiviralo da se upišem u XV. gimnaziju (Matematičku gimnaziju), svojevremeno također poznatu kao MIOC (Matematičko-informatički obrazovni centar). Štoviše, zahvaljujući rezultatima s natjecanja, upisao sam se bez prijemnog ispita. Matematička gimnazija je u to vrijeme bila u staroj zgradi u Sutlanskoj ulici, blizu današnjeg Fakulteta elektrotehnike i računarstva (FER). Smatrala se prestižnom srednjom školom. Razredi su, prema tadašnjim mjerilima, bili mali i brojili su samo dvadesetak učenika, što je omogućilo kvalitetniju nastavu. Upisani učenici redom su bili najbolji u osnovnoj školi, no u MIOC-u su se među njima izlučili najbolji od najboljih – trudio sam se da i ja budem među njima. Matematiku mi je predavao izvrsni profesor Stjepan Jelić. Zaista nas je znao posebno motivirati. Običavao je napisati na ploču neki, relativno teški, zadatak te je onda čekao da vidi koji će mu od nas prvi donijeti rješenje. Često puta sam bio među prvima u tom nadmetanju, no glavni “konkurent” mi je bio Saša Singer (kasnije i kolega na poslu). Nas dvojica smo se borili za neslužbenu titulu najboljeg matematičara u razredu. Bila je to prijateljska i sportska borba u kojoj smo obojica profitirali. I on i ja sudjelovali smo na brojnim učeničkim natjecanjima iz matematike. Na općinskoj i republičkoj razini redovito smo zauzimali neko od prva tri mjesta. Saša je tu bio za nijansu uspješniji od mene, tako da su ga jedne godine novinari Večernjeg lista u svojem članku prozvali “Pitagorom iz Radničkog dola”

(gdje je stanovao). U vrijeme dok sam bio srednjoškolac još nisu postojala natjecanja iz informatike, štoviše, nije postojao ni odgovarajući školski predmet. Dakle, matematika i eventualno fizika bile su jedine natjecateljske discipline za nas. Računala i programiranje bilo je nešto za što smo tada ponešto tek čuli, no nikad to nismo stvarno osjetili izbliza. Bilo je to nešto na granici znanstvene fantastike.

### **Što je krajem srednje škole utjecalo na odabir Vašeg studija?**

S obzirom na izvrsne ocjene u Matematičkoj gimnaziji te dobre rezultate na matematičkim natjecanjima, očekivalo se da ću odabrati studij matematike na PMF-u. No u vrijeme donošenja odluke o studiju vrlo ozbiljno sam, kao alternativu, razmatrao i Elektrotehnički fakultet (današnji FER). Naime, nije me toliko privlačila akademska karijera. Umjesto toga, želio sam pronaći područje gdje bi se matematička znanja mogla koristiti na praktičniji način. Zapravo sam težio prema računarstvu, no u ono vrijeme taj pojam još nije postojao, pa pogotovo ni odgovarajući studiji. Morao sam se opredijeliti između matematike i elektrotehnike. Na kraju sam ipak eliminirao elektrotehniku kad sam vidio da bi ona zahtijevala mnogo vlastoručnog tehničkog crtanja. Riječ je o meni ne baš dragoj vještini koja se tada nje govala na školama i tehničkim fakultetima. Tehničko crtanje bilo je tada nužno jer još nije postojala tehnologija za oblikovanje i ispis crteža pomoću računala. Nakon toga sam zaključio da je matematika ipak najbolje rješenje za mene, pod uvjetom da se ograničim na njezine praktičnije dijelove.

### **Koji su profesori tokom studija posebno utjecali na izbor Vaše profesionalne orijentacije?**

Za moju profesionalnu orijentaciju, dakle sklonost prema računarstvu, najzaslužniji je bio prof. dr. sc. Mladen Alić. On je bio moj mentor za diplomski i magistarski rad te za doktorsku disertaciju. Profesor Alić se bavio numeričkom matematikom. Riječ je o grani matematike koja se također može smatrati dijelom računarstva, tj. uklapa se u ono što danas nazivamo znanstveno računanje (engleski: scientific computing). Puno mi je pomogao svojim iskustvom, no dopustio mi je da se postepeno odvojim od numeričke matematike i krenem u druga područja. Na moju profesionalnu orijentaciju također su utjecali dr. sc. Emil Coffou i prof. dr. sc. Srećko Polić. Oni su bili vanjski suradnici Matematičkog odjela i vodili prve “programerske” kolegije na studiju matematike pod naslovima *Programiranje na elektronskim računalima* odnosno *Matematički praktikum i programiranje na ERS*. Održavanje programerskih kolegija bilo je u to vrijeme zaista pionirski poduhvat. Naime, računala su tada bila glomazna, skupa, malobrojna, teško dostupna i komplicirana za korištenje. Matematički odjel tada nije posjedovao vlastito računalo, već su se programi zapisivali na bušenim karticama i fizički nosili u Sveučilišni računski centar (SRCE), gdje su se izvršavali na računalu UNIVAC 1106. Rezultati obrade vidjeli su se u tiskanom obliku tek drugi dan, za što je opet trebalo posjetiti SRCE. U slučaju bilo kakve greške, cijeli višednevni ciklus trebalo je ponoviti, tako da je izrada programa tekla, doista, vrlo sporo.

### **Odmah nakon studija počeli ste s postdiplomskim studijem. Kako je on tekao?**

Odmah nakon završenog dodiplomskog studija počeo sam raditi kao asistent na Matematičkom odjelu u Zagrebu. Kao i svi asistenti, bio sam obavezan upisati postdiplomski studij matematike. Zapravo je bila riječ o pripremi za akademsku karijeru u teorijskoj matematici. Morao sam slušati i polagati zahtjevne kolegije iz vrlo različitih grana matematike, od kojih me neki baš i nisu previše zanimali. Nije bilo ništa što bi ličilo na računarstvo, jedino je to u manjem opsegu bila numerička matematika. U to vrijeme se na postdiplomskom studiju najprije pisao magistarski rad. U njemu se nije zahtijevao originalni znanstveni doprinos, ali se trebalo pokazati da je autor ušao u dubinu neke specijalističke grane matematike te da će uskoro imati i originalne rezultate. Doktorska disertacija prijavljivala se nakon magisterija. Magistarski rad sam izradio 1982. u suradnji s mentorom Mladenom Alićem pod naslovom *Problemi putova u grafu*. Proučavao sam optimizacijske

i enumeracijske probleme na grafovima, poput traženja najkraćeg ili najpouzdanijeg puta, traženje puta s najvećim kapacitetom, ispisa svih putova i slično. Posebnost rada bila je u tome što se, zapravo, promatrao apstraktni “algebarski” problem putova koji poopćuje sve prije navedene konkretne probleme. Obradeni algoritmi zapravo su rješavali taj algebarski problem, no mogli su se primijeniti na bilo koji od konkretnih problema. Moju doktorsku disertaciju, također pod mentorstvom profesora Alića, obranio sam 1990. Bilo je to nakon služenja vojnog roka u JNA, kada sam već bio stručni suradnik u Elektrotehničkom institutu Rade Končar. Disertacija se neposredno naslanjala na magistarski rad, a njezin naslov je bio *Paralelni algoritmi za rješavanje problema putova u grafu*. Originalni znanstveni doprinos sastojao se u oblikovanju i analiziranju paralelnih algoritama za rješavanje algebarskog problema putova, dakle algoritama koji se sastoje od više istovremenih procesa koji surađuju u rješavanju istog zadatka. Zanimljivo je napomenuti da u vrijeme pripreme mogeg magistarskog rada još nisu bili u upotrebi računalni alati za oblikovanje matematičkog teksta. Zato je on bio napisan na pisaćem stroju, greške su se ispravljale pomoću bijelog laka (korektora), a grčka slova i ostali matematički simboli upisivali su se rukom. Naravno, takav tekst, po današnjim mjerilima, nije izgledao nimalo profesionalno. U vrijeme pisanja moje disertacije pojavio se LaTeX, programski sustav koji je omogućio slaganje matematičkog teksta sa svim njegovim specifičnostima u obliku primjerenom za objavljivanje u knjizi ili časopisu. Moja disertacija bila je jedna od prvih napisanih u LaTeX-u na računalu. Svi smo se divili kako je to lijepo izgledalo. Inače, LaTeX se pokazao kao jako važan alat koji je radikalno promijenio način rada matematičara. Zahvaljujući njemu, čak su i teorijski matematičari prigrlili računala jer su vidjeli da su im ona neophodna za obavljanje njihovoga glavnog posla (a to je objavljivanje znanstvenih članaka i knjiga).

### **Zatim ste jedno vrijeme radili i u privredi.**

Kao mladi asistent, sanjao sam da postanem industrijski matematičar. Dakle, želio sam surađivati s nekom kompanijom i baviti se optimiziranjem njezinih proizvodnih i poslovnih procesa služeći se matematičkim metodama, algoritmima i računalima. Tako nešto nisam mogao ostvariti na tadašnjem Matematičkom odjelu. Također, jako me frustrirala činjenica da mi nije bilo dostupno niti jedno računalo. Zato sam se 1982. zaposlio u Elektrotehničkom institutu Rade Končar. Radio sam u računskom centru Instituta. Opremljenost računalima bila je jako dobra, za tadašnje vrijeme. Svakodnevno sam sjedio za terminalom i programirao. Sudjelovao sam u nekoliko projekata zajedno s kolegama drugih struka (uglavnom su to bili inženjeri strojarstva ili elektrotehnike). Gotovo svi projekti zahtijevali su izgradnju informacijskog sustava s bazom podataka. Na taj način upoznao sam se s relacijskim bazama podataka koje su tada bile sasvim nova tehnologija. Radeći u Institutu napisao sam i obranio svoju doktorsku disertaciju. No idila nije vječno trajala. Krajem 80-ih godina kompanija Rade Končar upala je u krizu te je sve manje podržavala svoj Institut. Prestala se nabavljati nova računalna oprema, a najbolji djelatnici počeli su odlaziti. Vidio sam da moram otići negdje drugdje. Odabrao sam Zagrebačku banku i došao tamo krajem 1990-te. Uključio sam se u radnu grupu koja se bavila uvođenjem novih tehnologija, kao što su ekspertni sustavi i neuronske mreže. Nažalost, prototipovi koje smo tada razvili nikad nisu ušli u stvarnu upotrebu. Naime, promijenilo se rukovodstvo Banke, a nova uprava nije imala sluha za takve novotarije. Naišavši na nerazumijevanje uprave jedino što mi je tada preostalo bio je povratak na Matematički odjel. Vratio sam se 1993., no tada već kao docent jer sam u međuvremenu ispunio uvjete za unapređenje. Promatrajući iz današnje perspektive, primjećujem da se moj san industrijskog matematičara nije ostvarivao onako kako sam želio. Bilo je još prerano jer industrija u Hrvatskoj tada još nije bila zrela za to. Današnja situacija je puno bolja. U Hrvatskoj trenutno postoji velik broj softverskih kompanija koje posluju na međunarodnom tržištu i razvijaju napredne tehnologije. Današnji studenti imaju bolje mogućnosti za kreativni rad izvan akademske zajednice. Tješim se da moji studenti, koji nakon studija odlaze u takve kompanije, na posredni način ostvaruju

moj san. Kad već govorim o mojem odlasku s Matematičkog odjela te ponovnim vraćanjem, valja spomenuti da sam u razdoblju od 2000. do 2002. godine bio privremeno “posuđen” u Ministarstvo znanosti i tehnologije. Naime, tadašnji čelnik Matematičkog odjela prof. dr. sc. Hrvoje Kraljević postao je početkom 2000. ministar znanosti te je mene poveo sa sobom da mu budem pomoćnik za informatiku. Rad u Ministarstvu bio je za mene težak, ali bilo je to izuzetno korisno životno iskustvo. Ljudi obično misle da dužnosnici lagodno žive u svojim “foteljama”. No te fotelje zapravo više liče na fakirske krevete s “čavlima”. U ministarstvu se radilo od jutra do mraka, stresovi su bili svakodnevnici, često se putovalo. Komunicirao sam s brojnim ljudima koji su u pravilu dolazili s problemima koje je trebalo rješavati. Morao sam držati u glavi stotine takvih problema. Usput sam stalno morao paziti da svojom nepažnjom ili neznanjem ne napravim nešto što bi se kasnije moglo tumačiti kao kažnjivo djelo.

### **Nakon nekog vremena, povratkom na Matematički odsjek, puno ste se bavili i nastavom.**

Matematički odjel (kasnije odsjek) 1993. nije više bio onaj isti s kojeg sam otišao 1982. Novi odjel nalazio se u novoizgrađenoj zgradi na adresi Bijenička cesta 30. Za razliku od skućenog starog prostora na Marulićevom trgu, nova zgrada raspolagala je s obiljem predavaonica, studentskih laboratorija i nastavnčkih ureda. Opremljenost računalima bila je, prema tadašnjim mjerilima, na visokoj razini. Vrlo brzo uslijedilo je i priključivanje računalne mreže Odjela na Internet. Dakle, postojali su svi uvjeti za razvoj računarstva, kako u smislu znanstvenog i stručnog rada, tako i u nastavi. Radeći u novom Matematičkom odjelu/ odsjeku dosta sam se angažirao u nastavi. Predavao sam gotovo isključivo računarke kolegije, npr. *Programiranje* (u Pascalu ili C-u) te nekoliko verzija *Računarskog praktiku- ma*. No, uveo sam i nekoliko novih kolegija koji se nikad prije nisu predavali studentima matematike: *Strukture podataka i algoritmi*, *Baze podataka*, *Mreže računala*, *Softversko inženjerstvo* te *Distribuirani procesi*. Svi oni postoje i danas, bilo na preddiplomskom bilo na diplomskom studiju. Osim toga, sudjelovao sam u stvaranju nastavnog programa za Diplomski studij Računarstvo i matematika. Prva verzija tog studija krenula je 2005., a nova se počela realizirati 2024. Na temelju mojih nastavnih materijala nastale su tri knjige sa statusom udžbenika Sveučilišta: *Baze podataka* (2012.), *Strukture podataka i algoritmi* (2014.) i *Softversko inženjerstvo* (2016.). Sve tri knjige objavila je izdavačka kuća Element i još uvijek su u prodaji. Kad govorimo o računarskim kolegijima koje sam uveo, može se primijetiti da kolegiji s istim ili sličnim naslovima postoje i unutar studija računarstva na drugim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu. No, moje verzije razlikuju se od tih drugih po svojem pristupu. Naime, naglašavaju se matematički aspekti razmatranog gradiva te se koristi precizni matematički način razmišljanja i izražavanja. Dakle, riječ je o nastavi računarstva koju matematičar drži matematičarima.

### **Uz razne obaveze bavili ste se i znanostu.**

Moj znanstveni rad zapravo je interdisciplinaran jer dotiče tri discipline: diskretnu matematiku, računarstvo i operacijska istraživanja. Diskretna matematika je prisutna zato jer se promatraju optimizacijski problemi na diskretnim strukturama kao što su neusmjereni grafovi te usmjereni grafovi i mreže. Računarstvo se očituje u tome što se oblikuju i analiziraju algoritmi za rješavanje promatranih optimizacijskih problema te se ti algoritmi primjenjuju i testiraju na računalima. Sve skupa je važno za operacijska istraživanja zato jer promatrani optimizacijski problemi predstavljaju modele za proizvodne ili poslovne procese u stvarnom svijetu te omogućuju da se ti procesi učine jeftinijima, produktivnijima i isplativijima. Moji prvi znanstveni radovi iz 90-ih godina oslanjali su se na doktor-sku disertaciju. Dakle, i dalje sam proučavao algebarski problem putova u grafu, no rezultate iz disertacije sam proširio dodavanjem novih paralelnih algoritama te novih načina njihove primjene. Također, u 90-ima sam objavio nekoliko radova o neuronskim mrežama. Oni vuku porijeklo iz aktivnosti u Zagrebačkoj banci. Specifičan problem koji me

tada posebno zaintrigirao bio je: mogu li se neuronske mreže koristiti kao metoda za sažimanje (kompresiju) datoteka. Tijekom prva dva desetljeća ovog stoljeća bio sam mentor nekim doktorandima. Radeći s budućim doktorima znanosti, pomažući im kod izrade njihovih disertacija, proširio sam i svoje horizonte te proučio još nekoliko problema diskretne optimizacije. Najprije smo se bavili problemom usmjeravanja vozila koji se može shvatiti kao poopćenje poznatog problema trgovačkog putnika. Zajedno smo oblikovali, koristili i testirali novi distribuirani evolucijski algoritam za taj problem. Također smo se bavili evaluacijom raznih operatora križanja koji su se u literaturi koristili u evolucijskim algoritmima za trgovačkog putnika, da bi otkrili ona križanja koja daju najbolje rezultate za usmjeravanje vozila. Drugi problem, srodan trgovačkom putniku, gdje smo postigli još neke rezultate, bio je problem minimalnog Hamiltonovog popunjenja grafa. Još jedan problem, na kojem sam zajedno s mojim doktorandima intenzivno radio između 2000. i 2020., bio je problem  $k$ -poslužitelja. On pripada porodici on-line problema, gdje postoji niz ulaznih podataka (tzv. zahtjeva) i algoritam (tzv. poslužitelj) koji poslužuje te zahtjeve uz neki trošak. Pritom zahtjevi stižu jedan po jedan u možda beskonačnom nizu, a poslužitelj mora odmah obraditi novi zahtjev u nizu, prije nego što je vidio iduće zahtjeve. Zbog ovakvog načina rada, poslužitelj nije u stanju zaista optimalno poslužiti zahtjeve (uz minimalni ukupni trošak), onako kako bi mogao kad bi unaprijed znao cijeli niz. No trudimo se da naš on-line algoritam ipak ostvari dobre parametre, dakle da njegov ukupni trošak bude, na neki način, usporediv s optimalnim troškom. Za problem  $k$ -poslužitelja postoji u literaturi algoritam s dobrim svojstvima koji se zove algoritam radne funkcije (work-function algorithm – WFA). Većina naših radova o tom problemu bavi se efikasnim korištenjem egzaktno ili približno verzije WFA. Također, imali smo i jedan rad gdje se problem  $k$ -poslužitelja rješava na drukčiji način nego u WFA. Posljednji i vjerojatno najvrjedniji dio moje znanstvene karijere odvijao se između 2020. i 2024. Bio sam voditelj znanstvenog projekta financiranog od Hrvatske zaklade za znanost, s naslovom *Efikasni algoritmi za robusnu diskretnu optimizaciju* (kratica *RoDiOpt*). Robusna varijanta nekog optimizacijskog problema je takva varijanta gdje vrijednosti parametara u primjerku problema nisu do kraja određene te se mogu, donekle, varirati. Najčešći način izražavanja te varijabilnosti je da se zada skup scenarija, gdje svaki od njih sadrži jednu moguću konfiguraciju konkretnih vrijednosti parametara. Cilj robusne optimizacije je pronaći rješenje koje je “prilično dobro” za svaki scenarij, makar možda nije zaista optimalno ni za jedan od njih. U literaturi postoje više definicija “dobrote” robusnog rješenja. Tijekom našeg projekta proučavali smo robusne varijante za nekoliko problema diskretne optimizacije: maksimalni težinski nezavisni skup vrhova u grafu, minimalni težinski vršni pokrivač u grafu, cjelobrojni tok minimalne cijene u mreži, dvostruka rimska dominacija u grafu s minimalnom cijenom. Napisali smo deset znanstvenih radova koji su objavljeni u međunarodnim znanstvenim časopisima. Kao rezultat ovog projekta bila je obranjena i jedna doktorska disertacija.

### **Bavili ste se i matematikom i računarstvom. Možete li usporediti te dvije struke?**

Matematika i računarstvo (informatika) vrlo su srodne struke. Odlikuju se sličnim načinom zaključivanja. Također, koriste slične postupke generalizacije kojima se polazne konkretne tvorevine pretvaraju u sve općenitije apstrakcije. Tipičan primjer zaključivanja u matematici je dokazivanje teorema. Uzmimo na primjer Pitagorin teorem, koji kaže da je u pravokutnom trokutu površina kvadrata nad hipotenuzom jednaka zbroju površina kvadrata nad katetama. Da bi dokazao taj teorem, matematičar mora zaključivati na dovoljno općenit način tako da obuhvati sve moguće pravokutne trokute. Kao primjer zaključivanja u računarstvu možemo uzeti “misaone pokuse” koje svaki dobar programer radi dok piše svoj programski kôd. Uzmimo na primjer program koji niz brojeva treba sortirati po veličini (od najmanjeg do najvećeg). Pišući takav program, programer se mora uvjeriti da je njegov kôd dovoljno općenit, tako da ispravno sortira i kratke i dugačke nizove, s jako ili slabo izmiješanim brojevima. Također, mora se uvjeriti da se kôd ispravno ponaša u ekstremnim situacijama poput niza od samo jednog broja, niza koji se sastoji od jednakih

brojeva, itd. Programerovo “misaono eksperimentiranje” vrlo je slično matematičkom dokazivanju teorema. Kao primjer za generalizaciju u matematici možemo navesti apstraktnu algebarsku strukturu “grupa”, koja poopćuje konkretne strukture poput cijelih brojeva s operacijom zbrajanja ili realnih brojeva bez nule s operacijom množenja. Sve ono što vrijedi za općenitu grupu vrijedit će i za svaku odgovarajuću konkretnu strukturu. Kao primjer generalizacije u računarstvu navodimo viši programski jezik, recimo C, koji općenito opisuje mogućnosti strojnih jezika različitih procesora. Program napisan u C-u izvodit će se na isti način na svakom procesoru za koji postoji odgovarajući prevoditelj (compiler), makar ti procesori koriste drukčije strojne instrukcije. Dakle vidimo da generaliziranje u računarstvu liči na generaliziranje u matematici, jer dovodi do sve apstraktnijih tvorevina koje se mogu primijeniti u raznim konkretnim situacijama. Moje iskustvo je da su najbolji računarci (informatičari) oni koji razmišljaju kao matematičari. Oni su u stanju konkretni praktični problem opisati na jednostavan način, služeći se apstraktnim modelima iz kojih se lagano konstruira rješenje. Kao primjer kako se matematičkim pristupom elegantno može riješiti naizgled komplicirani problem, opisat ću jedan slučaj iz vlastite prakse. U vrijeme Domovinskog rata bio sam mobiliziran. Radio sam u posebnoj jedinici koja se bavila razvojem informatičke podrške za Hrvatsku vojsku. Važan zadatak koji se pojavio bila je izrada digitalne geografske karte Hrvatske. Osnova za to bile su skenirane terenske karte iz JNA u krupnom mjerilu, takozvane “specijalke”. Svaka od njih vrlo detaljno je prikazivala objekte na terenu (svaku kuću, puteljak, potok), no obuhvaćala je relativno malu površinu od nekoliko kvadratnih kilometara. Tražena objedinjena digitalna karta cijele Hrvatske nije se mogla dobiti pukim spajanjem skeniranih specijalki zato što su se one djelomično preklapale (rub jedne također se vidio kao rub na susjednoj). Moji kolege u jedinici (koji nisu bili matematičari) mjesecima su se mučili kako da spoje te preklapljene dijelove. Pokušavali su s raznim transformacijama, rezanjima, rastezanjima, no nije bilo uspjeha: rijeke i ceste imale su “šiljke”, neke kuće su nestale, a neke se vidjele dvaput. Meni je tada pala napamet sljedeća ideja. Svaka skenirana specijalka zapravo je matrica piksela (točkica) s poznatim brojem redaka i stupaca. Budući da su bile poznate geografske koordinate rubova, bilo je moguće precizno izračunati geografske koordinate svakog piksela. Predložio sam da napravimo veliku datoteku u kojoj jedan redak sadrži koordinate i vrijednost (boju) jednog piksela. Ta jedinstvena datoteka treba sadržavati podatke iz svih specijalki. Njihovo preklapanje uzrokovat će da se ista informacija više puta ponavlja u datoteci, no od tog viška “glava ne boli”. Da bi prikazali bilo koji dio objedinjene karte (dakle dio koji zahvaća više specijalki) dovoljno je proći datotekom i izdvojiti one piksele čije se koordinate nalaze u željenim rasponima, pa prikazati te piksele na odgovarajućim mjestima na zaslonu računala. Pikseli koji su više puta zapisani u datoteci samo će se više puta iscrtati na istom mjestu i neće pokvariti ukupnu sliku. Ideja se pokazala uspješnom: nakon njezine realizacije velike datoteke, na dobivenim prikazima karte rijeke ili ceste glatko su se spojile, a svaka kuća bila je samo na jednome mjestu. Moji kolege bili su oduševljeni time što je problem napokon bio riješen, nakon višemjesečne muke. Štoviše, zaprepastila ih je jednostavnost rješenja. Pitali su se: “Kako se mi toga nismo sjetili?”. A u sebi sam mislio: “Niste se sjetili jer ne razmišljate kao matematičari”. Eto, to je bio moj mali doprinos Domovinskom ratu.

### **Možete li uputiti poruku srednjoškolcima, posebno maturantima, koji bi se željeli posvetiti matematici i/ili informatici?**

Moja poruka je sljedeća. Savladajte najprije preddiplomski studij matematike da biste usvojili matematički način razmišljanja. Zatim upišite diplomski studij računarstva da biste stečene matematičke vještine lakše primijenili u praksi. Na taj način postat ćete vrhunski stručnjaci za informacijske tehnologije. Bit ćete u stanju elegantno rješavati složene probleme te se prilagođavati novim, sve apstraktnijim primjerima koje donosi razvoj tehnologije.