

V šole bi bilo potrebno uvesti pouk računalništva

Slovenian Schools should Teach Computing

Janez Demšar

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
janez.demsar@fri.uni-lj.si

Povzetek

Slovenske šole ne poučujejo računalništva (čeprav se večini zdi, da ga), vendar bi ga bilo potrebno uvesti (čeprav se nekaterim zdi, da ga je potrebno ukiniti). Številni dejavniki, kot sta odlična opremljenost šol z računalniško opremo in zavedanje države o pomenu računalništva za prihodnost, so privedli do tega, da slovenske šole ne nudijo ustreznega računalniškega znanja in ne zaostajamo več le za svetovnim, temveč celo za evropskim in ameriškim poprečjem. Rešitev, ki jo pripravlja računalniška stroka, je preprosta in poceni, zato bo pot do njenega sprejema dolga in težka.

Ključne besede: izobraževanje, računalništvo

Abstract

Slovenian schools do not offer courses in computer science (although most think they do), so we need to introduce them (although some think they need to be abolished). Most schools are well equipped with computers and the state recognizes the importance of the field. These factors affected the computer courses in such a way that international surveys estimate our knowledge to be not only below the world average but even below that of EU and USA. The solution proposed by computer scientists is simple and inexpensive, therefore the road to its implementation will be long and difficult.

Keywords: education, computing

1 Uvod

Pred stoletji je bilo znanje branja in pisanja potrebno duhovnikom, aritmetika pa trgovcem. Ostali s tem niso imeli kaj početi. Tehnološki napredek je pripeljal do tega, da pismenost in znanje matematike nista več specializirani disciplini, potrebni posameznim strokam. Kako

nebogljeni bi bili brez njih, lahko začutimo v državi z drugačno pisavo, v kateri ne najdemo niti poti z večje železniške postaje. Brez znanja branja in matematike v sodobni družbi ne moremo normalno živeti.

Vendar se tehnološki napredek ni končal z industrijsko revolucijo. Konec dvajsetega stoletja je prišlo do novega fundamentalnega premika. Konec osemdesetih so bili hišni računalniki redkost, danes pa se ne nahajajo le na delovnih mizah temveč tudi v televizorjih, telefonih, tablicah. Računalniška revolucija je svet spremenila podobno, kot industrijska pred njo.

Je tudi ta premik prinesel s seboj kako novo osnovno znanje? Površinsko opazen primer takšne spretnosti je "domačnost" z uporabniškimi vmesniki. Mlajše generacije pomagajo starejšim (predšolski vnuki dedkom) pri uporabi telefonov ali televizorjev, tudi če jih imajo slednji že leta, prvi pa jih prvič vidijo. V resnici pa je prodor računalništva prinesel s seboj tudi povsem nov način razmišljanja, ki se ga je smiselno – in tudi vedno bolj potrebno – naučiti.

Jeannette Wing (2006), ki se je začela med prvimi ukvarjati s temi vprašanji, je novo spretnost poimenovala računalniško razmišljanje (*computational thinking*). Medtem ko sta osnova logičnega razmišljanja formalizacija in struktura, je računalniško razmišljanje bolj usmerjeno v sistematično reševanje problemov, v uporabo postopkov, v smiselno organiziranje aktivnosti, podatkov, reči... S tem presega rabo v računalništvu: principi, koncepti, način razmišljanja, ki jih uči računalništvo, so uporabni tudi pri vsakdanjih opravilih. Osebna izkušnja profesionalnih računalnikarjev (vključno z avtorjem besedila) je, da se vsakdanjih problemov lotevajo na drugačen način in bolj optimalno, sistematično, organizirano, kot neračunalnikarji. Pri tem ne gre za uporabo ožjih računalniških znanj, kot je znanje programiranja ali uporaba določenega zapletenega programa, temveč za način razmišljanja in koncepte.

2 Kaj učimo v šolah?

Slovenci smo lahko na prvi pogled zadovoljni: slovenske šole so bogato opremljene z računalniško opremo in elektronskimi pripomočki, v znatni meri tudi po zaslugi ministrstev, ki so (so)financirala takšne nakupe. Predmet računalništvo je na voljo v mnogih, če ne kar večini šol. Slovenski šolarji bodo dobro usposobljeni za življenje v 21. stoletju.

V resnici pa je ravno obratno. Večja ko je dostopnost računalnikov in bolj ko le-ti postajajo pomembni, slabša je kvaliteta poučevanja.

2.1 Spretnosti proti konceptom

Največji svetovni združenji računalnikarjev, Association for Computing Machinery, in učiteljev računalništva, Computer Science Teaching Association, ugotavljata, da ameriške šole pri pouku računalništva učijo računalniške spretnosti (*computer skills*) in ne konceptov (*concepts*). Enako ugotavlja angleška The Royal Society (2012) za Anglijo. S konkretnimi besedami in prenešeno v slovensko prakso, v šolah učimo uporabo programov, kot sta Word in Powerpoint, namesto da bi učili računalništvo.

Slovenija zaostaja celo za tem, saj pri nas ne obstajajo niti sistematične raziskave o tem problemu. Obstajajo zgolj indikatorji, kot je recimo Eurostatova raziskava (Eurostat, 2012), po kateri se Slovenija v evropskem merilu uvršča odlično le, ko gre za osnovne računalniške veščine, kot je kopiranje datotek. Ko gre za bolj poglobljeno razumevanje in znanje, pa smo Slovenci boljši le od Bolgarije in Češke. Ameriški in evropski šolski sistemi vzgajajo (kvečjemu) bodoče uporabnike računalniške tehnologije in ne njenih bodočih razvijalcev; Slovenija zaostaja celo za tem, slabim evropskim porečjem.

Še huje: ne le, da ni raziskav o tem problemu, temveč ni niti zavedanja o tem, da gre za problem. Ravno nasprotno, slovenska država namenja velika sredstva za takoimenovano *računalniško opismenjevanje*, za katerim se skriva poučevanje uporabe osnovnih programov. Ob tem smo prepričani, da na ta način ustrezno računalniško usposobljamo otroke (in druge, saj računalniško opismenjevanje ne zajema le šolske mladine, temveč je poučevanje uporabe Powerpointa celo del usposabljanja kaznjencev za njihovo lažjo vključitev v družbo). V bližnji preteklosti so se pojavile celo ideje, po katerih bi poučevanje Worda, Powerpointa in podobnih programov vključili v druge predmete (kar sicer ni nesmiselno), in pouk računalništva preprosto ukinili.

Učenje tega, katero ikono je potrebno klikniti, da odebelimo del besedila v Wordu, ni učenje računalništva. Enako in še bolj velja za, recimo, poduk o tem, kako velike naj bodo črke na prosojnicah, da jih bodo poslušalci predavanja še videli, in koliko besedila sme biti na posamezni prosojnici. (Ob obsedenosti s Powerpointom se je potrebno seveda vprašati še, ali ne bi bilo smiselno razmisliti o teoretičnih ugovorih zoper to (Tuft, 2003) in koliko učencev ga bo v resnici kdaj uporabljalo.)

Opismenjevanje, predvsem šolske mladine, je nesmiselno tudi zato, ker je ta mladina že pismena, navadno bolj od svojih učiteljev. Po drugi strani pa ravno ta mladina jemlje računalnike kot *samoumevne* in zato ne razume konceptov. Računalnik preprosto "zna" narediti, kar dela. Avtor besedila je govoril s študentom prvega letnika računalništva, ki mu je med učenjem programiranja prvič v življenju prišlo na misel, da je moral program Word nekoč nekdo napisati. Računalniki in njihovi programi preprosto *so* in delajo, kar delajo, na nek skrivnosten magičen način.

Predvsem pa je to nekoristno računalniško opismenjevanje *škodljivo* zato, ker zaradi njega v šolah ni prostora za pravi pouk računalništva.

2.2 Kadrovski problem

Študija Royal Society našteva štiri ovire za drugačen pouk računalništva. Četrta se nanaša na opremljenost šol, kar v slovenskem prostoru verjetno ni hujši problem, prve tri pa na izobrazbo učiteljev.

Problem ni omejen ne na Slovenijo ne na računalništvo. Tudi v Ameriki ugotavljajo, da učitelji matematike pravzaprav ne znajo matematike, zato učijo le duhamoren nekoristen "dril", kot je poenostavljanje trigonometričnih izrazov (Lockhart, 2008). Rezultat je slabo znanje matematike in vseživljenjski (če spet uporabimo modno besedo) odpor do nje. Podobno se dogaja v fiziki (Carrol, 2010), kjer je bistveni del kurikuluma računanje hitrosti, ki jih na klancih razvijejo klade brez trenja. Čeprav v tej vaji ni ne konceptualne globine ne praktične uporabnosti, je pogosta, ker poučevanje fizike na ta način ne zahteva, da učitelji dejansko razumejo fiziko. Namesto lepote matematike in fizike tako učenci spoznajo njune duhamorne plati in ju zasovražijo za preostanek življenja.

Enako se dogaja v računalništvu. Razlog za popularnost poučevanja uporabniških programov je predvsem v tem, da od učitelja ne zahteva nobenega posebnega znanja: vstavljanje slik v prosojnice zna poučevati vsak, ki si vzame pol ure za branje priročnika za telebane. Posledica so, recimo, otroci, ki dosegajo izvrstne rezultate na tekmovanju Računalniški bober (tekmovanje iz *pravega* računalništva), vendar se nočejo udeleževati računalniških krožkov, ker računalništva ne povezujejo z Računalniškim bobrom, temveč z dolgočasnimi vsebinami, ki so jih poslušali pri pouku računalništva. Slovenski izobraževalni sistem se vede, kot da si lahko privošči odbijati bolj nadarjene šolarje od računalništva.

Če bi imeli v šolah učitelje, ki bi dejansko razumeli računalništvo – zadoščalo bi že štiri, pet osnovnih predmetov iz prvih dveh letnikov študija računalništva – bi ga lahko učili na način, ki bi bil hkrati uporaben in privlačen. Po, spet, osebnih izkušnjah avtorja, je mogoče vsebine s

področja algoritmov in podatkovnih struktur, ki so sicer glavna tema drugega letnika študija računalništva, predstavljati prvošolcem in celo mlajšim na način, ki jim ni le razumljiv, temveč jih celo zelo pritegne.

Trenutno je računalništvo kadrovske na stranskem tiru: pogosto ga poučujejo učitelji, ki imajo premalo ur tedenske obremenitve in znajo *uporabljati* računalnik. Privoščimo pa si lahko celo nekoliko drznejšo tezo, da so učitelji, ki naj bi bili strokovno usposobljeni za poučevanje računalništva, v resnici dokaj nepodkovani. V Sloveniji je, kljub protestom nepedagoških strok, pri izobraževanju učiteljev dolgo veljala nepisana (a pogosto javno izgovorjena) dogma, po kateri morajo biti učitelji najprej pedagogi in šele potem strokovnjaki. V večini strok (a z nekaj izjemami, kot so matematika in področja, ki jih pokriva filozofska fakulteta) je bilo tako izobraževanje učiteljev v izključni domeni pedagoških fakultet. Šele v zadnjem času prihaja tudi tu do premikov: pripravljajo se novi bolonjski programi za izobraževanje učiteljev, v katerih bodo sodelovale področne fakultete in Pedagoška fakulteta.

Odnos do stroke se kaže tudi pri formiranju različnih kurikularnih komisij, iz katerih so predstavniki računalniških fakultet – in celo njihovi diplomanti – praviloma odrinjeni. Škodo, povzročeno s tem, bodo trpele še mnoge generacije.

Primanjkuje tudi nadaljnega strokovnega usposabljanja učiteljev. Čeprav je država tudi za to vzpostavila sistem seminarjev in nagrajevanja učiteljev za udeležbo (v obliki točk za napredovanje), je število seminarjev s področja računalništva relativno majhno.

Ob tej kritiki moramo biti seveda pazljivi, da ne naredimo krivice posameznikom, tako s Pedagoške fakultete kot iz vrst učiteljev, ki se trudijo – pogosto prostovoljno in zgolj iz osebne motivacije – stalno poglobljati svoje znanje.

3 Kaj bi morali poučevati?

Na pedagoški delavnici ljubljanske Fakultete za računalništvo in informatiko smo predstavili naslednjo igro.

S prostovoljcem Janom sva "prek interneta" (v resnici sva bila vsak na svojem koncu učilnice) metala kovanec za čokoladko: jaz sem metal in on ugibal. Vrgel sem kovanec, Jan je ugibal in zgrešil. Dal sem mu še eno priložnost, a je spet zgrešil. Ko je imel smolo tretjič, je postal sumničav in ko sem mu četrtič povedal, da je zgrešil – ne da bi vsaj pogledal kovanec! – me je obtožil, da goljufam. Gledalce sem izzval, da predlagajo rešitev: kako naj žrebamo po internetu, ne da bi mogel kdo goljufati. Predlagali so, naj mu pokažem kovanec, vendar to po internetu ni izvedljivo (kamero sem razglasil za pokvarjeno). Predlagali so, naj Jan meče kovanec, jaz pa bom ugibal; v tem primeru bi očitno lahko goljufal Jan. Metanje bi lahko prepustila zaupanja vredni tretji osebi, vendar se morda ne moreva dogovoriti, kdo bi to bil.

Na srečo sva imela pri sebi vsak svoj izvod telefonskega imenika. Janu sem naročil, naj si izbere poljubno osebo, katere ime (ne priimek!) se začne s črko J ali K. Pove naj mi samo telefonsko številko in jaz si jo zapišem. Nato sem ugibal, ali se ime začne z J ali K. Rekel sem "J" in zgrešil, vsaj Jan je trdil tako. Vendar sem to zdaj lahko preveril: Jan mi je povedal še priimek in ime osebe (slednje se je res začelo na K), tako da sem lahko ugotovil, ali se telefonska številka ujema. Številka se je ujemala, torej je čokolada Janova.

Bi me Jan lahko ogoljufal? Se zlagal, da se ime ne začne z J, čeprav se? Ne, ker mi je povedal številko. Bi lahko goljufal jaz? Da, če bi v telefonskem imeniku poiskal številko, ki mi jo je povedal. Vendar bi to trajalo predolgo in Jan bi vedel, da ga poskušam ogoljufati.

Z igro sva spoznala enega od protokolov, kakršni se uporabljajo na internetu. Ti namesto imenikov uporabljajo primerne matematične funkcije, a tega otrokom ni potrebno vedeti.

Opaziti morajo le, da sistem deluje, ker je iz imena zelo preprosto dobiti telefonsko številko, obratno pa ne. Tako nevede spoznajo koncept in uporabo enosmernih funkcij.¹

Najpomembnejši vidik tega primera je, da sva se računalništva učila, ne da bi uporabila računalnik. Edsger W. Dijkstra, eden najpomembnejših računalnikarjev 20. stoletja, je rekel, da je računalništvo toliko veda o računalnikih, kolikor je astronomija veda o teleskopih. Tako kot je matematika večna, nematerialna, bi tudi računalniški koncepti obstajali tudi, če računalnikov sploh ne bi bilo. Seveda se jih zavedamo in smo jih začeli raziskovati predvsem zaradi računalnikov, vendar niso omejeni le nanje; računalniško znanost bi bilo mogoče razvijati tudi brez računalnikov. (Tudi Dijkstra, ki je razvil več zelo pomembnih računalniških algoritmov – enega od njih vsakodnevno uporabljajo tisti, ki jim GPS-navigаторji iščejo najboljšo pot do neke lokacije – si je računalnik omislil šele na stara leta in ga je uporabljal samo za elektronsko pošto in brskanje po spletu.)

Računalništvo v drugi triadi ni le možno temveč celo edino smiselno poučevati brez računalnika. Prednost neuporabe računalnika pri pouku računalništva je, če ne drugega, v tem, da nas obvaruje skušnjave, da bi namesto računalništva učili uporabo računalnika. (Pri starejših učencih je računalništvo povsem smiselno poučevati v obliki programiranja v primerno izbranem programskem jeziku.)

Primer takšnega projekta, iz katerega izvira tudi gornji primer z žrebanjem, je Computer Science Unplugged (csunplugged.org). Na straneh projekta je objavljenih slabih trideset aktivnosti, ki trajajo približno eno učno uro in pokrivajo različna področja računalništva, kot so

- stiskanje besedil, kjer otroci spoznajo osnovo stiskanj LZW in RLE;
- zaznavanje napak s parnostjo, predstavljeno v obliki čarovniškega trika;
- iskalni algoritmi v obliki potapljanja ladij, kjer otroci začutijo časovno zahtevnost linearnega preiskovanja, bisekcije in razpršenih tabel;
- algoritmi urejanja, kjer se ob urejanju zaprtih lončkov po teži naučijo quicksorta in ga primerjajo z urejanjem z vstavljanjem, ter algoritmov za vzporedno urejanje;
- končni avtomati, postavljeni tako, da otroci na igrišču tekajo med otoki – iz vsakega otoka vozita dve ladijski liniji – in iščejo zaklad;
- različni algoritmi s področja teorije grafov (barvanje grafov, najmanjše vpeto drevo, minimalna pokritja);
- kriptografija: enosmerne funkcije s pomočjo telefonskega imenika, kriptografija z javnimi ključi;
- umetna inteligenca, kjer se računalnik, narejen iz jogurtovih lončkov in bombonov sam nauči igrati določeno igro;

in še mnoge druge. Gre za relativno zahtevne vsebine, v tem materialu pa so predstavljene na način, primeren za osnovnošolce. Pri tem ob, recimo, algoritmih urejanja ni nikakršne formalne analize časovne zahtevnosti, kljub temu pa ob igri otroci jasno spoznajo, da je sicer nekoliko nenavadni postopek po načelu deli in vladaj (tudi tega izraza ne slišijo) hitrejši od postopka, ki jim je prišel na misel sprva.

Materiali, ki so brezplačno na voljo tudi prek spleta, so prevedeni v številne jezike. Gradivo je med drugim vplivalo na kurikulum v Južni Koreji, v državi, ki je istočasno znana po svojem

¹ Kot zanimivost omenimo, da se je nedavni virus, katerega namen je bil vohunjenje po iranskih računalnikih, razširil zato, ker so uspeli snovalci virusa "obrniti" funkcijo, ki jo običajno uporabljamo kot enosmerno funkcijo pri sestavljanju varnostnih certifikatov, kakor je, recimo, ta, ki ga uporabljamo za spletne banke in nakupovanje prek spleta. S prisposodob: avtorji virusa so morali najti ime, ki pripada neki številki v "telefonskem imeniku", imenik pa je tako ogromen, da naj bi njegovo "listanje" s trenutno tehnologijo trajalo desetletja in desetletja. Kako so to storili, še in znano.

odličnem šolskem sistemu, po drugi strani pa je tehnično gotovo dovolj napredna, da bi pri poučevanju računalništva lahko uporabljala računalnike, če bi bilo to smiselno.

Takšen način poučevanja računalništva je gotovo primeren za prvo ali drugo triado osnovne šole. V tretji pa so učenci zmožni za pouk programiranja v primerno izbranem računalniškem jeziku. Pri tem cilj ne sme biti znanje programiranja kot takšno, temveč mora programiranje predstavljati zgolj pot k razumevanju delovanja računalnikov in, širše, k osvajanju računalniškega načina razmišljanja.

4 Bojni plan

Da bi začele šole izobraževati za življenje v 21. stoletju, odpiramo tri fronte.

Prva je priprava materiala za poučevanje računalništva. Upamo, da bomo s pripravo kvalitetnega materiala, ki bo obenem dostopen (ves material za učitelje in za učence bo brezplačno na voljo prek spleta), uspeli vsaj prek neformalnih poti vplivati na način poučevanja računalništva v šolah. Na ta način bi izboljšali trenutno stanje, v katerem se preohlapno napisani kurikulumi, kot piše tudi Royal Society, vedno prevedejo samo na tisto, kar pač učitelji znajo.

Na ljubljanski Fakulteti za računalništvo in informatiko tako pripravljamo material za poučevanje računalništva v osnovnih šolah. Trenutno intenzivno delamo predvsem na zgoraj omenjenem projektu računalništva brez računalnika. Pri tem ga prirejamo za potrebe slovenskega šolskega sistema, tako da razmišljamo o ustreznih časovnih okvirih, dodajamo ustrezeni material za učitelje, kot so recimo učni listi, osnutki priprav in podobno.

Fakulteta že več let organizira računalniške krožke v srednjih šolah in gimnazijah. Krožki so brezplačni, vodijo pa jih študenti ob mentorstvu pedagogov s fakultete. V letu 2011/12 se je krožkov udeležilo prek 300 dijakov. Poleg tega organiziramo prav tako brezplačne poletne šole za dijake, ki se jih udeleži slabih sto dijakov letno. Vsebine šol so raznolike, od računalniških vezij prek umetne inteligence in robotike do multimedije. V prihodnosti bi bilo mogoče zamenjati trenutni srednješolski in gimnazijski pouk "računalništva" z vsebinami, kakršne poučujemo v teh krožkih in poletnih šolah.

Druga fronta je izobraževanje učiteljev. Tudi če je material na primernem nivoju za osnovnošolce, morajo učitelji z besedami prof. Rajkoviča, "zajemati iz malo večje sklede" in poznati tudi ozadje posameznih iger, kot je gornje žrebanje. Fakulteta za računalništvo in informatiko bo pripravila seminarje, na katerih bomo usposabljali učitelje za takšno poučevanje računalništva. Dolgoročna rešitev pa je sprememba usposabljanja učiteljev računalništva, v katerem bodo sodelovale tudi računalniške fakultete in bo obsegalo tudi nekoliko naprednejša znanja kot trenutno.

Kljub ogromni količini prostovoljnega dela in kljub finančnim vložkom fakultet, pa je ključna tretja fronta, na kateri projekt stoji ali pade. Potrebno je doseči vključitev računalniške stroke v strateške odločitve in, predvsem, ozvestiti vse, ki so udeleženi v pedagoškem procesu – od učiteljev do države – o tem, kako pomembna sta globlje razumevanje računalništva in zmožnost algoritmičnega razmišljanja za konkurenčnost Slovenije v prihodnosti.

Literatura

- ACM (2010). *Running on Empty*. Retrieved June 29, 2012 from <http://www.acm.org/runningonempty>.
- Carrol S. (2010). *Sean Carroll Talks School Science and Time Travel*. Retrieved June 29, 2012 from <http://www.nytimes.com/2010/04/20/science/20conv.html>.
- Eurostat (2012). *Computer skills in the EU27 in figures*. Retrieved June 29, 2012 from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ity_public/4-26032012-ap/en/4-26032012-ap-en.pdf.
- Lockhart P. (2008). *A Mathematician's Lament*. Retrieved June 29, 2012 from <http://www.maa.org/devlin/LockhartsLament.pdf>
- The Royal Society (2012). *Shut Down or Restart? The Way Forward for Computing in UK Schools*. Retrieved June 29, 2012 from http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/education/policy/computing-in-schools/2012-01-12-Computing-in-Schools.pdf.
- Tufte E. (2003). *The Cognitive Style of Powerpoint*. Cheshire, UK: Graphics Press.