

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jaroslav Král

Programátoři v praxi. Poznámky k výuce matematické informatiky

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 29 (1984), No. 2, 106--112

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139983>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1984

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

diskuse

PROGRAMÁTOŘI V PRAXI
POZNÁMKY K VÝUCE
MATEMATICKÉ INFORMATIKY

Jaroslav Král, Praha

Počítače a elektronika jsou jedním z motorů vědeckotechnického pokroku. Nedostatek vhodných počítačů je jedním z limitujících faktorů naší ekonomiky. Přitom je známo, že největší problémy jsou v oblasti formulace cílů, návrhu a realizace programového vybavení počítačů (software). Jedním z mnoha důsledků tohoto faktu jsou dlouhé doby realizace software a nedostatek projektantů a realizátorů software, které nazveme pro jednoduchost programátory.

Počítače jsou poměrně mladý fenomen. Masově se používají posledních dvacet – dvacet pět let. Autor těchto řádků byl prakticky po celou dobu programátorem (a zároveň se snažil provádět výzkum a občas i výuku v oblasti programování).

Realizace software zahrnuje řadu činností, které pro jednoduchost nazveme souhrnným názvem programování. Programování složitých systémů vyžaduje soubor poznatků sahajících od teorie (vypočitatelnost, algoritmy řešení matematických problémů) přes více méně technické poznatky (osvědčené realizační postupy) ku v podstatě řemeslným poznatkům a dovednostem (umění psát programy). Přitom je obvyklé, že především v oblasti teorie musí realizátoři složitých systémů zvládnout poznatky mnoha oborů (matematika algoritmů, aplikace matematických teorií, jako jsou např. algebraické struktury, teoretické a praktické po-

znatky z oboru, jemuž bude programové dílo sloužit). To je komplikováno tím, že se oblasti aplikace rychle rozšiřují a že bývá nutná široká spolupráce se zadavateli (uživateli) systému.

Je tedy obvyklé, že programátor musí často řešit problémy zcela nové. O tom se mohl přesvědčit i autor těchto řádků, který byl nucen zabývat se numerickými problémy, konstrukcemi kompilátorů, řízením procesů a softwarovým inženýrstvím (ve všech těchto oblastech vedle praktických realizací konal i základní, resp. aplikovaný výzkum).

Důležitost výchovy programátorů postřehly dříve technické než univerzitní obory (jedním z důsledků této skutečnosti je horší vybavenost univerzit počítači). Dnes je soubor teoretických a technologických znalostí ve studijních plánech „programátorsky zaměřených specializací“ (s nejrůznějšími názvy, často obsahující zkratku ASŘ) prakticky na všech fakultách technických a ekonomických vysokých škol a na přírodovědných, resp. matematicko-fyzikálních fakultách univerzit. Aplikace matematiky a počítačů v medicíně (viz např. počítačová tomografie atd.), lingvistice aj. povede zřejmě k tomu, že se tento výčet dále rozšíří.

Výuka „počítačově zaměřených odborníků“ obsahuje kromě poznatků tvořících zázemí programovací profese (programovací jazyky, programovací techniky, operační systémy a související matematické poznatky – tyto poznatky tvoří náplň studijního oboru matematická informatika) i aplikační poznatky potřebné v daném oboru (např. elektronika, pružnost – pevnost, organizace podniku a ekonomické modely atp.). Počet „počítačově orientovaných“ absolventů na jednotlivých vysokých školách kolísá od několika desítek až k více než stu. Je kuriózní, že

směrná čísla pro tyto obory na některých školách kolísají z roku na rok i v poměru 1 : 2, i když je známo, že v praxi se uplatňují jako „čistí“ programátoři velmi často i absolventi jiných studijních oborů (u některých fakult je to značná část všech absolventů, snad i více než 70%, což při desetitisících programátorů v praxi není ani jinak možné). Je pozoruhodné, že řada např. strojírenských kateder má ve svých studijních plánech přednášky zaměřené na problémy programování (operační systémy a řízení atp.).

Na univerzitách je souhrn obecných poznatků o programování náplní oboru matematická informatika; na všech oborech zaměřených na počítače jsou poznatky matematické informatiky, jak jsme uvedli výše, podstatnou částí studijních plánů (podobně jako matematika).

Na základě své bohužel už dosti dlouhé praxe jsem dospěl k názoru (potvrzenému též zkušenostmi svých kolegů v našich špičkových programátorských kolektivech, např. VÚMS Praha, VVS Bratislava aj.), že velice dobrým předpokladem programátorské činnosti je matematická erudovanost a „otevřené myšlení“ (typické např. pro fyziku), dostatečná znalost všeobecných poznatků a samozřejmě talent (viz níže). To potvrzuje i řada faktů zveřejněných v odborné literatuře. Konkrétní poznatky se dají snáze naučit.

Problém je v tom, že jak praxe (chce mít „hotové“ absolventy), tak výuka (jeví tendenci dát spíše souhrn poznatků, „co je nového“) tuto zkušenost nerespektují. Zde je možná jeden (ovšem ne jediný) z kořenů často nižšího efektu nasazení počítačů. Navíc matematická informatika jako vědecký nomenklaturní obor u nás úředně neexistuje (nelze např. obhajovat kandidátské práce v tomto oboru). V tom

jsme asi mezi vyspělými zeměmi poslední singularitou.

Profesionální pedagogové s výše uvedenými fakty obvykle souhlasí na všeobecné úrovni, neradi však vylučují ze studia jakýkoliv konkrétní poznatek. To pravděpodobně souvisí s rozsahem vědecké činnosti na vysokých školách.

Níže je uveden pokus shrnout hlavní problémy výuky matematické informatiky metodou, která se nazývá v programování „specifikace požadavků“. Většina problémů, které uvádíme, není samozřejmě typická pouze pro matematickou informatiku, avšak vzhledem ke krátké tradici, rychlému vývoji a pracnosti některých programátorských prací jde o problémy, které jsou pro matematickou informatiku tíživější. Níže uvedené poznámky samozřejmě tím spíše platí i pro studijní obor matematická informatika.

Chtěli bychom zdůraznit, že níže uvedené skutečnosti se týkají výchovy těch programátorů, kteří musí řešit netriviální problémy a mají možnost ovlivnit žádoucím směrem specifikaci cílů programů. Pokud se navrhuje programový systém kopírující dosavadní praxi (např. u evidence) se všemi nelogičnostmi, a proto neustále upravovaný, stane se z programování dřina a výsledek lze přirovnat k rozkopané ulici, kterou někdo rozkopal, aby zavedl osvětlení, a pak neměl elektřinu ani síly na zahrnutí výkopu.

Pokusme se tedy metodou podobnou jako při specifikaci cílů programovaného díla formulovat hlavní cíle výuky v oblasti matematická informatika.

Při stanovení úkolů a cílů výuky matematické informatiky je nutné stanovit:

1. Situaci a potřeby.
2. Rozhodující cíle výchovy a žádoucí vlastnosti absolventů.

3. Omezení a možnosti.
4. Cesty k dosažení cílů.

Začneme od situace. Počítače jsou nejrychleji se vyvíjející oblastí techniky se stále novými aplikacemi; každých 5–10 let zlepšují parametry o řád a každých deset let dochází k jejich zcela novým masovým aplikacím (vědecké výpočty, hospodářské agendy, řídicí systémy, osobní počítače atd.). V počítačích se uplatňují špičkové vědecké poznatky (fyzika pevné fáze, chemie, matematika atd.). Rozvoj metod programování je přitom relativně pozvolný, a to i v zavedených oborech (např. v ekonomických výpočtech). Odhaduje se, že zvýšení produktivity práce v programování za 20 let je asi dvojnásobné (parametry elektroniky počítačů se za stejné období změnilo v poměru 1 : 100 až 1 : 1000). Využití počítačů je jeden z hlavních faktorů zvýšení efektivity ekonomiky (zvýšení produktivity práce a účinnosti řízení), vědecké práce (plánování a řízení experimentů), zdravotnictví aj. Úspěchy v elektronice a počítačích jsou jedním z hlavních faktorů schopnosti konkurence a mají i velmi podstatné dopady v oblasti nových zbraní. V nových oborech aplikace počítačů se často teprve hledají metody řešení. Výsledkem je stále rostoucí cena programového vybavení (až 80% ceny počítače) a kritický nedostatek programátorů, především těch talentovaných. Jsou však i jiné důsledky, např. ne vždy přesvědčivé výsledky nasazení počítačů.

Výzkum v oblasti softwarového inženýrství a pokusy s programováním, stejně jako zkušenosti s realizací programových komplexů ukazují silnou závislost výsledků na kvalitě zúčastněných pracovníků. Z praxe a experimentů je známo, že poměr výkonností mezi profesionálními programátory při psaní programů je běžně

v poměru 1 : 10, tj. den ku dvěma pracovním týdňům, není výjimkou ani poměr den k měsíci. Je velký nedostatek koncepčních pracovníků schopných vést projekt, nedostatek „šikovných lidí“ se vzhledem k rychlému vývoji oboru projevuje i na – řekněme – řemeslné úrovni.

Je řada indikací, že vliv talentů v oblasti specifikací cílů a návrhu architektury systémů je ještě výraznější (není vyloučen poměr den/několik měsíců), navíc se zde rozhoduje o celkovém úspěchu projektu. (Efekt talentu se však v této oblasti obtížněji měří.) Jedním z projevů tohoto faktu je i relativní snadnost (ve srovnání s klasickými obory), s jakou programátoři bez programátorské přípravy vyrovnávají handicap v přípravě. Samozřejmě, jak léta běží a hromadí se znalosti, je zmíněný handicap stále citelnější.

Ukazuje se, že pro mnohé práce jsou vhodní vysloveně mladí lidé (např. u některých předních počítačových firem je tendence nezaměstnávat programátory starší 40 let). To je situace podobná situaci v abstraktní matematice, teoretické fyzice a jiných moderních vědních oborech.

Stále širší možnosti aplikace a dostupnosti počítačů vytvářejí tendence k tomu, aby se znalosti programování staly obecnější (něco jako nová gramotnost, viz článek A. P. Jeršova v PMFA 6/82). Tento fakt má podstatné důsledky i pro výuku matematiky ve škole (větší užitečnost znalostí algebry a logiky).

Z toho všeho můžeme učinit první důležité, i když samozřejmé závěry:

1. Nedostatek (především dobrých) programátorů potvrvá.
2. Je pravděpodobné, že mnozí z programátorů budou nuceni pracovat ve směrech, o kterých nyní nemáme ani tušení (nové oblasti aplikace).

3. Stále širší zapojení počítačů do přímého řízení výrobních procesů, experimentů a technologií spolu s požadavkem propagovaným v softwarovém inženýrství, aby se programátor zúčastnil prací od specifikace cílů až k oživení a předání systému, vyžaduje a bude vyžadovat od mnoha programátorů schopnost spolupracovat s odborníky jiných profesí a schopnost porozumět problémům cizích oborů.
4. Dojde ke změnám v architektuře počítačů (např. mikroprocesory). Poněvadž budou počítače „ušity na míru“, bude třeba spolupráce mezi programátorem a konstruktérem systému.

Nyní můžeme formulovat požadavky na výuku poznatků matematické informatiky:

- a) Poněvadž většina dnešních poznatků rychle zastarává, je schopnost nové poznatky přijímat důležitější než souhrn poznatků.
- b) Důležitější než encyklopedické poznatky jsou znalosti metod realizace systémů a schopnost týmové práce. Přitom v této oblasti jsou naše možnosti na vysokých školách omezené.
- c) Vzhledem ke klíčové roli špičkových pracovníků je nutné značné úsilí k zachycení a výchově talentovaných studentů, a to přímým zapojením do výzkumné týmové práce. Tento fakt je tím důležitější, že životní doba programátora je poměrně krátká. Každý získaný rok je proto neobyčejně významný.

Je zřejmé, že jsme dospěli k závěrům platným pro každý rychle se vyvíjející obor. Vzhledem ke specifice programátorské práce (např. pracnost realizace – je běžné, že programové dílo tvoří několikačlenný tým řadu let, rychlý technický

i vědecký vývoj) jsou požadavky a) až c) pro budoucí programátory zvláště důležité.

Bod c) vyžaduje, aby se na školách rozvinula vědecká práce za účasti studentů. To je při dnešních pedagogických úvazcích (kdy se předpokládá, že pedagogové řeší vědecké problémy vlastně jako „melouch“ na 1/4 úvazku) a omezených prostředcích na vybavení velmi obtížné. Body a) a b) vedou k požadavku, aby výuka byla zaměřena spíše na cvičení ve zvládnání nových poznatků než na konkrétní znalosti, spíše na pracovní návyky než na konkrétní metody. K tomu je samozřejmě vhodné použít ty poznatky, které jsou základní a co nejméně zastarávají, výběr poznatků je méně podstatný.

Máme chvályhodnou snahu seznámit studenty pokud možno se vším, co se kde objeví (a jsme hrdi na to, co jsme schopni pomocí zpětných projektorů vyložit). Je to jistě správné, avšak neudržíme-li míru, bude výsledkem povrchnost. Stává se, že absolvent zná několik metod syntaktické analýzy, ale porozumění struktury syntaxí řízeného kompilátoru není na patřičné úrovni a chybí i dovednost navrhnout a napsat nějakou část kompilátoru nebo alespoň větší program.

Tato samozřejmá fakta nejsou vždy respektována, počínaje pevně stanovenými učebními plány a konče mnohými učiteli a studenty. Jedni se často domnívají, že je třeba vyložit co nejvíce (slovních) poznatků, druzí jsou přesvědčeni, že s tím, co se naučí, vystačí po celý život (a některým se to i povede), a proto se brání všeobecným poznatkům bez okamžitého přímého použití. Poněvadž výsledkem programování je nejen něco, co funguje, ale i dokumentace (slovní i jiná), měli by být absolventi schopni vládnout dobře mateřským jazykem. Rovněž znalost cizích ja-

zyků je potřebná (viz např. dokumentace počítačů dovážených z různých stran světa, dokumentace programů různých mezinárodních knihoven, články atd.). Důležitý je i návyk pravidelně sledovat cizojazyčnou literaturu. To všechno jsou vlastnosti, které považujeme za žádoucí i u budoucích vědců.

Za této situace je krokem zpět tendence k výuce specializovaných poznatků pevně vymezených studijními plány. V sešňovaném schématu se málo uplatní osobnost učitele a o významu osobnosti učitele se dostatečně jasně vyjádřili už klasici. Pro záplavu konkrétních poznatků, byť pečlivě vybraných (a pokud možno zahrnujících poslední hity) nezbude na výchovu výše zmíněných žádoucích vlastností. To je jeden z důsledků známé skutečnosti, že bez vědecké a vývojové práce vysokoškolských učitelů není vysoká škola vysokou školou, ale jen školou střední. (K tomu viz podnětnou knihu akademika Kapici: Experiment, teorie, praxe, Mladá Fronta, 1982). Domnívám se, že jedním z nejúčinnějších způsobů, jak k tomuto nežádoucímu stavu dospět, je stavět v každodenních řídicích opatřeních výuku, administrativní a jinou činnost de facto nad vědeckou činnost nebo, což je totéž, nevytvářet pro vědeckou činnost rozumné podmínky.

Programování jakožto hraniční obor s poměrně krátkou historií a vysokým tempem rozvoje a s nezanedbatelnými technickými (inženýrskými) aspekty vyžaduje při vědecké práci i výuce poměrně značné množství technických prostředků (např. nepřilíš zastaralé počítače), specifický talent a především značné množství nejenom tvůrčí, ale i tzv. řemeslné práce (kódování, dokumentace, příprava úloh pro počítač, projekce atd.). Pro takovou činnost je nutné vytvořit učitelům dosta-

tečný prostor. To je při povolených 500 hodinách ročně na vědeckou činnost značně obtížné. Přitom pouze tato činnost (jíž by se měli zúčastnit vhodnou formou i studenti) dává možnost naučit studenty některé důležité aspekty programování (projekce, vývoj technik, práce v týmu atd.), popř. možnost získat o těchto věcech alespoň představu. Zároveň umožňuje seznámit studenty s tím, že špičková vědecká a technická činnost je nejméně stejně tvrdá řehole jako např. vrcholový sport, že vyžaduje více než 8 hodin denně, a že tedy při ní zbývá jen málo času na cokoliv jiného.

Posuzujeme-li podporu vědeckotechnické činnosti na vysokých školách jako důležitého zázemí výuky matematické informatiky podle každodenních opatření (prostředky na vybavení počítači, pracovní kapacity, oceňování vědecké práce ať už hmotně nebo morálně atd.), musíme dojít k rozporným závěrům. Úkoly administrativního charakteru se snáze kontrolují (a mají také krátkodobější termíny). Vědecká a vývojová činnost má podstatně dlouhodobější a obtížněji kontrolovatelné výsledky (např. vybudování špičkového týmu v programování trvá, jak o tom svědčí zkušenosti softwarových firem u nás (VÚMS) i jinde (např. SIEMENS), i za podmínky, že jsou k dispozici vhodné pracovníci, 10 až 20 let, někdy i více). Poněvadž je „bližší košile než kabát“, dochází fakticky k preferenci plnění úkolů administrativního rázu. Tento trend bývá podporován i mlčky uplatňovanou zásadou, že řízení je tím dokonalejší, čím více výkazů používá (a zpracovává na počítači).

Dochází k redukci prostředků na vědeckou činnost (prostředky na nákup vědecké literatury se např. z roku na rok podstatně snížily). Jsou problémy se získá-

ním kvalitních „laboratorních počítačů“, nutných pro vědeckovýzkumnou a vyšší výukovou činnost v oboru matematická informatika (výše jsme uvedli, že by obě tyto činnosti měly být provázány). Odhaduje se, že v oboru programování vznikají ve světě dva až tři nové vědecké časopisy ročně. To při omezování prostředků spolu s faktem, že v době objednávání „starých časopisů“ se inforatická pracoviště a katedry teprve formovaly a že inforatici jako většinou mladí lidé nejsou obvykle „u toho“, když se rozhoduje, který titul neodebírat, vede k tomu, že řada poznatků a výsledků v oboru je u nás prakticky nedosažitelná, a tedy nepoužitelná jak ve vědecké, tak při pedagogické činnosti. Leccos by se sice dalo zlepšit automatizovanými systémy vědeckotechnických informací s využitím počítačů. To však u nás naráží na technické problémy (nedostatek vhodných počítačů, terminálů, kvalita telekomunikací, systémy práce s mikrofilmy atd.). Zajištění širší základny pro vědeckovýzkumnou činnost v programování by si pravděpodobně vyžádalo i řadu organizačních a investičních opatření (společná pracoviště, vybavení laboratoří). Je také otázka, proč jsou u nás takové problémy s hraničními obory, jako je matematická informatika. Snad by se v této oblasti daly využít i zahraniční zkušenosti.

Dnes lze tedy jen s obtížemi zajistit, aby se lepší studenti zúčastnili vědecké práce a ti průměrní uměli řešit a dořešit netriviální úkol.

Je nutné, aby programátoři spolupracovali a byli činní v různých oborech lidské činnosti. Musí jim být vlastní široký záběr znalostí, přizpůsobivost, schopnost abstrakce (to je blízké matematice) i schopnost formulovat modely (to je blízké fyzice) a realizovat je (technická činnost). Tomu se mohou naučit jen ve styku se

skutečnou vědeckovýzkumnou a technickou činností a mají-li znalosti poznatků širokého záběru, které umožňují specializaci v různých směrech (což samozřejmě neplatí pouze pro programování).

Zajímavé jsou např. zkušenosti velkého kolektivu programátorů ve Výzkumném ústavu matematických strojů. Ukazuje se např., že absolventi se širším zaměřením dosahují zprvu horších výsledků než silně specializovaní absolventi jiných škol. Po pěti letech praxe se situace (zvláště v obtížnějších oblastech) obrátí. Rychlé výsledky nebývají vždy i dobré výsledky.

Vědecká a technická práce studentů je snad jedinou cestou, jak včas najít talenty a jak jim pomoci v rozvoji. Bez talentů podstatných výsledků v programování podle celosvětových zkušeností nedosáhneme — úspěch velkých programových projektů závisí podle zkušeností především na kvalitě talentů a těch je nedostatek. Žádná administrativní opatření nedostatek talentů nenahradí. V informatice je situace komplikována tím, že řada prací vyžaduje technická vybavení, která jsou drahá a často nedostupná (např. mikroprocesorové systémy). Práce vyžadují mnoho času a týmovou spolupráci.

Výukové plány počítačově zaměřených specializací a matematické informatiky by měly poskytnout dosti prostoru pro vědeckou a vývojovou činnost studentů. Tato činnost by měla být zajištěna i materiálně (přístroje, literatura a počítač). Více by se měla provádět výměna studentů a stáže učitelů a především by měla být výše hodnocena vědecká a vývojová práce učitelů.

Současnou situaci nebude snadné změnit nejenom vzhledem k našim současným ekonomickým možnostem. Potřebnost všeobecných znalostí a přizpůsobivost programátorů podceňuje i praxe, kde se např.

za základ všeho často považuje, v rozporu s poznatky softwarového inženýrství, znalost konkrétního programovacího jazyka. Pokud neustále modifikujeme program na počítání židlí, pak to stačí. Výsledky pak mají odpovídající kvalitu.

Ve výuce matematické informatiky by se měla více zdůrazňovat návaznost a souvislost poznatků (vzorem v tomto směru by snad mohla být klasická matematická analýza). Není to cvšem snadné při explozivním růstu v oborech zahrnujících jak poznatky čistě matematické, tak i technické. Není asi jiné cesty než při rozumném výběru poznatků více zdůrazňovat integrující roli vhodných přednášek. Takovou funkci mohou např. plnit přednášky z kompilátorů (může se využívat poznatků z těchto oborů: formální jazyky, teorie grafů, kombinatorika, organizace dat, vlastnosti algoritmů, strojové jazyky a asemblery, architektura počítačů atd.), operačních systémů a datových bází. Zatím při tendenci k množství „slovníkových poznatků“ převládají přednášky, ke kterým mohou studenti často přistupovat metodou „nauč se a po zkoušce zapomeň“.

Zvláštní kapitolou jsou vědecké práce

studentů z oboru matematická informatika. Hlavním problémem je široké spektrum témat (od čistě matematických prací k fungujícím programům využívajícím nějaký nový v podstatě technický obrat). Navíc u prací technického charakteru jde obvykle o práce značně pracné a časově náročné, realizované obvykle skupinou pracovníků. Nejsou vyjasněny i některé právní problémy (např. komu patří produkt studentovy práce).

S výukou matematické informatiky je tedy dosti starostí. Mnohé plyne z rychlého rozvoje oboru, mnohé z toho, že v důsledku řady příčin nejsme vždy schopni dostatečně pružně zahrnout do našeho výukového (i vědeckého) systému nový hraniční obor. Mnohé vyplývá i z toho, že přes silné vazby na matematiku jde i o technický obor. To vyžaduje budování technické základny i tam, kde se zatím vystačilo s papírem, tužkou a literaturou. Jsme omezoání nedostatkem talentů i techniky, jsme však si vědomi hlavních problémů, což se již projevilo ve zlepšení situace při zajišťování výuky. Nelze však ani zdaleka tvrdit, že zbývá málo problémů k řešení.

vyučování

INSTITUT PRO DIDAKTIKU
MATEMATIKY V BIELEFELDU

Jaroslav Šedivý

Výzkumná práce v didaktice matematiky dostala mohutný impuls k rozvoji

na konci 50. let, kdy začala horečná práce na modernizaci školské matematiky. V té době vznikaly v kapitalistických státech výzkumné skupiny při vysokých školách, někde i tak početné, že vytvářely samostatné ústavy přidružené k vysoké škole. Jejich činnost byla obvykle hlubší, rozvržená na delší dobu a méně „hlučná“ ve srovnání s agilními centry, která vyhláškouvala projekty a zaplavovala trh sériemi učebnic moderní i tzv. moderní mate-