

Matematická příprava doktorandů

Jaromír Baštinec,

Ústav matematiky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT Brno,
Technická 8, 616 00 Brno, Česká republika
e-mail: bastinec@feec.vutbr.cz

Abstrakt

Príspevek je venovaný obsahu, zaměření a navrhovaným změnám v předmětu „Statistika, operační výzkum, stochastické procesy“, který je nabízen studentům doktorandských studijních programů na FEKT a FIT VUT.

1 Bakalářské a magisterské studium

V roce 2002 bylo na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně (FEKT VUT) zahájeno dvoustupňové vysokoškolské studium (bakalář + magistr = inženýr) podle nově vytvořené studijní dokumentace.¹

V souladu s propagovaným trendem snižování počtu hodin kontaktní výuky má zimní semestr 13 týdnů výuky a končí před Vánoce. Po svátcích jsou 4 týdny zkušebního období a jeden týden prázdnin. Poté následuje 13 týdnů výuky v letním semestru a zkušební období, které je ale prodlouženo, protože se v jeho průběhu konají přijímací zkoušky.

Přechod na dvoustupňový systém vysokoškolského vzdělávání představoval výraznou změnu. Jeho hlavním důsledkem se stal požadavek, aby absolventi bakalářského studia byli již po třech letech studia připraveni jednak k nástupu do praxe a jednak současně i k pokračování v navazujícím magisterském studiu. Jde o dva zcela protichůdné požadavky. Jejich splnění se, podle mého názoru, navzájem vylučuje.

Protože absolventi bakalářského studia mají být schopni nastoupit přímo do praxe, bylo nutné zvýšit v bakalářském studiu rozsah a váhu odborných předmětů. A jelikož počet hodin kontaktní výuky je předem daný a nelze jej podstatně měnit, bylo nutné někde ubrat hodiny, které byly následně přidány odborným předmětům. Důsledkem bylo výrazné omezení rozsahu výuky teoretických předmětů.

Počet hodin matematiky byl pronikavě snížen. V bakalářském studiu je v prvním semestru předmět BMA1 o rozsahu 4 hodiny přednášek, 1 hodina numerického a 1 hodina počítačového cvičení týdně a volitelný seminář pro doplnění středoškolské látky BMAS o rozsahu 2 hodiny numerického cvičení týdně. Ve druhém semestru je předmět BMA2 o rozsahu 3 - 1 - 1. Ve třetím semestru je předmět BMA3 o rozsahu 2 - 1 - 1. Partie matematiky, které bylo nutné vyřadit z osnov povinných předmětů BMA1 - 3, ale které budou studenti potřebovat, pokud se rozhodnou pokračovat ve studiu, byly zařazeny do volitelného předmětu BVPM o rozsahu 4 - 0 - 0.

Do navazujícího magisterského studia byly zařazeny 4 matematické předměty: Diferenciální rovnice v elektrotechnice - o rozsahu 3 hodiny přednášek a 1 hodina cvičení týdně, Pravděpodobnost, statistika a operační výzkum - o rozsahu 2 - 2, Maticový a tenzorový počet - o rozsahu 2 - 2, Moderní numerické metody - o rozsahu 3 - 1. Jde o volitelné předměty teoretického základu.

¹Už v průběhu prvních ročníků bakalářského studia bylo nutné provádět změny v osnovách a průběžně upravovat studijní plány. Podrobnosti viz [3], [5], [6], [8], [9].

Celkem mají studenti v bakalářském studiu celkem 117 hodin přednášek, 39 hodin numerického cvičení a 39 hodin počítačového cvičení v povinných předmětech a mají možnost si zvolit volitelné předměty v rozsahu až 78 hodin. V magisterském studijním programu budou mít 52 hodin matematiky, popřípadě 104, pokud si zvolí dva matematické předměty. To znamená, že během celého bakalářského studia je student povinen absolvovat pouze 195 hodin přímé výuky matematiky. Přitom, pro srovnání, před zahájením reformy studia, bylo pouze v prvním semestru studia 225 hodin výuky matematiky. Jde o skokové výrazné snížení počtu hodin, které není doprovázeno adekvátním snížením obsahu.

Výuka matematiky je v bakalářském i navazujícím magisterském studijním programu velmi náročná. Zvláště výrazně se projevuje u studentů nedostatečná počtářská praxe, která je důsledkem slabého procvičení materiálu. Veškerá výuka se děje v příliš velkém spěchu a studenti nemají jednotlivé pojmy a postupy dostatečně zažit. Předpoklad důkladné domácí samostatné práce studentů se nenaplnil. Problémy se přitom přenášejí do stále vyšších ročníků studia.

Svoji roli zde hraje i přerušovaný styl výuky. Studenti mají první tři semestry matematiku, potom následuje přerušování matematické přípravy, jehož délka závisí na tom, zda si daný student vybere či nikoliv volitelný předmět BVPM. Přetržka může být opět délky až tří semestrů. V magisterském studiu jsou matematické předměty zařazeny do prvních dvou semestrů. Následuje další přetržka a zájemci o doktorské studium se setkávají s matematikou zase po dvou či třech semestrech.

2 Výuka matematiky v doktorandském studiu

Ve školním roce 2007 - 2008 nastoupili první absolventi nových forem výuky do doktorandského studia.

Postgraduální doktorandské studium je nemyslitelné bez kvalitní teoretické přípravy. Proto byly vždy zahrnuty do doktorandských studijních programů i matematické předměty. Podle svého zaměření si mohli studenti volit z následujících předmětů:

- Numerické řešení polí.
- Diferenciální rovnice v elektrotechnice.
- Algebra, kombinatorika, grafy.
- Logika.
- Komplexní proměnná v elektrotechnice.
- Diskrétní procesy v elektrotechnice.
- Operační analýza.
- Variační počet a jeho aplikace v elektrotechnice.
- Impulsní funkce a jejich aplikace v elektrotechnice.
- Globální transformace funkcionálních rovnic.
- Statistické metody zpracování dat.

Obsahy jednotlivých předmětů vycházely z požadavků finálních ústavů. U všech předmětů byly plánovány pouze přednášky. Studenti PGS si vybírali předměty podle svého odborného zaměření. Většinou se rozhodují na základě doporučení svého školitele, respektive podle rozhodnutí ústavu, který sestavuje jejich studijní plány. Počet kurzů a jejich obsah se průběžně měnil.

Počty studentů v jednotlivých předmětech kolísaly mezi třemi až patnácti studenty. Pokud o kurz projevil zájem méně než tři studenti, tak se kurz neotvíral, ale výuka mohla probíhat v rámci řízených konzultací.

Jako důsledek neustálého krácení počtu hodin výuky matematiky v základních programech, je třeba stále více partií matematiky přesunovat do vyšších programů - z bakalářského do magisterského a z magisterského do postgraduálního.

Některé partie matematiky, které byly dříve standardní součástí základního kurzu matematiky na naší fakultě, se teď objevují až v doktorandském studiu. Zatímco dříve se s nimi seznamovali všichni studenti, nyní se jejich výuka týká pouze vybraných jedinců.

Po posledních změnách v osnovách jednotlivých kurzů bylo rozhodnuto, že bude omezen počet nabízených kurzů ve všech oborech a na všech ústavech. Proto zůstaly zachovány pouze dva matematické kurzy pro doktorandy. A sice „Diskrétní procesy v elektrotechnice“ a „Statistika, operační výzkum, stochastické procesy“. Budeme se věnovat podrobněji poslednímu z nich.

3 Předmět „Statistika, operační výzkum, stochastické procesy“

Fyzikální a technický popis většiny procesů v elektrotechnice se provádí pomocí spojitých a po částech spojitých funkcí. Ale při většině měření dostáváme jako obraz spojitě veličiny diskrétní veličinu. Proto je nutné, aby studenti zvládli práci nejen se spojitými funkcemi, ale i s diskrétními a aby uměli zpracovat a vyhodnotit naměřené údaje a aby uměli pracovat i s náhodnými veličinami.

Tak se stal jedním z doktorandských předmětů předmět „Statistika, operační výzkum, stochastické procesy“ o rozsahu 39 hodin výuky, tj. 3 hodiny týdně, který je zařazený do zimního semestru. Kurz je tvořen třemi tématickými celky, které vycházejí ze společného základu:

1. Pravděpodobnost a statistické zpracování dat, základní statistické testy a možnosti jejich použití.
2. Charakteristiky stochastických procesů, Markovské řetězce, stacionární a ergodické procesy.
3. Lineární programování, dopravní úloha. Dynamické programování, modely skladových zásob.

Osnova předmětu:

1. Statistika (5 týdnů)
 - (a) Základní pojmy z pravděpodobnosti.
 - (b) Statistické soubory.
 - (c) Bodové a intervalové odhady.
 - (d) Testování hypotéz o parametrech (nejen pro normální rozložení).
 - (e) Testy o tvaru rozložení.
 - (f) Regresní analýza.
 - (g) Testy dobré shody.
 - (h) Neparametrické testy.
2. Stochastické procesy(4 týdny)
 - (a) Deterministické a stochastické úlohy.

- (b) Charakteristiky stochastických procesů.
- (c) Limita spojitost, derivace a integrál stochastického procesu.
- (d) Markovské, stacionární a ergodické procesy.
- (e) Kanonický a spektrální rozklad stochastického procesu.

3. Operační analýza (4 týdny)

- (a) Principy operační analýzy.
- (b) Lineární a nelineární programování.
- (c) Dynamické programování, Bellmanův princip optimality.
- (d) Teorie zásob.
- (e) Plovoucí průměry a hledání skrytých period.

Cílem kursu je rozšířit znalosti studentů v oblasti statistického rozhodování a zpracování souborů dat, stochastických procesů, zvládnutí základů operačního výzkumu včetně aplikací v elektroinženýrství s využitím moderního matematického software.

Předmět je označen jako seminář a podle původního záměru se opravdu mělo jednat o pracovní seminář, kde vyučující bude se studenty diskutovat o problémech, které buď vyplynou z tématického zaměření předmětu a nebo na které narazí sami studenti při své práci. Předpokládá se, že přednášející zařadí do výkladu i vhodné ilustrační příklady a procvičení budou provádět posluchači sami v rámci svého studia. Případné nejasnosti budou objasněny na konzultacích.

Pro usnadnění studia je průběžně zpracováván elektronický text přednášek, který obsahuje i příklady pro samostatné cvičení. Základní literatura, ze které jsme vycházeli, je uvedena na konci příspěvku [10] - [17]. Text je studentům přístupný na fakultní síti.

Předpokládáme využití vhodného matematického software pro ilustraci jednotlivých metod a postupů. Program MATHEMATICA můžeme využívat pouze v omezené míře, která je dána počtem licencí. Navíc jej nemohou studenti používat ani doma a ani při své práci na svých ústavech. Proto se v současnosti zaměříme více na využívání programu MATLAB.

Předmět "Statistika, operační výzkum, stochastické procesy" si volí studenti oborů Kybernetika, automatizace a měření, Biomedicínská elektronika a biokybernetika, Mikroelektronika a technologie, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika, Elektronika a sdělovací technika.

Vzhledem k velmi těsným kontaktům s fakultou informačních technologií VUT (FIT VUT), je tento předmět nabízen i jejich studentům.

Počet zájemců o předmět závisí na počtu přijatých studentů do doktorandských oborů na obou fakultách a osciluje kolem 35 posluchačů ročně. To už znemožňuje individuální přístup a pružnou reakci na potřeby a požadavky studentů.

Proto je nutné se vždy zaměřit na tu část studované problematiky, která zajímá většinu posluchačů.

4 Závěr

Obsah a zaměření doktorandského studia se neustále mění a přizpůsobuje novým podmínkám a úkolům. Například řada disertačních prací je vypracovávána na základě požadavků či přímo zadání firem, které se tímto podílejí na základním i aplikovaném výzkumu. Spolupráce s firmami je velmi různorodá a liší se případ od případu. Od jedné získáme pouze téma, které je pro ně zajímavé, jiná se vedle formulace zadání i částečně podílí na financování výzkumu, či umožňuje využívat svá zařízení a vybavení pro výzkum. Proto je nutné průběžně upravovat náplň matematických předmětů.

Hlavní nedostatky, se kterými se setkáváme, můžeme shrnout do následujících bodů:

- Problémy s vyjadřováním. Klesá schopnost vyjádřit se k určenému problému vlastními slovy. Přitom se stejné potíže vyskytují v písemném i ústním projevu. Důležitost tohoto problému vynikne, pokud si uvědomíme, že studenti neumí přesně zformulovat a popsat svoje problémy a potíže. A to i při popisu a řešení technických problémů, např. na které narazili při spracovávání své disertace.
- Vzrůstající závislost na kalkulátoru a s tím spojená absence odhadu výsledku, byť jen řádového. S tím souvisí i bezmezná důvěra ve výsledky získané pomocí počítače.
- Klesající zájem o teorii a teoretické odvození. Studenti se učí postup řešení konkrétního příkladu a nezajímá je, jak se k danému postupu dojde.
- Chybí početní praxe.

Při přípravě předmětu jsme byli vedeni snahou poskytnout studentům doktorandských studijních programů efektivní matematický aparát, který bude bezprostředně použitelný při jejich práci. Museli jsme přitom počítat s nižší úrovní vstupních znalostí studentů. Nakolik jsme byli úspěšní, ukáže až budoucí zájem studentů PGS o předmět.

Reference

- [1] J. Baštinec: Změny ve znalostech středoškolské matematiky u studentů FEI VUT. *XVI. vědecké kolokvium o řízení osvojovacího procesu. Sborník příspěvků I.*, Vyškov 1998, 55 - 59.
- [2] J. Baštinec: Matematika pro sériové bakaláře na FEKT VUT. *3. konference o matematice a fyzice na vysokých školách technických s mezinárodní účastí. Sborník příspěvků.* Brno 2003, 31 - 36. ISBN 80-85960-51-6.
- [3] J. Baštinec: Matematika pro bakaláře na FEKT VUT, *Zborník, 28. konferencia o matematike na vysokých školách technických, ekonomických a poľnohospodárskych.* Žilina: Žilinská univerzita, 2004, 13 - 23, ISBN 80-8070-287-X.
- [4] J. Baštinec: Nedostatky v matematické přípravě absolventů středních škol z pohledu učitele VUT. *DIDZA (Didactic Conference in Žilina with international participation).* Žilina, Slovensko: Faculty of Science, University of Žilina, 2004, 15 - 22, ISBN 80-8070-270-5.
- [5] J. Baštinec, J. Diblík: Výuka matematiky v magisterském studiu na FEKT VUT. *XXIII International Colloquium on The Acquisition Process Management, Sborník abstraktů a elektronických verzí příspěvků na CD-ROM.* University of Defence, Brno, 2005, 1 - 5, ISBN 80-85960-92-3.
- [6] J. Baštinec: Výuka matematiky na FEKT VUT Brno (v bakalářském i magisterském studiu). *37. konferencia slovenských matematikov.* Žilina: Slovenská matematická spoločnosť, 2005, 17 - 22, ISBN 80-8070-484-8.
- [7] D. Hrubý, F. Kuřina, P. VOPĚNKA: O matematice a jejím vyučování, *PMFA*, 52(2007), 4, 330-342
- [8] M. Novák: On Problems of Computer Aided Teaching of Mathematics at Technical Universities. *XXIII International Colloquium on the Acquisition Process Management. Proceedings of electronic versions of contributions.* Brno, University of Defence, Faculty of Economics and Management, 2005, 1 - 5, ISBN 80-85960-92-3

- [9] I. Růžičková: Matematika v bakalářském studiu na FEKT VUT aneb nebylo by méně více? *XXII. International Colloquium on the Acquisition Process Management*, Vyškov 2004, 1-3. ISBN 80-7231-116-6.
- [10] L. Anděl: *Statistické metody*. Matfyzpress, MFF UK Praha, 1993.
- [11] I. MILLER, M. MILLER: *J. E. Freund's Mathematical Statistics. Sixth Edition*. Prentice Hall, Inc., New Jersey 1999. Předchozí vydání publikováno pod názvem Freund, J.E.: *Mathematical Statistics, Fifth Edition*.
- [12] D. C. Montgomery, G. C. Runger: *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York 2003.
- [13] I. Nagy.: *Základy bayesovského odhadování a řízení*, VUT, Praha, 2003
- [14] A. Papoulis: *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, McGraw-Hill, 1991.
- [15] A. H. Taha: *Operations research. An Introduction. Fourth Edition*, Macmillan Publishing Company, New York 1989.
- [16] J. Škrášek, Z. TICHÝ: *Základy aplikované matematiky III*. SNTL Praha, 1990
- [17] J. Zapletal: *Základy počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky*. PC-DIR, VUT, Brno, 1995