

VÝUKA PŘEDMĚTU ZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY V LÉKAŘSTVÍ S PODPOROU MATLABU

Ing. Jiří Hozman

Katedra radioelektroniky (K337), FEL ČVUT v Praze

Úvod

Problematika zobrazovacích systémů v lékařství je v současné době velmi aktuální, protože obrazový výstup těchto systémů poskytuje značné množství kvalitní informace pro lékaře, ale nejenom pro ně. Vzhledem k tomu, že v ČR je v současné době značné využití těchto systémů, je v rámci výuky na oboru Biomedicínské inženýrství na FEL ČVUT této problematice věnována patřičná pozornost. V rámci předmětu Zobrazovací systémy v lékařství jsou studenti seznamováni s koncepcí, vlastnostmi a strukturou zobrazovacích systémů (transmisních i reflexních, aktivních i pasivních) užívaných v současné době v lékařství. Jedná se o RTG, RTG-TV, digitální radiografii (DSA), tomografické systémy CT včetně Micro CT, gamazobrazovací konvenční a tomografické systémy SPECT a PET a infrazobrazovací systémy (zejména termovizní systémy). Dále se jedná o ultrazvukové zobrazovací systémy včetně UZ dopplerovských průtokoměrů a tomografických UZ systémů, tomografické systémy využívající MR včetně funkční MR a tzv. HR MR (3T), tj. s vysokým rozlišením a konečně o elektrickou impedanční tomografie.

Velmi důležitou úlohu v tomto procesu sehrává výpočetní prostředí Matlabu, resp. Matlab, Simulink, Signal Processing Toolbox, Image Processing Toolbox a též Communication Toolbox. Zejména poslední výrazná aktualizace v podobě R12, kde se můžeme setkat s velmi znatelným vylepšením Image Processing Toolboxu, o čemž svědčí i změna čísla verze (v současné chvíli V3.1) je velmi užitečným nástrojem. V příspěvku je popsána koncepce využití výše uvedených produktů a dále jsou postupně rozebrány jednotlivé problematiky zobrazovacích systémů, tak jak jsou vykládány a procvičovány s podporou Matlabu. Jsou uvedeny konkrétní obrazové vstupy a výstupy, které ilustrují vybrané základní principy. Velmi názorným příkladem je např. výklad principu počítačové tomografie, resp. CT s využitím Radonovy transformace.

Základní koncepce využívání Matlabu

Vzhledem k zaměření předmětu Zobrazovací systémy v lékařství je naším prvořadým cílem, aby studenti pochopili fyzikální základy tvorby (vzniku) snímaného parametru a principy konstrukce či rekonstrukce výsledného obrazu daného typu modality. Z tohoto důvodu je velmi vhodným výukovým nástrojem výpočetní prostředí Matlabu, resp. využití možnosti Image Processing Toolboxu (IPT).

Tato koncepce má přednost v tom, že:

1. Student využívá Matlabu k efektivnímu řešení zadaných náročnějších úloh tím, že využívá již implementovaných jednodušších funkcí, jejichž případná neefektivní tvorba nepostihuje hlavní záměr úlohy.
2. Není nutné používat relativně složitý překladač do vyššího programovacího jazyka, což by způsobovalo, že student se nesoustředí na jádro problému, ale na to, jak vytvořit posuvné lišty apod. Takováto aplikace se dá vytvářet až v případě, kdy potřebujeme realizovat časově nenáročnou, ale již optimalizovanou a odladěnou aplikaci.

Image Processing Toolbox

Vzhledem k existenci mnoha informací a materiálů na WWW stránkách, viz [7], [8], zde uvedu pouze velmi významné charakteristiky a výrazná vylepšení Image Processing Toolboxu, která mají zásadní význam pro koncipování výuky.

Jedná se o tyto oblasti:

- načtení a uložení obrazu,
- základní operace s obrazem včetně aritmetických a logických operací,
- geometrické transformace,
- registrace obrazů,
- operace na okolí obrazového bodu a blokové operace,
- návrh 2D filtrů,
- integrální transformace,
- matematická morfologie,
- předzpracování obrazu,
- analýza obrazu,
- zpracování oblastí,
- dekonvoluce, neboli odstranění rozmazání.

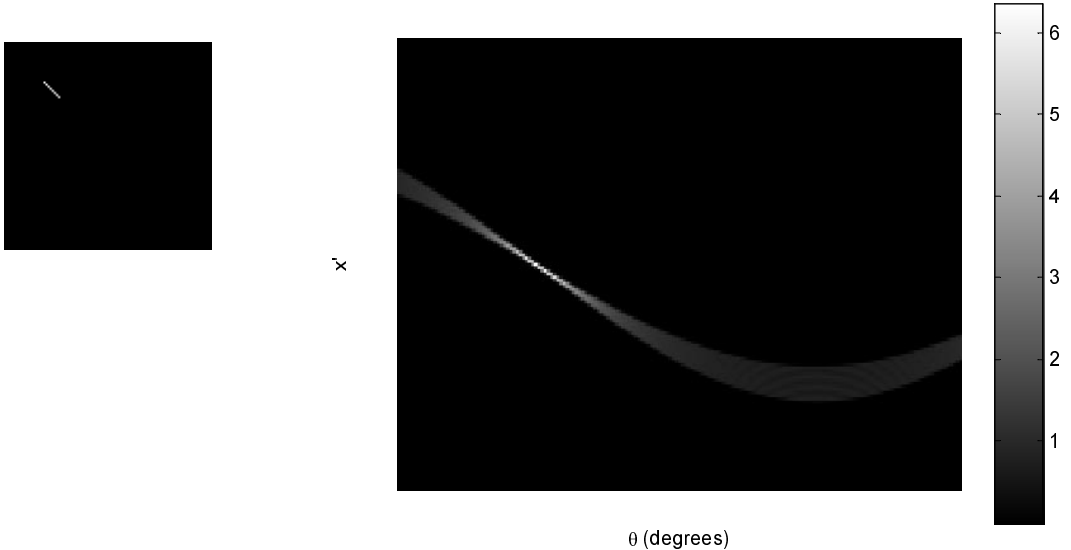
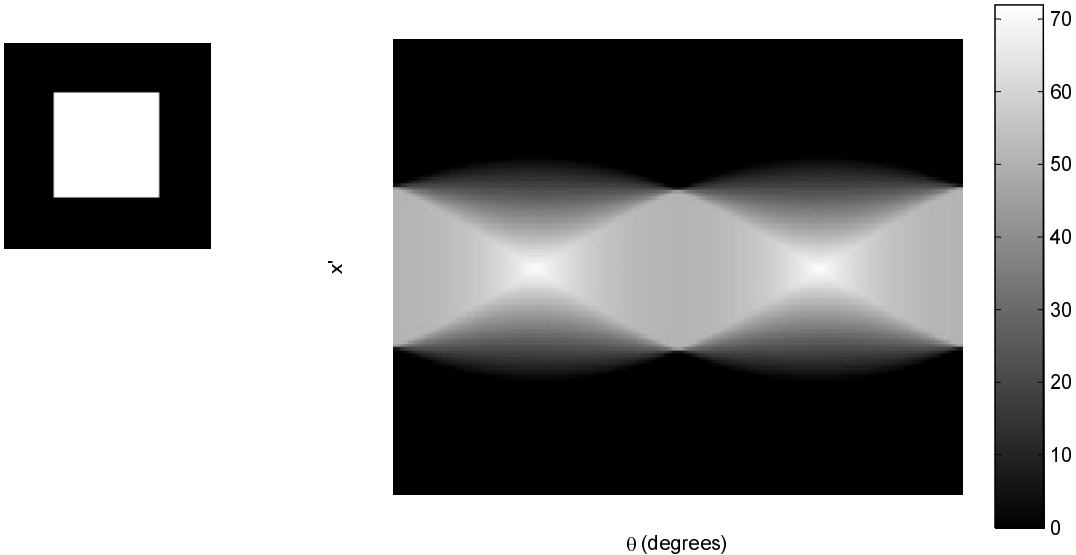
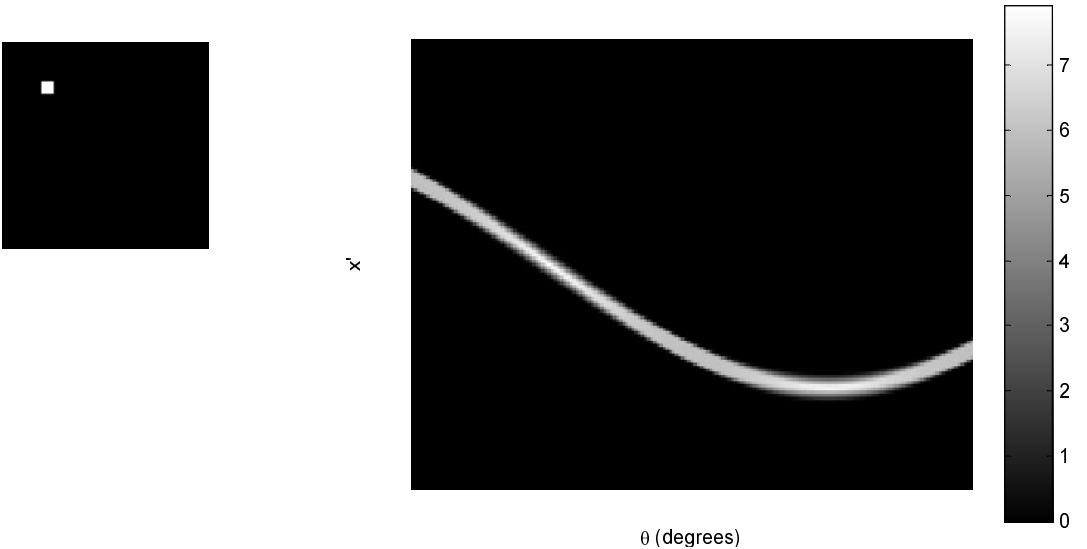
Podrobnější popis viz též [8].

Výčet možných úloh k řešení

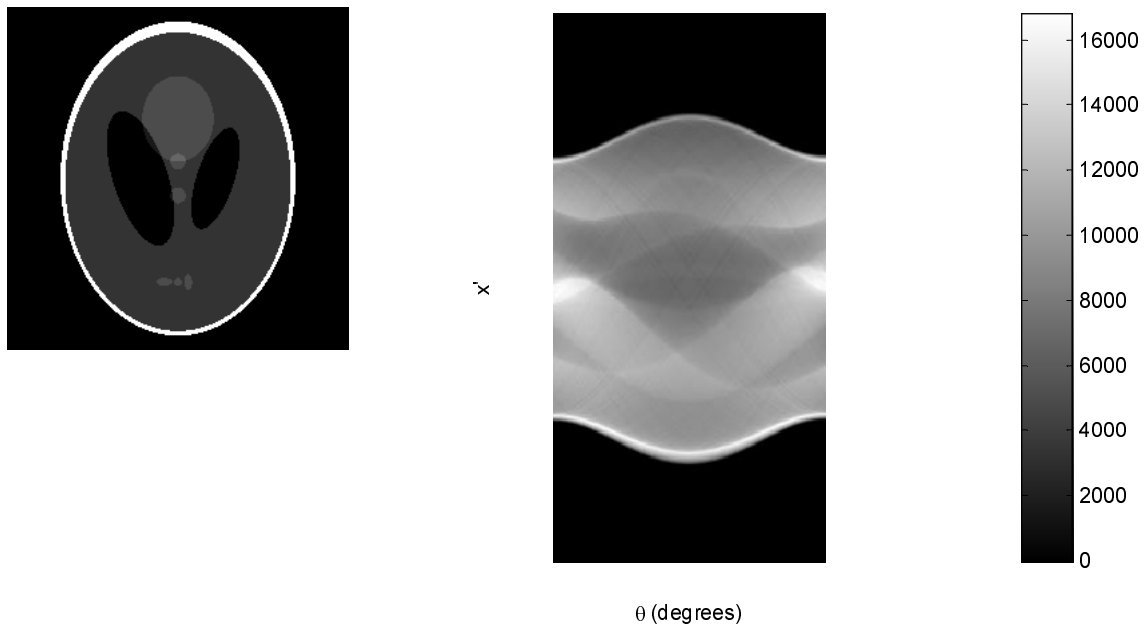
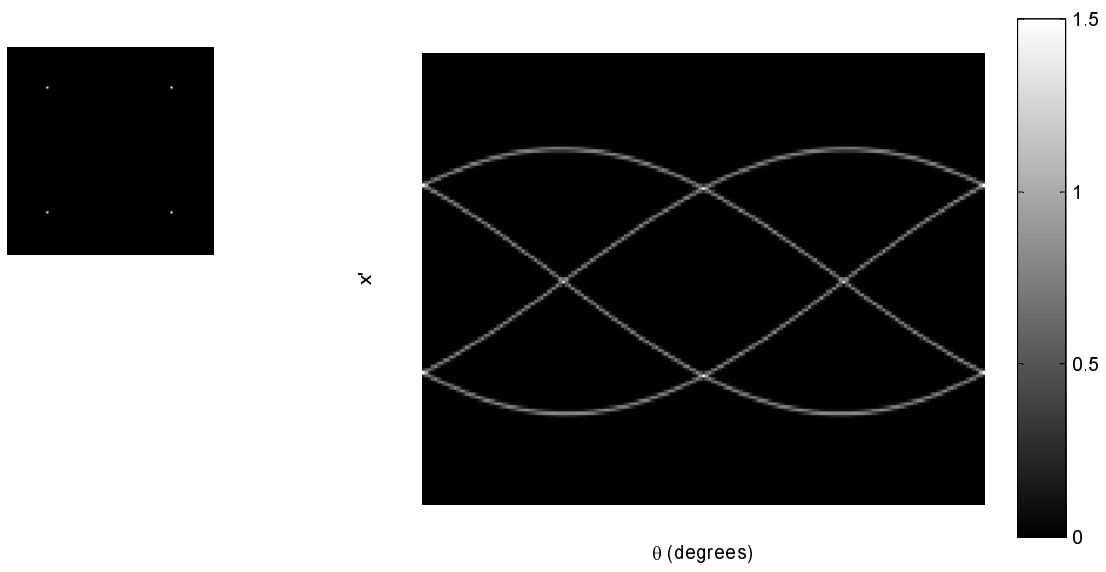
1. Možnost procvičení matematického aparátu pro výpočet vybraných parametrů ZSL aparátu se zřetelem na dvourozměrné funkce (viz např. u teorie obrazu - FFT, PSF, OTF, MTF, konvoluce, dekonvoluce apod. [1], [2]).
2. Modelování polí ultrazvukových zobrazovacích systémů a sond.
3. Simulace dopplerovského průtokoměru.
4. Základní výpočty z optiky. Rozlišovací schopnost optických soustav.
5. Implementace Radonovy transformace zahrnující (viz [3], [4]):
 - princip - sinogram,
 - vliv počtu použitých projekcí,
 - hvězdicový artefakt,
 - rekonstrukce založená na FT (viz MR [5]).
6. Práce s tomografickými řezy (CT či MR).
7. Možnost načítat animace a vybírat z nich pouze relevantní snímky. Možnost průběžné segmentace např. u funkční MR apod.
8. Využití formátu Dicom pro simulaci rozhraní a komunikačního systému mezi jednotlivými typy zobrazovacích systémů v lékařství.
9. Pro digitální subtraktivní angiografii (DSA) je možné simulovat základní princip, tj. včetně odečtení pozadí apod.
10. Registrace snímků z konfokálního mikroskopu.
11. Realizace jakéhokoli 2D filtru.
12. Možnost zjišťovat profil intenzity jasu v daném řádku či po dané trajektorii, což je velmi dobrý nástroj při ověřování některých operací u rekonstrukce obrazu v rámci CT.
13. Možnost odstranění šumu různého původu (např. binárního pomocí mediánu apod.).
14. Realizace iterativní metody rekonstrukce obrazu o zobrazovacích systémů nukleární medicíny.
15. Odstranění rozmazání obrazu metodami dekonvoluce, tj. nalezením vhodné 2D PSF.

Konkrétní příklady řešených úloh

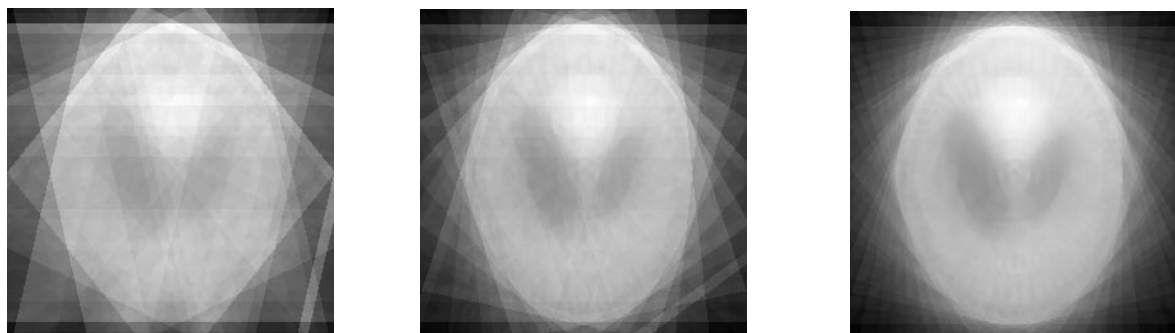
1. Počítačová tomografie - Radonova transformace - princip - sinogramy vstupních obrazů,



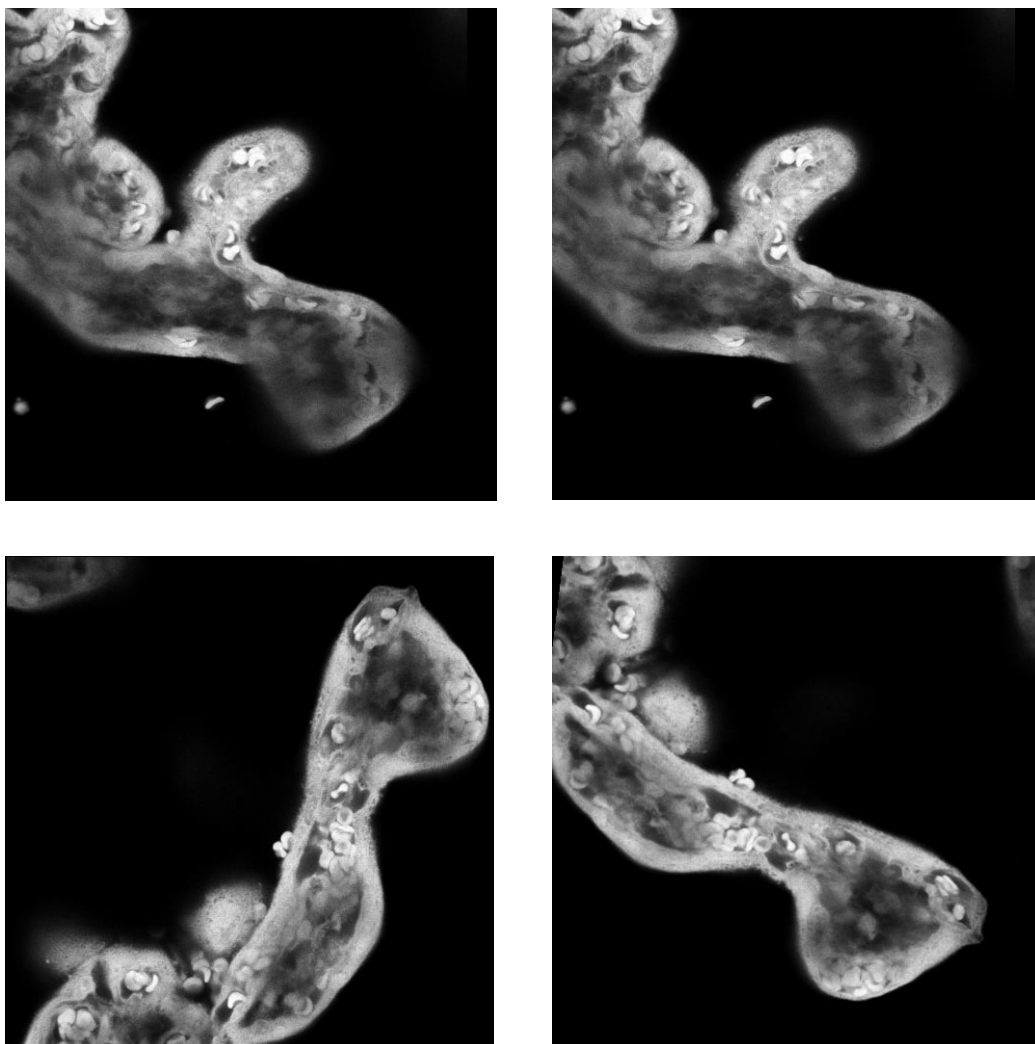
Počítačová tomografie - Radonova transformace - princip - sinogramy vstupních obrazů a modelu fantomu,



Počítačová tomografie - Radonova transformace - vliv počtu použitých projekcí na rekonstruovaný obraz výše zobrazeného fantomu (7, 15 a 30 projekcí).



2. Registrace obrazů pořízených konfokálním mikroskopem (dvojice snímků pod sebou vlevo před a vpravo po registraci)

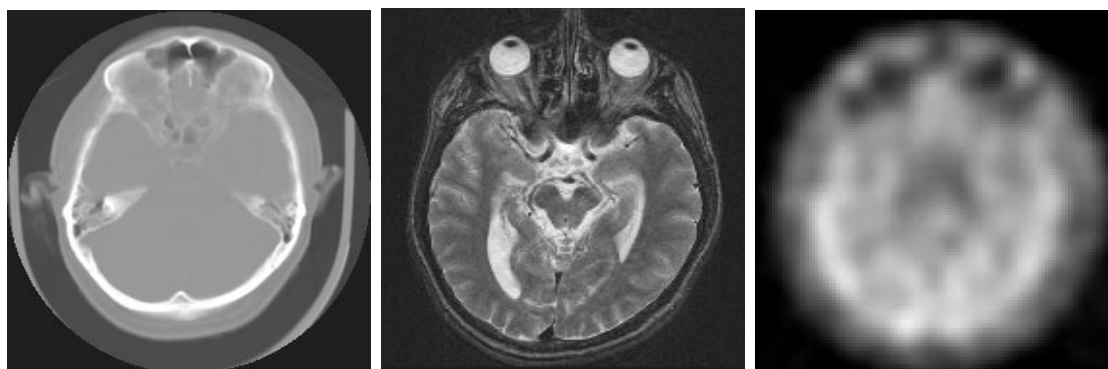


Možnost použití metod registrace na obrazové výstupy několika modalit - multimodální registrace (CT, MR a SPECT).

CT

MR

SPECT



Závěr

Takto koncipovaná výuka, doplněná o podporu multimediálních výukových programů je velmi dobrým předpokladem k pochopení přednášené a procvičované problematiky. Vzhledem k tomu, že studenti mají možnost si např. celý proces rekonstrukce u tomografických systémů projít a vyzkoušet jednotlivé etapy procesu, dokáží daleko lépe vysvětlit tuto problematiku a mají dokonalejší představu o všech operacích, ke kterým dochází. Dalším vývojovým stupněm či zdokonalením tohoto přístupu je tvorba interaktivních menu v Matlabu, ve kterých bude možné měnit vstupní parametry dané funkce formou posuvníků na grafických lištách (viz demo příklady IPT, které používají podobného principu). Další vylepšení bude spočívat v tom, že lze využít Simulinku k sestavení simulace jednotlivých bloků zobrazovacích systémů či celých takovýchto systémů (viz např. ultrazvukové dopplerovské průtokoměry apod.). Vzhledem k možnosti použít obrazový výstup ve formátu Dicom, je možné simulovat i propojení jednotlivých modalit. Z výše uvedeného popisu jednoznačně vyplývá, že výpočetní prostředí Matlabu a zejména IPT je velmi vhodným nástrojem pro výuku výše uvedeného předmětu a poskytuje mnoho dalších možností na zdokonalení výuky a tím k přiblížení se k pochopení principu zobrazovacích systémů do patřičné hloubky.

Poděkování

V této práci byly použity výsledky vědecko-výzkumné činnosti, která byla podpořena projektem MŠMT ČR (vědecko-výzkumným záměrem) č. MSM 210000012.

Literatura

- [1] SVATOŠ, J.: Zobrazovací systémy v lékařství. (Skriptum ČVUT). Praha, vydavatelství ČVUT 1993. První vydání.
- [2] SVATOŠ, J.: Zobrazovací systémy v lékařství. (Skriptum ČVUT). Praha, vydavatelství ČVUT 1998. Druhé přepracované vydání.
- [3] CHO, Z.H., JONES, J.P., SINGH, M.: Foundations of Medical Imaging. New York , John Wiley&Sons, Inc. 1993.
- [4] WEBB, S ed.: The Physics of Medical Imaging. Bristol , Institute of Physics Publishing 1993.
- [5] LIANG, Z., LAUTERBUR, P. C.: Principles of Magnetic Resonance Imaging - A Signal Processing Perspective. New York, IEEE Press 2000.
- [6] Image Processing Toolbox User's Guide Version 3. Natick , The MathWorks, Inc. 2001.

Použité odkazy na WWW stránky:

- [7] <http://www.mathworks.com/products/image> - detailní popis IPT V3.1
- [8] <http://www.mathworks.com/products/imageprocessing> - možnosti IPT obecně v Matlabu

Kontaktní spojení

Ing. Jiří Hozman
Katedra radioelektroniky (K337)
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické
Technická 2
166 27 Praha 6 - Dejvice

Tel.: 24352256
FAX: 33339801, 24355829
E-mail: hozman@feld.cvut.cz