

ANALÝZA A SPRACOVANIE BIOMEDICÍNSKYCH OBRAZOV V PROSTREDÍ MATLAB

Ing. Michal Gála, Ing. Branko Babušiak,

Doc. RNDr. Jindřich Černohorský, CSc., Ing. Radovan Hájovský, Ph.D.

Katedra měřicí a řídicí techniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky

VŠB - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

Abstrakt

Článek prezentuje využitie MATLABU vo výučbe predmetu „Základy analýzy a spracovania obrazu pre biomedicínske odbory“ na Katedre meracej a riadiacej techniky Vysokej školy banskej Technickej univerzity v Ostrave. Predmet sa v súčasnosti nachádza vo fáze vytvárania skript a príprave cvičení, ktoré budú zahŕňať prácu s biomedicínskymi obrazmi (CT, MRI, ultrazvuk, atď.). Konkrétne sa jedná o úlohy zaoberajúce sa digitalizáciou obrazu, geometrickými a jasovými transformáciami, gama korekciou, štruktúrou biomedicínskeho formátu DICOM, spracovaním CT, MRI, RTG, UZV obrazov, kompresiou, prahovaním, segmentáciou obrazu atď..

1 Úvod

Spracovanie a analýza obrazu má veľký význam pre širokú oblasť použitia, či sa už jedná o priemyselné aplikácie, rôzne zobrazovacie metódy v medicíne, ale aj v rôznych ďalších oblastiach. Pomocou spracovania a analýzy obrazov môžeme doceliť vylepšenie obrazu, ohraničenie určitej oblasti záujmu, získať informácie o vlastnostiach obrazu atď. MATLAB sa javí ako vhodný nástroj pre spracovanie a analýzu, či už ide o vizuálnu stránku (rôzne ukázkové príklady) ale aj o programátorskú kde budú môcť študenti upravovať a meniť zdrojový kód čím budú môcť ukázkovú aplikáciu obohatiť o svoje funkcie, prípadne budú vytvárať úplne novú aplikáciu. Študenti sa tak zoznámia so základnými zobrazovacími metódami v medicíne a spracovaním ich digitálnych záznamov. Ďalej získajú prehľad o používaných kompresných metódach digitálnych obrazových dát, vrátane ich archivácie a možnosti prenosu. Pomocou programového prostredia MATLAB budú vedieť obrazové dáta identifikovať, analyzovať a vyhodnocovať potrebné patologické údaje, prípadne vylepšiť kvalitu týchto dát.

2 Praktická realizácia

V programovom prostredí MATLAB s využitím Image Processing Toolboxu boli vytvorené resp. budú vytvorené nasledujúce aplikácie:

- geometrické, jasové transformácie obrazu, gama korekcia, histogram, aritmetické operácie s obrazom
- štruktúra medicínskeho formátu DICOM, hlavička, obrazové údaje
- spracovanie RTG obrazu, lokalizácia objektov, odstránenie šumu
- spracovanie snímku z magnetickej rezonancie, detekcia oblastí
- spracovanie CT obrazu
- spracovanie ultrazvukových obrazových dát, eliminácia artefaktov, šumu
- spracovanie záznamov z EEG

- kompresia obrazu, archivácia a prenos digitálneho obrazu
- prahovanie, segmentácia, detekcia hrán v obraze
- rekonštrukcia obrazu, 2D a 3D metódy

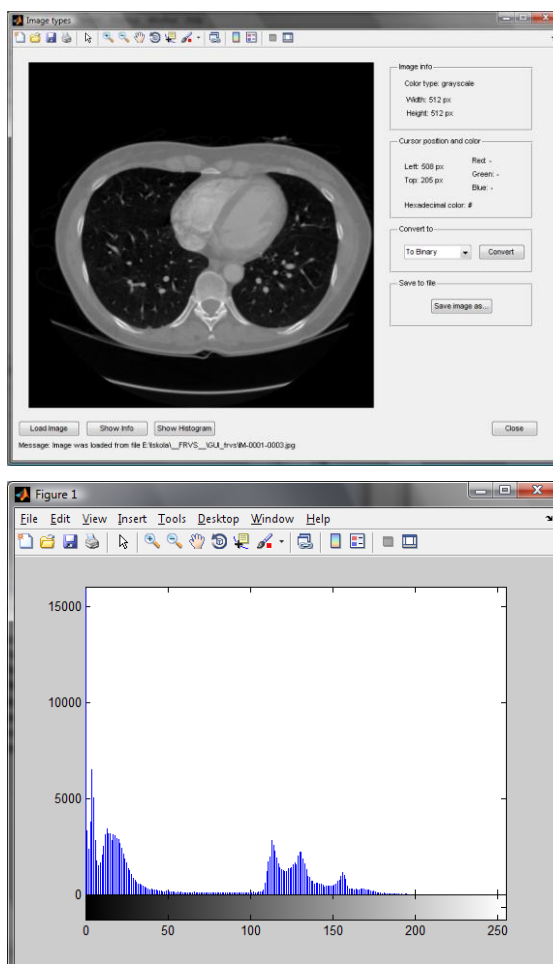
Cieľom je vytvoriť aplikáciu, ktorá by bola prehľadná a ktorá by pritiahla pozornosť študenta na dôležité fakty a informácie. Preto je kladený dôraz aby boli jednotlivé aplikácie užívateľsky prívetivé a jednoduché.

3 Realizované aplikácie

Všetky vytvorené aplikácie majú zhodné rozhranie pre načítanie vstupných obrazov. Podporované formáty obrazov sú: *.jpg, *.png, *.gif, *.dcm. Pre obsahové obmedzenie článku, budú v tomto dokumente spomenuté len niektoré funkcie jednotlivých aplikácií.

3.1 Histogram, ekvalizácia histogramu

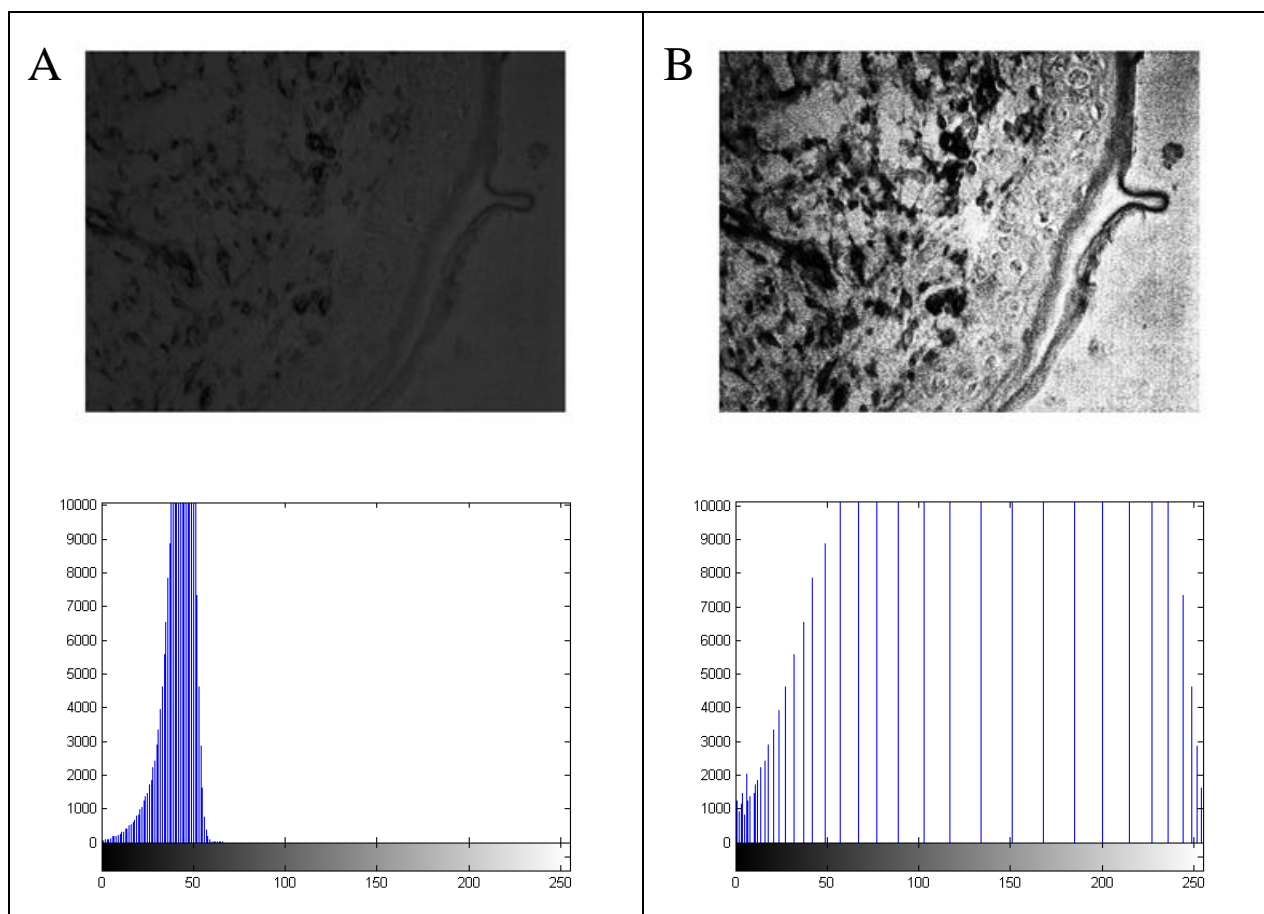
Histogram jasu daného obrazu $f(x,y)$ je funkcia $H(p)$, ktorá pre každú úroveň jasu udáva počet pixlov v obraze, ktoré majú túto úroveň. Môžeme ho chápať aj ako kvantovanú hustotu pravdepodobnosti.



Obr. 1: zobrazenie histogramu (dole) šedotónového obrazu (hore)

Na obrázku je vidno zastúpenie jednotlivých úrovní šedi (0 - 255) v obraze. Na zvýšenie kontrastu v obraze sa veľmi často používa ekvalizácia histogramu. Ekvalizáciou sa snažíme dosiahnuť ideálny histogram, ktorý obsahuje rovnaký počet z každej zastúpenej jasovej hodnoty. Táto metóda sa využíva napríklad pri sledovaní perfúzie (prekrvenia) kože, na základe čoho je možné pozorovať rôzne

ochorenia kože ako napr. psoriasis vulgaris (jednoduchá forma lupienky) alebo lichen planus (plochý lišaj).



Obr. 2: Ekvalizácia histogramu kožného preparátu. A – pred ekvalizáciou, B – po ekvalizácii

3.2 Segmentácia

Segmentácia je proces, ktorý rozdeľuje obraz na objekty. Metódy segmentácie môžeme rozdeliť na:

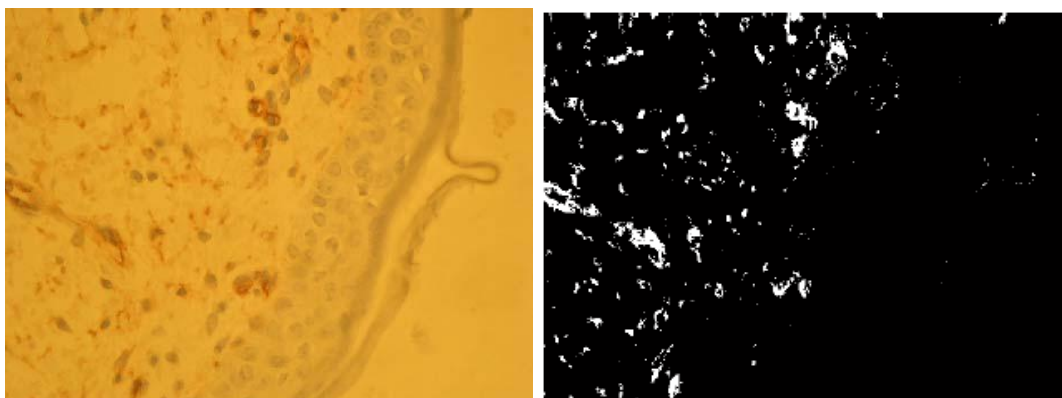
- metódy založené na obrazových bodoch, sem patria techniky založené na hranách a prahovanie.
- metódy založené na oblastiach. Ich myšlienka je založená v hľadaní homogénnych oblastí v obraze.

Jednoduché prahovanie

Prahovacie metódy predpokladajú, že objekty v obraze sa dajú odlišiť od pozadia na základe jasovej hodnoty jednotlivých obrazových bodov. Najprv sa zvolí prah T . Podľa tejto prahovej hodnoty sa rozdelia obrazové body na body objektu a body pozadia. Táto metóda sa nazýva globálne prahovanie. Prahovaný obraz $g(x,y)$ získame z pôvodného obrazu $f(x,y)$ pomocou vzťahu:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{ak } f(x, y) > T \\ 0 & \text{ak } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

Pri prahovaní šedotónového obrazu získame čiernobiely (binárny) obraz. Segmentácia rozdelí obraz na oblasti obsahujúce objekty po určitéj jasovej úrovni v závislosti od nastaveného prahu a oblasti, ktoré predstavujú pozadie.

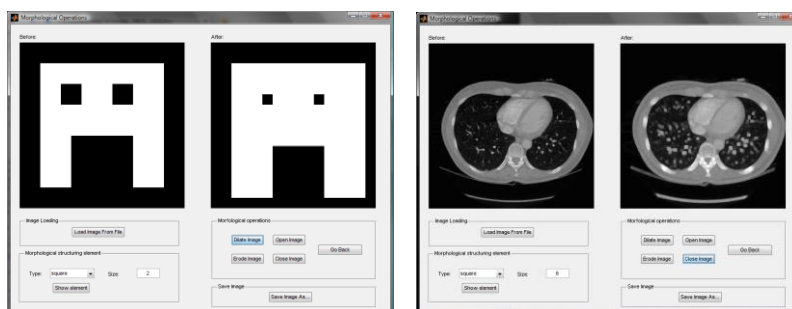


Obr. 3: Segmentácia obrazu prahovaním. A – originálny obraz, B – obraz po segmentácii (prah 8)

3.3 Morfologické transformácie

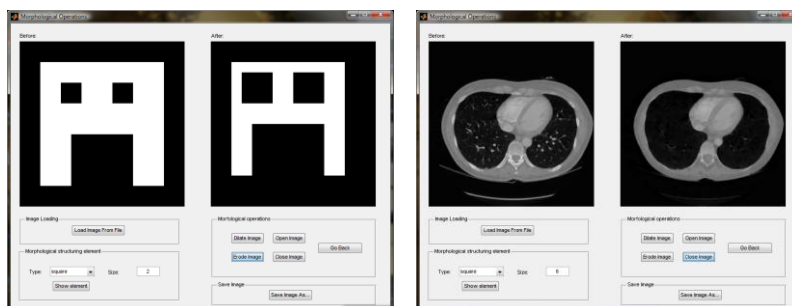
Matematická morfológia predpokladá, že obraz sa dá modelovať pomocou bodových množín. Definičným oborom pre popis dvojrozmerných útvarov je dvojrozmerný euklidovský priestor E^2 a systém jeho podmnožín. Základným prvkom pre binárnu matematickú morfológiu je usporiadaná dvojica celých čísel, pre šedotónové obrazy usporiadaná trojica. Medzi základné morfologické operácie, ktoré sme zakomponovali do našich aplikácií patria:

- Dilatácia - zväčšuje objekt, zaplňuje malé diery a úzke zálivy.



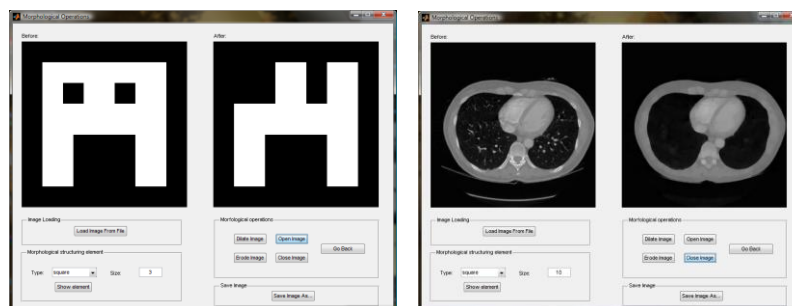
Obr. 4: Dilatácia dvoch rôznych obrazov (v ľavo čiernobiely, v pravo šedotónový)

- Erózia - zjednodušuje štruktúru objektu, stenšuje objekty, pričom príliš tenké a malé sa stratia.



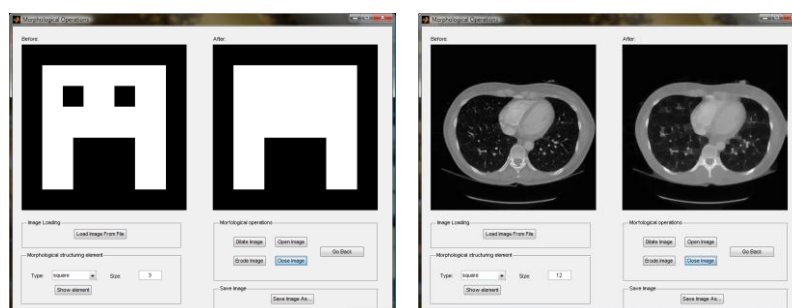
Obr. 5: Erózia dvoch rôznych obrazov (v ľavo čiernobiely, v pravo šedotónový)

- Otvorenie - získame spojením erózie a dilatácie, zjednodušuje objekt, lebo oddeľuje objekty spojené úzkou čiarou.



Obr. 6: Otvorenie dvoch rôznych obrazov (v ľavo čiernobiely, v pravo šedotónový)

- Uzatvorenie - získame spojením dilatácie a erózie, zjednodušuje objekt, zapĺňa malé diery a zálivy, spája objekty, ktoré sú dost' blízko k sebe.



Obr. 7: Uzatvorenie dvoch rôznych obrazov (v ľavo čiernobiely, v pravo šedotónový)

3.4 Detekcia hrán

Hranová detekcia je používaná k nájdeniu celkových hraníc predmetu, ktoré sa prejavujú ako rýchle zmeny jasnosti. Označené hraničné body môžu byť potom pospájané do tvaru čiar alebo obrysov predmetu. U mnohých operátorov môže šum v obraze spôsobiť problémy. To je dôvod, prečo je vhodné použiť predspracovanie obrazu k odstráneniu alebo minimalizovaniu šumového efektu. Skúmať efekt šumu znamená kompromis medzi citlivosťou a presnosťou hranového detektora. Ak je hranový detektor veľmi citlivý, má sklon nájsť mnoho hranových bodov, ktoré možno prisudzovať ako príspevok šumu. Ak je menej citlivý, môže viesť ku strate platných hrán. Parametre, ktoré možno nastaviť pri hranovej detekcii zahŕňujú v sebe veľkosť masky hranovej detekcie a hodnotu prahovacej úrovne. Väčšia maska je menej citlivá na šum, nižšia prahovacia úroveň má zase sklon redukovať šumový efekt.



Obr. 8: Aplikácia hranovej detekcie na biomedicínsky obraz

3.5 Redukcia šumu

Priestorové filtrovanie je uskutočňované pre potrebu odstraňovania šumu alebo k vykonávaniu určitého typu vylepšenia (skvalitnenia) obrazu. Operátory sú nazývané priestorové filtre, za účelom odlíšenia od filtrov pôsobiacich vo frekvenčnej oblasti. Použili sme nasledovné priestorové filtre:

- Lineárny filter
- Mediánový filter
- Adaptívny filter

Aplikácia umožňuje zašumieť obraz rôznymi druhmi šumu (napr. gaussian noise, poisson noise, salt & pepper noise, ...) a následne umožňuje tento šum odstrániť použitím rôznych filtrov s možnosťou nastavenia ich parametrov.



Obr. 9: Odstránenie salt & pepper šumu použitím mediánového filtra



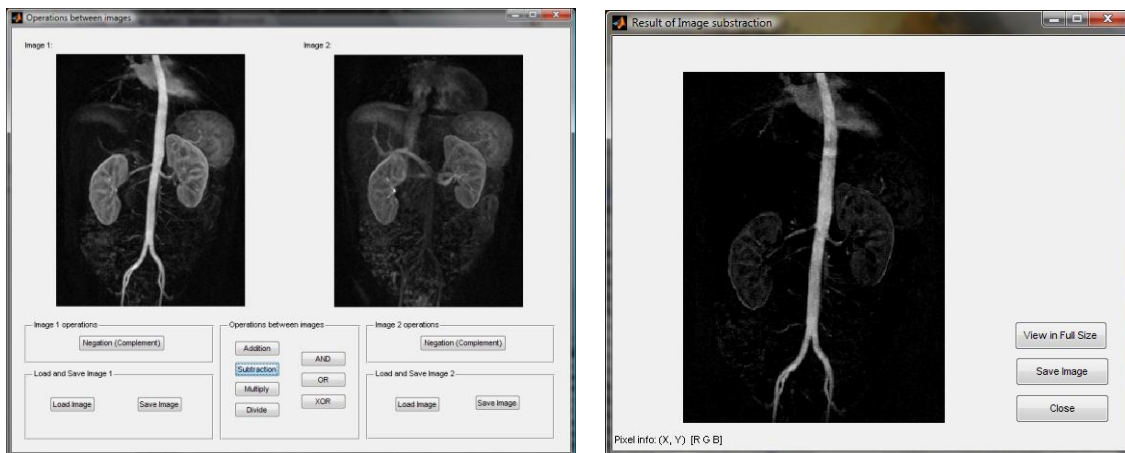
Obr. 10: Odstránenie Gaussovského šumu použitím adaptívneho filtra

3.6 Aritmetické a logické operácie

Ďalšou aplikáciou je aplikácia umožňujúca algebraické operácie s obrazom. Algebraické operácie sa delia do dvoch základných skupín:

- Aritmetické operácie: sčítanie (addition), odčítanie (subtraction), delenie (division) a násobenie (multiplication)
- Logické operácie: AND (logický súčin), OR (logický súčet) a NOT (negácia)

Operácie sa uskutočňujú vždy medzi dvomi obrazmi, okrem logickej operácie NOT, ktorá požaduje len jeden obraz. Algebraické operácie dvoch obrazov sa uskutočňujú na úrovni jednotlivých zodpovedajúcich pixlov oboch obrazov.



Obr. 11: Odčítanie obrazu (ľavý obrázok zobrazuje dva obrázky, ktoré sa od seba odčítajú a výsledok tejto operácie zobrazuje obrázok v pravo)

4 Záver

Novo vznikajúci predmet „Základy analýzy a spracovania obrazu pre biomedicínske odbory“ so svojou teoretickou ale hlavne praktickou časťou by mal v čo najväčšej miere poskytnúť dôležité informácie študentom v bakalárskom obore biomedicínska technika z oblasti spracovania a analýzy biomedicínskych obrazov. Aplikácie vytvorené v prostredí MATLAB neslúžia iba na zobrazenie rôznych možností práce s obrazom, ale zároveň umožňujú študentovi meniť zdrojový kód a dopĺňať tak aplikáciu o ďalšie užitočné funkcie. Na základe použitia a možnosti dotvárania týchto aplikácií budú študenti vedieť obrazové dáta identifikovať, analyzovať a vyhodnocovať potrebné patologické údaje, prípadne vylepšiť kvalitu týchto dát.

Acknowledgement

Výsledky a poznatky v tomto článku sú uvedené v rámci podpory z projektu Fondu rozvoja vysokých škôl č.p. 876 /2008

Literatúra

- [1.] Šonka, M., Hlaváč, V.: Počítačové vidění, GRADA, ISBN 80-85424-67-3
 - [2.] MATLAB, <http://mathworks.com>
 - [3.] Webb, A.: Introduction to Biomedical Imaging, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, ISBN 0-471-23766-3
 - [4.] Dhawan, A.: Medical Image Analysis, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, ISBN 0-471-45131-2
 - [5.] Bankman, I.: Handbook of Medical Imaging - Processing and Analysis, Academic Press, San Diego, ISBN 0-12-077790-8
 - [6.] Rumbaugh, S.: Computer vision and image processing, Prentice-Hall NJ, 1999
-

Ing. Michal Gála
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB-Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
Česká republika
michal.gala@vsb.cz

Ing. Branko Babušiak
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB-Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
Česká republika
branko.babusiak@vsb.cz

Doc. RNDr. Jindřich Černohorský, CSc.
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB-Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
Česká republika
jindrich.cernohorsky@vsb.cz

Ing. Radovan Hájovský, Ph.D.
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB-Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
Česká republika
radovan.hajovsky@vsb.cz