SOUBOR SOFTWAROVÝCH NÁSTROJŮ PRO ULTRAZVUKOVÉ PERFUZNÍ ZOBRAZOVÁNÍ

M. Mézl[1], *R. Jiřík*[2]

[1]Ústav biomedicínského inženýrství, VUT Brno

[2]Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i.

Abstrakt

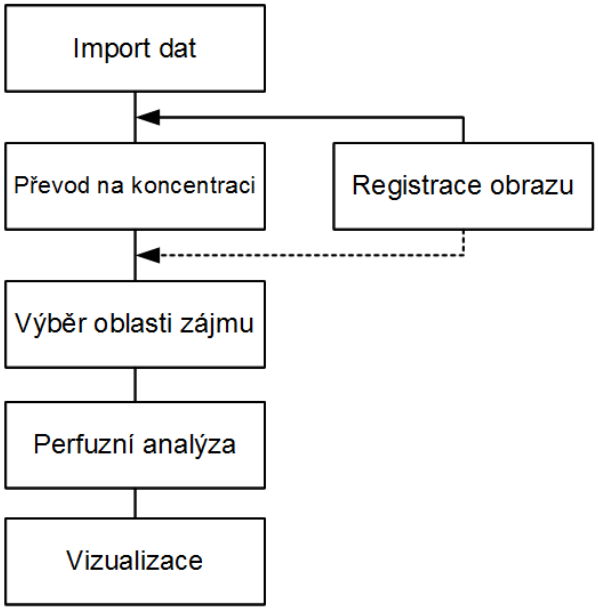
Tento článek prezentuje soubor softwarových nástrojů, který je používán pro perfuzní analýzu ultrazvukových kontrastních sekvencí. Samotný program se skládá ze šesti funkčních bloků, které obsluhují import dat, registraci obrazů, převod na koncentraci kontrastní látky, výběr oblasti zájmu, perfuzní analýzu a vizualizaci dat. Odhad perfuzních parametrů je založen na parametrické multikanálové dekonvoluci. V současné době je tento software používán na vybraných klinických pracovištích.

1 Úvod

Zobrazení prokrvení (perfuze) orgánů je důležitým diagnostickým nástrojem v oblasti ischemických a onkologických onemocnění. Metody perfuzního zobrazování jsou založeny na analýze časových průběhů koncentrace specifických látek v lidském organismu. V dnešní době je možné perfuzní zobrazování provádět pomocí běžně dostupných modalit jako jsou výpočetní tomografie (CT), magnetická rezonance (MRI), ultrasonografie (US) a také metody nukleární medicíny. Pro jednotlivé modality byly vyvinuty speciální kontrastní látky, které mají afinitu k primárnímu parametru dané zobrazovací modality. V ultrasonografii jsou těmito látkami mikrobubliny plynu v kapalině. Obecný postup ultrazvukového kontrastního vyšetření spočívá v podání kontrastní látky a akvizici dynamické sekvence dat v oblasti zájmu. Pro jednotlivé oblasti zájmu (např. orgány) jsou potom vyhodnocovány časové průběhy distribuce látky. Analýzou těchto průběhů jsou potom odhadovány základní perfuzní parametry jako je např. střední doba průchodu, krevní tok, a další.

2 Nástroje pro perfuzní analýzu

Pro obsluhu a částečnou automatizaci jednotlivých kroků perfuzní analýzy je v programovém prostředí Matlab vyvíjen soubor softwarových nástrojů. Tento soubor se skládá ze šesti základních bloků, které jsou obsluhovány grafickým rozhraním (GUI). Data jsou mezi jednotlivými bloky přenášena s využitím vlastního datového standardu. Blokové schéma programu je uvedeno na obr. 1.

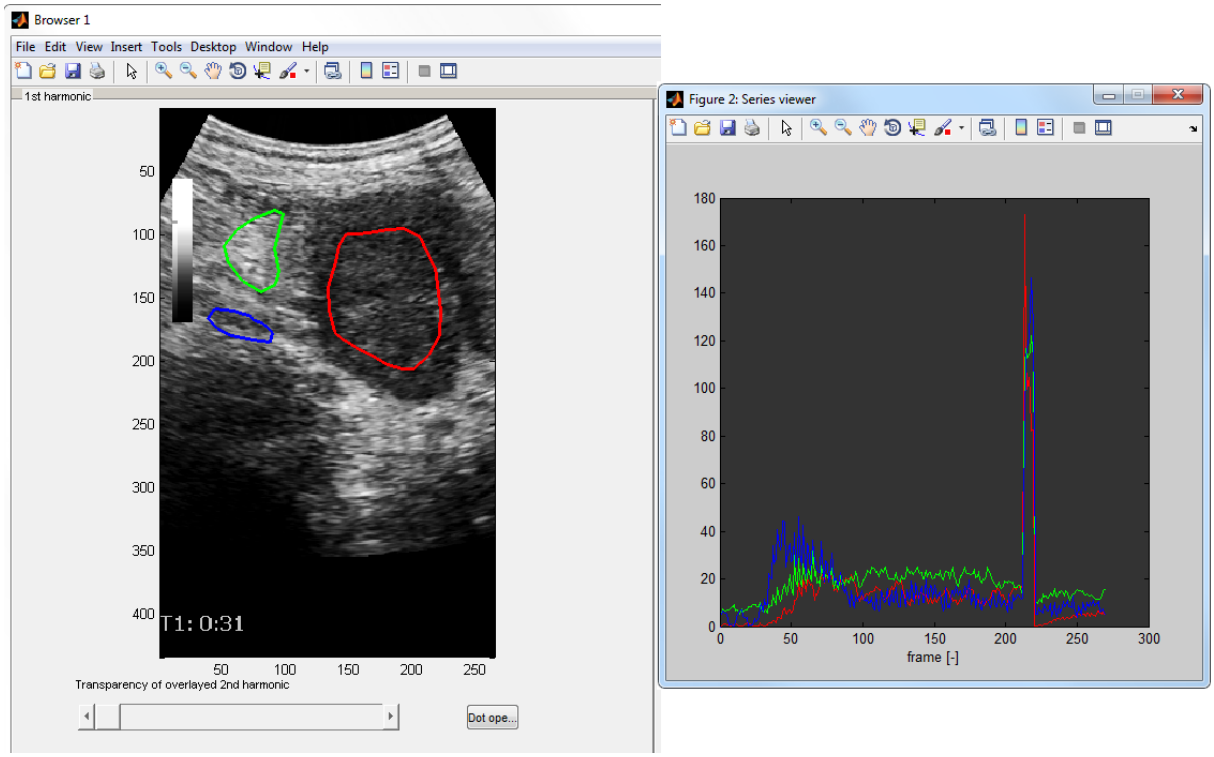


Obr. 1: Blokové schéma programu

Prvním krokem je import dat, který nejčastěji probíhá ze standardizovaného formátu DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). V závislosti na konkrétním použitém ultrazvukovém systému je umožněn import dat i z videosouborů (přípona *avi*) nebo *clp* souborů. Obrazové sekvence jsou uloženy jako buňkové pole (*cell array*), jednotlivé snímky jsou uloženy ve datové třídě *uint8*, popř. jako typ s plovoucí čárkou. Spolu s obrazovými sekvencemi je dále ukládána struktura (*struct)* obsahující doplňující informace, jako je vzorkovací frekvence, typ akvizice, a další.

Dalším krokem je registrace obrazových sekvencí na translaci a rotaci, která slouží ke kompenzaci pohybových artefaktů, které vznikly např. dýcháním nebo srdeční činností. Registrace obrazů je realizována pomocí dvou metod. První metoda je založena na vyhodnocení vzájemné informace (*MI – mutual information*) a je plně automatizována. Druhá metoda je manuální, při které je ohybový artefakt potlačen pomocí vyhodnocení polohy význačných bodů v obraze. Pro zrychlení práce je umožněno ovládání z klávesnice. [1]

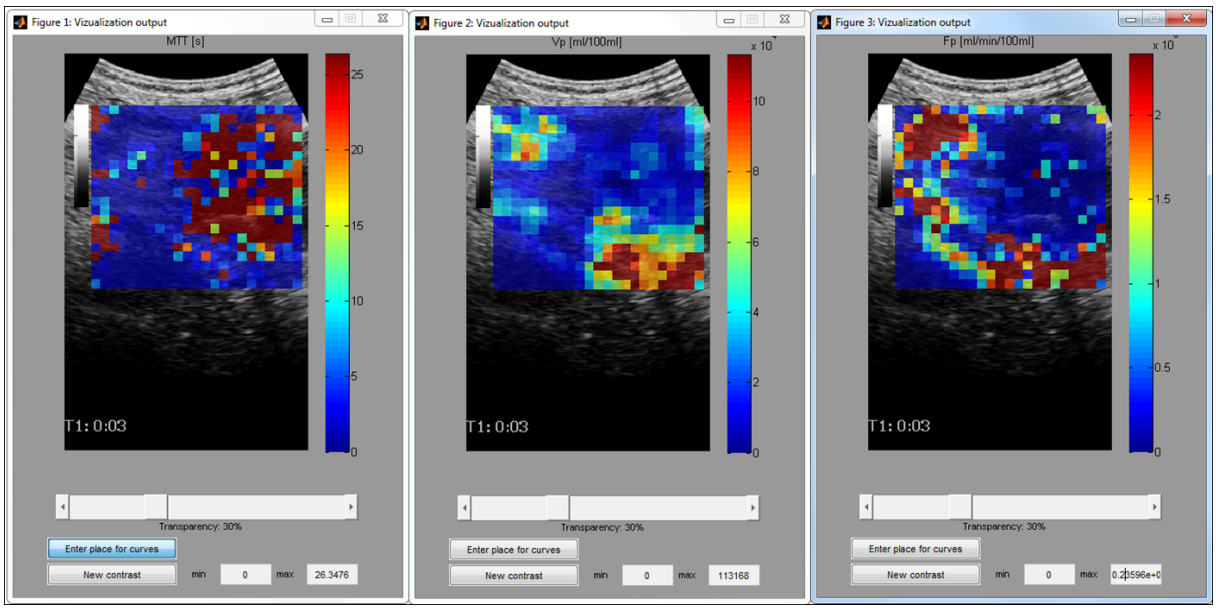
Následně jsou obrazová data konvertována tak, aby odpovídala hodnotám koncentrace kontrastní látky v dané oblasti. Dalším krokem je definice oblastí zájmu v obraze, ve kterých je potom vyhodnocen časový průběh koncentrace kontrastní látky. Tento signál odpovídá střední hodnotě koncentrace v oblasti zájmu. Výběr oblasti zájmu je možno provádět manuálním zakreslením oblasti nebo automatickou formou, kdy je větší oblast dělena do menších obdélníkových podoblastí. Tímto krokem se přechází od zpracování obrazů k zpracování signálů. Příklad konkrétního výběru oblasti s příslušným časovým průběhem koncentrace kontrastní látky je uveden na obr. 2. [3]



Obr. 2: Příklad konkrétního výběru oblasti a časový průběh koncentrace kontrastní látky

Dalším krokem je samotná perfuzní analýza, kdy jsou z časových průběhů koncentrace odhadovány hodnoty perfuzních parametrů. V nejjednodušší podobě je to střední doba průchodu, krevní tok a objem krve. Tyto odhady jsou realizovány pomocí parametrické multikanálové dekonvoluce. Další možností je perfuzní analýza založená na prokládaní naměřených průběhů koncentrací různými pravděpodobnostními rozděleními, jako je např. lognormální nebo Erlangovo. Perfuzní paramtery jsou potom vypočítány z parametrů těchto proložení. [2]

Posledním krokem je vizualizace perfuzních map. Ta je prováděna jako fúze obrazů, kdy podklad je tvořen původním ultrazvukovým snímkem a přes něj je zobrazena parametrická mapa v barevné modulaci, která odpovídá hodnotě konkrétního perfuzního parametru. Příklad tohoto zobrazení pro tři různé perfuzní parametry je zobrazen na obr. 3.



Obr. 3: Příklad vizualizace perfuzních map

Všechny výše popsané bloky byly implementovány v programovém prostředí Matlab 7.9.0 (2009b). Pro svou činnost využívají především následující toolboxy: *Image Processing Toolbox*, *Optimization Toolbox* a *Signal Processing Toolbox*. Pro obsluhu některých funkcí z bloku Import vyžadují externí, volně dostupný, program ImageMagick (viz http://www.imagemagick.org/). Primárně je tento software programován pro systémy využívající platformu Windows. Funkčnost jednotlivých bloků byla ověřena i pro systémy založené na systému UNIX (konkrétně Ubuntu 11.04). Pro potřeby lékař na klinických pracovištích je provedena kompilace softwaru a pro spuštění se využívá Matlab Compiler Runtime (MCR vision 7.11).

3 Výsledky a závěr

Výše uvedený soubor softwarových nástrojů je používán pro analýzu dynamických kontrastních sekvencí na Masarykově onkologickém ústavu Brno (MOU Brno) a univerzitní nemocnici v norském Bergenu (Haukeland University Hospitál). Paralelně s tímto softwarem je vyvíjena verze, která slouží pro analýzu dynamických kontrastních sekvencí získaných pomocí magnetické rezonance (MRI). Práce je podporována výzkumným záměrem GA ČR 102/69/1690.

References

[1] MÉZL, M.; et al. *Software Package For Dynamic Contrast Enhanced Ultrasound Paging*. In Abstract Book – 2011 Joint National Ph.D. Conference in Medical Imaging and MedViz Conference. Bergen, 2011.

[2] KOLÁŘ, R.; JIŘÍK, R.; HARABIŠ, V.; MÉZL, M.; BARTOŠ, M. *Advanced Methods for Perfusion Analysis in Echocardiography*. Physiological Research, 2010, roč. 59, č. Suppl 1, s. S33 (S41 s.)ISSN: 0862- 8408.

[3] MÉZL, M.; JIŘÍK, R.; HARABIŠ, V.; KOLÁŘ, R. *Quantitative Ultrasound Perfusion Analysis In Vitro*. In Proceedings of Biosignal 2010: Analysis of Biomedical Signals and Images. Analysis of Biomedical Signals and Images. Brno University of Technology, 2010. s. 279-283. ISBN: 978-80-214-4106- 4. ISSN: 1211- 412X.

Martin Mézl
xmezlm00@stud.feec.vutbr.cz, Ústav biomedicínského inženýrství, VUT Brno, Kolejní 4, 612 00 Brno. Tel.: +420 54114 3601.

Radovan Jiřík
jirik@isibrno.cz, Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i., Královopolská 147, 612 64 Brno. Tel.: +420 541 514 248.