

Měření objektů pozorovaných v průběhu endoskopického vyšetření systémem FOTOM 2008

doc. Ing. Lačezar Ličev, CSc.¹, MUDr. Ondřej Urban, Ph.D.^{2, 3, 4}

¹Katedra informatiky FEI, VŠB TU Ostrava

²Centrum péče o zažívací trakt, Vítkovická nemocnice a.s., Ostrava

³Interní klinika, Fakultní nemocnice Ostrava

⁴Fakulta zdravotnických studií, OU v Ostravě

Endoskopické vyšetřovací metody jsou široce využívány v diagnostice a terapii v mnoha oborech medicíny. Velikost endoskopicky pozorovaných objektů je v současné době určována nejčastěji odhadem, případně porovnáním s objektem známé velikosti, za tímto účelem zavedeným do pozorované oblasti. Autoři prezentují první zkušenosti s vývojem metody, umožňující přímé měření pozorovaných objektů.

Klíčová slova: endoskopie, kalibrace, transformace, měření objektů.

Measurement of objects observed during endoscopy using the FOTOM 2008 system

Endoscopic examination methods are widely used in diagnosis and treatment in many branches of medicine. Currently, the size of objects observed endoscopically is most commonly determined by estimation or by comparing to an object of a known size introduced to the observed area for this purpose. The authors present their initial experience with the development of a method allowing direct measurement of the objects observed.

Key words: endoscopy, calibration, transformation, measurement of objects.

Úvod

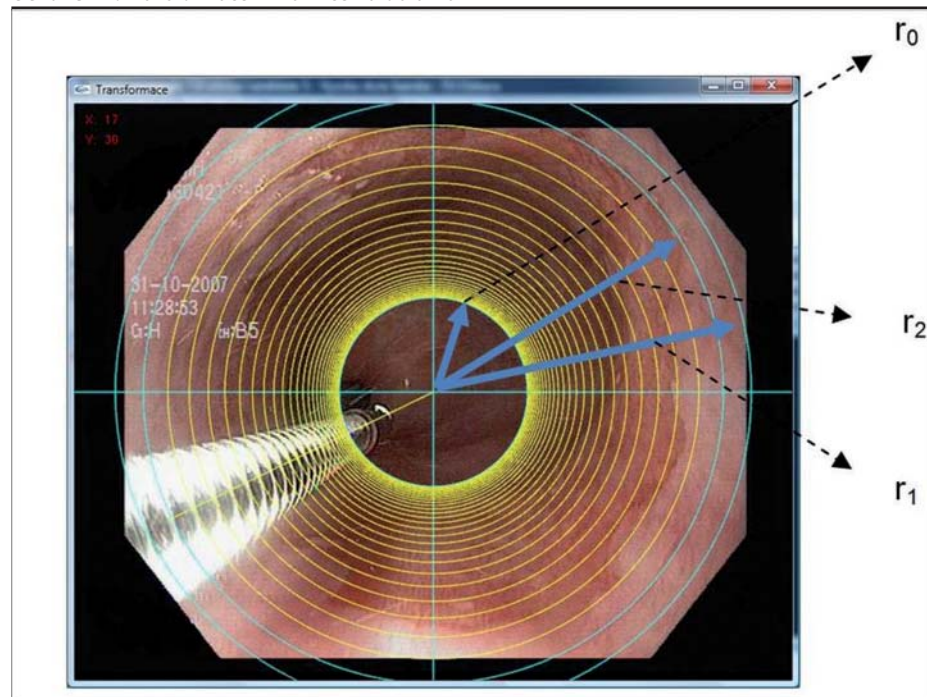
Endoskopické vyšetřovací metody jsou široce využívány v diagnostice a terapii v mnoha oborech medicíny. V průběhu endoskopického vyšetření jsou prohlíženy tělesné dutiny, do kterých jsou zaváděny endoskopy přes přirozené otvory (ústa, nos, konečník atd.), pří-

padně přes drobné řezy, porušující tělní kryt (laparoskopie, artroscopie). Videoendoskopy jsou ohebné, případně rigidní trubice různé délky a průměru. Obsahují světlovodný kabel, pomocí kterého je z vnějšího zdroje osvětlována vyšetřovaná oblast. Konec endoskopu je osazen snímacím elektronickým prvkem, tzv.

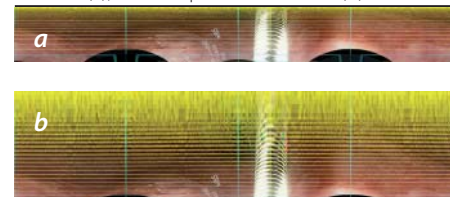
CCD čipem, snímajícím obraz, který je přenášen na monitor.

Endoskopický obraz na monitoru je planární, nedeformovaný, barevný a zvětšený. Vyšetřující lékař ze zkušenosti poznává, který pozorovaný objekt je „vpředu“ a který „vzadu“. Velikost pozorovaných objektů je v současné době možné

Obrázek 1. Transformace – kružnice na obrázku



Obrázek 2. Transformace – rozbalení snímku (a); snímek po transformaci (b)



Obrázek 3. Měření plošných objektů pomocí sondy



Endoskopie 2010; 19(2): 79–84

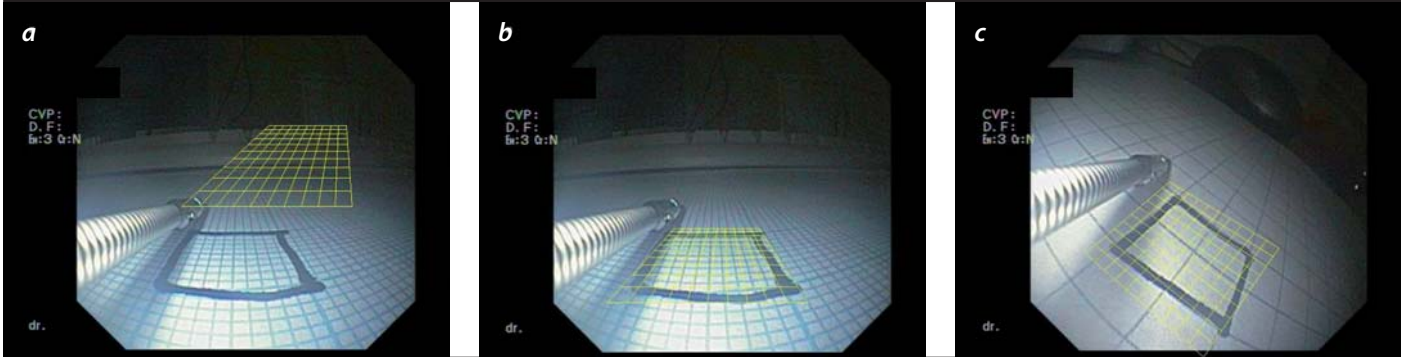
odhadovat pouze srovnáním s objekty známé velikosti, které musí být za tímto účelem zavedeny pracovním kanálkem endoskopu do zorného pole. Jedná se například o bioptické kleštičky nebo speciální kalibrační kanyly. Takový odhad je často dostatečný v běžné klinické praxi. Pro výzkumné účely je však taková přesnost nedostatečná.

Cílem prezentovaného projektu je zpřesnění diagnostické metody. Stanovení skutečné velikosti pozorovaných objektů umožní objektivní srovnání popisů různých vyšetření, jak je to již dnes běžné například v radiologii či při ultrasonografických vyšetřeních, což dále povede k přesnějšímu hodnocení průběhu léčby. V oblasti klinických studií bude možné porovnat různé léčebné modalita s dnes nedosažitelnou přesností.

Metoda

Vyhodnocení snímků pořízených při endoskopických vyšetřeních bylo prováděno systémem FOTOM 2008 vyvinutém na katedře Informatiky FEI VŠB Technické univerzity v Ostravě. Aby byla možná analýza a vyhodnocení těchto snímků, je nutno nejprve provést kalibraci a eventuálně transformaci těchto snímků. Kalibrace snímku plošných objektů spočívá v úpravě snímku, nastavení měřítka a natočení v prostoru tak, abychom ho mohli s použitím grafických a matematických nástrojů změřit. Zkoumáme-li objekty nacházející se v trubkovitých útvarech, např. v jícnu, colon apod., je nutno před kalibrací provést transformaci snímku. To si lze představit tak, že trojrozměrný obraz převedeme na dvojrozměrný jeho podélným rozstřížením a rozprostřením do jedné roviny. Transformace a kalibrace jsou velmi náročné jak z hlediska matematiky, tak i grafiky a na nich závisí míra přesnosti měření objektu na endoskopickém snímku. K provedení kalibrace a transformace snímku byl vyvinut speciální program, který je součástí systému FOTOM 2008. Vzhledem k tomu, že systém FOTOM 2008 je velmi rozsáhlý a složitý, omezíme se na výčet pouze některých funkcí systému FOTOM 2008 a na podrobnější popis samotné kalibrace a transformace snímku.

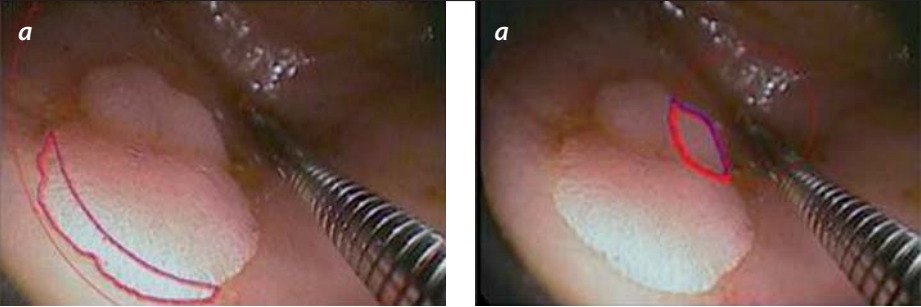
Obrázek 6. Měření pomocí kalibrační mřížky



1. Kalibrace a transformace snímku

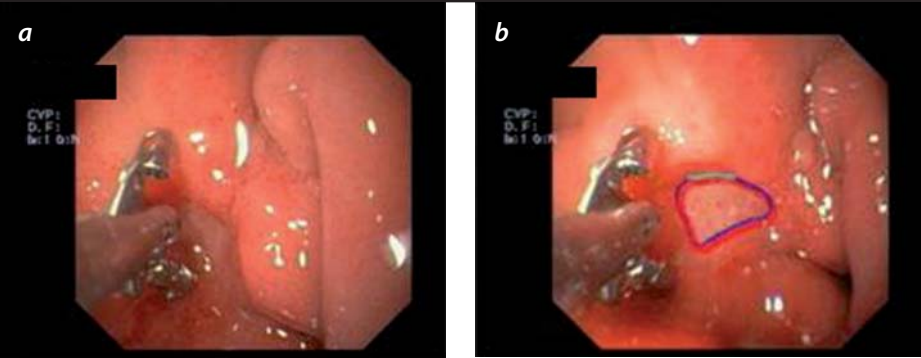
V tomto odstavci se pokusíme ozřejmit metodu kalibrace a transformace snímku v rámci systému FOTOM 2008 (6).

Obrázek 4. Měření plošných objektů pomocí sondy



Obsah polygonu 'seg' [mm^2]		
SOUBOR	DISTANC [mm]	POLYGON seg
Cekum IIa 01.ftm	0.000	7.303
Cekum IIa 02.ftm	2.000	13.592
Cekum IIa 03.ftm	4.000	21.534
Cekum IIa 04.ftm	6.000	25.384
Cekum IIa 05.ftm	8.000	21.655
CELKEM		89.468

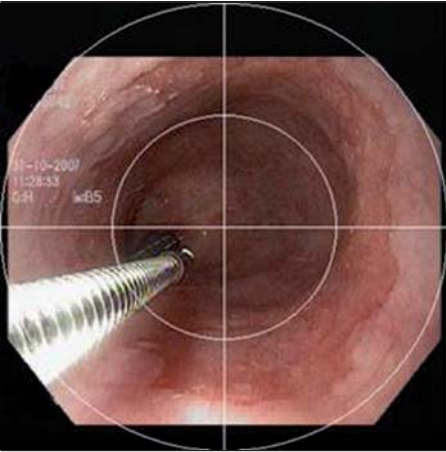
Obrázek 5. Měření pomocí bioptických kleští



Kalibrace snímku

Kalibrace je soubor úkonů, kterými se za specifických podmínek stanoví vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím

Obrázek 7. Měření v trubkovitých útvarech



systémem nebo měřicím přístrojem nebo hodnotami reprezentovanými ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony (standardy).

Formát souborů – Program Kalibrace systému FOTOM umožňuje načítat a ukládat obrázky ve formátu JPEG, BMP a GIF. Výstupní soubor obsahuje i vykreslenou mřížku, pokud byla tato volba aktivní.

Rotace – Rotace šablony probíhá ve virtuálním 3D prostoru a odpovídá rotacím vůči hlavním osám objektu. Poloha kalibračního obrazce se nastavuje pomocí středu šablony, nebo kliknutím myši na obrázek.

Kamera – Kameru lze ve virtuálním prostoru posouvat (X, Y, Z – souřadnice kamery), rotace kamery je pevně nastavena v programu. Velikost výsledného obrazu lze ovlivnit pomocí nastavení zvětšení (Zoom).

Transformace snímku

Princip transformace snímku využívá tzv. soustředné kružnice (společný střed kružnic). Zde se pokusíme ozřejmit metody transformace snímku v rámci systému FOTOM 2008, kde popíšeme jak 3D objekt z 2D snímku transformujeme na skutečný 3D objekt a potom po rozbalení vytvoříme nový 2D objekt (rozstříhnutí a rozbalení objektu), který potom po kalibraci změříme.

Výpočet kružnic

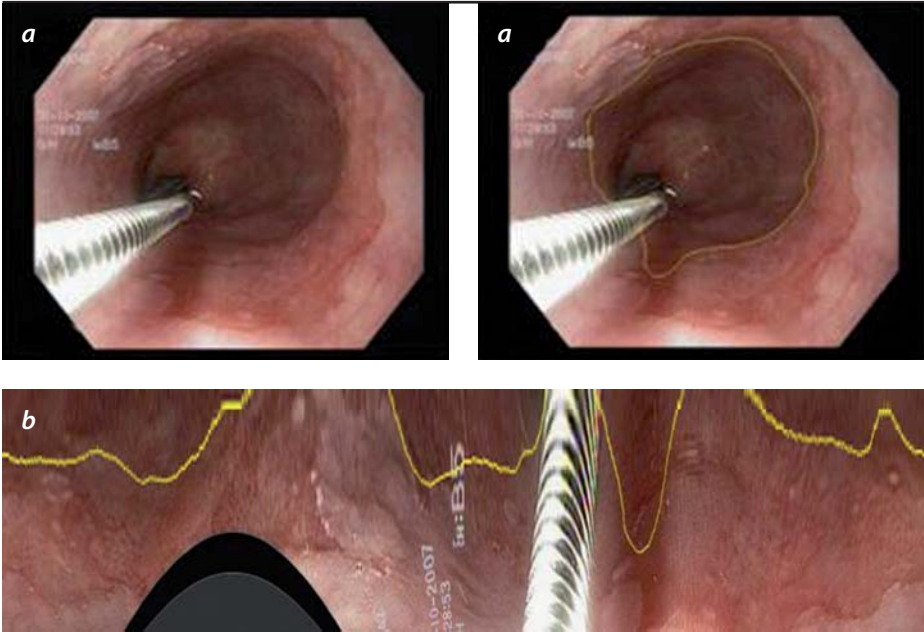
Aby bylo možno snímek transformovat, tj. rozložit kruhový útvar do roviny, je nutno označit kružnice začátku a konce zkoumané oblasti a v jakém kroku se bude útvar transformovat (obrázek 1). Tyto kružnice jsou označeny modře:

- k_0 s poloměrem r_0 = první kružnice, která se zadává a je nejbližší středu.

Obrázek 8. Měření v trubkovitých útvarech



Obrázek 9. Měření v trubkovitých útvarech



Tabulka 1. Dosažená přesnost při měření objektu na snímku

Snímek poř. číslo	Plocha objektu na milimetrovém papíru (mm²)	Vypočtená plocha objektu (mm²)	Odchylka v	
			[mm²]	%
1.	272	295	-23	-8,4
2.	57	45	12	21
3.	170	174	-4	-2,4
4.	170	193	-23	-13,5
5.	215	174	41	19,1
6.	215	159	56	26
7.	458	377	81	17,7
8.	360	312	48	13,3
9.	620	595	25	4
10.	637	565	72	11,3
11.	637	416	221	34,7
12.	1 548	1 052	496	32
13.	1 039	997	42	4

- k_1 s poloměrem r_1 = největší kružnice na obrázku. Zadává se jako druhá při spuštění programu a měla by protnout zvolený počátek na měřicí ose.

- k_2 s poloměrem r_2 = druhá největší kružnice na obrázku. Tato kružnice definuje velikost prvního dílku na měřicí ose, a to v pixelech.

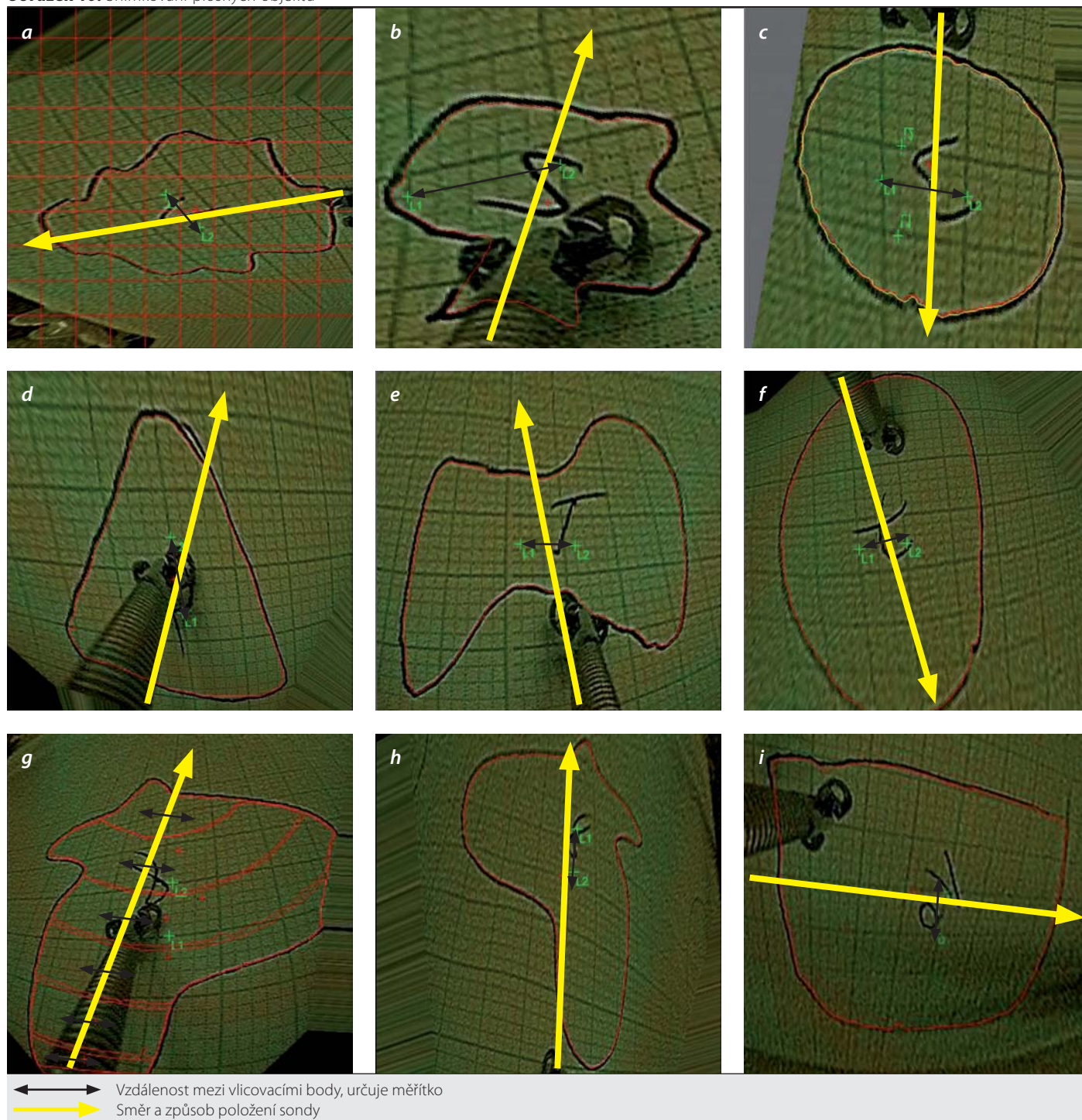
Dále jsou na obrázku žluté kružnice, pro které platí, že první největší žlutá kružnice je k_3 s poloměrem r_3 atd.

Výše uvedeným kružnicím provádíme výpočet délky obvodu a tak získáváme šířku plochy analyzované oblasti.

Scale

Výsledek rozbalení a roztážení snímku z obrázku 1 je uveden na obrázku 2a.

Na obrázku 2b je uveden transformovaný snímek (obrázek 1), který kromě rozbalení a roztážení je také i natažen do délky. Toto natažení je prováděno násobením konstantou vzdáleností

Obrázek 10. Snímkování plošných objektů

mezi jednotlivými kružnicemi. Tímto posledním krokem je provedena kalibrace délky snímku.

2. Architektura systému FOTOM 2008

■ **2D modelování modulem Fotom1** – Je navrženo šest druhů zájmových objektů: samostatný bod, hrana, vrchol, kružnice, elipsa a polygon. Tyto objekty se definují v režimu editace bodů označením určitého počtu zájmových bodů a vyvoláním příkazu pro vytvoření určitého druhu objektu. Další

formy 2D modelování jsou tzv. relativní natočení a vzdálenost mezi objekty (4).

■ **Měření objektů na sérii snímků modulem Fotom2** – V tomto novém modulu uživatel provádí syntézu více snímků. To znamená, že může sledovat změnu všech parametrů zájmových objektů v závislosti na hloubce pořízení snímku. Tímto modulem lze vyhodnotit odchylky od průměrných a projektových hodnot a porovnání dvou měření (4).

■ 3D modelování na sérii snímků modulem

Fotom3 – Nový modul FOTOM3 je plnohodnotný analytický nástroj, který umožňuje 3D modelování objektu do 4 oken, zobrazovat grafy, 3D animace a 3D modelování odchylek a řádů dalších funkcí (4).

■ 2D animace procesu měření modulem

Fotom4 – Umožňuje animace snímků a animace objektů obsazeně na měřicích snímcích, ať už jsou transformovány či nikoli (4).

- **Rozpoznávání zájmových bodů a objektů modulem Fotom5** – Nový modul umožňuje zcela nově mnohem efektivnější řešení problematiky rozpoznávání zájmových bodů a objektů (4).

3. Použití programu na kalibraci a transformaci snímku

3.1. Vyhodnocení plošných objektů pomocí kalibrace snímku a systémem FOTOM 2008

- Vyhodnocení objektu jako celku za použití sondy (obrázek 3)
- Vyhodnocení objektu za použití sondy a rozdělení objektu na segmenty (obrázky 4a, b)
- Vyhodnocení objektu za použití rozevřených bioptických kleštíček (obrázky 5a, b)
- Vyhodnocení objektu za použití mřížky (obrázky 6a, b, c)

3.2. Vyhodnocení nálezu na trubkovitých útvech pomocí transformace a kalibrace snímku a systémem FOTOM

Úpravu snímku na vyhodnocení nálezu provádíme pomocí kalibračního programu. Použitím vhodné mřížky lokalizujeme začátek a konec zasažené plochy (obrázek 7). Následně použitím modulu Fotom2 systému FOTOM 2008 provedeme výpočet plochy pláště, tj. plochy ohraničené oblasti. Tento způsob měření nezohledňuje jazyky nálezu.

Výsledek po transformaci obrázku je následující (obrázek 8).

3.3. Vyhodnocení pomocí transformací a využití systému FOTOM 2008

Úpravu snímku na vyhodnocení nálezu provádíme pomocí kalibračního programu. Na dosažení potřebné opakovatelnosti přesností měření je nutno přesné stanovení středu snímku/objektu, na němž je analyzován objekt. Tento střed lze stanovit několika způsoby, a to takto:

- Pomocí transformačního modulu kalibračního programu – Zde uživatel pomocí myši nastaví střed objektu/snímku, anebo zmáčknutím klávesy „c“ se automaticky nastaví střed snímku.
- Požitím systému FOTOM 2008 a konkrétně modulu Fotom1. Zde pomocí nástrojů na analýzu objektů na snímku je nadefinován polygon popisující střed analyzovaného objektu. Tento objekt je označen jako HraniceT a souřadnice jeho těžiště slouží transformačnímu modulu kalibračního programu k označení středu objektu a tak

i k zajištění opakovatelnosti v dosažené přesnosti měření (obrázky 9a, b). Výsledek transformací je následující (obrázek 9b).

4. Návod na snímkování a vyhodnocení objektů na snímku

Vyhodnocení snímků pořízených při endoskopických vyšetřeních je prováděno systémem FOTOM 2008 vyvinutém na katedře Informatiky FEI VŠB TUO.

Návod na snímkování a vyhodnocení –

Aby byla dosažena požadovaná přesnost při měření objektů na snímku a taktéž i na dosažení opakovatelné přesnosti při měření objektů na snímku, je nutno dodržet následující návod na snímkování a vyhodnocení objektů na snímku:

- **Plošné objekty** – Pokládáme sondu (bioptické kleště) buď kolmo na objekt, a to tak, aby kleště byly položeny přímo uprostřed objektu, anebo na objekt po jeho délce tak, aby pokryly celou jeho délku. Před provedením vyhodnocení objektů na snímku provádíme kalibraci snímku dle odst. 3.1. Výsledek kalibrací je uveden na obrázku 10.
- **Objekty v trubkových útvech** – V případě objektů v trubkových útvech pokládáme sondu na stěnu trubkového útvaru po celé délce objektu. S vytvořeným snímkem (obrázek 11a) pak provádíme transformaci a případnou kalibraci délky snímku dle odst. 3.2 a 3.3 (obrázek 11b). Měřítka stanovujeme pomocí šířky sondy, anebo vzdáleností prstenců na sondě.

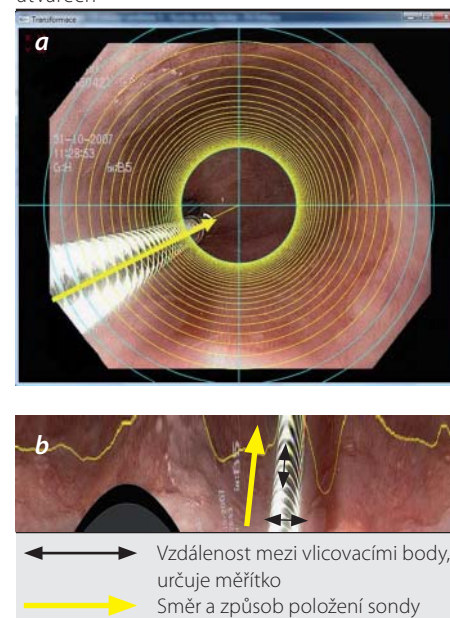
Výsledky

Přesnost popsané metody měření jsme ověřili na testovacím modelu. Model jsme zhotovili narysováním objektů na milimetrový papír. Tyto objekty byly zobrazeny videoendoskopem Olympus GIF Q140 a uloženy v paměti počítače. Získali jsme snímky celkem 13 objektů (např. obrázek 10a-d). Dosažená přesnost při měření je uvedena v tabulce 1.

Diskuze

Měření velikosti endoskopicky pozorovaných objektů zpřesňuje tuto vyšetřovací metodu. V digestivní endoskopii by měření mohlo nahradit odhad při hodnocení plochy Barrettova jícnu, velikosti neoplazie před endoskopickou resekci, rozsahu zánětem postižené sliznice apod. Metoda by byla využitelná při hodnocení účinnosti terapie ve studiích a klinické praxi. Prezentovaný způsob měření má několik omezení. Nejvýznamnějším je náročnost na přesné

Obrázek 11. Snímkování objektů v trubkových útvech



provedení kalibrací a transformací. Výsledky měření jsou ve velké míře závislé na lidském faktoru. Minimalizace vlivu lidského faktoru lze dosáhnout vytvořením nové verze programu na kalibraci a transformaci, kde celou kalibraci bude možno provést jak ručně, tak i automaticky s použitím nástrojů umělé inteligence. Pomocí těchto nástrojů bude na snímku nalezena sonda, vypočtena její poloha a orientace a na základě těchto výsledků bude provedena samotná kalibrace. Tak bude dosažena opakovatelná přesnost s vyloučením vlivu lidského faktoru a se zaručenou a dostatečnou kvalitou vyhodnocení plochy všech objektů s následným využitím systému FOTOM 2008 v klinické praxi.

Závěr

Význam projektu spočívá ve zpřesnění diagnostické metody. Stanovení skutečné velikosti pozorovaných objektů (patologických lézí) umožní objektivní srovnání popisů různých vyšetření, jak je to již dnes běžné, např. v radiologii či při ultrasonografických vyšetřeních, což dále povede k přesnějšímu hodnocení průběhu léčby. V oblasti klinických studií bude možné porovnat různé léčebné modalitty s dnes nedosažitelnou přesností.

Literatura

1. Ličev L. Podrobnější analýza snímků. 12. konference SDMG, Ostrava, VŠB HGF, 2005.
2. Ličev L, Farana R, Pajurek I. The FOTOM 2005 and More Detailed Image Analysis. In Proceedings of 7th International Carpathian Control Conference. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006: 349–352.
3. Ličev L, Farana R, Pajurek I. Parameters and Shape of Measured Objects of Interest in Ultrasound Images Monitoring. In

Proceedings of 8th International Carpathian Control Conference. Štrbské Pleso: TU Košice, May 24–27, 2007: 418–421.

4. Ličev L. Systém FOTOM 2008 a vizualizace procesu měření. Ed. Ing. Kateřina Pešková. Ostrava: TANGER, spol. s. o., 2009; 1: 35–35. VŠB TU Ostrava, HGF, Institut geoinformatiky.

5. Ličev L, Krumník M. The FOTOM System and metering process visualization. Ed. Kočí P, Smutný P, Smutný L. FS VŠB TUO: FS VŠB TUO, XXXIV(1): 27 s. katedra ATR FS VŠB TUO.

6. Ličev L, Krumník M. Transformation and image calibration for endoscopic image analysis in FOTOM 2008 sys-

tem. Bulharsko: 9th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2009; 9(1): Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection: 887–896.

7. Schreiber J, Ličev L, Sojka E. Recognition and diagnostics of special objects in ultrasound images. 8th ICC 2007. Štrbské pleso, Slovak Republic: 643–646.

8. Schreiber J, Sojka E, Ličev L, et al. A new method for the detection of brain stem in transcranial ultrasound images. In: Biosignals. Funchal, Madeira, Portugal, 2008: 478–483.

9. Sojka E. Digitální zpracování a analýza obrazů. 1st ed. Ostrava: VŠB–TUO, 2000.

MUDr. Ondřej Urban, Ph.D.

Vítkovická nemocnice a.s.

Zalužanského 1192/15, 703 84 Ostrava-Vítkovice

ondrej.urban@nemvitkovice.cz
