

MULTIMODAL RETINAL IMAGE REGISTRATION

Petra Podlipná

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpodli01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vratislav Harabiš

E-mail: harabis@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with possibilities of registration of retinal images from different modalities, concretely optical coherence tomography (OCT), scanning laser ophthalmoscopy (SLO) and fundus camera. In first important stage is the interest focused on registration of SLO and fundus images, which serves to determine area of interest for consecutive registration of OCT data. The final stage is finding correct location of OCT B-scans. On the basis of the studied methods of registration was chosen method making use of computation of correlation coefficient for both cases. For finding optimal parameters of registration is used searching through whole space of parameters. For more transparent registration the graphical user interface was created, which allows loading input images and displaying the result.

Keywords: Optical coherence tomography, fundus camera, scanning laser ophthalmoscopy, image registration, retina

1. ÚVOD

Optická koherentní tomografie (OCT) našla uplatnění v mnoha oborech, zejména v klinické oftalmologii. V současné době patří k nespolehlivějším metodám pro stanovení tloušťky vrstvy nervových vláken. Ukazuje se však, že hodnocení lze do jisté míry provádět i z fundus snímků, resp. stanovit výpadek vrstvy nervových vláken. Pro srovnání těchto dvou modalit je nejprve na místě registrace jejich obrazů.

Je nutno podotknout, že registrace obrazů ze zmíněných modalit není zatím příliš rozšířenou oblastí zájmu. Současným trendem však je využívání více modalit pro zpřesnění diagnózy, z čehož plyne požadavek na multimodální registraci obrazů.

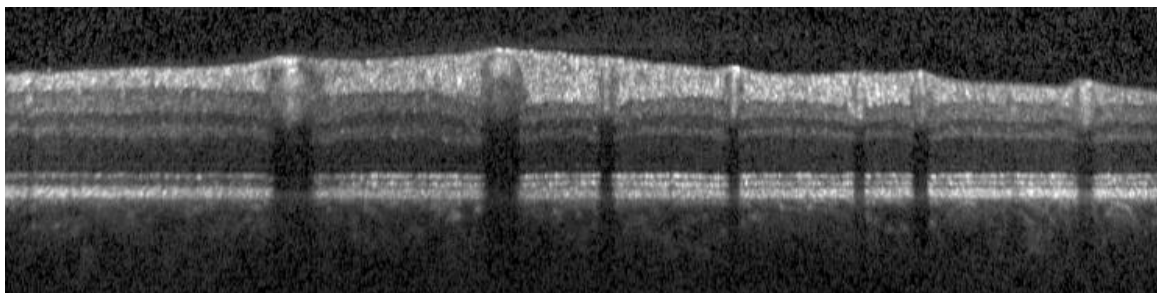
2. TEORETICKÝ ÚVOD

2.1. SÍTNICE

Zrak patří mezi nejdůležitější lidské smysly, vnímáme jím podstatnou část všech informací. Organem zraku je oko, jehož nejvýznamnější funkční částí je sítnice (lat. retina). Obsahuje světločivné a nervové elementy, uspořádané ve vrstvách. Degenerace vrstvy nervových vláken vede k výpadekům zorného pole. Objektivní měření tloušťky nervových vláken, které může zprostředkovat např. OCT, umožňuje odhalit příznaky několik let před projevem změn na zorném poli.

2.2. ZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY V OFTALMOLOGII

Optická koherentní tomografie (OCT) je neinvazivní, bezkontaktní zobrazovací technologie, která umožňuje zobrazit retinální struktury in vivo v rozlišení 10 až 17 μm . Zobrazení struktur v axiálním směru představuje výborný nástroj pro potvrzení diagnostických domněnek, monitorování postupu nemoci a vyhodnocování vlivu léčby.



Obrázek 1: B-sken OCT

Skenovací laserová oftalmoskopie (SLO) pracuje na principu obráceného nepřímého oftalmoskopu, záření vstupuje do oka malým otvorem, vracející se záření je na velké ploše zachycováno fotodetektory.

2.3. REGISTRACE OBRAZŮ

Registrace obrazů patří k základním problémům zpracování obrazů i videa. Představuje stanovení vhodné geometrické transformace mezi dvěma obrazy, která ztotožní polohy bodů v jednom obraze s odpovídajícími body v obraze druhém.

Vzhledem k široké oblasti využití registrace obrazů není možné stanovit univerzální metodu. V této práci byla zvolena registrace obrazů založená na výpočtu korelačního koeficientu.

3. PROGRAM PRO REGISTRACI

V rámci této práce byl vytvořen program pro registraci OCT B-skenů a fundus obrazu včetně grafického rozhraní. Pracuje ve čtyřech krocích. Prvním krokem je předregistrace, následuje detekce cév z fundus snímku a B-skenů a poté vlastní hledání pozic B-skenů ve fundus snímku.

3.1. PŘEDREGISTRACE

Předregistrace slouží k nalezení zájmové oblasti fundus snímku, odkud B-skeny pochází. Pro tento účel je použit SLO obraz, který je součástí OCT dat a hledanou oblast zobrazuje.

Pro hledání parametrů transformace (posunutí, otočení a změna měřítka) je použit výpočet korelačního koeficientu a vyhledání jeho maxima. Program MATLAB používá pro výpočet korelačního koeficientu vztah

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right) \left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}}, \quad (1)$$

kde \bar{A} a \bar{B} jsou střední hodnoty jasu v obrazech A a B. Oba obrazy musí mít stejnou velikost.

3.2. VYROVNÁNÍ B-SKENŮ A DETEKCE CÉV

OCT B-sken je tomografickým zobrazením vrstev sítnice. Pro účel registrace je důležitá informace o umístění cév, ty se v B-skenu projevují tmavými pruhy napříč vrstvami sítnice. Nejlépe je tedy lze detekovat v nejjasnější vrstvě, která ovšem nemusí být vždy na B-skenu rovná. K jejímu nalezení je použita mediánová filtrace, vytvoření gradientního obrazu ve svislém směru, prahování a aplikace morfologických binárních operací. Nepřítomnost jasné vrstvy v místě optického disku je ošetřena interpolací. Nalezená vrstva je sumací po sloupcích převedena na 1D data, ze kterých jsou po úpravě a prahování detekovány cévy. Výsledkem je 1D binární informace o přítomnosti cévy v daném místě.

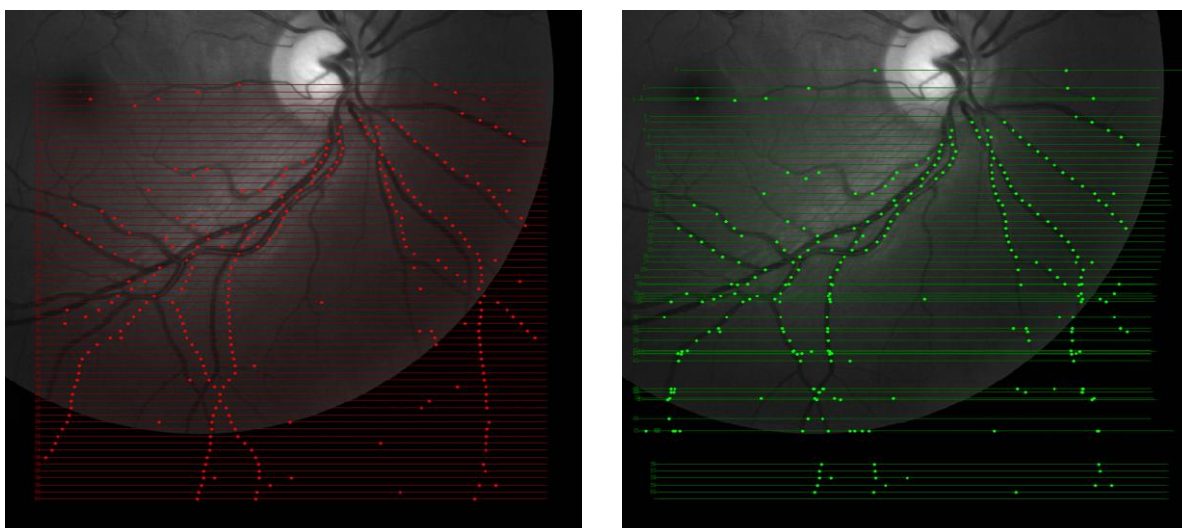
3.3. DETEKCE CÉV Z FUNDUS SNÍMKU

Kvalitní detekce cév z fundus snímku je poměrně dosti náročná. Zde je použita relativně jednoduchá metoda, která byla zvolena pro svou principiální podobnost s předchozí detekcí cév z B-skenů.

Fundus snímek je zde zpracováván řádek po řádku. Z každého řádku jsou podobně jako v předchozím případě detekovány cévy. Totéž je pak provedeno i sloupec po sloupci. Pro zpřesnění je stejný postup aplikován na snímek otočený, čímž se získají informace i ze šikmých směrů. Výsledný obraz je vytvořen sečtením všech mezivýsledků, upraven do binární podoby a pomocí morfologických operací jsou odstraněny artefakty a vyhlazeny okraje cév.

3.4. NALEZENÍ POLOHY B-SKENŮ

Závěrečná fáze pracuje opět na principu výpočtu hodnoty korelačního koeficientu, tentokrát ale pro 1D data, tedy právě prohledávaný řádek fundus snímku a konkrétní B-sken, oboje s již detekovanými cévami, tedy v binární podobě. Hledanými parametry jsou posun ve dvou směrech a měřítko. S výhodou je využita apriorní znalost pozice B-skenů v SLO obraze, která je součástí dat z OCT. Díky tomu může být prohledáván užší prostor parametrů.



Obrázek 2: Srovnání původních pozic B-skenů s nově nalezenými

4. ZÁVĚR

V rámci této práce byl vytvořen program pro registraci OCT B-skenů na fundus snímek. Pro hledání parametrů transformace je použit výpočet korelačního koeficientu. Na základě dosud provedených testů je možné usoudit, že bude třeba použít ještě další typ transformace, nejspíše prostorově variantní. Jinak metoda pracuje spolehlivě v oblasti s výraznými cévami, prozatím selhává v oblasti optického disku, kde jsou jen málo výrazné cévy, které detekce nezachytí.

REFERENCE

- [1] CIULLA, Thomas A., REGILLO, Carl D., HARRIS, Alon. Retina and Optic Nerve Imaging. Philadelphia USA : Lippincott Williams & Wilkins, 2003. 369 s. ISBN 0-7817-3433-9.
- [2] KOLÁŘ, R.; TAŠEVSKÝ, P. Registration of 3D Retinal Optical Coherence Tomography Data and 2D Fundus Images. In Biomedical Image registration. Lecture Notes in Computer Science. 2010. s. 72-82. ISSN: 0302- 9743.
- [3] MathWorks [online]. c2011 [cit. 2011-03-15]. MATLAB - Documentation. Dostupné z WWW: <<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/>>.