

RETINAL IMAGE REGISTRATION USING PHASE CORRELATION

Viktor Šikula

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsikul00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radim Kolář

E-mail: kolarr@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with the retinal image registration using phase correlation technique. A geometrical transformation encompassing scale, rotation and translation between two fundus images of human eye is considered and the whole registration framework including preprocessing is described. The results are compared with the manually registered images.

Keywords: Phase correlation, image registration, retina, fundus camera.

1. ÚVOD

Pozorování sítnice umožňuje neinvazivní metodou diagnostikovat různá onemocnění, jako například glaukom, diabetes, degeneraci sítnice, cévní onemocnění atd. K získání přirozených snímků sítnice se používá tzv. fundus kamera. Jedná se o speciální nízko-energetický mikroskop s přidruženým fotoaparátem, který se skládá ze tří základních částí: mechanické, optické a elektrické. V lékařské praxi má velký význam hodnocení těchto snímků s časovým odstupem několika dní, měsíců, či roků. Z tohoto pohledu je velmi důležitá registrace (resp. lícování) těchto obrazů za účelem snadnější a přesnější diagnostiky (zvláště u progresivních nemocí, jako je diabetická retinopatie nebo glaukom). Jedná se tedy o úkol lícování dvou snímků pořízených v jiný časový okamžik. Jedno z možných řešení je popsáno v následujících odstavcích.

2. FÁZOVÁ KORELACE

Fázová korelace je metoda založená na rychlé Fourierově transformaci. Využívá tedy Fourierovu oblast k porovnání obrazů, které jsou vzájemně posunuty, otočeny a mají jiné měřítko.

2.1. POSUN

V případě posunu se tato metoda opírá o posuvnou vlastnost Fourierovy transformace, která je uváděna jako Fourierův teorém posunu. Pokud $f_1(x,y)$ a $f_2(x,y)$ jsou dva obrazy, které se liší pouze o posun x_0 a y_0 , tak platí že $f_2(x, y) = f_1(x - x_0, y - y_0)$. Podle [1] lze pak vypočítat křížové výkonové spektrum jako:

$$\frac{F_1(u, v) \cdot F_2^*(u, v)}{|F_1(u, v) \cdot F_2^*(u, v)|} = e^{j2\pi(ux_0 + vy_0)} \quad (1)$$

kde $F_1(u,v)$ je spektrum obrazu $f_1(x,y)$ a $F_2^*(u,v)$ je komplexně sdružené k $F_2(u,v)$, což je spektrum obrazu $f_2(x,y)$. Použitím zpětné Fourierovy transformace se získá funkce, kde pozice maximální hodnoty určuje posun x_0 a y_0 .

2.2. ROTACE A MĚŘÍTKO

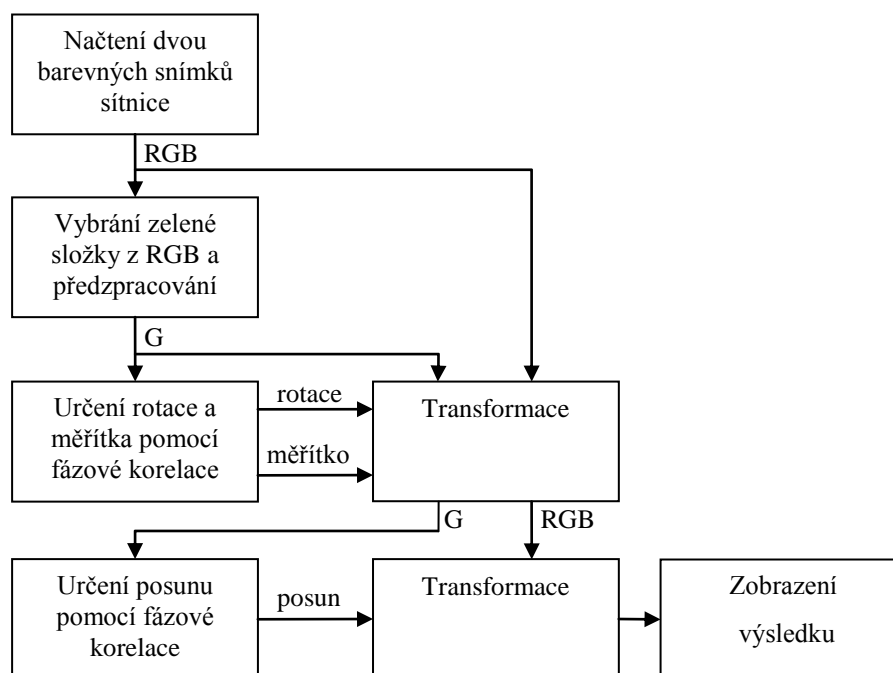
Způsob určení rotace a měřítka mezi dvěma obrazy pomocí fázové korelace je popsán v [1]. Základem je převedení amplitudových spekter $M_1(u,v)$ a $M_2(u,v)$, což je $|F_1(u,v)|$ a $|F_2(u,v)|$, do polárních souřadnic $M_1(\rho,\theta)$ a $M_2(\rho,\theta)$, kde $\rho = \sqrt{u^2 + v^2}$ a $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{u}\right)$. Vyjádřením ρ v logaritmických souřadnicích lze napsat vztah mezi amplitudovými spektry:

$$M_1(\ln \rho, \theta) = M_2(\ln \rho - \ln a, \theta - \theta_0), \quad (2)$$

kde a je měřítko a θ_0 je rotace, což už lze určit metodou fázové korelace jako posun. Je třeba si uvědomit, že při převodu do polárních souřadnic je silně zvýhodněn střed spektra (nízké frekvence) a vzorky směrem od středu jsou podvzorkovány, či jsou úplně vynechány. Tento nedostatek je zde kompenzován použitím lineární váhové funkce na amplitudové spektrum v polárních souřadnicích, což vede k potlačení vyšších frekvencí.

2.3. POSTUP REGISTRACE

Na obr. 1 je ukázán blokový diagram popisující registraci dvou snímků z fundus kamery. Po načtení snímků se vybere jeho zelená složka, která vykazuje nejlepší kontrast mezi cévami a pozadím sítnice. Po vybrání zelené složky následuje předzpracování, což představuje úpravu nerovnoměrné iluminace, zvýraznění hran a eliminaci vlivu masky snímku sítnice. Korekce na nerovnoměrnou iluminaci je provedena podle [2] a spočívá v odečtení zprůměrovaného obrazu lokální maskou o velikosti 51x51 (představuje tím model pozadí) od originálního obrazu. K eliminaci vlivu masky lze použít váhování snímku sítnice Hannovým oknem, ale jako lepší varianta se jeví nahrazení černého okolí snímku sítnice střední hodnotou z obrázku sítnice. Při lícování je podle [1] důležité nejprve zjistit a aplikovat správné měřítko a rotaci a teprve poté se zabývat posunem.

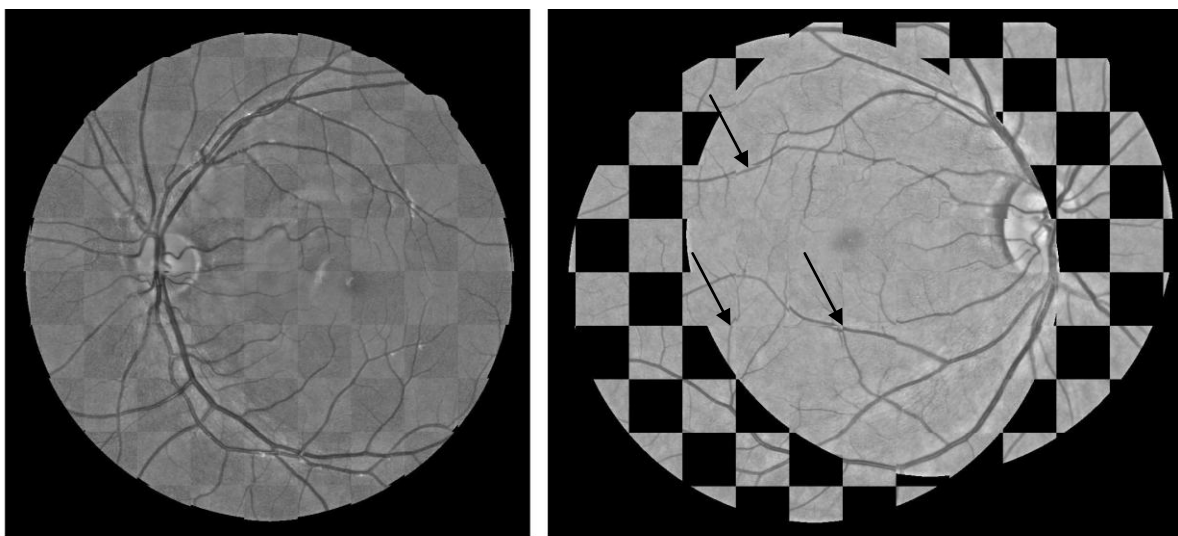


Obrázek 1: Blokový diagram pro lícování fundus snímků

2.4. VÝSLEDKY

Na obr. 2 je ukázka výsledků lícování snímků z fundus kamery. Snímky byly před lícováním zmenšeny na rozlišení 1500 x 1000 pixelů. Šachovnicové obrazy byly, pro lepší čitelnost, vytvořeny pouze ze zelených složek barevných fundus snímků s korekcí iluminace.

Výsledky této automatické registrace byly objektivně srovnány s výsledky získanými ruční registrací za využití kvadratické geometrické transformace pro 87 dvojic snímků. Jako míra podobnosti byla použita metrika vzájemné informace [3]. U 28 snímků slícovaných popsanou metodou bylo dosaženo dokonce vyšší hodnoty vzájemné informace, což ukazuje na lépe slícovaný snímek ve srovnání s manuální registrací. U zbývajících 58 snímků bylo dosaženo v průměru o 2,03% menší hodnoty vzájemné informace ve srovnání s manuální registrací.



Obr. 1: Výsledky lícování fundus snímků, znázorněné šachovnicovými obrazy s vyznačením problematických oblastí

3. ZÁVĚR

Subjektivním i objektivním porovnáním výsledků bylo zjištěno, že pro většinu snímků dosahovalo lícování metodou fázové korelace velmi dobrých výsledků. Problémy nastávají pouze v případech velkého posunu registrovaných snímků, kde se již uplatní zkreslení snímku způsobené zakřivením povrchu sítnice. Nicméně, navržená metoda může spolehlivě sloužit pro slícování snímků s přesností několika pixelů, které jsou pak slícovány metodou, využívající komplexnější geometrickou transformaci. Výhodou popsané metody je především její robustnost a rychlost.

REFERENCE

- [1] Reddy B., Chatterji B. *An FFT-based technique for translation, rotation, and scale-invariant image registration*, Image Processing, IEEE Transactions on image processing, vol. 5, no. 8, pp. 1266-1271, Aug 1996.
- [2] Říha F. *Registrace autofluorescenčních obrazů sítnice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 70 str. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Kolář, Ph.D.
- [3] Hajnal J. V., Hawkes D. J., Hill D. L. G. *Medical image registration*. CRC Press, 2001. 392 str. ISBN 0-8493-0064-9