

ANALYSIS OF THE RETINAL NERVE FIBER LAYER FOR DIAGNOSIS OF GLAUCOMA

Martina Vodáková

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvodak03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Odstrčilík

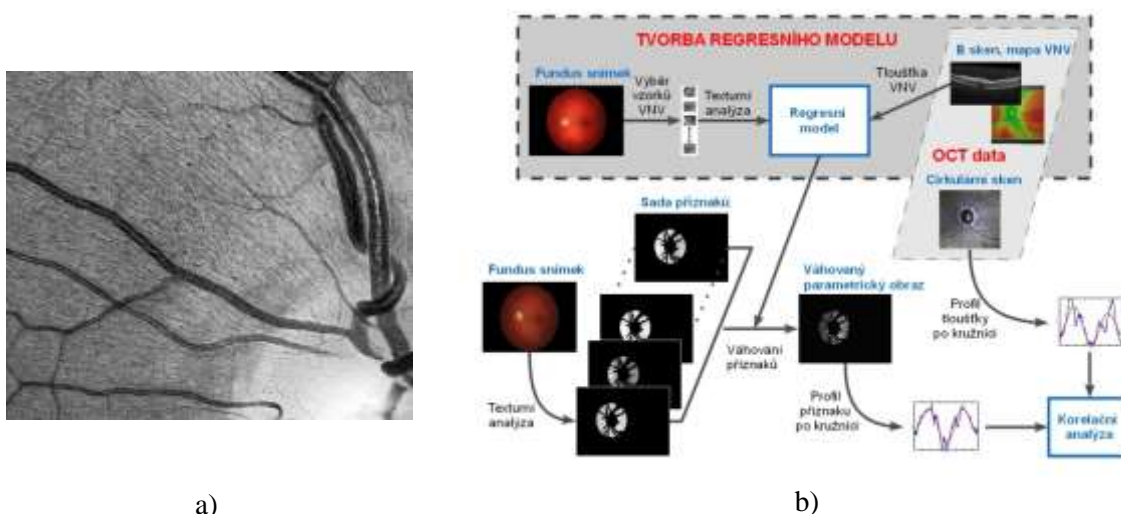
E-mail: odstrcilik@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper is focused on creating a methodology for classification of the degree of retinal nerve fiber layer (RNFL) damage. The center of interest is an evaluation of textural features describing changes in RNFL texture in colour fundus images. A methodology to utilize regression models enabling prediction of RNFL thickness is presented. The results show, that the outputs of regression models achieve significantly high correlation between the predicted values and the RNFL thickness measured directly by optical coherence tomography.

Keywords: Retinal nerve fiber layer, fundus images, textural features, regression models

1. ÚVOD

Termínu glaukom využívá oftalmologická praxe k označení patologického stavu sítnice, projevujícího se poškozením ve vrstvě nervových vláken (VNV). Pro potlačení progresivního charakteru onemocnění, které má při absenci léčby za následek výpadky v zorném poli pacienta a může vést až k úplné slepotě, je zcela nezbytná včasná diagnostika. Klinická praxe v současné době využívá snímky sítnice pořízených digitální fundus kamerou kupříkladu k analýze morfologie optického disku (OD). Rostoucí možnost získání kvalitních snímků o vysokém rozlišení přesouvá v poslední době zájem také k textuře, která na snímcích reprezentuje VNV. Charakteristické uspořádání nervových vláken sbíhajících se na povrchu sítnice směrem k OD tvoří morfologický podklad jemného žíhání, které je na fundus snímcích patrné, viz Obrázek 1a. Nejvyšší viditelnost vláken je zřejmá v okolí OD z důvodu nejvyšší koncentrace vláken v této oblasti z anatomického hlediska. Plně automatická počítačová analýza textury VNV na fundus fotografiích, kterou by bylo možné k diagnostice glaukomu využít, zatím stále neexistuje.



a) **Obrázek 1:** Textura VNV (a) a schéma postupu navržené metodiky (b)

Z tohoto důvodu se tento příspěvek věnuje dané problematice a popisuje možnost využití matematických modelů ke kombinaci různých texturních příznaků za účelem klasifikace stupně poškození VNV pro účely diagnostiky glaukomu. Cílem prezentované snahy je dosažení optimální kombinace texturních příznaků tak, aby výsledný model co nejpřesněji popisoval změny ve VNV.

2. METODA

Prezentovaná analýza byla provedena s využitím dostupné databáze fundus fotografií 19 zdravých očí. Snímky mají velikost 3888×2592 pixelů a byly snímány nemydriatickou digitální fundus kamerou CANON CR-1 se zorným polem 60°. Databázi doplňují data pořízená optickým koherentním tomografem (Spectralis OCT, Heidelberg Engineering). Ke každému fundus snímku je k dispozici objemový sken oblasti sítnice v okolí OD, sken cirkulární, a dále snímek pořízený duálně laserovým oftalmoskopem (SLO).

2.1. TVORBA REGRESNÍCH MODELŮ PRO PREDIKCI PŘÍZNAKU

Navrhovaná metodika klasifikace stupně poškození VNV (schéma postupu viz Obrázek 1b) se primárně opírá o již dostupné texturní příznaky dvou metod texturní analýzy - pomocí lokálních binárních vzorů (LBP) a Gaussovských Markovských náhodných polí (GMRF) [3]. K dispozici je tak sada 78 texturních příznaků.

K výpočtu jednotlivých příznaků byly využity průměry hodnot zelené a modré složky barevného RGB snímku. V průměrném „GB“ snímku je VNV totiž více kontrastní [3]. K dispozici jsou příznaky vypočítané na 354 manuálně vybraných vzorcích textury VNV o velikosti 41×41 pixelů z oblasti blízké OD. Ke každému vzorku je zároveň dostupná informace o tloušťce VNV v dané pozici sítnice z dat optické koherentní tomografie (OCT) předzpracovaných do podoby extrahované tloušťkové mapy dle [2].

Popsaný datový soubor tvoří vstup k tvorbě predikčního modelu se snahou zkombinovat příznaky tak, aby pomocí modelu bylo možné aproximovat měření skutečné tloušťky VNV z dat OCT. K tvorbě a výběru modelu bylo využito open source prostředí WEKA [1]. Dle schopnosti 29 experimentálně testovaných modelů v tomto prostředí dosáhnout korelace (Pearsonův korelační koeficient) výstupu texturní analýzy se skutečnou tloušťkou VNV byly prozatím vybrány algoritmy: Linear regression (korelace 0,74), Pace regression (korelace 0,73) a Least med sq (korelace 0,72). Jako výstup z jednotlivých regresních modelů (natrénovaných s využitím manuálně vybraných vzorků) byly uvažovány vektory vah a aplikace modelů je následně založena na váhovaném součtu jednotlivých příznaků (viz další kapitola).

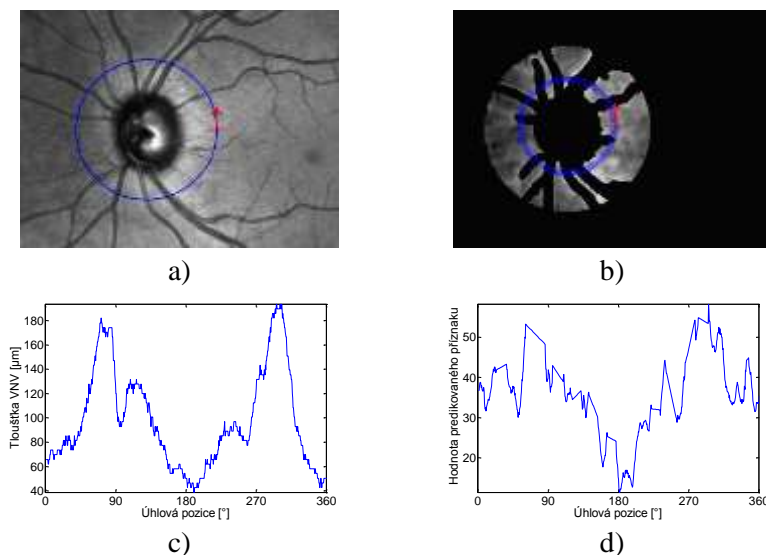
2.2. TESTOVÁNÍ VYTVOŘENÝCH REGRESNÍCH MODELŮ

Testování modelů probíhalo prozatím na 19 snímcích sítnice zdravých očí s plně zachovanou VNV. Snímky byly již dříve předzpracovány za účelem segmentace cévního řečiště dle metody [4], a poté bylo v oblastech mimo cévní řečiště vypočteno 78 texturních příznaků s využitím výše zmíněných metod texturní analýzy [3]. Celá analýza probíhala v oblasti zájmu okolo OD (do vzdálenosti 1,5 násobku OD). Jako vstup je tedy regresním modelům k dispozici datový soubor 78 parametrických obrazů pro každou z 19 fundus fotografií. V programovém prostředí MATLAB bylo provedeno testování tří uvažovaných modelů pro každý fundus snímek ve smyslu váhování vektorů o 78 prvcích na všech souhlasných pozicích pixelů parametrických obrazů z oblasti zájmu mimo vysegmentované cévní řečiště. Součtem váhovaných vektorů jednotlivých pozic pixelů vznikl jediný parametrický obraz jako predikovaný výstup jednotlivých regresních modelů.

2.3. OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI VYTVOŘENÝCH REGRESNÍCH MODELŮ

Hodnocení výstupu prezentovaného postupu probíhalo zjištěním míry schopnosti výstupního parametrického obrazu sledovat změny v tloušťce VNV. Za tímto účelem byla brána v úvahu odpovídající data OCT cirkulárních skenů vedených oblastí kolem OD (Obrázek 2a). SLO snímky prováza-

né s těmito daty bylo možné s výhodou využít k přepočítání polohy cirkulárního skenu do fundus snímku, respektive predikovaného parametrického obrazu (Obrázek 2b). Za účelem zpřesnění následných výpočtů byla přenesená kružnice v parametrickém obrazu doplněna o další čtyři soustředné kružnice (dvě směrem k OD, dvě směrem od OD vždy s krokem 10 pixelů). Průměr z hodnot predikovaného příznaku v poloze těchto pěti kružnic byl použit pro vykreslení profilu příznaku pro možnost porovnání s profilem tloušťky VNV získaným z cirkulárního skenu OCT v korespondující pozici (Obrázek 2c,d). V místech vysegmentovaných cév byl profil příznaku lineárně aproximován.



Obrázek 2: SLO snímek s vyznačenou polohou cirkulárního skenu (a), predikovaný parametrický obraz s vyznačenou polohou pěti kružnic pro výpočet profilu příznaku (b), profil tloušťky VNV z OCT cirkulárního skenu (c), profil predikovaného příznaku (d)

Popsaný postup tvorby profilů byl proveden na každém z 19 dostupných snímků pro tři testované regresní modely. Na výstupech v podobě profilů predikovaného příznaku a profilů objektivně změněné tloušťky VNV byla zjišťována míra závislosti pomocí výpočtu korelace mezi příslušnými průběhy. Hodnoty korelačních koeficientů pro jednotlivé snímky nejsou uvedeny z důvodu omezeného rozsahu příspěvku. Jsou tedy uvedeny jen průměrné hodnoty: Pearsonův korelační koeficient pro tři testované regrese dosahuje hodnot 0,77 pro Linear reg., 0,76 pro Pace reg. a 0,75 pro Lest med sq.

3. ZÁVĚR

Dosažené výsledky ukazují, že navržená metodika se jeví jako účinná s vysokou korelací mezi příznaky predikovanými prostřednictvím vytvořených regresních modelů a skutečnou tloušťkou VNV (hodnoty statisticky významné při $p = 0,05$). Průměrné korelační koeficienty všech tří testovaných modelů převyšují korelační koeficient nejlepšího ze 78 příznaků ($R = 0,63$) uvažovaných jednotlivě. Při následujícím postupu je zamýšleno rozšířit analýzu o další texturní příznaky a podrobit analýze také snímky očí postižených glaukomem.

REFERENCE

- [1] Hall M., Frank E., Holmes G., Pfahringer B., Reutemann P., Witten I. H. (2009); The WEKA Data Mining Software: An Update; SIGKDD Explorations, Volume 11, Issue 1.
- [2] Mayer M., et al., Retinal Nerve Fiber Layer Segmentation on FD-OCT Scans of Normal Subjects and Glaucoma Patients. Biomedical Optics Express. 2010, no. 1, 1358–1383.
- [3] Novotny A., Odstřcilik J., Kolar R., et al., Texture Analysis Of Nerve Fiber Layer In Retinal Images Via Local Binary Patterns And Gaussian Markov Random Fields. Proc. of BIOSIGNAL 2010), Brno, CZ, June 2010, pp. 308-315.
- [4] Odstřcilik J., Jan J., Kolar R., et al., Improvement of Vessel Segmentation by Matched Filtering in Colour Retinal Images. In Proc. of WC 2009, Munich, Germany, 2009, pp. 327–330.