

TEXTURE ANALYSIS OF THE RETINAL NERVE FIBER LAYER USING FUNDUS IMAGES

Martina Vodáková

Bachelor Degree Programme (3), 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 fundamental texture analysis of high-resolution fundus images aimed to subjectively and quantitatively describe properties of texture formed by the retinal nerve fiber layer. An area of interest was predefined in the form of ten sectors on each fundus image. The correlation between results of subjective and quantitative evaluation of the texture was monitored in each sector. The preliminary results show that proposed fundamental texture features, as mean value and standard deviation, are closely related to the subjective textural properties obtained from visual appearance of the retinal nerve fiber layer.

Keywords: Retinal nerve fiber layer, fundus images, retinal images, texture analysis

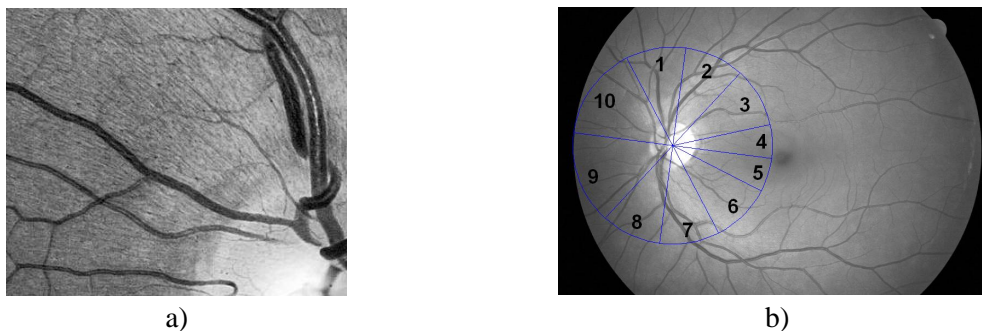
1. ÚVOD

Glaukomové poškození, při němž dochází k odumírání nervových vláken na sítnici, je jedním z nejčastějších příčin permanentní slepoty ve světě [2]. Pro potlačení progresivního průběhu onemocnění, případně pro jeho úplné zastavení, je proto nutná včasná diagnostika. V současné době se diagnostika tohoto onemocnění, s využitím fundus fotografií sítnice, opírá běžně o analýzu morfologie optického disku [2]. Diagnostika glaukomu založená přímo na automatické analýze textury vrstvy nervových vláken (VNV) z digitálních fundus fotografií se do popředí zájmu dostává teprve v nedávné době díky zlepšujícím se technologiím a stále rostoucím možnostem získání kvalitních snímků sítnice s vysokým rozlišením. Počítačovou analýzou textury VNV s využitím fotografií sítnice se zabývá např. aktuální publikace [3]. Plně automatická analýza VNV, která by byla použitelná pro diagnostiku VNV v klinické praxi, však zatím stále neexistuje.

Tento příspěvek sleduje současný trend vědy v oblasti analýzy VNV s využitím fundus fotografií sítnice a prezentuje detailní náhled na základní vlastnosti textury VNV ze subjektivního a kvantitativního úhlu pohledu.

2. METODA

Textura vrstvy nervových vláken je na fundus fotografiích sítnice reprezentována světlým žíháním, tvořícím jemnou proužkovou strukturu pokrývající celý povrch sítnice a opouštějící oko jako svazek nervových vláken v místě zvaném optický disk, viz Obrázek 1a. Oblastí zájmu pro hodnocení textury VNV byla po vzoru subjektivní analýzy publikované článkem [1] zvolena oblast vymezená kružnicí se středem umístěným ve středu optického disku. Oblast zájmu v blízkosti optického disku byla vybrána z důvodu největší koncentrace nervových vláken v této oblasti z anatomického hlediska. Kružnice, zohledňující také polohu žluté skvrny, byla následně rozdělena na 10 sektorů v podobě kruhových výsečí s pevně stanovenými velikostmi středových úhlů (úhel 20° - sektory číslo 4, 5; úhel 35° - sektory číslo 1, 2, 3 a 6, 7, 8; úhel 55° - sektory číslo 9, 10), blíže znázorněno na Obrázku 1b.



Obrázek 1: Textura VNV (a) a kružnice rozdělující oblast zájmu na jednotlivé sektory (b).

Analýza textury VNV proběhla na obrazových datech dvou databází. 18 snímků zdravých očí z databáze č. 1 bylo snímáno fundus kamerou CANON CF-60 UVi přes modrozelený autofluorescenční filtr. Rozlišení těchto snímků je 3504×2336 pixelů. 31 snímků zdravých očí databáze č. 2 pochází z fundus kamery CANON CR-1. Tyto snímky byly snímány bez použití autofluorescenčního filtru. Rozlišení těchto snímků je 3888×2592 pixelů. Pro analýzu byla následně využita pouze modrá a zelená složka RGB obrazu; použil se aritmetický průměr těchto dvou složek za účelem lepší interpretace textury VNV, dle [2].

2.1. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ TEXTURY VNV

V každém sektoru podle Obrázku 1b, byla zvlášť subjektivně hodnocena směrovost textury, velikost primitiv, hustota primitiv a pravidelnost textury, jako čtyři parametry charakterizující texturu VNV. Dále byla hodnocena ostrost obrazu, úroveň jasu a šumová složka, jako parametry hodnotící kvalitu daného snímku. Hodnocení proběhlo pro texturní parametry na stupnici 1-5 (5 – maximální, 4 – velká, 3 – malá, 2 – minimální, 1 – nelze hodnotit) a pro parametry kvality snímku na stupnici 1-3 (3 – maximální, 2 – střední, 1 – minimální). Průměrné hodnoty jednotlivých sektorů lze považovat za subjektivně zjištěný ukazatel interpretace VNV konkrétní oblasti fundus snímku.

2.2. KVANTITATIVNÍ HODNOCENÍ TEXTURY VNV

Pro kvantitativní hodnocení textury byl vytvořen datový soubor manuálně vybraných vzorků ze snímků z obou databází. Datový soubor pro první databázi tvoří 1305 vzorků textury VNV o velikosti 67×67 pixelů. Pro druhou databázi bylo vybráno 2111 vzorků o velikosti 77×77 pixelů. Vzorky byly třízeny do skupin podle příslušnosti k předdefinovaným sektorům a ukládány společně se souřadnicemi, které vzorku v původním obraze náleží. Pro každý vzorek byla vypočítána střední hodnota a směrodatná odchylka jasu v daném vzorku. Výsledky výpočtů byly zprůměrovány v rámci příslušných sektorů. Průměrné hodnoty pro jednotlivé sektory tak lze považovat za kvantitativní ekvivalent k subjektivnímu hodnocení jasu textury.

3. VÝSLEDKY ANALÝZY

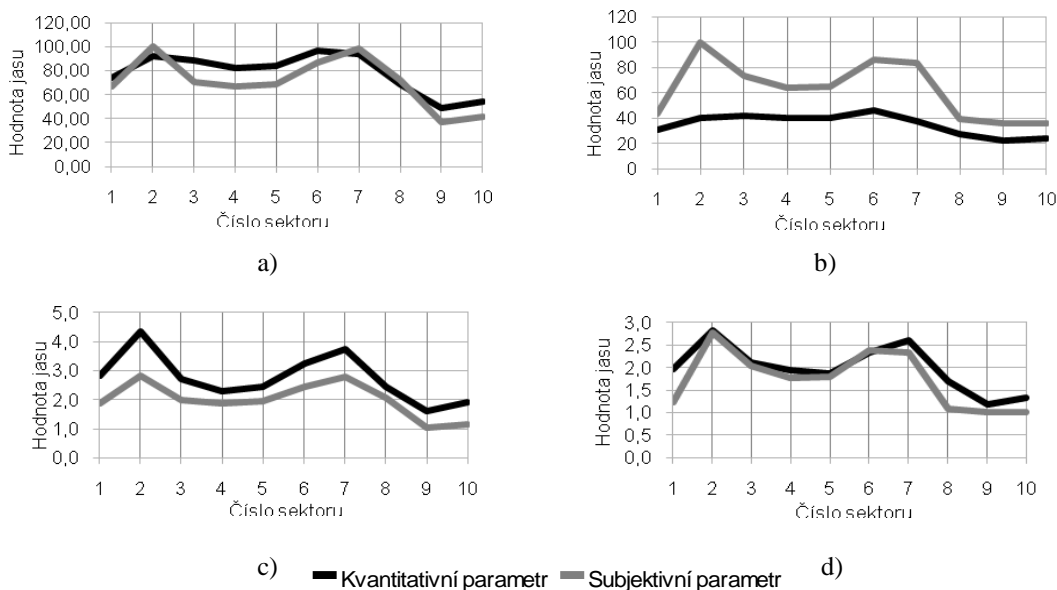
Výsledky subjektivních hodnocení potvrdily apriorní předpoklady vycházející z poznatků o anatomii VNV. Tučné hodnoty v tabulkách 1 a 2 vypovídají o sektoru s nejlepším, resp. nejhorším hodnocením daného parametru.

Tabulka 1: Průměrné hodnoty subjektivního hodnocení pro databázi č. 1.

	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Sektor 5	Sektor 6	Sektor 7	Sektor 8	Sektor 9	Sektor 10
Směrovost textury	2,83	4,00	2,33	1,33	1,06	2,17	2,94	1,39	1,00	1,67
Velikost primitiv	3,06	4,50	2,22	1,22	1,17	2,67	3,06	1,44	1,00	1,72
Hustota primitiv	2,89	1,89	3,72	4,72	4,89	3,83	2,94	4,78	5,00	4,22
Pravidelnost	3,06	3,78	3,61	1,67	1,11	2,72	2,89	1,44	1,06	1,44
Ostrost obrazu	2,56	2,56	2,11	1,50	1,39	2,11	2,22	2,17	2,17	2,33
Úroveň jasu	1,89	2,83	2,00	1,89	1,94	2,44	2,78	2,06	1,06	1,17
Šumová složka	2,61	2,72	2,78	2,33	2,33	2,72	2,67	2,72	2,72	2,39

Tabulka 2: Průměrné hodnoty subjektivního hodnocení pro databázi č. 2.

	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Sektor 5	Sektor 6	Sektor 7	Sektor 8	Sektor 9	Sektor 10
Směrovost textury	2,77	3,48	3,13	1,42	1,29	2,74	2,65	1,81	1,19	1,84
Velikost primitiv	2,58	4,13	2,26	1,35	1,23	2,23	2,52	1,65	1,23	1,94
Hustota primitiv	3,42	1,74	3,71	4,68	4,81	3,68	3,26	4,35	4,58	3,94
Pravidelnost	3,10	3,03	3,84	1,71	1,45	3,06	2,74	2,06	1,26	2,10
Ostrost obrazu	2,26	2,42	2,35	1,94	2,00	1,94	1,94	2,16	1,68	2,00
Úroveň jasu	1,23	2,77	2,03	1,77	1,81	2,39	2,32	1,10	1,00	1,00
Šumová složka	2,39	2,52	2,42	2,03	2,10	2,32	2,29	2,35	2,06	2,03



Obrázek 2: Grafické srovnání subjektivního a kvantitativního hodnocení textury: srovnání středních hodnot jasu pro databázi č.1 (a) a databázi č.2 (b); srovnání směrodatných odchylek jasu pro databázi č.1 (c) a databázi č.2 (d). Hodnoty jsou v tabulkách zvýrazněny v řádku. Tabulky středních hodnot a směrodatných odchylek nejsou z důvodu úspory místa uvedeny.

Srovnání subjektivního a kvantitativního hodnocení bylo provedeno formou 1D grafů, do kterých byly vykresleny křivky obou parametrů (subjektivního - úroveň jasu, kvantitativního - stř. hodnota/směrodatná odchylka) napříč sektory, viz Obrázek 2. Získané průběhy se navzájem sledují, je tedy možné mezi nimi subjektivně předpokládat jistou korelaci.

4. ZÁVĚR

Prezentované hodnocení textury VNV bylo provedeno jako krok předcházející pokročilejším metodám texturní analýzy. Při dalším postupu je také zamýšleno výstupy těchto analýz dále podrobit kvantitativnímu hodnocení korelace, např. pomocí korelačních koeficientů, včetně multimodální analýzy zahrnující korespondující data z optické koherentní tomografie.

REFERENCE

- [1] Airaksinen, J. P; Drance, S. M. at al: Diffuse and localized nerve fiber loss in glaucoma, American Journal of Ophthalmology. 1984, vol. 98, no. 5, p. 566-71.
- [2] Bock R. et al.: Glaucoma risk index: Automated glaucoma detection from color fundus images, Medical Image Analysis, 2010, doi:10.1016/j.media.2009.12.006.
- [3] Muramatsu Ch. et al.: Detection of retinal nerve fiber layer defects on retinal fundus images for early diagnosis of glaucoma, Journal of Biomedical Optics, vol. 15, no. 1, 2010, pp. 1-7.