

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Ústav matematiky

Ing. Pavel Štarha

NUMERICKÉ METODY ANALÝZY SNÍMKŮ
SÍTNICE LIDSKÉHO OKA

NUMERICAL METHOD FOR ANALYSIS
OF HUMAN EYE RETINA IMAGES

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

Obor: Matematické inženýrství

Školitel: Prof. RNDr. Miloslav Druckmüller, CSc.

Oponenti: Prof. Ing. Josef Kohoutek, CSc.
 Doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
 MUDr. Dobroslav Hájek, CSc.

Datum obhajoby: 21. května 2004

Klíčová slova

sítnice, zakončení cévních kapilár, obrazová analýza, diabetes mellitus

Key Words

retina, capillary endings, image analysis, diabetes mellitus

Místo uložení disertační práce

Ústav matematiky, FSI VUT v Brně

©Pavel Štarha, 2004

ISBN 80-214-2733-7

ISSN 1213-4198

Obsah

1	Současný stav řešené problematiky	5
2	Cíl práce	6
3	Zvolené metody zpracování	7
3.1	Adaptivní změna kontrastu	8
3.2	Segmentace obrazu	9
3.3	Podmíněná eroze objektu cévního systému	10
3.4	Parametry cévního systému	11
3.5	Analýza prostorového rozložení zakončení cévních kapilár	13
4	Hlavní výsledky práce	14
4.1	Počet cévních zakončení	14
4.2	Hustota cévních zakončení	19
5	Závěr	22
6	Curriculum vitae	24
7	Anotace	27

1 Současný stav řešení problematiky

Jedním z nejdůležitějších smyslových orgánů lidského těla je oko, které umožňuje vnímání světla. Stěnu oka tvoří tři vrstvy a to vazivový obal oka (bělmo s rohovkou), cévnatý obal (cévnatka) a vnitřní obal (sítnice s receptory reagujícími na světelné podněty).

Cévnatku obsahující cévy je možné pozorovat pomocí oftalmoskopu při tzv. vyšetření očního pozadí. V oku jsou jediné cévy v těle, které můžeme pozorovat bez invazivního zásahu do organismu. Stav těchto cév nám poskytuje informaci o stavu i ostatních cév v celém těle. To znamená, jsou-li cévy vyživující sítnici postiženy patologickým procesem (jsou sklerotické, křehké, praskají, atd.), jsou s velkou pravděpodobností stejně postiženy i ostatní cévy. Postižení cév u celkových onemocnění organismu je označováno jako angiopatie. Jsou-li přítomny i ložiskové změny sítnice, hovoříme o retinopatii. Posuzování cévních změn se využívá zejména při klasifikaci stádií hypertenze a diabetu mellitu. Při těchto onemocněních se vyskytují specifické změny na cévách. Vlivem postižení cév vyživujících sítnici dochází ke snížení kvality až ztrátě zraku. Posuzování cévních změn je však značně subjektivní. Z tohoto důvodu je potřeba najít metodu, která by byla co nejméně závislá na lidském úsudku a tím minimalizovala subjektivní odhad pozorovatele.

2 Cíl práce

Cílem práce je vývoj nových numerických metod pro zpracování obrazů, které by umožnily zlepšit diagnostiku sítnice lidského oka a eliminovat subjektivní vlivy při posuzování míry poškození sítnice. Metody jsou založeny na využití adaptivních filtrů a na morfologických metodách umožňujících analýzu zakončení cévních kapilár.

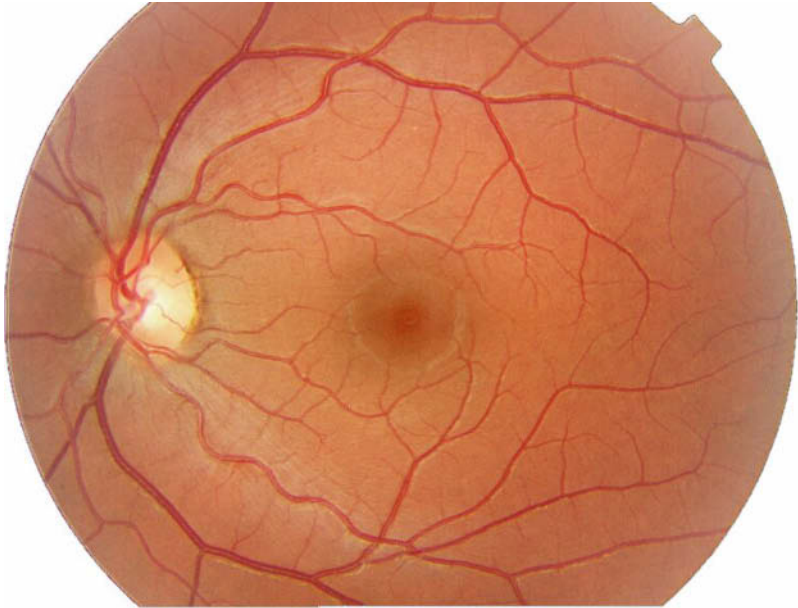
Je nutné

1. Vypracovat numerickou metodu segmentace obrazu očního pozadí za využití adaptivních filtrů
2. Vypracovat numerickou metodu detekce zakončení cévních kapilár
3. Vypracovat numerickou metodu pro analýzu tvaru zakončení cévních kapilár
4. Navrhnout a otestovat statistickou metodu umožňující odhadnout míru poškození sítnice na základě analýzy prostorového rozložení zakončení kapilár

3 Zvolené metody zpracování

Pro vývoj nových metod zpracování obrazové informace je potřeba znalost základních vlastností digitalizace a reprezentace obrazu. Toto je podrobně popsáno v [1] a [2]. Základy pro vytvoření lineárních a adaptivních filtrů umožňující vhodné zpracování obrazu a jejich analýzu najdeme v [3] a [4].

Na obrázku (Obr. 1) vidíme originální snímek sítnice oka, který zatím nebyl žádnou metodou zpracován. Pro snazší identifikaci cévního systému je potřeba

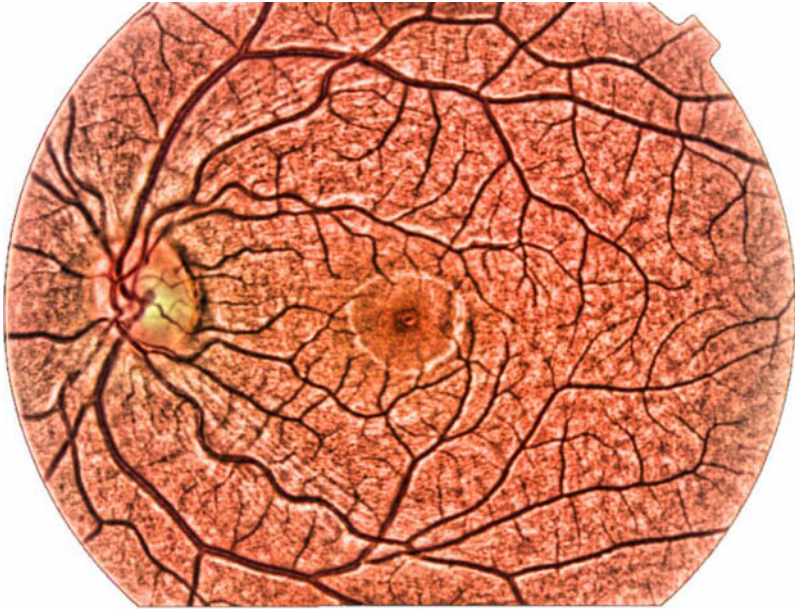


Obrázek 1: Originální snímek sítnice oka

danou strukturu zvýraznit, tedy zvýšit její kontrast. To nám umožňuje metoda adaptivní změny kontrastu.

3.1 Adaptivní změna kontrastu

Po aplikaci této metody dostáváme obrázek (Obr. 2). Na tomto snímku je již velmi dobře vidět cévní systém a to nám umožňuje jeho snadnější identifikaci.



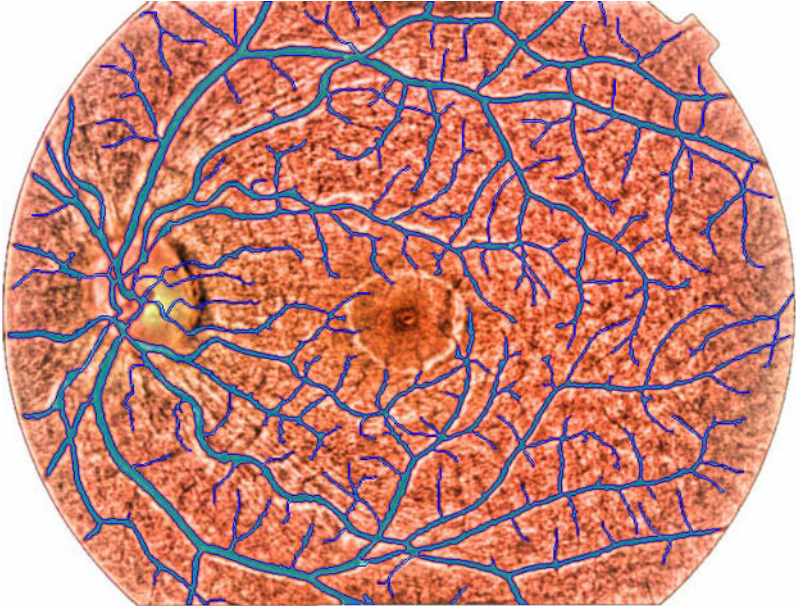
Obrázek 2: Zvýrazněný cévní systém

Vzhledem k tomu, že metoda adaptivní změna kontrastu zdůrazní nejen objekt, ale i aditivní šum v obraze, je nutné tento šum potlačit lineárním filtrem typu dolní propust

3.2 Segmentace obrazu

Nyní můžeme přistoupit k segmentaci obrazu, tedy k vlastní identifikaci cévního systému. Nejdříve je potřeba zvolit vhodné atributy pixelů pro dobrou identifikaci objektu. Těmito atributy jsou: jas pixelu J , intenzita jednotlivých barevných složek R, G, B a hlavní barva pixelu H .

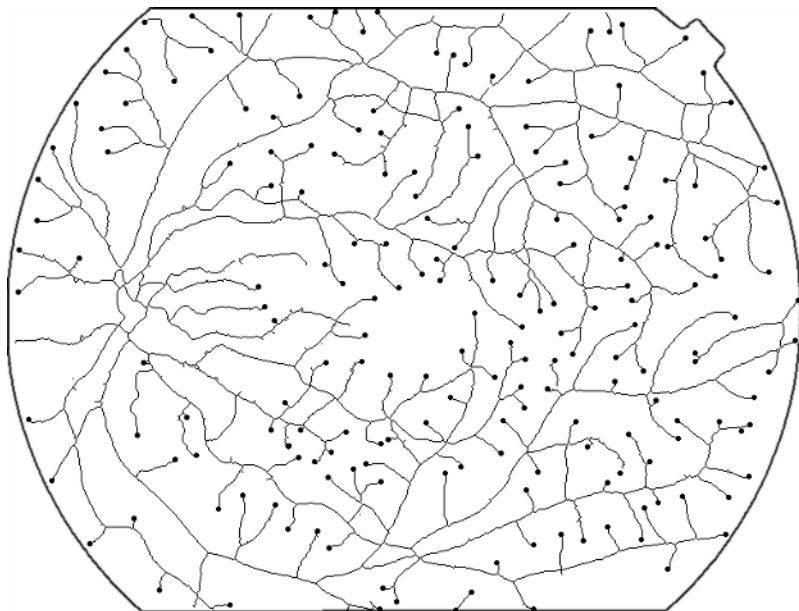
Na obrázku (Obr. 3) je vidět identifikovaný cévní systém (objekt), který je znázorněn modrou barvou.



Obrázek 3: Identifikace cévního systému

3.3 Podmíněná eroze objektu cévního systému

Následující snímek (Obr. 4) ukazuje určenou jednopixelovou křivku Γ , která reprezentuje cévní systém. Tuto křivku Γ získáme metodou podmíněné eroze objektu. Černými body jsou označena cévní zakončení.

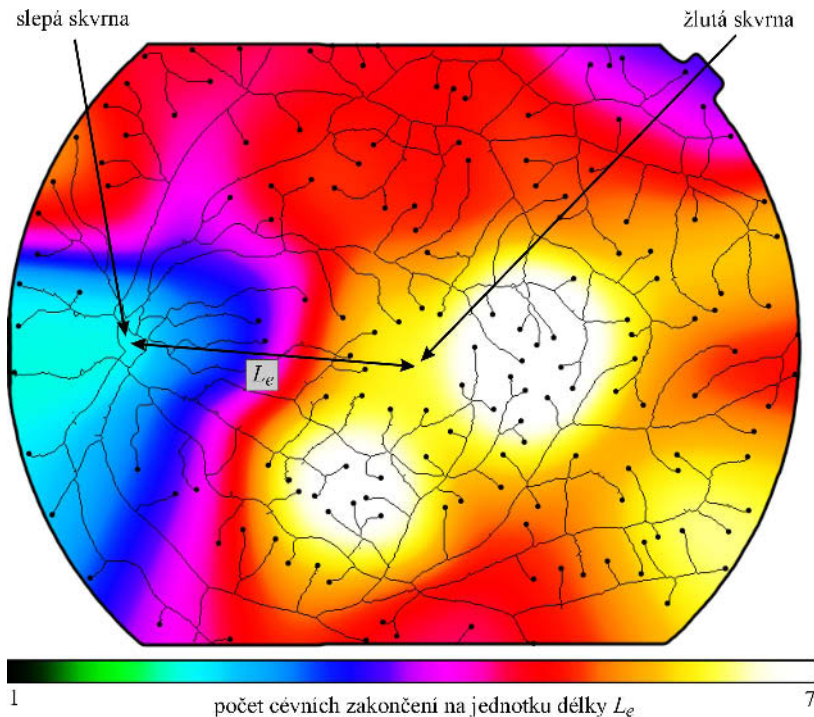


Obrázek 4: Křivka Γ a cévní zakončení

3.4 Parametry cévního systému

Nyní můžeme určit počet cévních zakončení. Pokud se ale pořádně podíváme, tak cévní zakončení, která jsou blízko hranice zorného pole, jsou většinou způsobena omezeným zorným polem. Tedy nastává otázka, zda tato cévní zakončení počítat. Vzhledem k tomu, že se na každém snímku vyskytuje tzv. slepá skvrna, ve které ústí všechny cévy vyživující sítnici, musí mít většina cév, které jsou omezeny zorným polem, alespoň jedno cévní zakončení. Z tohoto důvodu si můžeme dovolit započítat všechna zidentifikovaná zakončení.

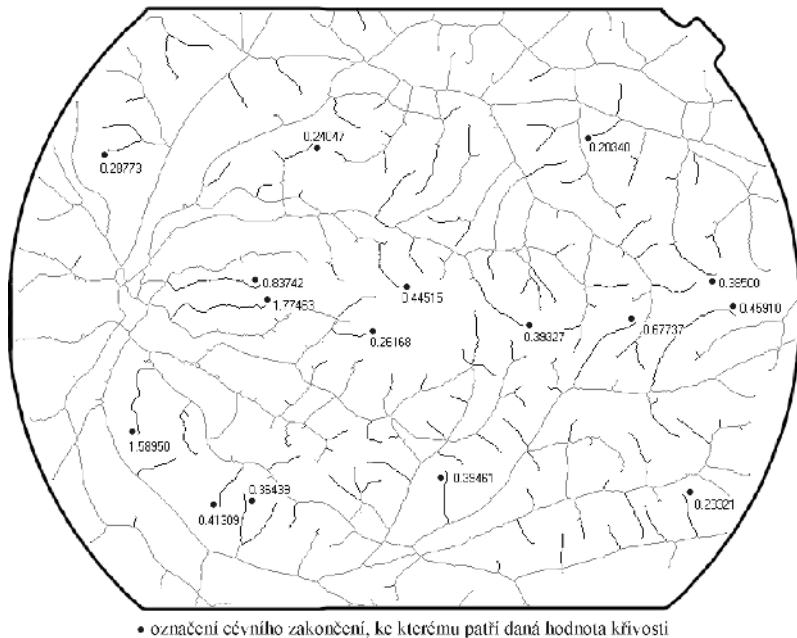
Obrázek (Obr. 5) představuje hustotu cévních zakončení na sítnici oka. Hodnota konstanty L_e je rovna vzdálenosti mezi středem slepé a žluté skvrny. Hustota cévních zakončení nám napoví, ve kterých místech má sítnice největší



Obrázek 5: Snímek hustoty cévních zakončení

počet cévních zakončení a kde nejmenší. U zdravého jedince je nejmenší počet cévních zakončení v oblasti slepé skvrny a největší počet je v okolí tzv. žluté skvrny (oblast nejostřejšího vidění).

Ke každému cévnímu zakončení můžeme určit jeho křivost. V obrázku (Obr. 6) jsou vypsány hodnoty křivosti některých cévních zakončení. Čím je více



Obrázek 6: Hodnoty křivosti cévních zakončení

komplikovaný průběh cévního zakončení, tím vyšší je hodnota křivosti. U patologických jevů, které vznikají při onemocnění diabetem mellitem, se právě hodnota křivosti cévního zakončení zvyšuje.

3.5 Analýza prostorového rozložení zakončení cévních kapilár

Abychom mohli vytvořit metodu, která by hodnotila správnost rozložení cévních zakončení a jejich hustotu, musíme nejdříve určit nějaký typický vzorek, se kterým budeme jednotlivé snímky porovnávat.

Princip určení typického vzorku je takový, že vezmeme snímky hustoty cévních zakončení zdravých jedinců a pro každý bod sítnice vypočteme typickou hodnotu hustoty. Tuto hodnotu určíme např. mediánem nebo aritmetickým průměrem odpovídajících hodnot v jednotlivých snímcích. Vzhledem k tomu, že každé oko je jiné, tedy vzdálenost mezi žlutou a slepou skvrnou je různá, a také při pořizování snímku očního pozadí se vždy nepodaří slepá a žlutá skvrna umístit do stejného místa, musí se provést lineární transformace snímku tak, aby tyto skvrny byly na všech jednotlivých snímcích hustot na stejném místě. Tedy tyto snímky hustot můžeme porovnávat a také určit typický vzorek hustoty cévních zakončení zdravého jedince.

Pro posouzení kvality vyživování sítnice, tedy vhodnosti rozložení cévních zakončení na sítnici, je potřeba určit nějaké kritérium. Myšlenka, jak určit hodnotu daného testového kritéria, je taková, že se určí rozdíl mezi typickými hodnotami hustot a hodnotami hustot cévních zakončení pro nějaký snímek Ω . Vzhledem k tomu, že rozdíl hustot cévních zakončení pro různá místa sítnice je různě závažný, musí se toto zohlednit pomocí nějaké váhové funkce, kterou musí určit odborní lékaři.

4 Hlavní výsledky práce

4.1 Počet cévních zakončení

První domněnka, kterou bylo potřeba ověřit, byla, že při onemocnění diabetem melitem, dochází proliferaci (nadměrné větvení) cév a tím se zvýší počet cévních zakončení. Nejdříve bylo nutné zjistit počet cévních zakončení u zdravých jedinců. Zajímalo nás, zda má počet cévních zakončení normální rozdělení a tedy zda můžeme použít jako typickou hodnotu počtu cévních zakončení zdravých jedinců aritmetický průměr. Další otázka byla, zda počet cévních zakončení levého oka koreluje s počtem cévních zakončení pravého oka. K této studii bylo vyšetřeno 38 zdravých lidí. Získali jsme tedy 76 snímků očního pozadí. Tabulka (Tab. 1) ukazuje naměřené hodnoty počtu cévních zakončení zdravých klientů.

číslo klienta	pravé oko	levé oko	číslo klienta	pravé oko	levé oko
1	131	124	20	96	116
2	90	91	21	73	74
3	87	91	22	61	85
4	95	115	23	120	137
5	109	104	24	139	160
6	101	98	25	92	65
7	105	112	26	113	101
8	136	127	27	95	101
9	109	104	28	111	95
10	107	91	29	139	96
11	107	92	30	122	152
12	108	126	31	94	99
13	120	126	32	75	86
14	125	126	33	130	123
15	116	92	34	103	95
16	150	132	35	148	130
17	90	105	36	118	122
18	113	109	37	119	107
19	96	101	38	93	97

Tabulka 1: Počet cévních zakončení zdravých klientů

Nechť máme statistický soubor X reprezentující počet cévních zakončení pravých očí a statistický soubor Y levých očí. Oba statistické soubory byly

zpracovány a výsledky nám ukazuje tabulka (Tab. 2). Můžeme si všimnout, že

	X pravé oko	Y levé oko
střední hodnota	108,868	108,079
rozptyl	398,641	396,073
směrodatná odchylka	19,966	19,902

Tabulka 2: Parametry statistických souborů X a Y

parametry statistického souboru počtu cévních zakončení pro pravé a levé oko jsou velmi podobné.

Zajímalo nás, zda počet cévních zakončení má pro pravé a levé oko normální rozdělení. K tomu jsme použili test χ^2 . Nejdříve jsme odhadli parametry normálního rozdělení. Hodnoty nám ukazuje tabulka (Tab. 3). Pro výpočet testu χ^2 jsme

střední hodnota pro pravé oko	μ_x	108,8684
směrodatná odchylka pro pravé oko	σ_x	20,505607
střední hodnota pro levé oko	μ_y	108,0789
směrodatná odchylka pro levé oko	σ_y	20,439456

Tabulka 3: Odhadnuté parametry normálního rozdělení

statistické soubory roztrídili do pěti tříd. Roztríděný statistický soubor X s teoretickými hodnotami normálního rozdělení \tilde{f}_j nám ukazuje tabulka (Tab. 4) a roztríděný statistický soubor Y tabulka (Tab. 5). Interval prakticky možných

j	třída	četnost f_j	teoretická četnost \tilde{f}_j	$\frac{(f_j - \tilde{f}_j)^2}{\tilde{f}_j}$
1	$(-\text{inf}; 90)$	6	7,198416	0,1995162
2	$(90; 100)$	7	6,035806	0,1540258
3	$(100; 110)$	8	7,279242	0,0713662
4	$(110; 120)$	8	6,937850	0,1626098
5	$(120; \text{inf})$	9	10,548686	0,2273675
\sum		38		$t_x = 0,8148856$

Tabulka 4: Roztríděný statistický soubor X

j	třída	četnost f_j	teoretická četnost \tilde{f}_j	$\frac{(f_j - \tilde{f}_j)^2}{\tilde{f}_j}$
1	$(-\text{inf}; 91)$	7	7,617328	0,0500299
2	$(91; 100)$	8	5,476674	1,1625987
3	$(100; 110)$	8	7,268526	0,0736125
4	$(110; 125)$	6	9,913174	1,5447051
5	$(125; \text{inf})$	9	7,724298	0,2106878
Σ		38		$t_y = 3,0416340$

Tabulka 5: Roztříděný statistický soubor Y

hodnot $I_\alpha = \langle 0; 6, 0 \rangle$ pro $\alpha = 0,05$. Vzhledem k tomu, že $t_x, t_y \in I_\alpha$, hypotézu o normálním rozdělení počtu cévních zakončení pro pravé a levé oko nezamítáme na hladině významnosti 0,05.

Dále byla vypočítána korelace mezi těmito soubory a otestována hypotéza $H : r = 0$ o jejich vzájemné nezávislosti na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky ukazuje tabulka (Tab. 6). Vzhledem k tomu, že $t \notin I_\alpha$, hypotézu

korelace	r	0,7026334
hodnota testového kritéria	t	5,161678
interval prakticky možných hodnot	I_α	$\langle -1,96; 1,96 \rangle$

Tabulka 6: Korelace mezi počtem cévních zakončení pravého a levého oka

H o nezávislosti zamítáme, tedy nezamítáme alternativní hypotézu \bar{H} o jejich závislosti.

Tím, že počet cévních zakončení má normální rozdělení, můžeme ověřit hypotézu $H : \sigma_x = \sigma_y$ o rovnosti rozptylů. Hodnota testového kritéria t se vypočte jako

$$t = \frac{s^2(x)n_1(n_2 - 1)}{s^2(y)n_2(n_1 - 1)} \geq 1, \quad (1)$$

kde $s^2(x)$ je rozptyl a n_1 počet prvků statistického souboru X , $s^2(y)$ je rozptyl a n_2 počet prvků statistického souboru Y . Interval prakticky možných hodnot $I_\alpha = \langle 0; 1,70275 \rangle$ pro $\alpha = 0,05$ a hodnota $t = 1,006483$. Tím, že $t \in I_\alpha$, hypotézu H o rovnosti rozptylů nezamítáme na hladině významnosti 0,05.

Dále můžeme otestovat hypotézu $H : \mu_x = \mu_y$ o rovnosti středních hodnot

pro stejné rozptyly. Použijeme následující vzorec pro výpočet testového kritéria

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_1 s^2(x) + n_2 s^2(y)}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (2)$$

kde $s^2(x)$ je rozptyl, \bar{x} aritmetický průměr a n_1 počet prvků statistického souboru X , $s^2(y)$ je rozptyl, \bar{y} aritmetický průměr a n_2 počet prvků statistického souboru Y . Interval prakticky možných hodnot testového kritéria $I_\alpha = \langle -2,025; 2,025 \rangle$ pro $\alpha = 0,05$. Hodnota testového kritéria $t = 0,312381$. Vzhledem k tomu, že $t \in I_\alpha$, hypotézu o rovnosti středních hodnot nezamítáme na hladině významnosti 0,05. Pro další práci bylo potřeba získat pouze jeden statistický soubor, který by reprezentoval počet cévních zakončení zdravého jedince. Na základě předchozích výpočtů a testů hypotéz jsme mohli jednotlivé statistické soubory pro pravé oko X a levé oko Y spojit a vytvořit tak rozsáhlejší soubor Z . Následující tabulka (Tab. 7) ukazuje nově odhadnuté parametry normálního rozdělení statistického souboru Z .

střední hodnota	μ_z	108,4737
směrodatná odchylka	σ_z	20,0702
rozptyl	σ_z^2	402,8126

Tabulka 7: Odhadnuté parametry normálního rozdělení

Mějme nyní statistický soubor D , který reprezentuje počet cévních zakončení sítnice oka u postižených klientů. Zjištěné hodnoty nám ukazuje tabulka (Tab. 8). Předpokládali jsme normální rozdělení počtu cévních zakončení

číslo klienta	pravé oko	levé oko
1	160	142
2	126	137
3	153	155
4	86	87
5	107	100
6	143	84
7	105	112
8	52	92

Tabulka 8: Počet cévních zakončení postižených klientů

i u postižených klientů. Statistický soubor D zahrnuje počet cévních zakončení

jak pro levé, tak i pro pravé oko. Odhadnuté parametry normálního rozdělení nám ukazuje tabulka (Tab. 9).

střední hodnota	μ_d	117,0625
směrodatná odchylka	σ_d	34,1418
rozptyl	σ_d^2	1165,6625

Tabulka 9: Odhadnuté parametry normálního rozdělení

Byla otestována hypotéza $H : \sigma_z = \sigma_d$ o rovnosti rozptylů pro statistický soubor Z a D podle již známého vzorce (1). Hodnota testového kritéria $t = 3,046114$ a interval prakticky možných hodnot $I_\alpha = \langle 1; 1,6655 \rangle$ pro $\alpha = 0,05$. Vzhledem k tomu, že hodnota $t \notin I_\alpha$, hypotézu H o rovnosti rozptylů zamítáme na hladině významnosti 0,05.

Dále byla otestována hypotéza $H : \mu_z = \mu_d$ o rovnosti středních hodnot statistických souborů Z a D . Pro výpočet hodnoty testového kritéria jsme užili následujícího vzorce, který předpokládá rozdílnost rozptylů

$$t = \frac{\bar{z} - \bar{d}}{\sqrt{\frac{s^2(z)}{n_1-1} + \frac{s^2(d)}{n_2-1}}}, \quad (3)$$

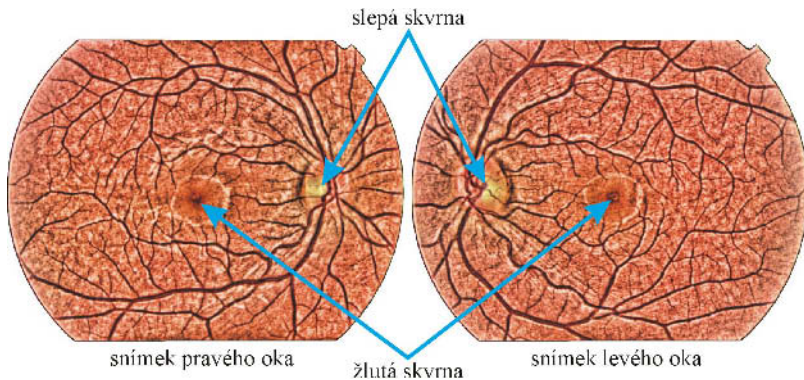
kde $s^2(z)$ je rozptyl, \bar{z} aritmetický průměr a n_1 počet prvků statistického souboru Z , $s^2(d)$ je rozptyl, \bar{d} aritmetický průměr a n_2 počet prvků statistického souboru D . Interval prakticky možných hodnot testového kritéria $I_\alpha = \langle -2,135; 2,135 \rangle$ pro $\alpha = 0,05$. Hodnota testového kritéria $t = -0,942282$. Vzhledem k tomu, že $t \in I_\alpha$, hypotézu H o rovnosti středních hodnot nezamítáme na hladině významnosti 0,05.

Když zhodnotíme předcházející výpočty a testy statistických hypotéz, dojdeme k závěru, že původní domněnka o zvýšení počtu cévních zakončení u klientů postižených diabetem melitem se nepotvrdila.

Všechny zde použité testy statistických hypotéz jsou podrobně popsány v [5] a v [6].

4.2 Hustota cévních zakončení

Pro určení typické hustoty cévních zakončení bylo použito 76 snímků sítnice oka od 38 zdravých klientů. Abychom mohli použít dohromady snímky levého a pravého oka, museli jsme snímky pravého oka zrcadlově převrátit tak, aby měly stejnou pozici slepé a žluté skvrny jako snímky levého oka. Rozdíl mezi snímkem levého a pravého oka nám názorně ukazuje obrázek (Obr. 7). Po této

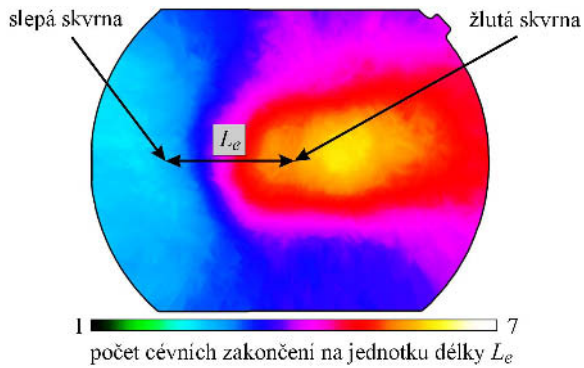


Obrázek 7: Snímky sítnice oka

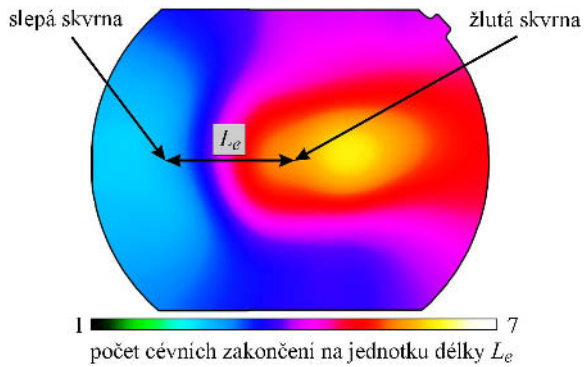
jednoduché transformaci se jednotlivé snímky mohly dále ztransformovat tak, aby u všech snímků byla pozice slepé a žluté skvrny na stejném místě.

V následujícím si ukážeme, jak takový snímek reprezentující typickou hustotu cévního zakončení vypadá. Máme dva typy. První je vypočten pomocí mediánu (Obr. 8) a druhý pomocí aritmetického průměru (Obr. 9). Po porovnání těchto dvou snímků zjistíme, že jsou si velmi podobné. To znamená, že medián hodnot hustoty cévních zakončení pro daný bod snímku je blízký jejich aritmetickému průměru. Z toho můžeme usoudit, že se jedná o symetrické rozdělení daných hodnot a jako typickou hodnotu hustoty cévních zakončení můžeme brát pouze jejich aritmetický průměr. Obrázek (Obr. 10) ukazuje různé snímky hustoty cévních zakončení.

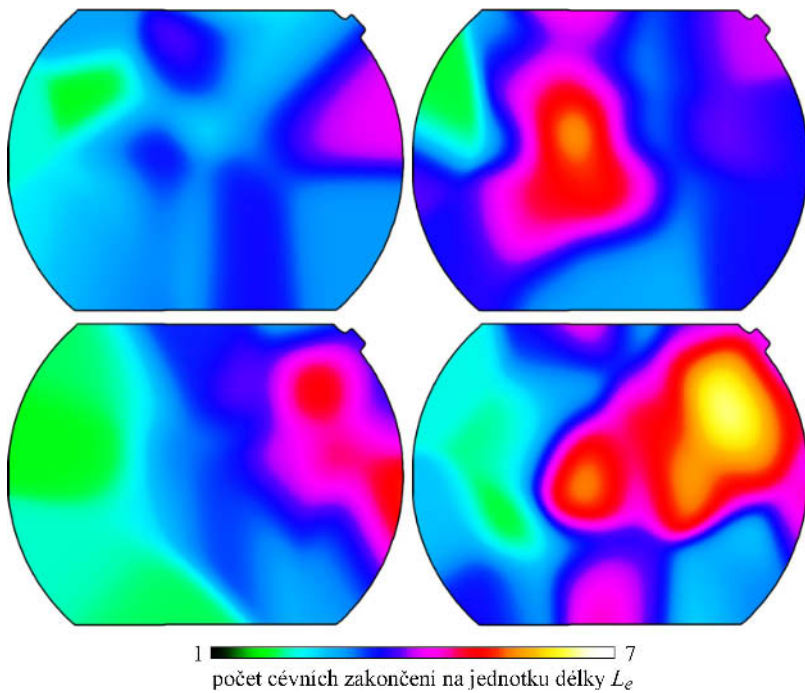
K tomu, abychom mohli určit hodnotu testového kritéria, která určuje míru poškození sítnice a tedy riziko ztráty zraku, potřebujeme znát váhovou funkci $W(X)$. Tato funkce značí pro daný bod X závažnost rozdílu hustoty cévního zakončení pozorované sítnice od typické hodnoty. Konkrétní hodnoty funkce $W(X)$ musí stanovit odborní lékaři. Aby se potlačil subjektivní názor, je třeba získat tyto hodnoty od co nejvíce lékařů a pak stanovit výslednou funkci $W(X)$, která bude užita pro výpočet hodnoty testového kritéria.



Obrázek 8: Typická hustota cévního zakončení $\mathcal{D}_m^T(X)$ - medián



Obrázek 9: Typická hustota cévního zakončení $\mathcal{D}_a^T(X)$ - aritmetický průměr



Obrázek 10: Příklady hustot cévních zakončení

5 Závěr

Cíle práce, které byly stanoveny v pojednání ke státní doktorské zkoušce, se podařilo splnit až na otestování statistické metody umožňující odhadnout míru poškození sítnice na základě analýzy prostorového rozložení zakončení kapilár. Je to z časových důvodů, neboť určení váhové funkce, která určuje závažnost rozdílu hustoty cévních zakončení od typické hustoty pro dané místo na sítnici, je zapotřebí získat informace od co nejvíce odborných lékařů, aby byl potlačen subjektivní názor na tuto problematiku.

Získané výsledky jsou v některých případech jiné, než se předpokládalo před analýzou snímků. To poukazuje na nutnost vypracování objektivních metod hodnocení snímků očního pozadí. Některé domněnky založené jen na subjektivním hodnocení mohou být nesprávné. Abychom mohli získat přesnější parametry cévního systému a nalézt zákonitosti mezi parametry cévního systému a mírou poškození sítnice, je potřeba zpracovat co nejvíce snímků sítnice oka a pokračovat ve vývoji i jiných metod, než které zde byly vypracovány. To by mělo být součástí mého dalšího výzkumu.

Reference

- [1] Klíma, M., Bernas, M., Hozman, J., Dvořák, P.: Zpracování obrazové informace. Vydavatelství ČVUT, Praha 1996.
- [2] Jaroslavskij, L., Bajla, I.: Metódy a systémy číslicového spracovania obrazov. Alfa, Bratislava 1989.
- [3] William, K. Pratt.: Digital image processing (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA 1991.
- [4] Starck, J.-L., Murtagh, F., Bijaoui, A.: Image processing and Data Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, UK 2000.
- [5] Karpíšek, Z.: Matematika IV. Pravděpodobnost a matematická statistika. Vydavatelství VUT v Brně, Brno 1990.
- [6] Anděl, J.: Statistické metody. MATFYZPRESS, Praha 1993.

6 Curriculum vitae

Jméno:

Pavel Štarha

Datum a místo narození:

7.2.1974

Nové Město na Moravě

Bydliště:

Dornych 112B

617 00 Brno

Česká Republika

Rodinný stav:

Ženatý

Středoškolské vzdělání:

Střední odborné učiliště elektrotechnické

Purkyňova 97, Brno

Vysokoškolské vzdělání:

Vysoké učení technické Brno

Fakulta strojního inženýrství

Technická 2, Brno

Zaměstnání:

od října 1992 do září 1993 operátor výpočetního střediska

od října 2001 asistent VUT Brno

Zájmy:

volejbal, cyklistika, lyžování, plavání, windsurfing

elektronika, radioamatérské vysílání

velitel zásahové jednotky sboru dobrovolných hasičů

programování(Delphi, Assembler)

Reference

- [1] Štarha, P.: Diplomová práce. Rankové statistické filtry pro filtraci šumu v obrazové analýze. VUT Brno 1998.
- [2] Bednář, J., Štarha, P.: Závěrečná zpráva grantového projektu FSI PF-390001: Návrh a implementace vícerozměrného fuzzy jádra expertního databázového systému pro kovové materiály. FSI VUT, Brno, 1999.
- [3] Druckmüller, M., Štarha, P.: ACC Structure and Object Analysis. SOFO 2000.

- [4] Štarha P. : Pojednání ke státní doktorské zkoušce. Numerické metody analýzy objektů. Brno, únor 2001.

Publikace ve vědeckých časopisech

- [5] Tremlová, B., Štarha, P. (2002): Histometric Evaluation of Meat Products - Determination of Size and Number of Objects. Czech J. Food Sci., Vol. 20: No. 5: 175-180
- [6] Kolar, P., Starha, P., Hajek, D., Vlkova, E., Druckmüller, M.: Význam matematického zpracování obrazu u diabetické retinopatie. Česká a slovenská oftalmologie, červen 2003, ISSN 1211-9059
- [7] Tremlová, B., Štarha, P.: Bone tissue determination in meat products by use of Image analysis. Fleischwirtschaft. vol.47-49. May 2003.
- [8] Tremlová, B., Štarha, P.: Histometric evaluation of meat products - comparison of results obtained by histology and chemistry. Czech Journal of Food Science, 2003, vol. 21, no. 3, p. 101-106.

Publikace na zahraničních konferencích

- [9] Starha, P., Hajek, D., Karaskova, J., Kolar, P., Druckmuller, M., Vlkova, E., Soucek, P.: The Identification of Capillary endings in Proliferative Retinopathy, Herlev Hospital, Copenhagen, Denmark 2000.
- [10] Tremlová, B., Štarha, P. (2000) : Das Bild-Analyse-System und ihre Anwendung für die Lebensmitteluntersuchung. 41. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes "Lebensmittelhygiene". 25. - 28. 9. 2000, Garmisch - Partenkirchen
- [11] Tremlová, B., Štarha, P. (2001) : Qualitative und quantitative histologische Untersuchung der Geflügelfleischprodukte. 42. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes "Lebensmittelhygiene". Garmisch - Partenkirchen, 25. - 28. 9. 2001.
- [12] Kolar, P., Starha, P., Hajek, D., Vlkova, E., Druckmüller, M.: The Importance of Mathematical Processing of Retinal Images in Diabetic Retinopathy. 12th Meeting of the European Association for the Study of Diabetic Eye Complications (EASDec). Udine, Italy, May 24-26, 2002
- [13] Kolar, P., Starha, P., Hajek, D., Vlkova, E., Druckmüller, M.: The Importance of Mathematical Processing of Retinal Images in Diabetic Retinopathy. European Journal of Ophthalmology. Milano - Birmingham, AL. - Osaka, Vol.12 - No.2 March-April 2002.

- [14] Tremlová, B., Štarha, P.: Využitie analýzy obrazu pre stanovenie kostného tkaniva v mäsových výrobkoch. Hygiena Alimentoum XXIII. Štrbské Pleso - Vysoké Tatry, 5. - 7. júna 2002. ISBN 80-7148-049-5
- [15] Tremlová, B., Štarha, P. (2002) : Die Bewertung der histologischen Methoden zum Nachweis der pflanzlichen Bestandteile in den Fleischerzeugnissen mit Rücksicht auf die Anwendung des Bild-Analyse-System. 43. Arbeitstagung des Lebensmittelhygiene. Garmisch - Partenkirchen, 24. - 27. 9. 2002.

Publikace na konferencích v České republice

- [16] Bednář, J. - Štarha, P.: Vágní statistická data v materiálovém inženýrství. In: Sborník konference "Fuzzy logika, neuronové sítě a expertní systémy - Inteligentní systémy pro praxi". Hrubá Skála 1999
- [17] Kolář, P., Hájek, D., Štarha, P., Druckmüller, M.: Matematické zpracování obrazu sítnice a jeho využití v diagnostice a terapii diabetické retinopatie. 9.výroční sjezd české oftalmologické společnosti. Brno, 5.-7. října 2001.
- [18] Kolář, P., Hájek, D., Štarha, P., Druckmüller, M.: Matematické zpracování obrazu sítnice metodikou identifikace kapilárních zakončení. 9.výroční sjezd české oftalmologické společnosti. Brno, 5.-7. října 2001.
- [19] Tremlová, B., Štarha, P.: Využití anlyzy obrazu při histologickém vyšetření masných výrobků. Digitální mikroskopie a analýza obrazu. VŠCHT Praha, 24.1. - 25.1. 2002.
- [20] Kolář, P., Hájek, D., Štarha, P., Druckmüller, M.: Hodnocení stupně závažnosti diabetické retinopatie pomocí matematické analýzy obrazu sítnice. III. Vejdovského olomoucký vědecký den. Olomouc, 23. března 2002
- [21] Tremlová, B., Štarha, P.: Histologické stanovení rostlinných součástí v masných výrobcích - kvantitativní hodnocení analýzou obrazu. XXXII. Lemfeldovy a Höklovy dny. VFU Brno, 16. října 2002.

7 Anotace

Úkolem této práce bylo vytvořit numerické metody pro zpracování snímků očního pozadí lidského oka a automatickou analýzu cévního systému. Výzkum patologických změn na sítnici oka má podstatný význam. V současné době posuzování změn je velmi subjektivní, neboť jejich porovnávání s jinými změnami je obtížné. Nové metody, které jsou výsledkem této práce, jsou založené na analýze objektů reprezentujících cévní strukturu sítnice. Nově vyvinuté adaptivní filtry a metoda podmíněná eroze umožňují identifikovat cévní systém. Metody byly aplikovány na 76 snímků sítnice oka zdravých jedinců a 16 snímků sítnice oka jedinců postižených onemocněním diabetes mellitus. Tato práce byla vytvořena za spolupráce s lékařskou fakultou Masarykovy Univerzity Brno a nadále se bude v této problematice pokračovat.

Annotation

The aim of this work was to create the numerical method for processing of human retina images and automatic analysis of capillary system. The research of changes in human eyes' retina during therapy of various diseases as diabetes mellitus is of fundamental importance. Nowadays methods are based on subjective assess of retina image and therefore it is not possible to follow the slow development of retina capillary system. The new method which is result of this work is based on objective mathematical analysis of retina topology and structure. Newly developed adaptive filters and controlled erosion are used for capillary system detection. The developed method was finally used on the sample of 76 normal retina images and 16 images of retina affected by diabetes mellitus. This work was done with cooperation with MU..... and it will continue.