

VISUALIZATION OF BLOOD VESSELS PULSATION IN RETINAL SEQUENCES

Matyáš Kadlas

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xkadla02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radim Kolář

E-mail: kolarr@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with detection and visualization of blood vessels pulsation in retinal sequences. Absence of blood vessels pulsation can help to identify different diseases, including brain tumor and glaucoma. The proposed method uses principal component analysis to analyze variability in video sequences which include blood vessels pulsations. First results show that this approach can be used for robust visualization of retinal vein pulsation.

Keywords: Retina, principal component analysis, spontaneous venous pulsation

1 ÚVOD

Spontánní pulzace sítnicových žil (Spontaneous venous pulsation - SVP) má v lékařství důležitou roli. Jejich přítomností jsme schopni vyloučit zvýšený intrakraniální tlak nebo otok optického disku. Probíhá mnoho výzkumů, které mají za úkol zjistit, co vše ovlivňuje SVP. Existují důkazy, že SVP je ovlivňováno i přítomností glaukomu a jiných patologií oka. Výhodou detekce SVP je neinvazivnost metod pro vyšetření na rozdíl od jiných metod pro zjištění zvýšeného intrakraniálního tlaku, které invazivní jsou. Nevýhodou je, že SVP se nevyskytuje u všech lidí (pouze u 80 – 90 % populace), kteří jsou zdraví. Jedná se proto spíše pouze o pomocné vyšetření než o určující faktor. [1]

SVP lze sledovat jako změnu průměru anebo polohy. Tyto pulzace jsou nejviditelnější v okolí slepé skvrny, na větších žilách a v ohybech. Mezi nejběžnější metody se řadí analýza změny jasové složky, která využívá poznatku, že hemoglobin má určitou transmitanci určenou Lambert-Beerovým zákonem [2]. Tato metoda je vhodná pouze pro záznamy sítnice lepších kvalit. Šum v záznamu velmi ovlivňuje efektivnost metody. Další metodou je analýza změny průměru cév. Tento soubor metod využívá znalost, kdy při pulzaci dochází ke změně průměru sítnicových cév. Do této skupiny metod patří detekce SVP pomocí Houghovy transformace, strojového učení, modelových cév, filtrů, atd., efektivnost metody rapidně klesá s obsahem šumu. Níže uvedená metoda analýzy hlavních komponent využívá statistický přístup k záznamu, což zvyšuje robustnost metody vůči šumu s rostoucí délkou záznamu. Metoda registruje kromě změny průměru cév také pohyby samotných cév. [3]

2 POUŽITÁ DATA

Použité sekvence byly získány na oční klinice v Erlangenu. Tato data obsahují vysoký podíl šumu z důvodu nízkého přisvětlování sítnice při akvizici. Délka video sekvence je přibližně 10 s se snímkovací frekvencí 25 fps a rozlišením 640x480 px. Snímání je soustředěno na optický disk a jeho okolí se zorným polem kamery přibližně 20°x15°.

3 PŘEDZPRACOVÁNÍ VIDEO SEKVENCE

Pro úspěšnou aplikaci analýzy hlavních komponent (Principal Component Analysis - PCA) je nutné provést předzpracování, které se může skládat až ze čtyř kroků. První krok je lícování video sekvence pro eliminaci pohybů oka během akvizice. Při záznamu je pacient vyzván k omezení očního pohybu a hlava je mu fixována. Úplný klid ale není možné zajistit, proto je potřeba jednotlivé snímky slícovat tak, aby jednotlivé pixely sobě přibližně odpovídaly (čím přesnější lícování, tím kvalitnější výstup PCA).

Druhý krok předzpracování je definování oblasti zájmu. Okraje snímků většinou neobsahují důležité informace o stavu sítnice, a proto se často stačí omezit na optický disk a jeho blízké okolí.

Třetím krokem je detekce a eliminace snímků, které jsou zkresleny (resp. rozmazány) mikrosakádami a mrkáním. Mikrosakády jsou nepravidelné rychlé pohyby oka neovlivnitelné vůlí.

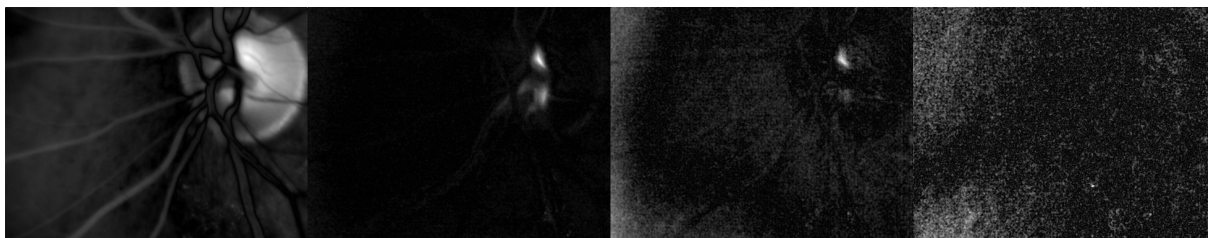
Posledním volitelným krokem je standardizace dat. Standardizace znamená, že jednotlivé snímky mají nulovou střední hodnotu a jejich směrodatná odchylka je rovna jedné.

4 METODA ANALÝZY HLAVNÍCH KOMPONENT

PCA je metodou využívanou hlavně ve statistice. Jedná se o metodu ze skupiny ordinačních analýz. Ordinační analýzy se snaží řešit statistický problém redukcí dimensionalit dat sloučením korelovaných dat do menšího počtu faktorových proměnných, které obsahují na jednotlivé proměnné více variance (informace) než originální proměnné.

Při využití PCA v obrazové analýze bereme každý snímek jako jednu proměnnou a každý pixel jako objekt. Video sekvence obsahuje několik složek. První a nejzřejmější je statická složka, která je stejná na všech snímcích (např. pozice slepé skvrny). Druhá složka, pro nás nejdůležitější, je dynamika sítnice, kam patří především pulzace a pohyby cév. Ostatní složky obsahují oční pohyby a šum. Vliv všech složek, kromě dynamické, se snažíme co nejvíce potlačit, abychom zvýraznili samotné pulzace.

PCA se snaží seskupit tyto složky k sobě podle velikosti variability jednotlivých složek. Na obrázku 1 lze sledovat první čtyři komponenty video sekvence. První obrázek zleva představuje 1. komponentu. Tato komponenta obsahuje nejvyšší vysvětlenou variabilitu, která představuje zbytkovou statickou složku po filtraci. Druhý obrázek zleva představuje 2. komponentu, která viditelně obsahuje velké množství informace o pulzacích (pulzace představují světlé části komponenty). Třetí obrázek zleva představuje 3. komponentu. Převažující složka této komponenty je již šum, ale lze pozorovat stále zbytkovou informaci o pulzacích. Čtvrtý obrázek zleva představuje 4. komponentu. Zde již je obsažena pouze informace o šumu a komponenta je pro jakoukoliv analýzu nevhodná.



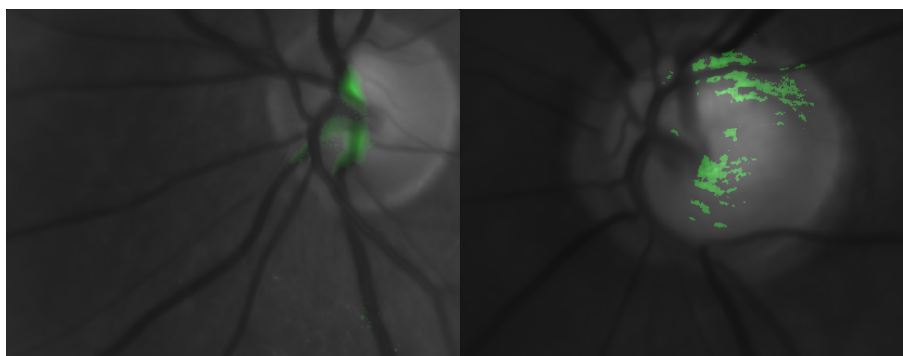
Obrázek 1: PCA na retinálních datech. Obrázky zleva: 1. komponenta, 2. komponenta, 3. komponenta a 4. komponenta

Důležitou částí PCA je identifikace komponent vhodných pro následnou analýzu pulzací. Přístup k identifikaci v této práci spočívá ve vyhodnocení difference mezi po sobě jdoucími vysvětlenými variabilitami komponent. Tato metoda využívá znalosti, že vysvětlená variabilita komponent, které

obsahují velké množství šumu, je mnohem nižší, než komponent obsahujících převážně dynamickou složku a statickou složku, z důvodu náhodnosti šumu. S touto znalostí lze předpokládat, že pozice největší diference představuje změnu mezi komponentou s dynamickou složkou a šumem. Při této metodě se nesmí využívat první diference, protože by se zde porovnávala komponenta se statickou složkou, která obsahuje většinu vysvětlené variability (nad 90 %), a komponenta s dynamickou složkou (pod 1 %).

5 VÝSTUP PCA A VIZUALIZACE PULZACÍ

Výstupem PCA jsou komponenty, jejichž počet je roven počtu snímků. Pokud bylo předzpracování provedeno kvalitně, důležité informace obsahuje pouze pár prvních komponent (většinou do 5 komponent, počet je závislý na úrovni šumu ve video sekvenci) a ostatní jsou pouze šum.



Obrázek 2: Výstup vizualizace pulzací pro dvě rozdílné video sekvence.

Na obrázku 2 lze vidět výstup vizualizace pulzací pro dvě rozdílné video sekvence. Levá video sekvence obsahovala dvě intenzivní pulzace ve středu optického disku. Pravá video sekvence obsahovala pouze slabé pulzace na okrajích optického disku. Detekované pulzace jsou vizualizovány zelenou barvou na pozadí průměru video sekvence. Intenzivnější zelená představuje větší pulzace. Na levé video sekvenci metoda úspěšně extrahovala informaci o pulzacích. Na pravé video sekvenci metoda nebyla schopna nalézt většinu slabých pulzací na žilách z důvodu velkého šumu. Místo těchto pulzací našla pulzace optického disku, které byly intenzivnější.

6 ZÁVĚR

Představená metoda byla implementována v prostředí MATLAB. Z výsledků na obrázku 2 vidíme, že metoda dokáže z video sekvence extrahovat pulzace, které jsou stále dostatečně viditelné vůči zašuměnému pozadí. Pro získání kvalitnějších výsledků je potřeba co nejvíce odstranit šum, což zajistí větší rozlišení pulzací oproti pozadí, nebo získat kvalitnější video sekvenci. Výsledky byly porovnávány s metodou subtrakce průměru a ve většině případů PCA dosahovalo lepších výsledků.

REFERENCE

- [1] HARDER B., JONAS JB.: Frequency of spontaneous pulsations of the central retinal vein. *British journal of ophthalmology*, London: British Medical Journal & Association Publications, 2007. Volume 91, p. 401–402.
- [2] MORGAN W. H., et al.: *Objective Detection of Retinal Vessel Pulsation*. Australia, 2015.
- [3] MORET F., et al.: Quantitative Analysis of Fundus-Image Sequences Reveals Phase of Spontaneous Venous Pulsations. *Translational Vision Science & Technology*, 2015, 4(5).