



INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

THE ANALYSE AND RECOGNITION OBJECTS IN THE PICTURE BY PHASE CORRELATION

Jiří Berjak¹, Čestmír Ondrůšek²

Summary: *This work belongs to the sphere of computer vision. It deals with the human sperm analysis. The sterility of the current pairs is caused by the man in more than thirty percents. There can be several reasons: hypospadias, drinking alcohol, drug taking, smoking, steroids, using several drugs, several illnesses too, frequent sauning, hot baths, wearing tight clothes and sitting in the job. Nowadays, the necessity of superior and reliable analysis of separate samples occurs much more often. Therefore, this work which uses the method of Phase correlation for recognition the samples arose. Due to the method of Phase correlation the movement of all objects in the picture can be recognized. As the source of the method a CCD camera placed on a microscope taking snaps of video-sequence of the samples which are divided into single snaps was used. The method of Phase correlation doesn't operate in the real time because the time of processing single snaps depends on many factors. However, the method has many advantages and can be used for the analyses of single objects in the picture.*

Úvod:

Tato práce patří do oblasti počítačového vidění. Počítačové vidění je disciplína, která se technickými prostředky snaží napodobit lidský zrak. Oči jsou pro člověka jedním z největších zdrojů informací. Zdrojem pro zpracování a případného rozpoznání obrazu je obrazová informace o reálném světě, která vstupuje do systému pomocí CCD kamery. Pro počítačové vidění je typická snaha porozumět obrazové scéně, k tomuto účelu je třeba obrovské databáze znalostí a zkušeností. Z tohoto důvodu je tato disciplína velmi komplikovaná a časově náročná.

Metoda Fázové korelace pracuje s pohyblivou obrazovou scénou, kdy všechny objekty jsou analyzovány současně. Vzhledem k obrovskému množství dat se pro zpracování používá stacionárních obrazových snímků získaných z CCD kamery, která je umístěna na mikroskopu.

¹ Ing. Jiří Berjak: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta mechaniky těles VUT v Brně; Technická 2, 616 69 Brno tel.: 777 190 551, e-mail: jiri@berjak.cz

² Doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.: ÚVEE, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií, VUT v Brně; Technická 8, 619 69 Brno tel.: +420-541 142 364; e-mail: ondrusek@feec.vutbr.cz

Metoda Fázové korelace je aplikována v oblasti lidské reprodukce pro analýzu mužských spermií, u kterých je třeba analyzovat koncentraci, pohyblivost, různé druhy pohybu, jednotlivé genetické vady a anomálie, které se vyjadřují procentuálně k celkovému počtu spermií obsažených v obrazové scéně a vůči poměrnému zředění vzorku. Testovací vzorky poskytl sanatorium pro asistovanou reprodukci HELIOS v Brně. V dnešní době je u neplodných párů ve 30% případů příčina neplodnosti na straně muže. Hlavní příčiny jsou vrozené dispozice, nadměrné užívání alkoholu, drog, nikotinu, ale i některé léky a steroidy. Velký vliv má i časté saunování, horké koupele, nošení přiléhavých oděvů nebo sedavé zaměstnání.



Obr.1: Testovací snímek mužských spermií



Obr.2: Druhy a vady spermií

Metoda Fázové korelace je speciální metoda pro analýzu obrazové scény. Metoda je již známa delší dobu a nejčastěji se používá v oblasti zvuku k přesnému skládání zvukových stop nebo v oblasti vytváření panoramat (přesného spojování obrazových snímků). Cílem bylo metodu zobecnit a použít jako inverzí úlohu, kdy je analyzován posuv, rotace a změna měřítka jednotlivých objektů v obrazové scéně. Metoda analyzuje a rozpoznává jednotlivé objekty na základě získaných spekter obrazů jdoucích po sobě v určitých časových intervalech. Vzhledem ke skutečnosti, že metoda Fázové korelace sebou nese informaci o objektech, proto jsem volil variantu, kdy se vždy porovnávají první snímek ze sekvence a vždy ten snímek, který je právě v pořadí. Tato spektra se navzájem srovnávají na základě metody Fázové korelace.

Pro velký objem dat bylo místo souvislé video-sekvence použito stacionárních snímků jdoucích po sobě v přesně definovaných intervalech. Pro nalezení charakteristických parametrů pohybujících se objektů se v současné době metody dělí do 3 skupin.

- detekce – tato metoda indikuje veškerý detekovaný pohyb (např. ostraha objektů)
- nalezení pozice pohybujících se objektů – tento problém je více komplikovanější. Tento problém se skládá ze stacionárně umístěné kamery a pohybující se scény nebo ze statické scény a pohybující se kamery. Cílem metody je nalézt pohybující se objekty a rozpoznat je. Mnohem více komplikovanější problém je detekce pohybujících se objektů, popsání jejich trasy a předpověď jejich dalšího směru. Do

této oblasti spadá i metoda Fázové korelace. Nejinteligentnější metody z této oblasti dokáží pracovat jak s pohyblivou scénou tak i s pohyblivou kamerou.

- určení pohybu trojrozměrných objektů – sem patří analýza pohybujících se objektů s využitím dvourozměrných projekcí získaných v různých časových okamžicích.

Formulace problému a postup řešení:

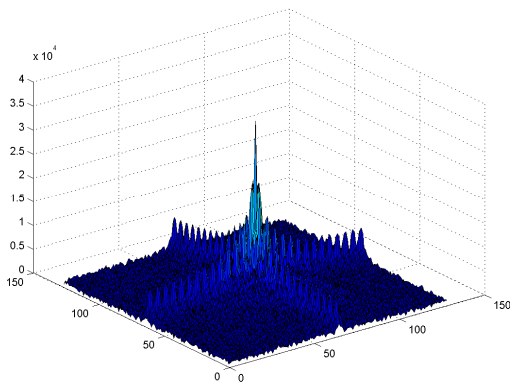
Pro úplné analyzování a rozpoznání pohybujícího se objektu v obrazové scéně je potřeba určit jejich velikost, tvar, polohu, pootočení a translaci v jednotlivých osách. Metoda Fázové korelace pracuje ze spektry obrazu, které se navzájem porovnávají za pomoci metody Fázové korelace. Proto je nutné oba obrazové snímky transformovat pomocí diskretní FFT transformace. Fourierova transformace byla získána na internetových stránkách <http://www.fftw.org> od firmy MIT od autorů Matteo Frigo a Steven G. Johnson. Jedná se o více rozměrnou Fourierovu transformaci, která byla vytvořena v programovacím jazyce C++ a zkompileována do DLL knihovny.

$$f(x, y) = \frac{1}{NM} \sum_{\omega_x=0}^{N-1} \sum_{\omega_y=0}^{M-1} \Phi(\omega_x, \omega_y) e^{i(\frac{2\pi}{N}\omega_x x + \frac{2\pi}{M}\omega_y y)} \quad (1)$$

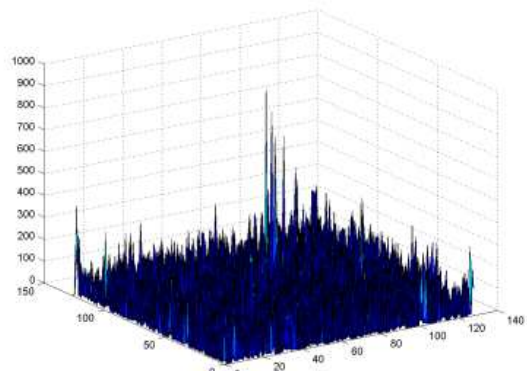
$$\Phi(\omega_x, \omega_y) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) e^{-i(\frac{2\pi}{N}\omega_x x + \frac{2\pi}{M}\omega_y y)} \quad (2)$$

Sama metoda není schopna určit počáteční pozice ani natočení a velikost jednotlivých objektů obsažených v obrazové scéně, proto je nutné použít některou jinou metodu (jako např. metodu Momentových invariantů, metodu Fourierových deskriptorů). Já jsem použil metodu Momentových invariantů v zjednodušené variantě. Nevýhodou metody Momentových invariantů a jich podobných je v tom, že jsou závislé na hodnotách jasu jednotlivých obrazových bodů (pixelů). To způsobuje problém, že při špatném osvětlení scény metoda nalezne počáteční hodnoty značně nepřesně.

Po vypočtení počátečních hodnot jsme schopni vypočítat pootočení a změnu měřítka u jednotlivých objektů. Obě vypočtená spektra transformujeme z pravoúhlých souřadnic do rotačních souřadnic. Pro zvýraznění potřebných frekvencí spektra logaritmujeeme a tak získáme spektra o souřadnicích “ln r – φ”



Obr.3: Normované spektrum obrazu pro určení rotace



Obr.4: Obrázek reprezentující objekty

Po dosažení do vztahu Fázové korelace (3) a zpětné Fourierova transformaci (2) získáme obrázek č.4, kde umístění maxim v obraze reprezentuje v jednom směru pootočení a v druhém směru změnu měřítka jednotlivých objektů v obraze. Počet maxim představuje počet objektů v obraze, které extrémně nezměnily svůj tvar. Po nalezení pootočení a změny měřítka všech objektů přičteme hodnoty k počátečním hodnotám. Tak získáme absolutní úhel mezi hlavní osou objektu a souřadnicí obrazu a procentuální změnu měřítka vůči počáteční velikosti.

$$Q(u, v) = \frac{F(u, v) \cdot G(u, v)^*}{|F(u, v) \cdot G(u, v)^*|} \quad (3)$$

Po nalezení pootočení a změny měřítka všech objektů otáčíme postupně obrazem kolem středu tak, aby příslušné pootočení u jednotlivých objektů bylo nulové. Pokud se při pootočení obrazu objekt ztratí, musíme si zvolit jiný bod, kolem kterého budeme obrazem rotovat. Obdobně se transformuje i změna velikosti u jednotlivých objektů tak, aby velikost objektu v obou obrazech byla shodná.

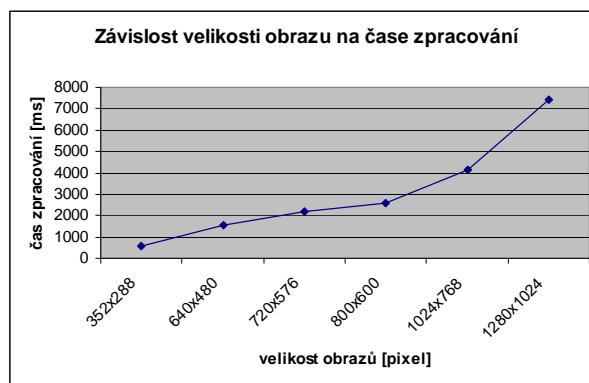
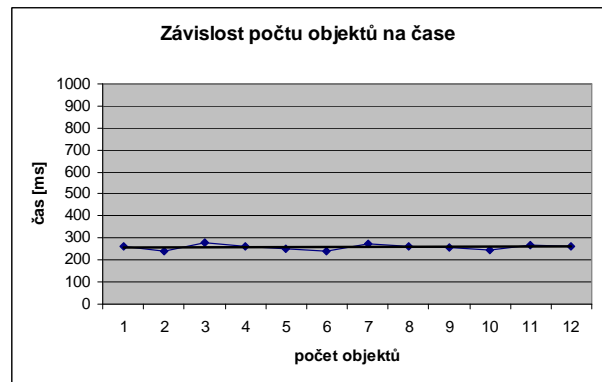
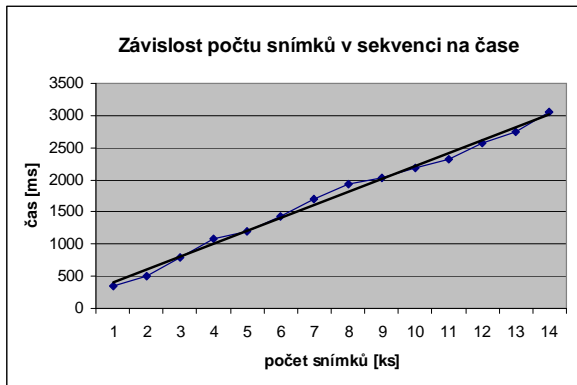
Po pootočení a zmenšení eventuálním zvětšení obrazu na stejný úhel objektu a na stejnou velikost objektu se určí translace. Opět určíme spektra z již upravených obrazů a opět porovnáme pomocí vztahu Fázové korelace. Po zpětné Fourierově transformaci získáme již druhý v pořadí obraz, který reprezentuje translaci příslušného objektu. Tento postup opakujeme dokud nepootočíme všemi objekty umístěnými v obrazové scéně. Při postupném hledání maxima příslušného objektu jsou maxima ostatních objektů v obraze nevýrazná. Je to způsobeno různým úhlem a velikostí objektů. Jediný případ, kdy maxima jsou téměř stejná je, že u dvou nebo více objektů je pootočení nebo zmenšení-zvětšení stejné.

Řešení:

Tuto metodu lze úspěšně použít v aplikacích s proměnnou úrovní osvětlení během analýzy a různou úrovní jasu pozadí na snímku, kdy metoda je nezávislá na hodnotách jasu jednotlivých obrazových bodů obrazové scény.

Metoda Fázové korelace patří mezi pomalejší metody. Je to zapříčiněno několikati násobnou Fourierovou transformací, která je pro počítač velmi náročná. Proto je velmi obtížné tuto metodu použít v reálném čase. Řešením je využití speciálních procesorů, které již mají tuto transformaci implementovanou v sobě.

Při analýze vznikají v obraze falešná maxima. To může způsobit několik vlivů. Zaprvé, Fourierova funkce je periodická funkce, a proto na hranicích obrazu vznikají ostré přechody, které se periodicky opakují – to může způsobovat tyto maxima. Tomu lze zabránit tak, že okraje obrazu vyhladíme Gaussovou funkcí. Za další, některá maxima může reprezentovat šum, který je v obraze obsažen. V běžných situacích jsou maxima reprezentovaná šumem podstatně menší než maxima od objektů, ale v případě velkého počtu objektů velikost maxim velmi rychle klesá a může se stát, že šum znemožní identifikaci objektu.



Metoda pro translační pohyb objektů je nezávislá na počtu snímků. Se stoupajícím počtem snímků stoupá i čas lineárně s výjimkou prvního snímku, kdy doba pro určení translace všech objektů v obraze je vyšší jak je vidět v prvním grafu. Je to způsobeno tím, že se vždy první snímek určuje pomocí Momentové metody. Hodnoty času jsou stanoveny pro velikost obrazu 200x200 pixelů.

Metoda v případě translace objektů je konstantní, jak je vidět v druhém grafu. V případě rotace to již neplatí. Je to způsobeno rotací obrazu a určování rotace a velikosti u každého objektu zvlášť. Hodnoty času jsou stanoveny pro velikost obrazu 200x200 pixelů.

Metoda má logaritmickou závislost na velikosti obrazu. Deformace křivky u menších obrazů je způsobena přidáním okraje o velikosti 12 bodů na každé hraně z důvodu odstranění okrajového efektu, jak ukazuje poslední graf. Všechny výpočty byli provedeny na počítači Celeron 2,7GHz, 256 MB SDRAM.

Závěr:

Největším problémem běžně používaných metod pro hledání jednotlivých parametrů pohybujících se objektů je závislost na hodnotách obrazových bodů, kdežto metoda Fázové korelace je závislá pouze na frekvenčním a fázovém spektru obrazu. To způsobuje, že metoda je imunní vůči nesourodém osvětlení scény a částečně nezávislá na změně osvětlení během analýzy. Metoda Fázové korelace je částečně nezávislá na šumu v obraze, jak je vidět na

obrázku č. 4, kde šum jsou malé špičky v obraze a maxima reprezentující objekty. Maxima jsou zcela odlišitelná od šumu. Jestliže obraz obsahuje více jak 15 objektů, dochází k efektu, že některá maxima představující objekty splývají s maximy šumu. Proto je tato metoda vhodnější pro analyzování menšího množství objektů.

Literatura

- [1] Hlaváč, V & Šonka, M: *Počítačové vidění*, Praha, 1992
- [2] Klíma, M & Bernas, M: *Zpracování obrazové informace*, Praha, 1996, ČVUT, Fakulta elektrotechnická
- [3] Matula, P.: *Image Registration and its Application in Fluorescence Microscopy*, PhD thesis, 2002