

NOVÉ METODY HODNOCENÍ OBRAZOVÉ KVALITY

Stanislav Vítek, Petr Páta, Jiří Hozman

Katedra radioelektroniky, ČVUT FEL Praha, Technická 2, 166 27 Praha 6
E-mail: svitek@feld.cvut.cz, pata@feld.cvut.cz, hozman@feld.cvut.cz

Je zřejmé, že můžeme na algoritmy obrazových kompresí pohlížet jako na zobrazovací systém, včetně popisu vlastností kompresních algoritmů charakteristikami, běžně používaných k popisu zobrazovacích systémů. Některé z těchto charakteristik je pak možné použít jako kritéria pro objektivní hodnocení kvality obrazových dat, resp. kvality kompresního algoritmu.

1 Úvod

Pro popis standardních zobrazovacích systémů používáme několik hlavních charakteristik. Nejvýznamnějšími jsou impulsová odezva (Point Spread Function - PSF) a funkce přenosu kontrastu (Modulation Transfer Function - MTF). Impulsovou odezvu v prostorové oblasti definujeme jako odezvu zobrazovacího systému na bodový zdroj světla (2D Diracův impuls). PSF je velmi často používána k popisu míry zaostření (resp. rozostření) systému. Vztah mezi výsledným obrazem a zobrazovaným předmětem je dán konvolucí předmětu a PSF:

$$f_{image}(x, y) = f_{object}(x, y) * h(x, y) \quad (1)$$

Ve frekvenční oblasti tato konvoluce, na základě pravidel Fourierovy transformace, přechází na

$$\mathfrak{F}\{f_{image}(x, y)\} = \mathfrak{F}\{f_{object}(x, y)\} \cdot \mathfrak{F}\{h(x, y)\} \quad (2)$$

Fourierova transformace PSF je známa jako OTF (Optical Transfer Function), což je přenosová charakteristika zobrazovacího systému v oblasti prostorových frekvencí.

$$\mathfrak{F}\{h(x, y)\} = OTF \quad (3)$$

$$OTF(\omega) = MTF(\omega)e^{jPTF(\omega)} \quad (4)$$

OTF je komplexní veličina - její modul se nazývá funkce přenosu kontrastu (CTF resp. MTF), argument je pak funkce přenosu fáze. Zde je třeba podotknout, že uvažovaný zobrazovací systém je lineární a na jeho vstupu jsou skupiny (svazky) harmonických signálů, reprezentujících různé prostorové frekvence.

Funkce přenosu kontrastu je definována jako poměr kontrastu obrazu na vstupu C_{in} a kontrastu obrazu na výstupu C_{out} zobrazovacího systému.

$$MTF(\omega) = \frac{M_o(\omega)}{M_i(in)} \quad (5)$$

Kontrast (v anglosaské literatuře modulace) M je pak dán vztahem, který zohledňuje jas obrazu B .

$$M(\omega) = \frac{B_{max} - B_{min}}{B_{max} + B_{min}} \quad (6)$$

2 Kompresní metody

Kompresní metody (algoritmy), používané běžně ke kompresi obrazových dat (*JPEG, GIF* aj.) se jeví jako zcela nevhodné ke kompresi vědeckých obrazových dat. V tomto specifickém případě, kde se pracuje s obrazovými daty velkých barevných hloubek, je vyžadován velmi vysoký kompresní poměr za předpokladu zachování detailů, potřebných pro pozdější detekci. Pro zhodnocení schopnosti kompresního algoritmu (zde lineárního zobrazovacího systému) zachovat detaily (a tedy vhodnosti použití ke kompresi vědeckých dat) se tedy pokusíme zjistit a porovnat MTF jednotlivých kopresí.

V práci jsme se zaměřili na některé méně používané kompresní algoritmy: DCT, Hadamardovu transformaci, fraktálovou kopresi a kompresní metodou založenou na Karhunen-Loevově transformaci. Tyto algoritmy se velmi dobře osvědčují při kompresi např. astronomických obrazů.

Karhunen-Loevovo rozšíření je založeno na statistických vlastnostech obrazových dat. Podle rozložení (distribuce) R můžeme obrazovou matici rozdělit na M podmatic - elementů vektorového prostoru V_N^N . Necht' každá z matic je jedna realizace z $N \times N$ dimenzionálního náhodného procesu. Pak můžeme napsat vztah pro korelaci přes všechny realizace

$$\Xi_{in}^{jm} = E\{[x_j^i] - [x_i^j])([x_n^m]^\rho - [x_j^i])\}_{\rho=1}^M \quad (7)$$

$$i, j, m, n = 1, \dots, N \quad (8)$$

Nejlepší ortonormální báze prostoru V_N^N bude sestavena z vektorů

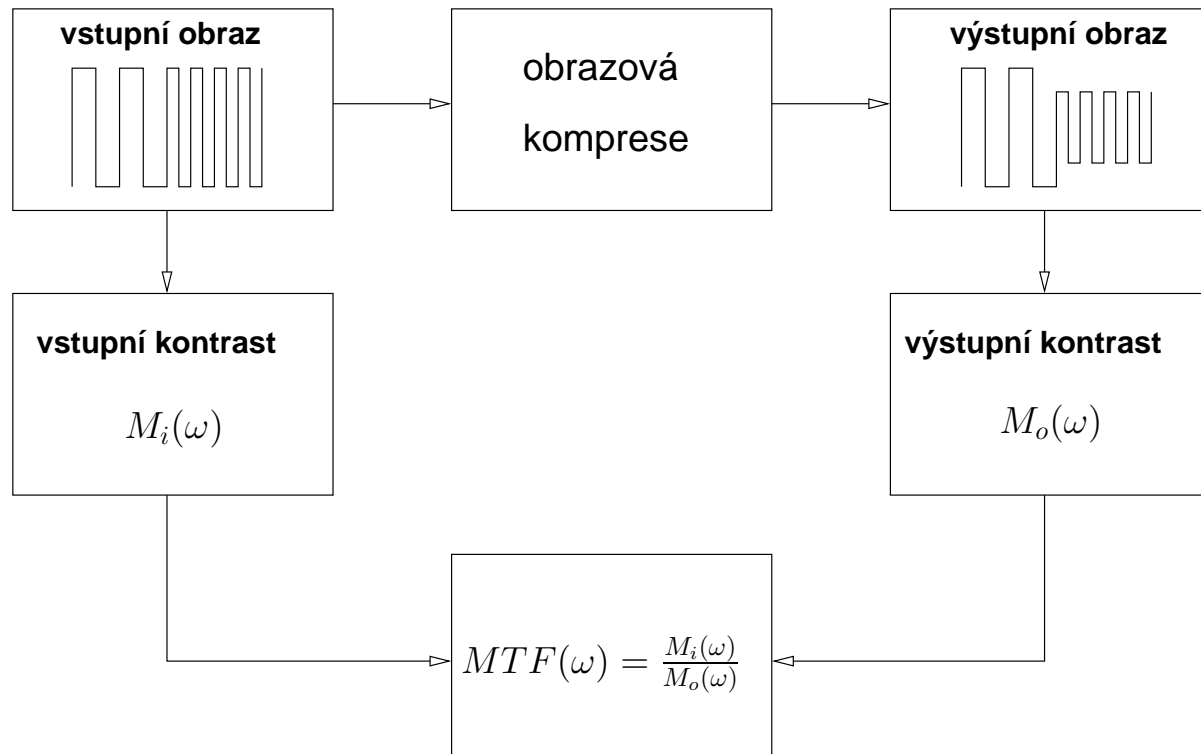
$$\sum_{i,j=1}^N \Xi_{nj}^{im} | \{ \Phi_i^j \}_s^r | = \beta_x^r | \{ \Phi_n^m \}_s^r | \quad (9)$$

$$i, j, m, n = 1, \dots, N \quad (10)$$

V našem případě jsme použili univerzální KLT bázi, získanou z třídy astronomických obrazových dat (DEEP sky). Tato báze byla použita ke kompresi a dekompresi měřicího obrazu - dvoudimenzionální sinusovky s proměnnou prostorovou frekvencí. Je velmi důležité, že použitá báze nebyla získána z měřicího obrazce a tím se snížila korelace.

3 Výsledky

Pro výpočet MTF jednotlivých kompresních algoritmů bylo použito prostředí Matlab. Blokové schéma simulace je naznačeno na obrázku 1.



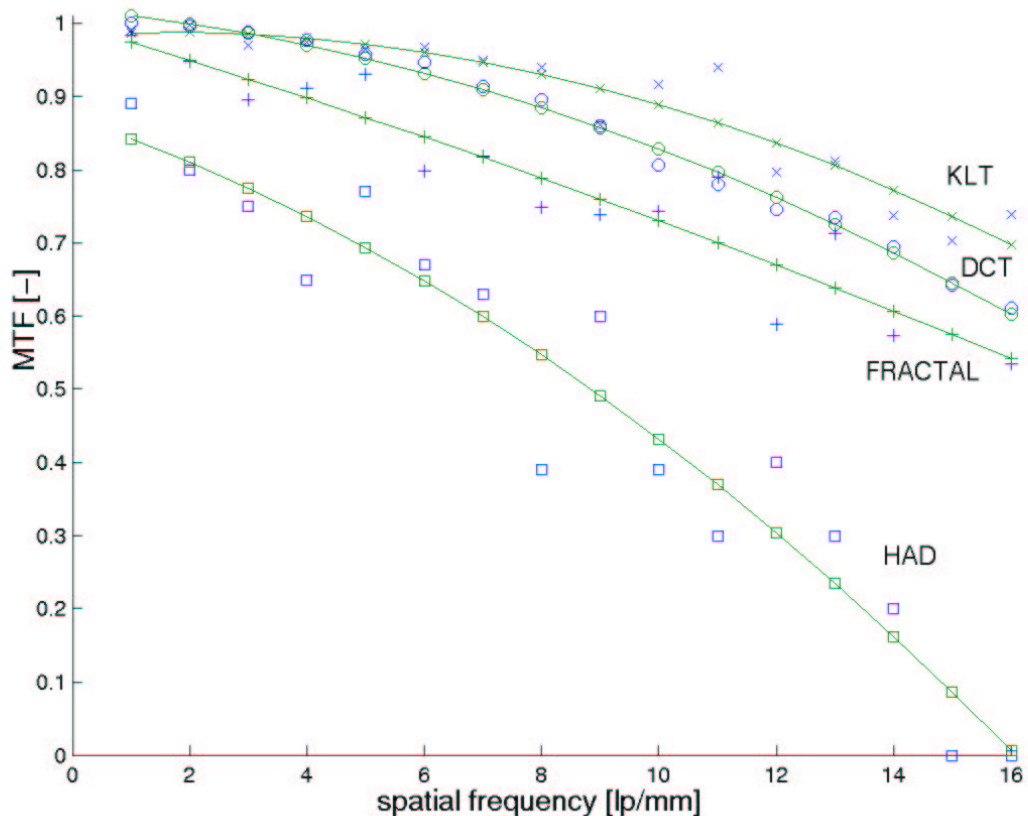
Obrázek 1 *Blokové schéma simulace*

Vstupním obrazem byl v tomto případě dvoudimenzonální obrazec ve tvaru sinusovky o velikosti 1536x1024 pixelů v 16b šedotónové stupnici. Velikost vstupního obrazu není náhodná - odpovídá rozlišení CCD senzoru v astronomické kameře ST-8. Sinusovka má proměnnou prostorovou frekvenci; protože použité komprese pracují se shodnou velikostí bloku 32x32 pixelů, byla zvolena šířka svazku konstantní prostorové frekvence právě trojnásobek této hodnoty.

Výsledkem simulace je graf MTF kompresních algoritmů srovnatelných parametrů - viz obr. 2.

4 Závěr

V této práci je naznačen netradiční přístup k objektivnímu hodnocení obrazové kvality, kde jako kvalitativní kritérium vystupuje MTF - charakteristika známá z oblasti popisu zobrazovacích systémů. Provedli jsme porovnání méně často používaných kompresních algoritmů se srovnatelnými parametry. Velmi zajímavým by bylo jistě i srovnání s metodami, založenými na waveletové transformaci.



Obrázek 2 MTF pro různé kompresní metody

metoda	parametr	SNR [db]	PSNR [db]	počet nulových koeficientů
DCT	10% koeficientů	23	28	98%
Hadamard	10% koeficientů	6	10	98%
KLT	10% koeficientů	23.4	40.06	10%
Fraktály	$S_B=5, O_B=7$	-	18	-

Tabulka 1 Parametry kompresních metod

Poděkování

Tato práce je prováděna v rámci výzkumného projektu "Kvalitativní Aspekty Obrazových Kompresních Metod v Multimediálních Systémech" a je podporována grantem GAČR č. 102/02/0133. Část práce je podporována výzkumným projektem č. MSM 212300014 "Výzkum v Oblasti informačních technologií a Komunikací".

Reference

- [1] Páta P., Karhunen Loevova Transformace a její modifikace pro účely zpracování obrazové informace, disertační práce, ČVUT FEL, Praha, 2002.
- [2] Páta P, Bernas M, Castro Tirado AJ, Hudec R. Properties of Karhunen Loeve Expansion of Astronomical Images in Comparison with Other Integral Transforms. In: American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings, Vol. 256. Melville: AIP, 2000:882-886.
- [3] Vítek, S., Hozman, J.: Image Quality Influenced by Selected Image Sensor Parameters, Photonics Prague 2002. Praha : TECH-MARKET, 2002, p. 167.