

EFFECT OF GAUSSIAN NOISE ON LOSSY IMAGE COMPRESSION

Jiří Pavlík

Bachelor Degree Programme (5), FIT BUT

E-mail: xpavli61@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: David Bařina

E-mail: ibarina@fit.vutbr.cz

Abstract: This article examines effect of Gaussian noise on lossy image compression performance of JPEG, JPEG 2000 and WebP. This examination is based on experiments with images, which are intentionally degraded by Gaussian noise and then gradually compressed to different levels of compression ratio. From results of experiments, JPEG 2000 seems to be very resistant to this type of noise, but other two formats JPEG and WebP loses quality of image even in high compression ratios.

Keywords: Gaussian noise, lossy image compression, WebP, JPEG, JPEG2000

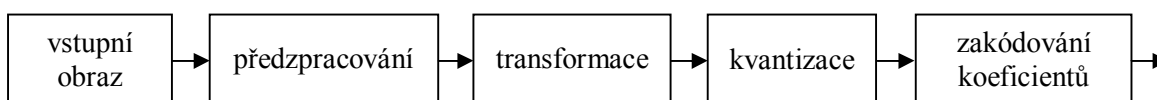
1. ÚVOD

Díky nedokonalostem v technologii pro záznam a zpracování obrazu se v obrazových datech může vyskytovat rušivý signál zvaný šum. Šum vzniká při záznamu obrazu nebo při práci s obrazovými daty a rušivě pozměňuje zpracovávaná data.

V tomto příspěvku je zkoumán vliv Gaussova šumu na kompresi obrazu u ztrátových kompresních formátů JPEG, JPEG 2000 a WebP. Nejprve je stručně popsán obecný princip ztrátových formátů, jednotlivé testované formáty, metrika SSIM a Gaussův šum. V další části jsou pak popsány experimenty, které byly provedeny pro zjištění jeho vlivu na kompresi obrazu. Nakonec jsou zhodnoceny dosažené výsledky experimentů.

2. KOMPRESNÍ FORMÁTY A ŠUM

Všechny následující zkoumané formáty jsou obecně založeny na stejném principu, který je vyobrazen ve zjednodušeném schématu (Obrázek 1). Vstupní obraz je nejprve podroben předzpracování, kde je obraz převeden na barevný model $YCbCr$ a poté je rozsekán na dlaždice o stejné velikosti. Pro jednotlivé dlaždice je vypočtena jejich transformace. Výsledné koeficienty transformace jsou pak v následujícím kroku podrobeny kvantování, při kterém se redukuje jejich přesnost. Kvantované koeficienty jsou v posledním kroku zakódovány. Výsledkem kódování je pak komprimovaný tok dat, který lze pomocí dekodéru převést na původní obraz se ztrátou dat, úměrnou použitému kompresnímu poměru.



Obrázek 1: Obecné schéma ztrátových kompresních metod

U formátu JPEG [1] se pro transformaci předzpracovaných dat využívá diskrétní kosinová transformace (DCT). Transformovaná data jsou pak kvantována pomocí kvantizační tabulky, která udává velikost ztráty dat při kompresi. Kvantované koeficienty jsou pak zakódovány pomocí kódování nul RLE a Huffmanova kódování.

Transformace je u JPEG 2000 [2] založená na diskretní vlnkové transformaci (DWT). Komprese a dekomprese tohoto formátu má vysoké požadavky na kodéry/dekodéry, protože je výpočetně mnohem náročnější než JPEG. Kvantované koeficienty jsou kódovány algoritmem EBCOT[2].

Formát WebP je založen na kompresním formátu pro videa VP8 [3]. Po předzpracování obrazu je použita predikce, která na základě předchozích již zpracovaných bloků predikuje hodnotu právě zpracovávaného bloku. Díky této predikci se podstatně zredukuje velikost komprimovaných dat. Na zbylá rozdílová data je pak aplikována diskretní kosinová transformace (DCT) a případně volitelná Walshova-Hadamardova transformace (WHT). Na zakódování kvantovaných koeficientů je u WebP použito aritmetické kódování.

Pomocí Gaussova šumu [4] se modeluje např. Johnsonův-Nyquistův šum (thermal noise), který vzniká pohybem elektronů v krystalové mřížce polovodiče. V této práci je pro popis výskytu Gaussova šumu v obraze použita hustota pravděpodobnosti Gaussova rozdělení (1), kde σ^2 je rozptyl Gaussova rozdělení a μ je střední hodnota Gaussova rozdělení.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Metrika SSIM [5] je index vyjadřující vzájemnou podobnost dvou obrazů, který respektuje psychovizuální model lidského vidění. Tento index nabývá hodnot -1 až 1 , kde hodnota 1 značí stejné obrazy. Výpočet indexu SSIM je dán vztahem:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y)(2\sigma_{xy}C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (2)$$

Kde μ značí vážený průměr, σ^2 značí vážený rozptyl signálů, $C_i = (K_i L)^2$, kde L vyjadřuje dynamický rozsah hodnoty pixelů a K jsou malé konstanty k_1 a k_2 (obvykle $k_1 = 0,01$ a $k_2 = 0,03$).

3. ZKOUMÁNÍ VLIVU ŠUMU

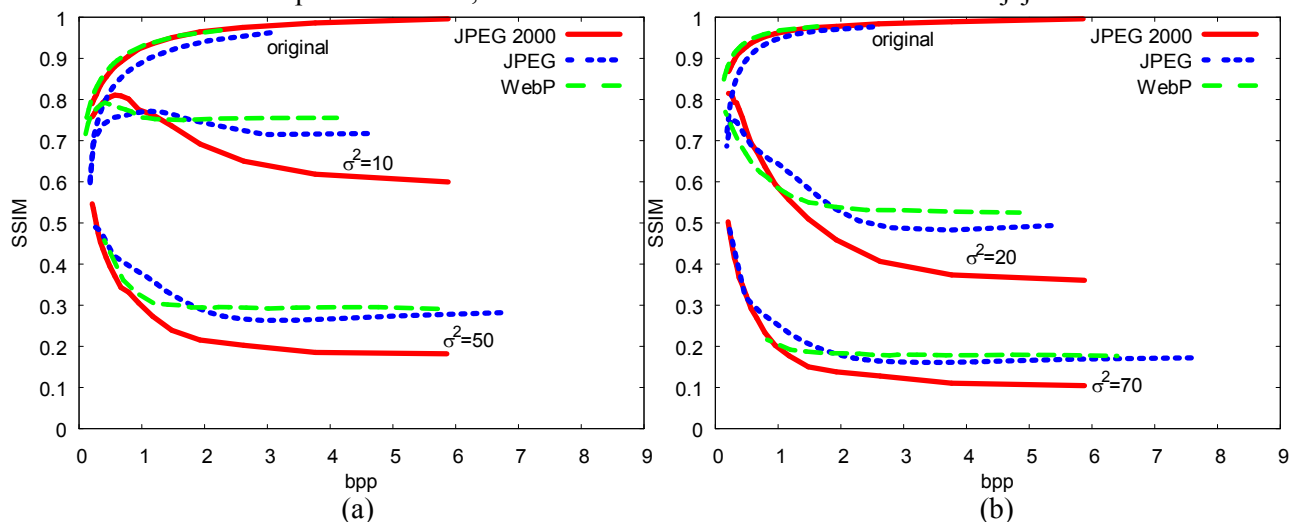
Při zkoumání vlivu Gaussova šumu na kompresní výkon jednotlivých formátů se nejprve vypočítá kvalita nezašuměného obrázku metrikou SSIM při různých úrovních kompresního poměru. Dále je pak obraz postupně zašuměn Gaussovým šumem s různým rozptylem σ^2 pro $\mu=0$ a komprimován do různých úrovní kompresního poměru, u kterých je vypočítán index SSIM. Zašumění obrazu je aplikováno na každou z barevných složek RGB samostatně pomocí Gaussova rozdělení pravděpodobnosti pro jednotlivé pixely celého obrázku. Pro kompresi obrázků do jednotlivých formátů jsou použity volně přístupné konzolové nástroje libwebp 0.4.0 a ImageMagick. V tomto příspěvku jsou prezentovány výsledky experimentů pro dva vybrané obrázky (Obrázek 2) z testované sady.



Obrázek 2: Zašuměné obrázky Gaussovým šumem (vlevo je hodnota $\sigma^2 = 50$, vpravo $\sigma^2 = 70$)

Výsledky jsou prezentovány ve formě grafů (Obrázek 3), kde je vyobrazena závislost indexu SSIM (osa y) na kompresním poměru (osa x). Jednotlivé křivky pak udávají intenzitu zašumění obrazu a jeho vliv na tuto závislost. Křivky vyobrazené v levém horním rohu grafů popisují tuto závislost pro originální nezašuměné obrázky, proto se také index SSIM při vysokých kompresních poměrech blíží hodnotě 1 . Z grafů vyplývá, že při zvyšování intenzity šumu dochází k výraznému snižování kvality obrazu a to i u vysokých kompresních poměrů. U extrémně nízkých kompresních poměrů při nízkých intenzitách šumu (Obrázek 3a $\sigma^2=10$) je kvalita obrazu lepší než u vysokých kompres-

ních poměrů. To je způsobeno potlačením vysokofrekvenčního šumu s nízkou amplitudou vůči zkoumaným nízkofrekvenčním obrazovým datům. Např. kvantizační matice u formátu JPEG upřednostňuje nižší frekvence, kde se obvykle nachází podstatné obrazové informace. Vysokofrekvenční šum s nízkou amplitudou je u nízkých kompresních poměrů potlačen během kvantování. S rostoucím kompresním poměrem dochází k poklesu kvality vzhledem k nárůstu amplitudy šumu, který vede k jeho zaostřování v obraze. U vyšších kompresních poměrů u formátu JPEG 2000 kvalita stále pozvolna klesá, zatímco u formátů JPEG a WebP dochází k jejímu ustálení.



Obrázek 3: Graf (a) znázorňuje výsledek pro obrázek dveří a zašuměné křivky ukazují hodnotu šumu $\sigma^2 = 10$ a $\sigma^2 = 50$. V grafu (b) jsou výsledky pro obrázek s kšiltovkami a zašuměné křivky jsou pro hodnotu rozptylu šumu $\sigma^2 = 20$ a $\sigma^2 = 70$.

4. ZÁVĚR

V tomto příspěvku bylo stručně popsáno zkoumání vlivu Gaussova šumu na kompresní výkon u ztrátových formátů JPEG, JPEG 2000 a WebP. Z výsledků popsaných experimentů vyplývá, že Gaussov šum má škodlivý vliv na kompresní výkon u všech zkoumaných formátů. Nejzajímavějším poznatkem získaným z experimentů je skutečnost, že u extrémně nízkých kompresních poměrů vlivem nízkých intenzit šumu je kvalita obrazu vyšší než u vysokých kompresních poměrů. To je způsobeno potlačením vysokofrekvenčního šumu s nízkou amplitudou během kvantování.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu Pokročilé rozpoznávání a prezentace multimediálních dat (FIT-S-11-2).

REFERENCE

- [1] ISO/IEC 10918-1: 1994. Information technology - Digital compression and coding of continuous-tone still images, Original lossless JPEG.
- [2] ISO/IEC 15444-1: 2000 (E). Information technology - JPEG 2000 – image coding system - Part I: Core coding system. New York: American National Standards Institute. 240 s.
- [3] Bankoski, J., Koleszar, J., Quillio, L., Salonen, J., Wilkins, P., Xu, Y.: RFC 6386 - VP8 Data Format and Decoding Guide. ISSN 2070-1721. Google Inc., listopad 2011.
- [4] Jain, A. K.: Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, USA, 1989. ISBN 0-13-336165-9.
- [5] Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., aj.: Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. IEEE Trans. on Image Processing, ročník 13, č. 4, duben 2004.