

# Képminőséget mérő metrikák

Készítette: Bognár Gergő  
Témavezető: Dr. Fridli Sándor

ELTE IK Numerikus Analízis Tanszék

2014. június 27.

# A képminőség mérése

## Célkitűzés

- képminőség mérése
- az emberi érzékelésnek megfelelően
- objektív módon
  - képminőséget mérő metrikák
  - objektív pontszám

## Problémák

- emberi látás  $\longleftrightarrow$  digitális képalkotás
- emberi látórendszer összetettsége

## Gyakorlati megközelítés

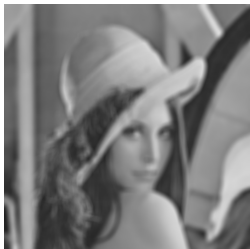
- emberi érzékelés modellezése
- minőségbeli jellemzők vizsgálata

# A képminőség mérése

## Széleskörű felhasználás

- képrögzítés
- átvitel
- tárolás
- tömörítés
- képjavítás
- rekonstrukció
- képernyőn és nyomtatásban történő megjelenítés

# A képminőség mérése



elmosódott



eredeti



kontrasztos

# Szubjektív mérés, adatbázisok

## Szubjektív mérés

- tesztalanyok segítségével
- MOS – *mean opinion score*
- előny: emberi látórendszer alapján
- hátrány: erőforrásigényes, szubjektív

## Szubjektív adatbázisok

- jó minőségű referenciaképek, többféle torzítás
- több publikus: LIVE, CSIQ, IVC, Toyama, A57, TID, WIQ
- MOS vagy DMOS – *differential mean opinion score*

## Metrika validálás

- metrika pontszám  $\iff$  MOS, DMOS
- statisztikai összehasonlítás, rangkorreláció

# A metrikák csoportosítása

## Modellezésen alapuló csoportosítás

- emberi látórendszer (HVS – *human vision system*) modellezése
  - pszichológiai, fiziológiai, humánbiológiai ismeretek
  - pl.: dekompozíciós módszerek, kontrasztérzékeny szűrés, fényadaptáció
- jelváltozás modellezése
  - kép torzulásának mértéke
  - pl.: strukturális hasonlóság vizsgálata, statisztikai modellezés, jellemző és torzulás detektálás

## Referenciakép szerinti csoportosítás

- referenciaképet használó (FR – *full-reference*, RR – *reduced-reference*)
- referenciakép nélküli (NR – *no-reference*)

# A képminőség mérés alapvető módszerei

## Dekompozíció

- szín, luminancia, frekvencia, orientáció meghatározása
- csatornákra bontás
- gyakori: DFT, DCT, DWT

## Jellemző és torzulás detektálás

- jellemző: képből kinyert információk

## JND modellezés

- éppen érzékelhető megváltozás (*just-noticeable distortion*)
- egy képen nem minden változás érzékelhető
- Weber-törvény, relatív megváltozás érzékelése

## VA modellezés

- vizuális figyelem (*visual attention*)
- egy képen nem minden terület kap ugyanakkora figyelmet

# Torzulások modellezése

## Torzulás típusok

- zaj
- elmosódás, elmozdulás
- luminancia, kontraszt változás
- blokkosodás



# Zaj

## Zaj

- többféle zajtípus
- véletlen hatás, modellezés: valószínűségi változó
- digitális képek esetén domináns: elektromos eszközök zaja, kvantumzaj

## Elektromos eszközök zaja és kvantumzaj

- közös zajmodell
  - elektromos zaj: képfüggetlen, additív fehér Gauss-zaj
  - kvantumzaj: képfüggő Poisson-zaj
- $x$  eredeti kép,  $y$  torzult kép:

$$y_i = x_i + \eta_p(x_i) + \eta_{g,i}$$

$$\chi(x_i + \eta_p(x_i)) \sim \mathcal{P}(\chi x_i), \quad \eta_{g,i} \sim \mathcal{N}(0, b)$$

$$E(y_i) = x_i, \quad D^2(y_i) = ax_i + b \quad (a = \chi^{-1})$$

# Zaj szimuláció

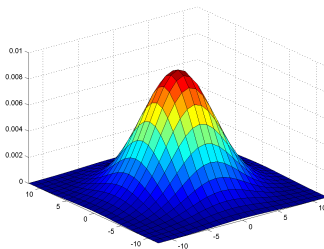


$a = 0.01$  és  $b = 0.04$

# Elmosódás

## Elmosódás

- képrögzítés, tárolás, tömörítés során
- modellezés: átlagoló vagy Gauss-szűrő

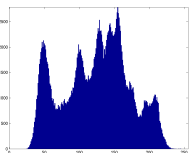


# Luminancia, kontraszt változás

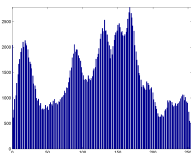
## Luminancia, kontraszt változás

- környezet megvilágítása
- luminancia változás: intenzitásértékek eltolódása
- kontraszt változás: intenzitások hisztogramjának nyújtása, összenyomása

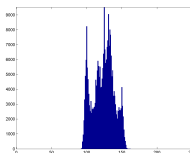
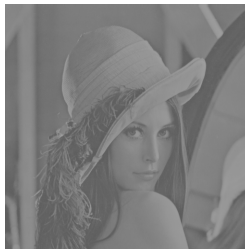
# Kontraszt változás



eredeti



kontraszt javított



kontraszt rontott

# Blokkosodás

## Elmosódás, elmozdulás

- képtárolás, tömörítés során
- mesterséges torzulás
- pl.: JPEG tömörítés



# Referenciaképet használó metrikák

## FR metrikák csoportosítása

- hiba mérésén alapuló
- strukturális hasonlóságon alapuló
- természetes képek modellezésén alapuló

# A hiba mérésén alapuló metrikák

## MSE, SNR, PSNR

- $x$  referenciakép,  $y$  vizsgált kép
- Átlagos négyzetes eltérés – MSE (*mean-squared error*)

$$\text{MSE}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2$$

- Jel-zaj arány – SNR (*signal-to-noise ratio*)

$$\text{SNR}(x, y) = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}{\text{MSE}(x, y)} \right)$$

- Jel-zaj arány – PSNR (*peak signal-to-noise ratio*)

$$\text{PSNR}(x, y) = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\max(x)^2}{\text{MSE}(x, y)} \right)$$



# Strukturális hasonlóság

## Strukturális hasonlóság

- legelterjedtebb
- strukturális eltérés vizsgálata
- három összehasonlítás:
  - luminancia (átlagos intenzitás alapján)
  - kontraszt (szórás alapján)
  - struktúra (korreláció segítségével)
- SSIM, UQI???

# Természetes képek modellezése

## Természetes képek

- természetes képek: látható környezetünk látható fénytartományban rögzített, jó minőségű, torzítatlan felvételei
- természetes képek modellezése (NSS – *natural scene statistics*): statisztikai vizsgálatok
- összes lehetséges kép egy szűk hányada
- NSS modellezés  $\iff$  HVS modellezés
- VIF???

# Referenciakép nélküli metrikák

## NR metrikák

- nincs referencia: előny és hátrány
- *a priori* ismeretek, korlátozások
- gyakorlatban sokszor iteratív képjavító algoritmus részeként
- relatív képminőség

## NR metrikák csoportosítása

- torzítás elemzés
  - torzítások hatásának mérése
- jellemző alapú tanulás
  - tanulás és kiértékelés
  - tanító képhalmaz, ismert MOS, DMOS értékekkel
  - neurális háló, SVM (*support vector machine*)
- természetes képek modellezése

## Q metrika

### Q metrika

- élesség mérő metrika
- domináns gradiens irányok és energia SVD (*singular value decomposition*) segítségével
- zaj érzékelése
- ???

# Összehasonlító elemzés

## Numerikus összehasonlítás

Metrika	Intervallum	Optimális érték	Monotonitás
MSE	$[0, \infty]$	0	növekvő
SNR	$[0, \infty]$	$\infty$	csökkenő
PSNR	$[0, \infty]$	$\infty$	csökkenő
SSIM	$[-1, 1]$	1	csökkenő
VIF	$[0, \infty], ([0, 1])$	1	csökkenő
Q metrika	$[0, \infty]$	–	csökkenő

## Alkalmazhatóság

Metrika	Referencia	Korlátozás	Hatékonyaság	SROCC
MSE	igen	–	közepes	0.5531
SNR	igen	–	közepes	0.5235
PSNR	igen	–	közepes	0.5531
SSIM	igen	–	jó	0.6233
VIF	igen	természetes képek	legjobb	0.7491
Q metrika	nem	anizotróp képek elmosódás és zaj	gyenge	0.3646

# A szemléltető alkalmazás

# Irodalom

- [1] A57 dataset. <http://foulard.ece.cornell.edu/dmc27/vsnr/vsnr.html>
- [2] P. Le Callet, F. Autrusseau: Subjective quality assessment ircsyn/ivc database. <http://www2.ircsyn.ec-nantes.fr/ivcdb/>
- [3] U. Engelke, H.-J. Zepernick, M. Kusuma: Wireless imaging quality database. <http://www.bth.se/tek/rcg.nsf/pages/wiq-db>
- [4] A. Foi, M. Trimeche, V. Katkovnik, K. Egiazarian: Practical Poissonian-Gaussian noise modeling and fitting for single-image raw-data, IEEE Transactions on Image Processing, 2008
- [5] Y. Horita, Y. Kawayoke, Z.M. Parvez Sazzad: Image quality evaluation database. [http://160.26.142.130/toyama\\_database.zip](http://160.26.142.130/toyama_database.zip)
- [6] E.C. Larson, D.M. Chandler: Most apparent distortion: full-reference image quality assessment and the role of strategy, Journal of Electronic Imaging, 2010
- [7] W. Lin., C.-C.J. Kuo: Perceptual visual quality metrics: A survey, J. Vis. Commun. Image R., 2011
- [8] L. Pfister, Y. Bresler: Tomographic reconstruction with adaptive sparsifying transforms, IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014
- [9] N. Ponomarenko, V. Lukin, A. Zelensky, K. Egiazarian, M. Carli, F. Battisti: TID2008 – a database for evaluation of full-reference visual quality assessment metrics, Advances of Modern Radioelectronics, 2009. <http://www.ponomarenko.info/tid2008.htm>
- [10] M.A. Saad, A.C. Bovik, C. Charrier: A DCT statistics-based blind image quality index, IEEE Signal Processing Letters, 2010
- [11] M.A. Saad, A.C. Bovik, C. Charrier: Blind image quality assessment: a natural scene statistics approach in the DCT domain, IEEE Transactions on Image Processing, 2012
- [12] H.R. Sheikh, A.C. Bovik, G. de Veciana: An information fidelity criterion for image quality assessment using natural scene statistics, IEEE Transactions on Image Processing, 2005
- [13] H.R. Sheikh, A.C. Bovik: Image Information and visual quality, IEEE Transactions on Image Processing, 2006
- [14] H.R. Sheikh, Z. Wang, A.C. Bovik, L.K. Cormack: Image and video quality assessment research at live. <http://live.ece.utexas.edu/research/quality/>
- [15] E.P. Simoncelli, W.T. Freeman: The steerable pyramid: A flexible architecture for multi-scale derivative computation, IEEE Second Int'l Conf on Image Processing, 1995
- [16] M.J. Wainwright, E.P. Simoncelli, A.S. Wilsky: Random cascades on wavelet trees and their use in analyzing and modeling natural images, Applied and Computational Harmonic Analysis, 2001
- [17] Z. Wang, A.C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli: Image quality assessment: From error visibility to structural similarity, IEEE Transactions on Image Processing, 2004
- [18] Z. Wang, A.C. Bovik: A universal image quality index, IEEE Signal Processing Letters, 2002
- [19] X. Zhu, P. Lianfar: Automatic parameter selection for denoising algorithms using a no-reference measure of image content, IEEE Transactions on Image Processing, 2011