

ارزیابی معیارهای سنجش کیفیت و تیزی در بزرگنمایی تصاویر نویزی

دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

۱- پرستو نصری، ۲- منصور زینلی

چکیده

پردازش تصویر در شاخه های مختلف، کاربردهای بسیار زیادی پیدا کرده است. افزایش دقت تصویر از زیرشاخه های پردازش تصویر است اخیراً مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند. در اکثر روش های موجود فرض می کنند تصویر بدون نویز است که این فرضیه ای غلط است. همزمان با توسعه روش های افزایش دقت، میزان برآورد آنها نیز ضرورت دارد. تشخیص کیفیت در تصاویر و تعیین میزان افت آن یکی از نکات کلیدی در ارزیابی بسیاری از روش های مطرح شده نظیر افزایش دقت، فشرده سازی، حذف نویز، نهان نگاری و... است. نکته مهم اینست که بزرگنمایی تصاویر و افزایش دقت آنها در حالتی که آغشته به نویز باشند کدام یک از معیارهای سنجش را بیش از دیگر معیارها تحت تاثیر قرار می دهد. در این مقاله سعی شده است به بررسی این نکته بپردازد. نتایج به دست آمده و مقایسه آنها به خوبی برتری معیارهای سنجش کیفیت و تیزی را نشان می دهد.

کلمات کلیدی

بزرگنمایی تصویر، نویز فلفل نمکی، معیار سنجش کیفیت و تیزی

مقدمه

پردازش تصویر در شاخه های مختلف، کاربردهای بسیار زیادی پیدا کرده است. اخیرا استفاده از دوربین های دیجیتال که قابلیت ثبت و ذخیره عکس با دقت های مختلف را دارند، بسیار مرسوم و همه گیر شده است. افزایش دقت تصویر از زیرشاخه های پردازش تصویر است. روش های افزایش دقت کمک می کند تا بر محدودیت ها و کاستی های سخت افزارهای ثبت تصویر یا شرایط بدرفتار محیط غلبه یا آنها را جبران کند، به همین دلیل این روش ها مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند. با پیشرفت علم پردازش تصویر و توسعه آن در زمینه های متنوع و ارتباطات بصری و درک صحنه، نیاز به تصاویر با دقت مکانی بالا افزایش یافته است. زیرا این تصاویر جزئیات بهتر و بیشتری را برای شناسایی صحنه فراهم می کند. تصاویر دقت بالا در زمینه های حراست، نظارت بر شناسایی بهتر اشیاء و افراد، بینایی ماشین برای بهبود فرایند تشخیص الگو و بررسی صحنه، پردازش تصاویر پزشکی، سنجش از دور و دیگر زمینه های کاربرد دارد. روش های افزایش دقت را می توان به چهار خانواده اصلی تقسیم نمود: روش های مبتنی بر جایگزینی، روش های مبتنی بر ترکیب ریاضی، روش های تحلیلی چند مقیاسی مانند خانواده تبدیل موجک و کانتورلت و روش های مبتنی بر حسگری فشرده که اخیرا مطرح شده اند، که هدف کلیه روش های مطرح شده بازایی یک تصویر دقت بالا از یک تصویر دقت پائین است. در اکثر روش های موجود فرض می کنند تصویر بدون نویز است که این فرضیه ای غلط است. زیرا در فرآیند ثبت تصویر بر روی حسگر، نویز قطعا تاثیر خواهد گذاشت. در تصویر احتمال ایجاد نویزهای متفاوت و با دلایل گوناگونی وجود دارد. از جمله این نویزها نویز گوسی و فلفل نمکی است. نویز فلفل نمکی را می توان جز مخرب ترین انواع نویز تصویر دانست. این نویز به صورت ضربه ای بوده و پیکسل های نویزی تنها مقادیر حداکثر و حداقل محدوده دینامیکی تصویر را اختیار می کنند. این نویز توسط پیکسل های معیوب در حسگر دوربین، محل های خراب حافظه در سخت افزار یا انتقال در کانال نویزی ایجاد می شود. در تصاویر دارای نویز، بعد از اعمال الگوریتم افزایش دقت، بخش های دارای نویز نیز جزئی از تصویر در نظر گرفته می شود، درون یابی شده و تقویت می گردند. این امر نه تنها موجب افزایش دقت نمی شود، باعث خراب تر شدن تصویر نیز می گردد. همزمان با توسعه روش های افزایش دقت، میزان برآورد آنها نیز ضرورت دارد. در این زمینه مطالعات گسترده ای توسط محققین انجام گرفته است. در بسیاری از فرآیندهای پردازش تصویر، کیفیت تصویر تحت تاثیر قرار می گیرد. تشخیص کیفیت در تصاویر و تعیین میزان افت آن یکی از نکات کلیدی در ارزیابی بسیاری از روش های مطرح شده نظیر فشرده سازی، حذف نویز، نهان نگاری و... است. اما مسئله ای که تاکنون در هیچ یک از تحقیقات انجام شده مورد مطالعه قرار نگرفته، اینست که بزرگنمایی تصاویر و افزایش دقت آنها در حالتی که آغشته به نویز باشند کدام یک از معیارهای سنجش را بیش از دیگر معیارها تحت تاثیر قرار می دهد. یا به عبارتی کدام یک از معیارها می تواند در تشخیص برتری الگوریتم بیش از معیارهای دیگر به ما کمک کند؟ در این تحقیق سعی شده است به این سوال ها پاسخ داده شود. در بخش دوم این مقاله به مرور برخی روش های سنجش کیفیت و بزرگنمایی پرداخته شده است. بخش سوم شامل ارزیابی و نتایج است و در بخش چهارم هم نتیجه گیری بیان شده است.

روش تحقیق

مواد و روش ها

ارزیابی میزان این تغییرات کیفیت در تصویر توسط دو روش کلی مقایسه توسط انسان و به طریق محاسباتی انجام می پذیرد. در روش های ذهنی مقایسه براساس سیستم بینایی انسان است. روش های ارزیابی کمی، از یک معیار از پیش تعریف شده برای مقایسه استفاده می کند که براساس نوع معیار به دو دسته اصلی متکی بر تصویر مرجع و مستقل از آن تقسیم می شود. که براساس پیشنهاد Wald، معیارهای متکی بر مرجع مانند Spectral Angle Mapper (SAM)، Relative Average

Peak، Correlation Coefficient (CC)، Root Mean Squared Error (RMSE)، Spectral Error (RASE)، structural similarity (SSIM)، signal-to-noise ratio (PSNR) و ... را نام برد (Hore, & Ziou, 2010)، (Wang, Bovik, Sheikh & Simoncelli, 2004)، (Wald, Ranchin & Mangolini, 1997)، (Choi & Kim, 2005) و (Goetz, Boardman & Yunas, 1992).

از معیارهای غیر متکی به مرجع که اخیرا بسیار مورد توجه قرار گرفته، شاخص های S3 و کیفیت (BIQ) را می توان معرفی نمود (Vu Cuong, Phan Thien & Chandler Damon, 2012) و (Mittal, Soundararajan & Bovik, 2013). PSNR را می توان متداول ترین روش برای اندازه گیری کیفیت تصویر است. که در آن MAX بیشترین مقدار پیکسل موجود در تصویر است. هر چه میزان PSNR بیشتر باشد نشان دهنده این است که بازسازی تصویر بهتر صورت گرفته است.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{MAX^2}{MSE} \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (f(i, j) - H(i, j))^2 \quad (2)$$

که i سطر و j ستون تصویر را نشان می دهد f و H به ترتیب تصویر رزولوشن بالای اصلی و تصویر بازسازی شده است. ساده ترین معیار ارزیابی که به طور گسترده نیز مورد استفاده قرار می گیرد، میانگین مربع خطا (MSE) است. این معیار به این دلیل که از نظر محاسباتی ساده بوده، دارای معنای فیزیکی واضح هستند و از نظر ریاضی در زمینه بهینه سازی مناسبند، دارای جذابیت هستند. اما این معیارها با کیفیت درک شده توسط چشم انسان هماهنگ نیستند. از آنجایی که ما تصویر اصلی 512×512 را به عنوان تصویری با کیفیت عالی در نظر می گیریم، SSIM می تواند به عنوان یک معیار کمی برای ارزیابی تصاویر بزرگنمایی شده تلقی شود. در آن X و Y دو تصویر می باشند.

$$\mu_x = \sum_{i=1}^N W_i \cdot X_i \quad (3)$$

$$\sigma_x = (\sum_{i=1}^N W_i (X_i - \mu_x))^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{xy} = \sum_{i=1}^N W_i (X_i - \mu_x)(Y_i - \mu_y) \quad (5)$$

$$SSIM(X, Y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (6)$$

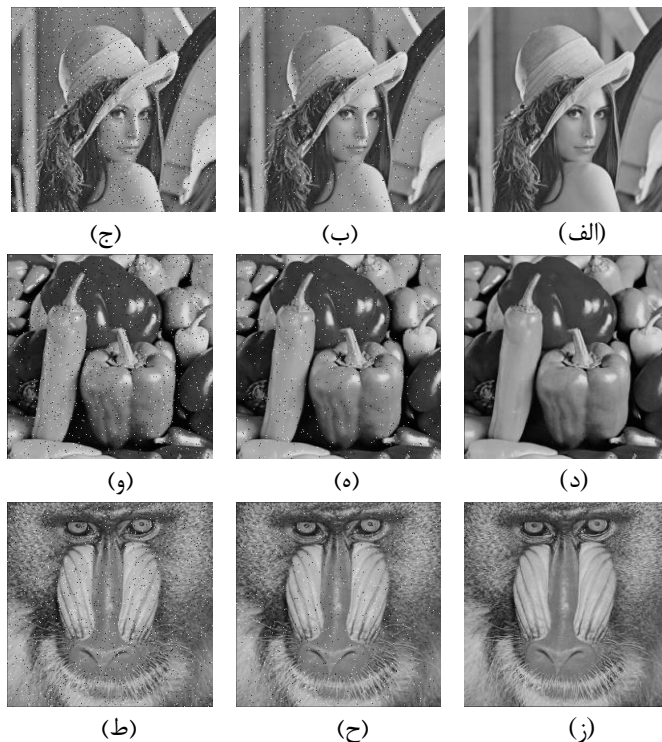
S3 یکی از شاخص های مهم ارزیابی کیفیت تصویر غیر متکی به مرجع است. این شاخص برای اندازه گیری وضوح محلی تصویر طراحی شده است. در این روش از هر دو خاصیت طیفی و مکانی تصویر بهره برده شده است. برای هر بلوک شیب اندازه طیف تغییرات مکانی محاسبه می شود. سپس برای محاسبه یک مقدار کمی برای بیان میزان ادراک بصری، این مقادیر با یک میانگین هندسی وزن دار با هم ترکیب می شوند. هرچه میزان S3 به دست آمده بیشتر باشد، نشان دهنده کیفیت بالاتر تصویر خواهد بود. برخلاف S3، هرچه میزان BIQ کمتر باشد نشان از کیفیت بالاتر تصویر می باشد. BIQ روشی برای سنجش کیفیت تصویر با آنالیز تصویر به صورت کاملا کور است. این شاخص نیز از جمله معیارهای سنجش غیر متکی بر مرجع است.

یافته ها

برای مشاهده بهتر نتایج به تصاویر دقت پایین نیاز است. برای این منظور از یک تصویر دقت پایین که از تصویر اصلی به دست می آید، استفاده می کنیم. مجموعه تصاویر اصلی استفاده شده شامل 3 تصویر Lena، Peppers و Baboon می باشد که همگی خاکستری با ابعاد 512×512 هستند. تصاویر دقت پایین را با LR نام گذاری می کنیم. تصویر کاهش دقت یافته با ابعاد 256×256 با اعمال فیلتر میانگین گیر با پنجره 3×3 و سپس حذف یکی در میان سطرها و ستون ها حاصل می شود. نسخه LR جهت ادامه کار آماده می باشد. در مرحله بعد به تصویر دقت پایین نویز فلفل نمکی با درصدهای متفاوت اضافه می کنیم.

سپس با چندین الگوریتم بزرگنمایی، تصویر دقت پایین را به اندازه اولیه برمی گردانیم. اکنون جهت بررسی این موضوع که بزرگنمایی تصاویر نویزی بیشترین تاثیر را بر کدام معیار دارد، و کدام معیار می تواند دقیق تر گویای صحت برتری روش های بزرگنمایی باشد، کیفیت تصاویر توسط چندین معیار سنجیده می شود.

شکل شماره (۱) مجموعه ای از تصاویر دقت پایین LR به ترتیب از سمت چپ به راست است. تصاویر دقت پایین آغشته به نویز فلفل نمکی با چگالی ۰.۱٪ و ۰.۲٪ می شوند. بزرگنمایی توسط روشهای نزدیکترین همسایه (Lehmann, 1999)، درون یابی دوخطی (Keys, 1981)، دو مکعبی (Carrato, 2000)، روش مبتنی بر موجک (Sekar, Duraisamy & Remimol, 2014) و روش EDI (Li & Orchard, 2001) انجام می گیرد. شکل شماره (۲) نتایج نهایی حاصل از بزرگنمایی را نشان می دهد. جدول های شماره (۱)، (۲) و (۳) نیز نتایج حاصل از معیارهای سنجش را نشان می دهند. با نگاهی کلی به نتایج اندازه گیری معیارهای PSNR، SSIM، BIQ و S3 از تصویر اصلی و تصویر بزرگنمایی شده می توان دریافت که چون نویز فلفل نمکی خود پدیده ای فرکانس بالاست، در الگوریتم هایی همچون نزدیک ترین همسایگی و روش مبتنی بر موجک و روش EDI باعث افزایش مقدار S3 شده است. ولی چون وجود نویز همواره باعث کاهش کیفیت تصویر می شود، مقادیر بدست آمده از BIQ در تمامی این روش ها کاهش یافته است. از طرفی نیز مقادیر بدست آمده برای معیارهای PSNR و SSIM کاملاً منطقی هستند. چون اضافه شدن نویز به تصویر باعث می شود که این مقادیر از حالت بدون نویزی تغییر کند. ولی نکته ای که در اینجا به خوبی قابل مشاهده است اینست که مقادیر PSNR و SSIM در تمامی تصاویر تست شده دارای مقادیر نزدیک به هم بوده و استفاده از آنها نمی تواند به عنوان معیاری جهت تعیین برتری الگوریتم و سنجش میزان عملکرد بهتر آنها، مفید باشد. زیرا تشخیص با توجه به اختلاف بسیار ناچیز این مقادیر کاری بس دشوار است. ولی با دقت در مقادیر S3 و BIQ می توان راحت تر به مقایسه و بحث پرداخت.



شکل (۱): (الف)، (د) و (ز) تصاویر اصلی، (ب)، (ه) و (ح) تصاویر LR آغشته به نویز فلفل نمکی ۰.۱٪، (ج)، (و) و (ط) تصاویر LR آغشته به نویز فلفل نمکی ۰.۲٪.



شکل (۲) : تصاویر حاصل از بزرگنمایی تصویر LR با وجود نویز ۱٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI



شکل (۳) : تصاویر حاصل از بزرگنمایی تصویر LR با وجود نویز ۲٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI

جدول (۱) : نتایج ارزیابی تصویر Lena آغشته به نویز فلفل نمکی بعد از بزرگنمایی توسط چندین روش بزرگنمایی

Lena	S3=.50		BIQ=4.36		PSNR= ∞		SSIM=1	
	S3 d=0.01	BIQ d=0.01	PSNR d=0.01	SSIM d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.02	PSNR d=0.02	SSIM d=0.02
Nearest	.89	8.68	15.67	.0009	.91	11.91	15.31	.05
Bilinear	.31	7.99	15.31	.0011	.32	10.76	14.63	.07
Bicubic	.45	7.41	15.30	.0010	.47	10.63	14.58	.06
Wavelet	.89	8.68	15.67	.0009	.91	11.91	15.31	.05
EDI	.70	5.96	16	.0011	.80	6.24	15.10	.07

جدول (۲) : نتایج ارزیابی تصویر Baboon آغشته به نویز فلفل نمکی بعد از بزرگنمایی توسط چندین روش بزرگنمایی

Baboon	S3=.71		BIQ=3.82		PSNR= ∞		SSIM=1	
	S3 d=0.01	BIQ d=0.01	PSNR d=0.01	SSIM d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.02	PSNR d=0.02	SSIM d=0.02
Nearest	.87	10.21	11.24	.0004	.91	11.25	11.13	.0002
Bilinear	.27	6.81	11.25	.0005	.30	7.83	11.07	.0004
Bicubic	.40	6.62	11.35	.0004	.44	7.74	11.13	.0003
Wavelet	.87	10.21	11.24	.0004	.91	11.25	11.13	.0002
EDI	.73	5.05	11.44	.0005	.76	5.23	11.16	.0004

جدول (۳) : نتایج ارزیابی تصویر Peppers آغشته به نویز فلفل نمکی بعد از بزرگنمایی توسط چندین روش بزرگنمایی

Peppers	S3=.58		BIQ=6.41		PSNR= ∞		SSIM=1	
	S3 d=0.01	BIQ d=0.01	PSNR d=0.01	SSIM d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.02	PSNR d=0.02	SSIM d=0.02
Nearest	.97	10.86	17.12	.0008	.98	13.16	16.74	.0005
Bilinear	.42	10.24	16.69	.0009	.45	13.21	16	.0006
Bicubic	.61	9.49	16.82	.0008	.66	13.10	16.03	.0005
Wavelet	.97	10.86	17.12	.0008	.98	13.16	16.74	.0005
EDI	.81	7.45	17.40	.0009	.87	7.9	16.49	.0006

بحث و نتیجه گیری

هدف از این مقاله ارزیابی میزان کارآمد بودن معیارهای سنجش در بزرگنمایی تصاویر نویزی بود. جهت این کار ابتدا از تصویر اصلی، تصاویر دقت پایین را ایجاد کرده سپس به آن نویز فلفل نمکی اضافه شد. در گام بعدی تصاویر را با الگوریتم‌های متفاوت به حالت اولیه بازگردانده شد. معیارهای متفاوت را برای تصویر اصلی و تصاویر بزرگنمایی شده محاسبه و سپس مقایسه گردید. با توجه به نتایج حاصل به خوبی می‌توان دریافت که استفاده از معیار کیفیت (BIQ) و معیار تیزی (S3) به عنوان شاخص‌های بدون مرجع جهت مقایسه الگوریتم‌های بزرگنمایی و دیگر الگوریتم‌های پردازش تصویر، مفید و دقیق‌تر خواهد بود. معیارهای قبلی نیز به نوبه خود مفید هستند ولی دقت معیار کیفیت و تیزی در سنجش روش‌های بزرگنمایی بیشتر است.

منابع

- Vu Cuong, T., Phan Thien, D., & Chandler Damon, M. (2012). S3 : A spectral and spatial measure of local perceived sharpness in natural images. *IEEE Trans. Image Process*, (21), 934-945.
- Mittal, A., Soundararajan, R., & Bovik, A. C. (2013). Making a completely blind image quality analyzer. *IEEE Signal Process. Lett*, (22), 209-212.
- Hore, A., & Ziou, D. (2010). Image quality metrics: PSNR vs. SSIM. *Pattern Recognition (ICPR)*, 2010 20th International Conference on. IEEE.
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, E. P., & Simoncelli. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Trans. Image Process*, (13), 600-612.
- Wald, L., Ranchin, T., & Mangolini, M. (1997). Fusion of satellite images of different spatial resolutions: Assessing the quality of resulting image. *Photogram. Eng. Remote Sens*, (63), 691-699.
- Goetz, A., Boardman, W., & Yunas, R. (1992). Discrimination among semi-arid landscape end members using the Spectral Angle Mapper (SAM) algorithm. in *Proc. Summaries 3rd Annu. JPL Airborne Geosci*, 147-149.
- Choi, M., & Kim, R. (2005). Fusion of multispectral and panchromatic satellite images using the curvelet transforms. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett*, (2), 136-140.
- Lehmann, T. M., Gonner, C., & Spitzer, K. (1999). Survey: Interpolation methods in medical image processing. *IEEE Trans. Med. Imag*, (18), 1049-1075.
- Keys, R. G. (1981). Cubic convolution interpolation for digital image processing. *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process*, (29), 1153-1160.
- Carrato, S. (2000). A high quality 2 x image interpolator. *IEEE Signal Process. Lett*, (7), 132-134.
- Sekar, K., Duraisamy, V., & Remimol, A.M. (2014). An approach of image scaling using DWT and bicubic interpolation. *Proc. IEEE Int. Conf. Green Computing Communication and Electrical Engineering*, 1-5.
- Li, X., & Orchard, M. T. (2001). New edge-directed interpolation. *IEEE Trans. Image Process*, (10), 1521-1527.