# سنجش کیفیت تصاویر دیجیتال فشرده شده زبان اشاره فارسی

محسن عشوریان ؛ کورش زارعی نیا ؛ کورش بهاری ؛ علیرضا بنی طالبی ؛ محمد رضا عسگری ؛ مازیار ایرانژاد
دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی
اصفهان صندوق پستی ۱۱۱-۸۶۳۱۵ فاکس: ۰۳۳۵-۵۴۵۲۲۹۴ ، Mohsena@ieee.org

چکیده:
جهت سنجش کیفیت تصاویر دیجیتال ساکن و متحرک (ویدئو) روشها و استانداردهایی در طول دهه گذشته ارائه گردیده است. با این حال در ارسال زبان اشاره به لحاظ آنکه هدف رساندن یک پیام گفتاری با استفاده از حرکات قابل رویت دستها , حالت های مختلف چهره و سروبدن فرد ناشنوا می باشد.، کیفیت سنجی دارای هدفی متفاوت باشد. در سنجش کیفیت تصاویر دیجیتال عادی مقایسه تصویر اصلی با تصویر پردازش گردیده (فشرده شده و بازسازی شده) مبنای امتیاز دهی می باشد ولی در سیستمهای انتقال ویدئو زبان اشاره ارسال بدون خطا پیام گفتاری اصلی ترین هدف مورد نظر می باشد. در این مقاله روشهای جهت فشرده سازی مجموعه ای از تصاویر زبان اشاره استفاده گردیده است. در هر مورد نرخ آشکار سازی درست همراه با کیفیت بیان شده توسط تعدادی از افراد ناشنوا برای دسته های مختلفی از جملات و اصطلاحات زبان اشاره گزارش می گردد.

واژه های کلیدی: زبان اشاره – فشرده سازی – ویدیو - سنجش کیفیت تصاویر

## ۱. مقدمه

زبان اشاره زبان طبیعی افراد ناشنوا است که با استفاده از حرکات قابل رویت دستها , حالت های مختلف چهره, سر و بدن , فرد ناشنوا را با جهان خارج مرتبط می سازد . در این زبان نوسانات حرکتی باعث ایجاد تغییر در مفهوم اشاره اساسی می شوند . و جهت حرکت در اشارات افعال ,بیانگر رابطه بین فاعل و مفعول است. زبان اشاره طبیعی همچون زبان گفتاری قابلیت افزایش واژگان خود را دارد و این کار از طریق زیر امکان دارد .

۱- بکارگیری بعضی از اشارات سایر زبان های اشاره
۲- استفاده از الفبای دستی در ساخت اشارات
۳-استفاده از لب خوانی کلمات برای تفاوت گذاری بین اشارات مشابه

اشارات در زبان اشاره همان نقشی را ایفا می کنند که کلمات در زبان گفتاری وهمانطورکه کلمات از حروف مختلف شکل گرفته وبا جابجایی حروف , ظاهر و معنای کلمات نیز تغییر می یابد. در زبان اشاره نیز هر گونه حذف , ایجاد و تغییر حالتی در

تغییر اشاره و بوجود آمدن اشاره دیگر نقش دارد. اصولا زبان اشاره دارای چهار رکن است که عبارتند از:

۱- حالت دستها ۲- حرکت دستها ۳- محل قرار گرفتن دستها ۴-موقعیت و یا جهت کف دستها

باید توجه داشت علاوه بر این چهار رکن , حالت دیگری از قبیل حرکات صورت , چشمها و فرم سر و تنه از آن جمله اند و لب خوانی نیز نقش تکمیل کننده را دارد . در این زبان , حرکات متشابه زیادی وجود دارد که راه حل تشخیص آنها ازیکدیگر استفاده از روشهای تکمیلی است مانند حالت چهره و یا لب خوانی است . لذا در فشرده سازی این تصاویر می بایست سعی شود که تاثیر تمام موارد فوق دیده شود و گرنه ارتباط با خطا مواجه خواهد بود . پس نکته ای که وجود دارد آنست که گیرنده بتواند حرکات دست وچهره را از ابتدا تا انتها ردگیری کند . ویا منطقی را برای این حرکت در ذهن خود ایجاد کند . به منظور انجام این طرح اقدامات زیر صورت گرفت:

الف ) ایجاد یک پایگاه داده بزرگ از فایلهای تصویری و ویدئویی زبان اشاره فارسی

ب ) بررسی تاثیر کاهش نرخ فریمها در زمان بر تشخیص افراد ناشنوا

پ) بررسی تاثیر نمونه برداری مکانی بر تشخیص افراد ناشنوا

ت) بررسی تاثیر افزوده شدن نویز سفید بر تشخیص افراد ناشنوا

ث) انجام فشرده سازی در نرخ بیتهای مختلف و آنالیز میزان تاثیر آن در تشخیص افراد ناشنوا

پایگاه داده تصویری مورد نظر در شهر اصفهان و خرم آباد با استفاده از آموزگاران زبان اشاره تشکیل گردید. این پایگاه تا کنون شامل ۶۰ حرکت زبان اشاره با نمونه های مختلف زبان اشاره فارسی همچون کلمات , اصطلاحات , اعداد و حروف الفبای فارسی می باشد. فریمهای ویدیوی اصلی دارای رزولوشن مکانی ۳۵۲*۲۸۸ پیکسل *(CIF)* و تعداد ۲۵ فریم در ثانیه بوده اند. در مرحله نخست پروژه تنها موارد ب و پ مورد آزمایش قرار گرفتند.

در ادامه مقاله ابتدا در بخش دوم روشهای کیفیت سنجی تصویر [۱و۲و۳و۴و۵] بیان میگردند . در بخش سوم چگونگی اعمال این روشها برای سیگنال زبان اشاره نتایج عملی مربوطه ذکر می گردد.

## ۲- روشهای کیفیت سنجی تصاویر

وظیفه اولیهٔ غالب روشهای فشرده سازی ایجاد تصویر با پائین ترین نرخ بیت است بطوریکه کیفیت مطلوب کاربردی که برای آن طراحی شده است را برآورده سازد. لذا تعیین مفهوم سنجش کیفیت تصویر فشرده شده لازم می‌شود. سنجش کیفیت تصاویر آنالوگ تخریب شده می‌تواند با کمک سیگنالهای تست استاتیک بصورت مؤثر انجام شود. ولی چنین روشهای ساده بدلیل پیچیدگی و دینامیکی بودن روش تخریب تصاویر در الگوریتمهای مختلف، روی تصاویر فشرده شده دیجیتالی قابل استفاده نیستند [۱]. در نتیجه جهت سنجش کیفیت یک تصویر دیجیتال به روشهای جدیدی نیاز است. یک روش خوب برای سنجش کیفیت تصویر، قابلیت حصول اهداف زیر را دارد:

- آزمایش الگوریتم کدینگ با نرخ‌های فشرده سازی مختلف بمنظور تعیین میزان کارآیی کدگزاری انجام شده در مقایسه با سایر کد گزارها.
- تعیین دقیق محل غالب خرابی‌ها در تصویر به منظور اصلاح پروسهٔ طراحی الگوریتم.
- آنالیز الگوریتم کدینگ با بکارگیری تصاویر تست و شرایط دیداری مختلف به منظور تعیین واقعی کارایی روش.
- ادغام طرح‌های مختلف در طراحی الگوریتم کدینگ، بمنظور حداقل کردن اعوجاج وابسته به ادراک.

متأسفانه محدودیتهای ذاتی تعداد زیادی از روشهای سنجش کیفیت، مانع از حصول اهداف فوق الذکر می‌شود. هدف اولیه این بخش مروری بر روشهای مختلف سنجش کیفیت تصویر می باشد. تکنیک‌های سنجش کیفیت مبتنی بر نظر بیننده و ویژگیها و مشکلات آن در بخش بعدی مورد بحث قرار میگیرند. سپس الگوریتمهای سنجش کیفیت تصویر مبتنی بر فرمول همراه با بررسی نقاط ضعف و قوت مربوطه مرور می‌شوند.

### ۲-۱- آزمایش دیداری

در این روش از تعدادی بیننده درخواست می‌شود تا از بین تصاویر ساکن یا متحرک بازسازی شده بهترین را انتخاب نمایند و یا بر حسب رتبه‌های از پیش تعیین شده به تصاویر نمره دهند. دو استاندارد *ITU-T B500* برای تصاویر تلویزیونی و *ITU-T P910* برای کاربردهای چندرسانه ای روشی را برای سنجش کیفیت تصاویر ویدیویی تعریف می‌کنند. ایندو استاندارد جز در برخی جزئیات به هم شباهت زیادی دارند. در این استانداردها برای روش سنجش کیفیت مبتنی بر نظر بیننده سه روش پیشنهاد شده است.

الف – روش ارزش گذاری مطلق ب- روش ارزش گذاری نسبی

ج – روش مقایسه جفت (دوتایی)

در روش الف دنبالهٔ تصاویر مورد آزمایش در یک زمان به فرد بیننده عرضه شده و برطبق جدول ارزش گروهی و مستقلاً ارزش گذاری می‌شوند. بعد از هر نمایش، بیننده‌ها جهت تعیین کیفیت دنبالهٔ نشان داده شده مورد سوال قرارمی‌گیرند. درجدول ۱ ارزش کیفیت پنج سطحی آورده شده است.

| توصیف | نمره |
|---|---|
| عالی | ۵ |
| خوب | ۴ |
| متوسط | ۳ |
| ضعیف | ۲ |
| بد | ۱ |

جدول۱ : درجه ارزش گذاری در روش الف

در روش ب دنباله‌های مورد سنجش بصورت جفت(دوتایی) نمایش داده می‌شوند بطوریکه تحریک اول همیشه بعنوان مرجع اصلی بوده و تحریک دوم خروجی سیستم تحت تست می‌باشد. در این حالت از بیننده درخواست می‌شود میزان تخریب محرک دوم را نسبت به مرجع تعیین کند. بمنظور تعیین میزان خرابی جدول ۲ که دارای پنج سطح است می‌تواند بکار رود. در هر دو روش الف و ب بمنظور حصول قدرت تشخیص بالاتر جدول نه سطحی نیز می‌تواند بکار گرفته شود..

در روش ج دنباله‌های مورد آزمایش بصورت جفت نمایش داده می‌شوند که یکی از آنها خروجی یک سیستم مورد آزمایش و دیگری خروجی سیستم دیگر مورد آزمایش می‌باشد. درحالت کلی n سیستم تحت آزمایش (*C,B,A* و...) به تعداد n(n-۱) ترکیب ممکن مانند *AC , BC, AB* و ... ظاهر می‌شوند. لذا تمامی جفت‌های دنباله در دو ترتیب محتمل مانند *BA* و*AB* ظاهر می‌شوند. تحت شرائط آزمایش به هنگام مقایسه یکی از دو سیستم بر دیگری ترجیح داده می‌شود. برای تمایز بین دو سیستم می‌توان از جدول ۳ استفاده کرد.

| توصیف | نمره |
|---|---|
| نامحسوس | ۵ |
| محسوس ولی زننده نیس | ۴ |
| کمی زننده | ۳ |
| زننده | ۲ |
| بسیار زننده | ۱ |

جدول۲ : درجه بندی ارزش‌ها در تست ب

| توصیف | نمره |
|---|---|
| خیلی بدتر | -۳ |
| بدتر | -۲ |
| کمی بدتر | -۱ |
| مشابه | ۰ |
| کمی بهتر | ۱ |
| بهتر | ۲ |
| خیلی بهتر | ۳ |

جدول۳: درجه بندی ارزش در تست ج

در تمامی تستهای فوق زمان رأی دادن و اظهار نظر کردن معمولاً بین ۹ تا ۱۰ ثانیه است. برای دنباله‌های ویدیویی در حدود ۹ ثانیه جهت نمایش دنباله و حدود ۳ تا ۴ ثانیه جهت تأخیر بین نمایش دنبالهٔ اول و دوم درنظر گرفته می‌شود. تعداد موضوعات بین ۴ تا ۴۰ می‌باشد. معمولاً

تعداد شرکت کنندگان در آزمایش حداقل ۱۵ بیننده می‌باشد. این افراد نبایستی بصورت مستقیم در سنجش کیفیت (بعنوان شغلی) درگیر بوده و یک فرد کارشناس و خبره نیز نباشند، بکمک معادلهٔ ۱ و بر مبنای آراء مشاهده‌کنندگان، میانگین نمرات (*MOS*) داده شده تعیین می‌شود. (درحقیقت *MOS* امید ریاضی نمرات داده شده می‌باشد.)

$$MOS=\frac{\sum\{\text{تعداد آراء}\times\text{نمره رای}\}}{\text{تعداد کل مشاهده کنندگان}} \qquad (۱)$$

موارد تکنیکی دیگری نیز بر حسب نوع و کاربرد آزمایش نظیر فاصلهٔ مشاهده دستگاه نمایش دهنده و برخی شرائط محیطی می‌بایست مد نظر قرار گیرد. انتخاب یکی از سه روش اشاره شده برای یک کاربرد خاص، به فاکتورهای متعددی نظیر محتوا، هدف و محل انجام آزمایش وابسته است. مثلاً در یک کاربرد با نرخ بیت پائین، روش الف بدلیل قابل مقایسه نبودن کیفیت تصویر بازسازی شده با تصویر اصلی نمی‌تواند روش خوبی باشد.

تست‌های مبتنی بر نظر بیننده درحال حاضر جهت کیفیت سنجی یک تکنیک کدینگ خاص یک روش پذیرفته شده‌اند. بهرحال مشکلاتی برای انجام این روش‌ها وجود دارد. ذیلاً خلاصه‌ای از مشکلات موجود آورده می‌شود. برخی از آنها به نوع خاص آزمایش های مبتنی بر بیننده وابسته بوده و اثرات آنها از طریق بکارگیری آزمایشات مناسب و رویه‌های پیش پردازشی مناسب قابل کاهش و یا حذف می‌باشند. در هرحال بسیاری از این مشکلات بعنوان مشکلات ذاتی این روش‌ها بشمار می‌روند. وجود این نوع مشکلات ذاتی موجب شده که تحقیقات بسمت روشهای بخش کیفیت مبتنی بر فرمول معطوف گردد.

## ۲-۲- تکنیک‌های سنجش کیفیت مبتنی بر فرمول

روش‌های مبتنی بر فرمول برای تعیین کیفیت تصویر بواسطهٔ وجود مشکلات در روش‌های مبتنی بربیننده توسعه یافته‌اند. اگرچه روشهای زیادی در این راستا طرح شده‌اند، هنوز روشهای ساده‌ای مبتنی بر نسبت انرژی سیگنال به نویز نظیر *MSE* و *PSNR* علیرغم اثبات عدم دقت این روشها بسیار زیاد بکار برده می‌شوند. این امر بواسطهٔ نبود سیستم‌های سنجش کیفیت دقیق مبتنی برفرمول و همچنین نبود یک سیستم استاندارد شده می‌باشد. در ادامه ابتدا روش *MSE* و *PSNR* *توضیح داده میشوند سپس روش* استاندارد *ANSI* که پارامترهای متنوع تری جهت کیفیت سنجی ارائه میدهد مطرح می گردد..

### ۲-۲-۱ - روش‌های *PSNR* و *MSE*:

نسبت سینگال به نویز ماکزیمم برای یک تصویر بصورت زیر تعریف می‌شود:

(۲)

$$PSNR = 10\log_{10}(\frac{255^2}{MSE})$$

عدد ۲۵۵ معرف ماکزیمم مقداریست که هر پیکسل با فرض دقت ۸ بیت (عمق بیت) می‌تواند داشته باشد. مقدار *MSE* (متوسط مربع اعوجاج) بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{MSE}=\sum_{i=1}^{N}(x_i-y_i)^2 \qquad (۳)$$

در این فرمول $y_i$ مبین شدت روشنی پیکسل در تصویر اصل و $y_i$ مبین شدت روشنی همان پیکسل در تصویر تخریب شده و $N$ تعداد کل پیکسل‌ها می‌باشند. برای دنبالهٔ ویدیویی، میانگین *PSNR* توسط میانگین‌گیری روی کل فریم‌ها محاسبه می‌شود.

### ۲-۲-۲ - روش استاندارد ANSI و ITU:

روش *ITU-TP.930* و *ANSI TI.801.3* استانداردهایی هستند که اکثر خرابیها و اعوجاجهای سیگنالهای ویدیویی را رده بندی کرده و روشهایی را برای سنجش آنها پیشنهاد کرده‌اند. مفاهیم اصلی هر دو استاندارد مشابه است. روش *ANSI T1.801.3* بیشتر به مهیا کردن روشهای سنجش غالب خرابیهای تصاویر ویدیو در سیستم‌های خاص (بیشتر کاربردهای مذاکرهٔ تلفنی از راه دور) پرداخته است. در این روش چند نوع پارامتر عددی، تعریف شده‌اند. خصوصیات نرده‌ای، یک عدد را برای هر دنبالهٔ ویدیویی تولید می‌کند. در محاسبات تعدادی از پارامترهای کیفیت عددی دو اصطلاح مفید بکار رفته که عبارتند از: اطلاعات مکانی *(SI)* و اطلاعات زمانی *(TI)*. در ابتدا ایندو اصطلاح تعریف می‌شوند:

اطلاعات مکانی *(SI)*: شیب‌های مکانی یا لبه‌ها، نقش مهمی را در کیفیت تصویر بازی کرده و می‌توانند به کمک فیلترهای بالابرندهٔ لبه به تصویر اضافه شوند. فیلترهای *Sobel* در استاندارد *ANSI* توصیه شده‌اند. در حالت اخیر تصاویری که به آنها لبه اضافه شده است بکمک کانولوشن خطی روشنایی هر فریم ویدیویی با ماتریسی‌های $H_v$ و $H_h$ می‌تواند حاصل شود.

$$H_v = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$H_h = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

نتایج حاصل از این کانولوشن تحت عنوان اطلاعات مکانی افقی و

عمودی n امین فریم ویدیو نامیده می‌شوند.

$$SI_h(n) = Convolution(Y_n, H_h) \quad (۵)$$

$$SI_v(n) = Convolution(Y_n, H_v)$$

اندازه و فاز اطلاعات مکانی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\boldsymbol{SI_\theta(n)} = \arctan\left(\frac{\boldsymbol{SI_v(n)}}{\boldsymbol{SI_h(n)}}\right) \quad (۶)$$

$$SI_r(n) = \sqrt{SI_h^2 + SI_v^2}$$

انحراف استاندارد $S_r$ بنام $SI_{stdev}$ ، مشخصهٔ غالب آماری برای اطلاعات مکانی بوده که در محاسبات پارامترهای مکانی روش *ANSI* بکار رفته است. جدول ۴ لیست پارامترهای تعریف شده بر مبنای اطلاعات مکانی را نشان می‌دهد. برای هر پارامتر، خصوصیت وابسته به فریم اصلی (در زمان t) تحت عنوان $a_{in}(t)$ و خصوصیت وابسته به فریم فشرده شده تحت عنوان $a_{out}(t)$ نامیده شده است. سه پارامتر $S_1$ و $S_2$ و $S_3$، مستقیماً از روی $SI_{stdev}$ محاسبه می‌شوند، اصطلاح *HV* در $S_4$متوسط مقدار $S_r$ روی همهٔ پیکسل‌های متعلق به لبه و متمایل به زاویهٔ از پیش تعیین شدهٔ افقی و عمودی است. *HV* مکمل آن بوده و مفهوم آن مقادیر $S$ برای پیکسل‌های متعلق به لبه‌هایی است که در زاویه‌های دیگرقرار دارند. در جدول۴ برای هر پارامتر تفسیر فیزیکی آورده شده است. پارامترهای مبتنی بر اطلاعات مکانی می‌تواند بعنوان شاخص جهت لبه‌های اضافه شده و یا حذف شده در تصویر فشرده شده در مقایسه با تصویر اصلی بکار روند. لبه‌های اضافی شده نتیجهٔ خرابیهائی نظیر بلوک بلوک شدن، خطای بلوک‌ها و نویز هستند. لبه‌های حذف شده نتیجه خرابیهای نظیر تیرگی هستند. اطلاعات زمانی *(TI)*: این اطلاعات اختلاف (حرکت) بین دو فریم همسایه $Y_{n-1}$ و $Y_n$ را بصورت زیر تعریف می‌کنند:

$$TI(n) = Y_n - Y_{n-1} \quad (۷)$$

همانگونه که جدول ۵ نشان می‌دهد، مقدار *RMS* (جذر متوسط مربع) برای $TI(n)$ پارامتراصلی جهت محاسبهٔ پنج پارامتر $T_1$ تا $T_5$می‌باشد. پارامترهای کیفیت مبتنی بر اطلاعات زمانی می‌توانند بعنوان معرف حرکت اضافه شده یا حذف شدهٔ در تصویر فشرده شده در مقایسه باتصویر اصلی بکار روند. حرکت اضافه شده نتیجهٔ خرابیهایی نظیر بی‌نظمی، خطای بلوک‌ها و نویز می‌باشد. تکرار فریم آشکارا حذف حرکت را می‌نمایاند[۴].

## ۳- فشرده سازی و کیفیت سنجی ویدیوی زبان اشاره

آنچنان که در بخش یک ذکر گردید در مرحله نخست پروژه تنها کاهش نرخ زمانی و مکانی فریمها مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایشها از نوع (ج) بوده اند و با استفاده از نظر ۱۵ فرد ناشنوا صورت گرفته اند. جدول نظر دهی مشابه جدول ۳ بوده و میانگین نظر بینندگان عددی بین ۱ تا ۵ بوده است. در جداول ۶ و ۷ میانگین نظر بینندگان برای کاهش نرخ زمانی و مکانی ملحوظ شده است، همچنین شکل ۱ تلفیقی از این اطلاعات را نشان می دهد.

| شماره | نام پارامتر | $A_{in}(t)$ | $a_{out}(t)$ | تعریف |
|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | انرژی ماکزیمم لبه اضافه شده | $SI_{stdev}$ | $SI_{stdev}$ | $\min_t\left(\frac{a_{in}(t)-a_{out}(t)}{a_{in}(t)}\right)$ |
| $S_2$ | انرژی ماکزیمم لبه حذف شده | $SI_{stdev}$ | $SI_{stdev}$ | $\max_t\left(\frac{a_{in}(t)-a_{out}(t)}{a_{in}(t)}\right)$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $S_3$ | متوسط اختلاف انرژی لبه | $SI_{stdev}$ | $SI_{stdev}$ | $rms_t(\frac{a_{in}(t)-a_{out}(t)}{a_{in}(t)})$ |
| $S_4$ | ماکزیمم اختلاف انرژی تا بدون HVلبه HV | $(\frac{HV(t)+0.5}{HV(t)+0.5})$ | $(\frac{HV(t)+0.5}{HV(t)+0.5})$ | $\max_t(\frac{a_{in}(t)-a_{out}(t)}{a_{in}(t)})$ |

جدول۴: پارامترهای تخریب مکانی تعریف شده در ANSI T1.801.3

| شماره | نام پارامتر | $A_{in}(t)$ | $a_{out}(t)$ | تعریف |
|---|---|---|---|---|
| T1 | ماکزیمم انرژی حرکت اضافه شده | $TI_{rms}$ | $TI_{rms}$ | $\max_t\left\{\log\frac{a_{out}(t)}{a_{in}(t)}\right\}$ |
| T2 | ماکزیمم انرژی حرکت حذف شده | $TI_{rms}$ | $TI_{rms}$ | $\min_t\left\{\log\frac{a_{out}(t)}{a_{in}(t)}\right\}$ |
| T3 | متوسط اختلاف انرژی حرکت | $TI_{rms}$ | $TI_{rms}$ | $rms_t\left\{\log\frac{a_{out}(t)}{a_{in}(t)}\right\}$ |
| T4 | متوسط انرژی حرکت حذف شده با نویز حذف شده | $TI_{rms}{}^2-\min(TI_{rms}{}^2)$ | $TI_{rms}{}^2-\min(TI_{rms}{}^2)$ | $rms_t(\frac{a_{in}(t)-a_{out}(t)}{a_{in}(t)})pp$ |
| T5 | درصد تکرار فریم‌ها | - | $TI_{rms}$ | $(\frac{\#\,frames(a_{out}(t)<threshold}{total\ frames}).100\%$ |

رنج آنالیز$[r_a, r_b]$: قسمت منفی np: : قسمت مثبت pp

یعنی عملیات روی تمامی فریم انجام می شودt: یعنی قسمت مثبت

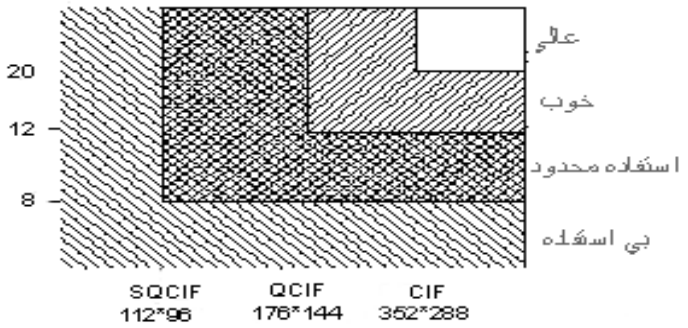
جدول۵: پارامترهای تخریب زمانی تعریف شده در ANSI T1.801.3

| | | | |
|---|---|---|---|
| نرخ نمونه برداری در حوزه زمان | ۲:۱ | ۴:۱ | ۸:۱ |
| MOS | ۴/۰ | ۳/۱ | ۲/۲ |

جدول ۶ : نتایج نمونه برداری در حوزه زمان

| | | |
|---|---|---|
| نرخ نمونه برداری در حوزه مکان | ۲:۱ | ۴:۱ |
| MOS | ۳/۹ | ۲/۵ |

جدول ۷ : نتایج نمونه برداری در حوزه مکان




شکل ۱ : نتایج نمونه برداری در حوزه زمان و مکان به صورت تلفیقی

مراجع:


1. Ashourian, M. et. al. "A review on online quality measures for videos." IEEE Region Ten Conference, Thailand,2004, pp. 363-366 .
2. International Telecommunication Union (1999). "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications." Geneva: (ITU-T P.910.)
3. International Telecommunication Union (1996). "Principles of a reference impairment system for video." Geneva: (ITU-T P.930).
4. Campisi, P.; Carli, M.; Giunta, G.; Neri, A.; "Blind quality assessment system for multimedia communications using tracing watermarking", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 51 , Issue: 4 , April 2003; pp. 996 – 1002
5. Hellström G., "Quality Measurement on Video Communication for Sign Language", Proceedings of the 16th International Symposium on Human Factors in Telecommunication - Oslo, Norway, May 12-16, 1997, pp 217-224.
6. International Telecommunication Union (1999). Supplement 1 to Series H - Application profile - Sign language and lip-reading real-time conversation using low bit-rate video communication.