

استفاده از تجزیه ماتریس در وضوح برتر برای مواجهه با اشیاء متحرک

محمود امین طوسی^{†*}، محمدرضا کنگاوری[†]، محمود فتحی[†] و ناصر مزینی[†]

[†]دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مهندسی کامپیوتر
^{*}دانشگاه تربیت معلم سبزوار - گروه ریاضی

{mAmintoosi,Kangavari,mahFathy,Mozayani}@iust.ac.ir

چکیده

تکنیکهای وضوح برتر^۱ یک، یا یک مجموعه از تصاویر با وضوح بالا را از روی یک دنباله از تصاویر با وضوح پایین ایجاد می نمایند. یکی از مشکلات این حوزه، هنگامی است که تصاویر ورودی با وضوح پایین حاوی مواردی برون هشته^۲ هستند. این موارد می توانند: نویز، زووم و یا اشیاء متحرک در دنباله تصاویر ورودی باشند. در این مقاله شیوه جدیدی برای مواجهه با مشکل اشیاء متحرک در وضوح برتر ارائه شده است که متضمن اعمال یک شیوه استخراج فریم های زمینه از تصاویر ورودی است. برای جداسازی فریم های شامل اشیاء متحرک از شیوه استخراج زمینه مبتنی بر تجزیه QR^۳ که قبلاً توسط نویسندگان ارائه گردیده، استفاده شده است. نتایج آزمایشات انجام شده برتری شیوه پیشنهادی نسبت به چند روش دیگر وضوح برتر را نشان میدهد.

کلمات کلیدی - وضوح برتر، برون هشته، شناسائی زمینه، تجزیه ماتریس، ثبت تصویر

۱- مقدمه

روی یک شبکه مشترک تنظیم شوند (مرحله ثبت تصویر^۴). ثانیاً بایستی تصویر نهایی از روی این تصاویر تنظیم شده بازسازی شود (مرحله بازسازی^۵). شکل ۱ این دو مرحله را نشان می دهد. عدم انجام درست هر یک از این دو مرحله باعث می شود که تصویر نهایی خوبی نداشته باشیم و افزایش دقت متمر ثمر واقع نشود. مقاله های مروری چندی نیز در این زمینه به رشته تحریر درآمده اند [1-4] که می توانند منابع خوبی برای افراد علاقمند باشند. هدف از مرحله اول (ثبت تصویر) تعیین دقیق تفاوت های مابین تصاویر است که مثلاً می توانند ناشی از حرکت دوربین باشند. هر خطا در برآورد پارامترهای حرکتی باعث افت کیفیت تصویر حاصله از مرحله بعد خواهد شد. اهمیت این مرحله به حدی است که می توان گفت بهتر است تصویر با وضوح بالاتر را با درون یابی یکی از تصاویر اولیه بدست آوریم تا اینکه با استفاده از روش های مرحله دوم آنرا از روی تعدادی تصویر و برآوردهای غلط

افزایش روزافزون تقاضا برای تعداد پیکسل های بیشتر یا "وضوح بالاتر"^۶ در عکس های رقومی، در کنار در دسترس بودن قدرت محاسباتی بالای پردازشگرها، علاقمندی زیادی به بحث "وضوح برتر" (SR) ایجاد نموده است. هدف در تکنیکهای وضوح برتر عبارت است از اخذ تعدادی تصویر با وضوح پایین^۴ از یک صحنه و ترکیب آنها برای تولید تصویری با وضوح بیشتر از همان صحنه. داشتن تعداد پیکسل بیشتر در یک عکس لزوماً به معنی وضوح بالاتر نیست، در واقع "وضوح" با میزان توانائی تشخیص جزئیات تصویر مرتبط است. در عمل بدست آوردن چنین ترکیبی از چند تصویر، برای حصول به تصویری با وضوح بیشتر ساده نیست. دو زیرمسئله اصلی در مسئله "وضوح برتر" وجود دارد که باید حل شوند: اولاً باید تمام تصاویر ورودی دقیقاً نسبت به هم و

صحنه اخذ شده و نسبت به هم اختلاف کمی داشته اند. تفاوت آن با مسئله کلاسیک ترمیم یک تصویر^{۱۱} آن است که در دومی وضوح تصاویر ورودی و خروجی یکسان است. در مسئله وضوح برتر از اطلاعات مکانی-زمانی موجود در یک رشته از تصاویر نمونه برداری شده و تغییر شکل یافته برای ایجاد تصویر با وضوح بیشتر نهایی استفاده می شود. حرکات مختصر دوربین در حین عکسبرداری از صحنه باعث می شود که تصاویری مشابه ولی نه دارای اطلاعات یکسان داشته باشیم. این اطلاعات اضافی ما را قادر می سازند که بتوانیم تصویری با وضوح برتر و پنهانی باند گسترده تر نسبت به هر یک از تصاویر با وضوح پایین اولیه بدست آوریم.

اگر فرض کنیم اندازه تصاویر ورودی $M \times M$ بوده و r ضریب افزایش وضوح باشد، \underline{Y}_k ستونی شده k امین فریم ورودی و \underline{X} ستونی شده تصویر با وضوح برتر نهایی با رابطه زیر به هم مربوط می شوند:

$$\underline{Y}_k = D_k H_k F_k \underline{X} + \underline{V}_k \quad k = 1, \dots, N$$

که به فرض در آن متغیرهای زیرخط دار، ماتریسهای ستونی شده هستند و:

ماتریس F_k با اندازه $[r^2 M^2 \times r^2 M^2]$ ، عملگر حرکت هندسی بین تصویر \underline{X} (با اندازه $[r^2 M^2 \times 1]$) و k امین فریم ورودی \underline{Y}_k (با اندازه $[M^2 \times 1]$)؛ H_k مدل تابع پخش نقطه دوربین^{۱۱} با اندازه $[r^2 M^2 \times r^2 M^2]$ ؛ ماتریس D_k با اندازه $[M^2 \times r^2 M^2]$ عملگر نمونه بردار^{۱۲} و بردار \underline{V}_k با اندازه $[M^2 \times 1]$ بیانگر نویز سیستم است.

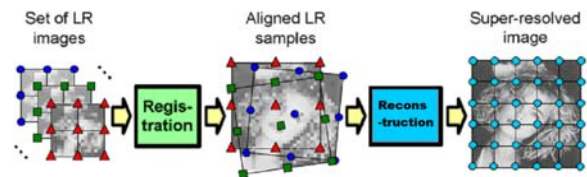
از دیدگاه بهینه سازی، هدف تکنیکهای وضوح برتر حل مسئله کمینه سازی زیر است:

$$\hat{\underline{X}} = \underset{\underline{X}}{\text{Arg Min}} \left[\sum_{k=1}^N \|\underline{Y}_k - D_k F_k H_k \underline{X}\|_p^p \right] \quad (1)$$

که در آن $\|\cdot\|$ نرم مورد استفاده برای سنجش فاصله بین مدل و مشاهدات است. با این فرض که ماتریسهای D و H برای تمام تصاویر یکسان هستند در نظر گرفتن $\underline{Z} = H \underline{X}$ به عنوان نسخه مات شده تصویر با وضوح بالای نهایی، رابطه (۱) را میتوان به صورت زیر نوشت:

$$\hat{\underline{Z}} = \underset{\underline{Z}}{\text{Arg Min}} \left[\sum_{k=1}^N \|\underline{Y}_k - D F_k \underline{Z}\|_p^p \right] \quad (2)$$

پارامترهای حرکت بدست آوریم. روشهای متنوعی برای مواجهه با این مسئله ارائه شده اند [5-7].



شکل ۱: دو مرحله اصلی تکنیک های وضوح برتر

روشهای مواجهه با مسئله وضوح برتر را می توان به دو دسته کلی حوزه فرکانس^۷ و حوزه مکان^۸ تقسیم کرد. مزیت اصلی روشهای حوزه فرکانس [7,8] پایین بودن بار محاسباتی آنهاست ولی با توجه به عدم انعطاف کافی آنها در لحاظ کردن مدلهای مختلف حرکت، کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. اما با توجه به انعطاف بیشتر روشهای دسته دوم، تحقیقات متعددی را در این حوزه شاهد هستیم، که از میان آنها می توان به روش درونبایی [9]، روشهای Iterated Back Projection [6]، روش افکنش روی مجموعه های محدب^۹ [10]، روشهای پایدار [11,12] و روشهای مارکوفی [13] را نام برد.

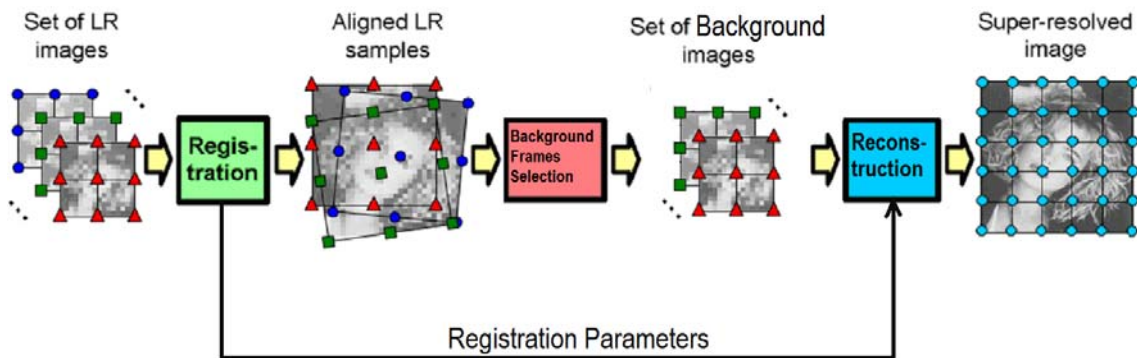
یکی از مشکلات حوزه وضوح برتر مواجهه با مقادیر برون هشته است که تکنیک های های معدودی را می توان یافت که بتوانند با وجود آنها به خوبی عمل نمایند [11,12]. نویز، زووم و اشیاء متحرک در فریمها جزو این مقادیر برون هشته محسوب میشوند.

مؤلفین در دو مقاله اخیر خود [14 و 15] شیوه نوینی برای مدل سازی زمینه در یک رشته از تصاویر ویدیویی با استفاده از تجزیه QR ارائه نموده و کارایی آنرا نشان داده اند. در این مقاله از این شیوه به عنوان روشی برای حذف فریم های نامناسب بهره گرفته شده است.

در ادامه مقاله در بخش ۲ مروری بر مسئله وضوح برتر داشته و در بخش سوم شیوه پیشنهادی بیان خواهد شد. بخش چهارم شامل نتایج آزمایشات انجام شده و آخرین بخش به نتیجه گیری اختصاص یافته است.

۲- سابقه تاریخی مسئله

سرآغاز مسئله بالابردن وضوح یک رشته از تصاویر ویدیویی را می توان مقاله تی سای و هوآنگ [8] دانست که هدف آن بالابردن وضوح تصویر یک صحنه با استفاده از یک رشته از تصاویر از همان صحنه بوده است که در زمانهای مختلفی از همان



شکل ۲: چارچوب کلی شیوه پیشنهادی - اضافه شدن یک مرحله شناسایی فریم های زمینه

که در آن $\Pi \in \mathbb{R}^{M \times M}$ یک ماتریس جایگشتی^{۱۵} است و ستونهای $Q \in \mathbb{R}^{N \times M}$ متعامد یکجه^{۱۶} بوده و $R \in \mathbb{R}^{M \times M}$ یک ماتریس بالامثلثی^{۱۷} است. قدرمطلق مقادیر روی قطر اصلی R که نزولی هستند، مقادیر^{۱۸} نامیده شده و نشان داده شده است [18] که مقادیر منفرد ماتریس را دنبال می کنند.

از دیدگاه جبرخطی یک مجموعه از ستونهای یک ماتریس که نتوان هیچ یک از آنها را به صورت ترکیبی از سایرین نوشت، مستقل^{۱۹} از هم محسوب می شوند. ارتباط استقلال و مقادیر منفرد آن است که اگر بتوان یک ستون را به صورت ترکیبی از سایر ستونها داشت، مقدار منفرد متناظر با آن در تجزیه SVD صفر خواهد بود. حال اگر ستونی مانند X داشته باشیم که ترکیب دقیقی از سایر ستونها نباشد اما بتوان آنرا به صورت زیر نوشت:

$$X = \sum_j W_j V_j + N, \quad j=1, \dots, n$$

که در آن V_j نمایانگر ستون j ام و W ها ضرایب ترکیب و N معرف نویز بوده و میانگین نویز خیلی کمتر از میانگین X باشد، مقدار منفرد متناظر با این ستون بسیار کوچک خواهد بود. موارد فوق درباره مقادیر R از تجزیه QR نیز صادق است.

یک شیوه برای استخراج مهمترین ستونهای ماتریس P را به صورت خلاصه می توان به فرم زیر داشت [19]:

$$(1) \quad \text{تخمین } r \text{ رتبه مؤثر}^20 \text{ ماتریس } P$$

$$(2) \quad \text{محاسبه ماتریس } \Pi \text{ به نحوی که ستونهای ماتریس } P \Pi = [P_n, P_{N-n}] \text{ در } P_n \in \mathbb{R}^{M \times n} \text{ بقدر کافی مستقل باشند.}$$

از نقطه نظر عملیاتی و پیاده سازی، مزیت تجزیه QR نسبت به SVD آن است که (۱) برنامه هایی همچون MATLAB تجزیه QR را نسبت به تجزیه SVD با سرعت بیشتری انجام می دهند و (۲) در پیاده سازیهای معمول تجزیه

۳- شیوه پیشنهادی

به صورت کلی در شیوه پیشنهادی فریمهایی از تصاویر ورودی که حاوی اشیایی به جز زمینه میباشند، فیلتر شده و فقط فریمهای زمینه به مرحله بازسازی داده می شوند. اما وجود جابجائی و تفاوتی تصاویر با وضوح پایین که جزولاینفک مسائل وضوح برتر شامل چندین تصویر ورودی می باشند، شناسائی آنها را مشکل مینماید. چارچوب کلی روش پیشنهادی در شکل ۲ آمده است. نگاهی دوباره به شکل ۱ و شکل ۲ روشن می سازد که در شیوه پیشنهادی یک مرحله فیلترکردن تصاویر ورودی بر اساس تجزیه QR- اضافه شده است. مرحله بازسازی با استفاده از خروجی مرحله قبل و با استفاده از همان پارامترهای مرحله ثبت تصویر انجام خواهد شد.

در ادامه این بخش ابتدا مروری کوتاه به تجزیه مقادیر منفرد و تجزیه QR داشته و سپس نحوه استفاده از آن در مسئله وضوح برتر را خواهیم دید.

۳-۱- تجزیه مقادیر منفرد و تجزیه QR

شیوه های تجزیه مقادیر منفرد (SVD)^{۲۱} و تجزیه QR توسط محققین مختلف به منظور کاهش تعداد قوانین یک پایگاه داده بکار گرفته شده اند [16-18]. نکته اصلی در استفاده از SVD برای کاهش پیچیدگی، آن است که با استفاده از مقادیر منفرد می توان یک سیستم را تجزیه نمود و میزان اهمیت هر یک از اجزاء تجزیه شده را مشخص نمود.

تجزیه مقادیر منفرد یک ماتریس $P_{N \times M}$ را می توان به صورت $P = UDV^T$ نوشت که در آن $U \in \mathbb{R}^{N \times N}$ و $V \in \mathbb{R}^{M \times M}$ ماتریس های متعامد^{۲۲} و $D = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_M) \in \mathbb{R}^{N \times M}$ یک ماتریس قطری است که در آن $\sigma_1 \geq \dots \geq \sigma_M \geq 0$. عناصر روی قطر ماتریس D مقادیر منفرد ماتریس P نامیده می شوند [16]. تجزیه QR ماتریس P به صورت $P \Pi = QR$ نمایش داده میشود

فرض کنید Y'_k (با اندازه $[M^2 \times M^2]$) فرم ماتریسی Y'_k باشد، برای نمایش زیر ماتریسی از آن از تعریف زیرماتریس در جبرخطی استفاده خواهیم کرد:

تعریف (زیرماتریس): فرض کنید A یک ماتریس $M \times N$ ، و $I \subseteq \{1, \dots, M\}$ و $J \subseteq \{1, \dots, N\}$ دو مجموعه m و n عنصری باشند، $A(I|J)$ را زیر ماتریسی از A می نامیم که از حذف سطرها و ستونهایی از A حاصل می شود که اندیس آنها در I و J آمده است.

تذکره ۱: نماد فوق را نباید با نماد احتمال شرطی اشتباه گرفت.

تذکره ۲: اگر $I = \emptyset$ هیچ یک از سطرهای A حذف نخواهند شد. به همین ترتیب اگر J تهی باشد، هیچ یک از ستونهای A حذف نمی شوند.

حال زیرماتریسی از فرم تصحیح حرکت شده هر فریم که در همه فریمها مشترک است را می توان به صورت $Y'_k(I|J)$ نشان داد که در آن:

$$I = \{1, \dots, y_1 - 1, y_2 - 1, \dots, M\},$$

$$J = \{1, \dots, x_1 - 1, x_2 - 1, \dots, N\}$$

تجزیه QR بایستی روی ماتریس Y' اعمال شود:

$$\underline{Y}' = [\underline{Y}'_1(I|J), \underline{Y}'_2(I|J), \dots, \underline{Y}'_N(I|J)]$$

اما از آنجا که تجزیه QR به نرم ستونهای ماتریس حساس است، به جای Y' از گرادیان ماتریس در راستای محور x ها (Y'') استفاده می کنیم:

$$\underline{Y}'' = \frac{\partial \underline{Y}'}{\partial x}$$

برای تخمین رتبه مؤثر ماتریس Y'' از این فرض استفاده می کنیم که حداقل در β درصد فریمها زمینه کاملاً قابل رؤیت می باشد. لذا $n = (1 - \beta)N$ می تواند یک تخمین خوب برای رتبه مؤثر باشد. اگر $\{f_1, \dots, f_N\}$ شماره فریمهای حاصل از ماتریس Π از تجزیه QR ماتریس Y'' باشد، اولین $(1 - \beta)N$ فریم را بعنوان فریمهای حاوی مقادیر برون هشته حذف می کنیم. براساس ماتریس مورد تجزیه، β و مجموعه اندیسهای اخیر عملگرهای $NOFI(Non$ و $OFI(Outlier Frame Indices)$ را به صورت زیر تعریف می کنیم:

تعریف (عملگرهای $NOFI$ و OFI): به فرض $P \in \mathbb{R}^{M \times N}$ و β داده شده اند و $\{f_1, \dots, f_N\}$ نشان دهنده شماره ستونهای P براساس ماتریس Π از تجزیه QR ماتریس P است و $M > N$

SVD برخلاف QR، مشخص نمی شود که هر مقدار منفرد مربوط به کدام ستون است.

رشته تصاویر ویدیویی را در نظر بگیرید که از یک صحنه ایستا با وجود اشیاء متحرک در چند فریم اخذ شده باشند. فرض کنید ماتریس P از کنار هم قرار دادن ستونی شده فریمها ایجاد شده باشد؛ اگر حالت ایده آل بدون نویز و فرض ثبات کامل دوربین را داشته باشیم، مقادیر R متناظر با ستونهایی که صرفاً شامل زمینه و اشیاء ثابت هستند - به جز یکی - برابر صفر خواهد بود. نویسندگان در [14,15] حالتی را که دوربین ثابت بوده و فقط نویز وجود داشته است را بررسی نموده و نشان داده اند که تحت شرایطی مدلسازی زمینه با استفاده از تجزیه QR الگوریتم های معمول مدلسازی زمینه کارا تر است. هدف در بخش بعد ذکر نحوه بکارگیری این ایده در وضوح برتر می باشد.

۲-۲- استفاده از تجزیه QR در وضوح برتر

در مسائل وضوح برتر، جابجائی های تصاویر ورودی جزو لاینفک سیستم است. با فرض وجود حرکت دوربین استفاده از شیوه های معمول مدلسازی زمینه و منجمله شیوه ذکر شده در بخش قبل کارا نخواهند بود. برای رفع این مشکل کفایت عمل شناسائی فریم های زمینه به بعد از مرحله ثبت تصویر موقوف شود. لیکن کناره های تصاویر حاصل از عملیات ثبت تصویر به میزان جابجائی هر یک نسبت به فریم مرجع، با صفر پر شده و سیاه دیده می شوند. این کناره ها مانعی جدی برای هر روش شناسائی زمینه خواهند بود. راه حل ساده ای که برای این منظور در نظر گرفته شده است، حذف این کناره ها از تمام فریم ها - موقتاً در این مرحله - می باشد. در واقع باید مختصات زیرماتریسی از هر تصویر (که آنها را $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ می نامیم) پیدا شود که همگی نمایش دهنده یک ناحیه از صحنه باشند. فرض کنید Δy_k میزان جابجائی برای فریم k ام و در جهت محور y ها باشد که حاصل مرحله ثبت تصویر بوده است، مقادیر مختصات y_1, y_2 را به صورت زیر بدست می آوریم:

$$y_1 = \text{Max}\{1, \text{Max}_k\{\Delta y_k\}\}$$

$$y_2 = M + \text{Min}\{0, \text{Min}_k\{\Delta y_k\}\}$$

x_1, x_2 نیز به صورتی مشابه بدست خواهند آمد.

فرض کنید F'_k (با اندازه $[M^2 \times M^2]$) عملگر حرکت هندسی بین k امین تصویر با وضوح پایین ورودی و اولین تصویر ورودی باشد. فرم تصحیح حرکت شده k امین تصویر را که \underline{Y}'_k می نامیم به صورت زیر بدست می آید:

$$\underline{Y}'_k = \underline{F}'_k \underline{Y}_k$$

شده است. خروجی بهتر شیوه پیشنهادی از مقایسه بصری نتایج شکل ۳ بخوبی مشخص می باشد. به جز روش پیشنهادی و روش POCS، سایر شیوه ها از ظهور اثرات شبح مانند ناشی از حرکت آپاکا رنج می برند.

معمولاً در مقالات وضوح برتر برای استخراج نتایج کمی، الگوریتم ها را روی تصاویر با وضوح پایین که از روی یک تصویر با وضوح بالا ایجاد شده اند اعمال می کنند. ولی از آنجا که تصاویر مورد استفاده در آزمایشات ما واقعی بوده و تصویر با وضوح بالایی اصلی در دسترس نیست به همین مقایسه کیفی که شیوه ای مصطلح در مقالات وضوح برتر است [6,10,11] بسنده شده است.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله شیوه نوینی برای مسئله وضوح برتر در حضور اشیاء متحرک پیشنهاد شده است که مبتنی بر بکارگیری یک الگوریتم شناسایی فریم های زمینه قبل از مرحله ثبت تصویر در تکنیکهای وضوح برتر می باشد. مرحله بازسازی تصویر، صرفاً روی فریم های انتخاب شده در این قسمت اعمال می شود. نیازی به ثبت تصویر مجدد نبوده و پارامترهای بدست آمده قبل از مرحله شناسایی فریم های زمینه مستقیماً در مرحله بازسازی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

برای شناسایی فریم های زمینه از شیوه ارائه شده در مقالات قبلی نویسندگان استفاده شده است. نتایج آزمایشات انجام شده کارایی بیشتر شیوه پیشنهادی را در ایجاد تصویر با وضوح بالاتر نسبت به شیوه معمول لحاظ کردن تمام فریم ها نشان داده است.

حذف کل فریم شامل شیء متحرک در شیوه پیشنهادی، باعث حذف اطلاعات دیگری که می توانند در بازسازی مفید باشند نیز می شود. در مقالات قبلی [14,15]، نگارندگان تجزیه QR را روی بلوکهای کوچک اعمال نموده اند. اتخاذ چنین شیوه ای در مسئله وضوح برتر می تواند موجب استفاده از اطلاعات بیشتر در مرحله بازسازی گردد. از جمله کارهای آتی می توان به استفاده از بلوکهای کوچک و مقایسه کمی شیوه پیشنهادی اشاره نمود.

تشکر و قدردانی

مؤلفین وظیفه خود می دانند که از پروفسور میلانفر و دکتر فارسیو به جهت در اختیار گذاشتن بسته نرم افزاری وضوح برترشان تشکر نمایند.

عملگرهای OFI و $NOFI$ به صورت زیر در نظر گرفته می شوند:

$$OFI(P, \beta) = \{f_1, \dots, f_{(1-\beta)N}\},$$

$$NOFI(P, \beta) = \{f_{(1-\beta)N+1}, \dots, f_N\}$$

محدود ساختن \underline{Y} به ستونهایی از آن که توسط مجموعه $NOFI(\underline{Y}, \beta)$ مشخص می شوند به ما مجموعه ای از فریم ها را خواهد داد که هیچ فریم آن دارای مقادیر برون هشته نبوده و برای منظور ما در وضوح برتر مناسب می باشد. به عبارت دیگر $\underline{Y}(\emptyset | OFI(\underline{Y}, \beta))$ ستونهایی از \underline{Y} را حذف می کند که اندیس آنها در $OFI(\underline{Y}, \beta)$ آمده است.

به این ترتیب مسئله وضوح برتر اولیه (رابطه (۲)) به صورت زیر در خواهد آمد:

$$\hat{\underline{Z}} = \underset{\underline{Z}}{\text{Arg Min}} \left[\sum_{k=1}^{N-n} \|\underline{W}_k - DG_k \underline{Z}\|_p^p \right] \quad (2)$$

که در آن:

$$\underline{W} = \underline{Y}(\emptyset | OFI(\underline{Y}, \beta)),$$

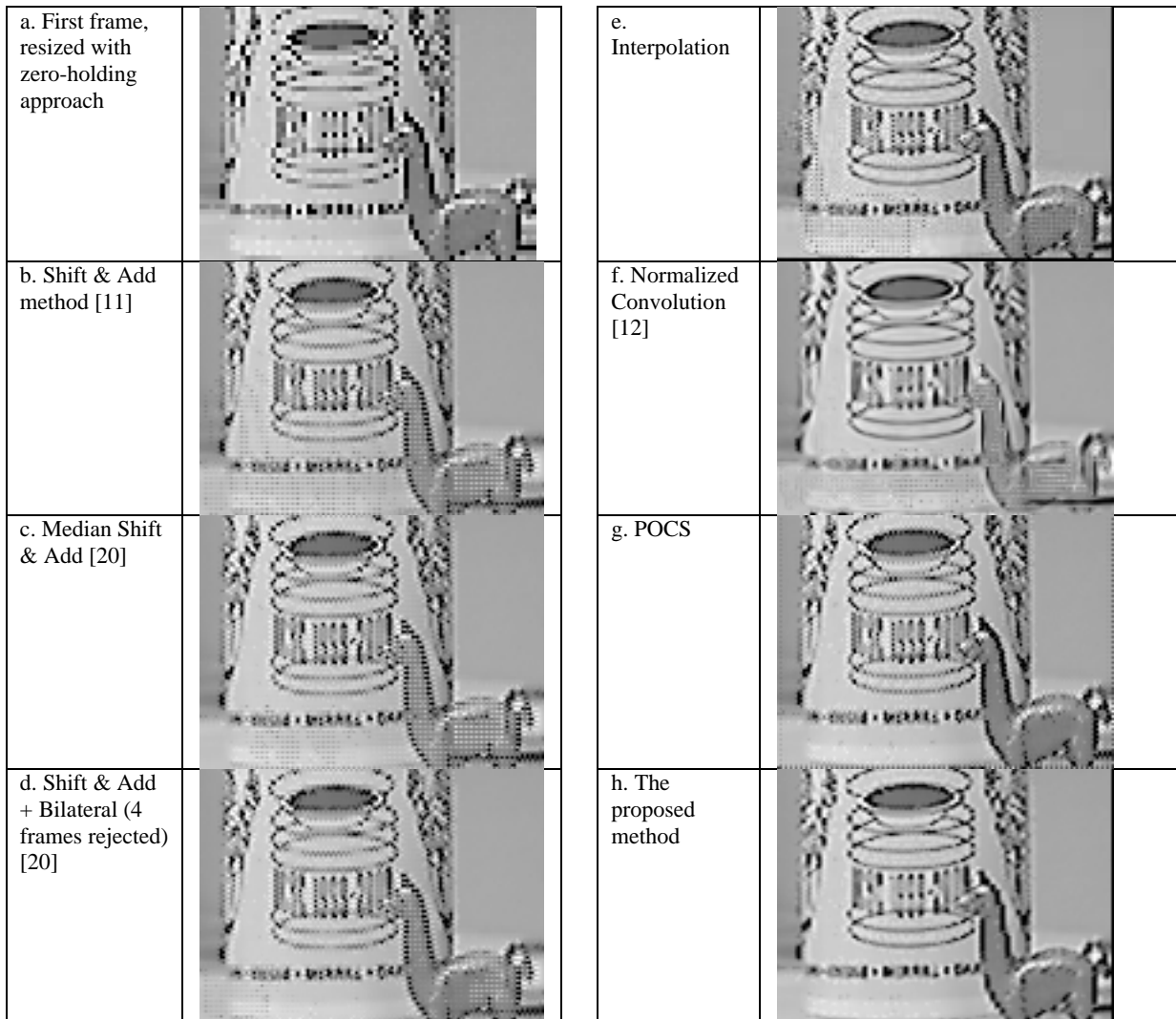
$$G = F(\emptyset | \emptyset | OFI(\underline{Y}, \beta)),$$

$$n = (1 - \beta)N$$

\underline{W}, G در فرمول فوق بیانگر حذف فریمهایی از مجموعه دادگان هستند که اندیس آنها در $OFI(\underline{Y}, \beta)$ آمده است. در شکل ۲ چارچوب کلی کار را پس از اضافه کردن شیوه پیشنهادی بین مراحل ثبت تصویر و بازسازی مشاهده کردیم؛ همانگونه که از شکل مذکور و $G = F(\emptyset | \emptyset | OFI(\underline{Y}, \beta))$ مشخص است، به مرحله ثبت تصویر جداگانه ای برای بازسازی نیاز نیست.

۴- نتایج پیاده سازی

در آزمایشات انجام شده از رشته تصاویر ویدیویی Alpaca استفاده شده است که از سایت پروفسور میلانفر^{۲۱} قابل برداشت می باشد. در این دنباله از تصاویر دو نوع حرکت مشاهده میشود: اولین نوع حرکت ناشی از حرکت دست در حین فیلمبرداری است؛ حرکت دوم ناشی از انتقال مجسمه آپاکا در ۱۰ فریم از سمت راست صحنه به سمت چپ است. دنباله تصاویر اصلی شامل ۵۵ فریم می باشد که در اینجا فقط از ۱۵ فریم آن (فریمهای ۳۸ تا ۴۶ و ۵۰ تا ۵۵) که در طی آنها مجسمه حرکت داشته است استفاده شده است. مقدار پارامتر β برابر $1/3$ در نظر گرفته شده است. شکل ۳ نتایج وضوح برتر با شیوه پیشنهادی و چندین روش دیگر وضوح برتر را نشان می دهد. برای مرحله بازسازی در شکل ۳(h) از روش درونبایی استفاده



شکل ۳: مقایسه تصاویر وضوح برتر حاصله از روشهای مختلف

vision,” in *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 674-679, Vancouver, Aug 1981.

- [6] M. Irani, S. Peleg. “Improving resolution by image registration”. *CVGIP: Graph. Models Image Process* 53:231–239, 1991.
- [7] P. Vandewalle, S. Susstrunk and M. Vetterli, “A Frequency Domain Approach to Registration of Aliased Images with Application to Super-Resolution”, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing* (special issue on Super-resolution), Vol. 2006, Article ID 71459, 14 pages, 2006.
- [8] R. Y. Tsai and T. S. Huang. “Multiframe image restoration and registration”. In R. Y. Tsai and T. S. Huang, editors, *Advances in Computer Vision and Image Processing*, volume 1, pages 317–339. JAI Press Inc., 1984.
- [9] A. M. Tekalp, M. K. Ozkan, and M. I. Sezan. “High-resolution image reconstruction from lower-resolution image sequences and space-varying image restoration”, In *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal*

مراجع

- [1] S. Borman, RL. Stevenson. “Super-resolution from image sequences—a review”. In *Proc 1998 Midwest Symp Circuits and Systems*, Vol. 5, Apr 1998.
- [2] Sina Farsiu, Dirk Robinson, Michael Elad, Peyman Milanfar, “Advances and Challenges in Super-Resolution”, *International Journal of Imaging Systems and Technology*, vol. 14, pp. 47–57, Aug. 2004.
- [3] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, “Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview”, *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 21–36, May 2003.
- [4] S. Borman, R. Stevenson, “Spatial Resolution Enhancement of Low-Resolution Image Sequences A Comprehensive Review with Directions for Future Research”, *Technical report*, Department of Electrical Engineering, University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, USA, July 8, 1998
- [5] B.D. Lucas and T. Kanade, “An iterative image registration technique with an application to stereo



پانوشته ها:

Super-Resolution	¹
Outlier	²
Higher Resolution	³
Low-Resolution	⁴
Image Registration	⁵
Reconstruction	⁶
Frequency Domain	⁷
Spatial Domain	⁸
Projection Onto Convex sets	⁹
Single Image Restoration	¹⁰
Camera's Point Spread Function (PSF)	¹¹
Decimation Operator	¹²
Singular Value Decomposition	¹³
Orthogonal	¹⁴
Permutation Matrix	¹⁵
Orthonormal	¹⁶
Upper Triangular	¹⁷
R values	¹⁸
Independent	¹⁹
Effective rank	²⁰
http://www.ee.ucsc.edu/~milanfar	²¹

- Processing*, volume III, pages 169–172, San Francisco, 1992.
- [10] P. E. Eren, M. I. Sezan, and A. Tekalp. “Robust, Object- Based High-Resolution Image Reconstruction from Low-Resolution Video”. *IEEE Trans. IP*, 6(10):1446–1451, 1997.
- [11] Sina Farsiu, M. Dirk Robinson, Michael Elad, and Peyman Milanfar, “Fast and Robust Multiframe Super Resolution”, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 10, October 2004, pp. 1327-1344, 2004.
- [12] Tuan Q. Pham, Lucas J. van Vliet and Klammer Schutte, “Robust Fusion of Irregularly Sampled Data Using Adaptive Normalized Convolution”, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 2006, Article ID 83268, 12 pages, 2006.
- [13] Jing Tian and Kai-Kuang Ma, “Markov Chain Monte Carlo Super-Resolution Image Reconstruction with Simultaneous Adaptation of the Prior Image Model”, Y. Zhuang et al. (Eds.): PCM 2006, LNCS 4261, pp. 287–294, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- [14] M. AminToosi, F. Farbiz, M. Fathy, M. Analoui, N. Mozayani, “QR-Decomposition-based algorithm for background subtraction”, in ICASSP2007, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, USA, pp.1093-1096, 2007.
- [15] M. AminToosi, F. Farbiz, M. Fathy, “A QR Decomposition based mixture model algorithm for background modeling”, ICICS2007, *Sixth International Conference on Information, Communication and Signal Processing*, Singapore, pp. 1-5, December 2007.
- [16] J. Yen and L.Wang, “Simplifying fuzzy rule-based models using orthogonal transformation methods,” *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. B*, vol. 29, pp. 13–24, Feb. 1999.
- [17] O. Kaynak, et al., “Complexity reduction of rule based models: a survey”, in *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1216-1221, 2002.
- [18] M. Setnes, R. Babuska, “Rule Base Reduction: Some Comments on the Use of Orthogonal Transforms”, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. Part C*, vol. 31, no. 2, pp. 199-206, May 2001.
- [19] G. H. Golub and C. F. van Loan, *Matrix Computations*, 3rd ed. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1996.
- [20] S. Farsiu, “A fast and robust framework for image fusion and enhancement,” Ph.D. dissertation, Electrical Engineering, UC Santa Cruz, December 2005.