

# ارتقاء مقاومت تخمین حرکت در برابر نویز و اختلالات شدت روشنایی در دنباله تصاویر دیجیتال

همایون مهدوی نسب

استادیار گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۷

تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۸۸

**خلاصه:** تخمین و جبران حرکت از مراحل اساسی استانداردهای کدگذاری ترکیبی ویدئوی دیجیتال هستند. روش تطبیق بلوک به دلیل سادگی ساختار، روش غالب در تخمین حرکت در فن آوری ویدئوی دیجیتال است. از آغاز دهه نود میلادی روش تخمین حرکت مبتنی بر مش به دلیل به کارگیری مدل‌های حرکت کامل‌تر و عدم بروز ضایعات بلوکی در آن، مورد توجه محققین قرار گرفته است. با وجود برتری کیفی روش مبتنی بر مش، بخصوص در نرخ بیت‌های کم و با موضوعهای دارای انعطاف، این روش دارای مشکلات اساسی چون انتشار خطا و افت کیفیت در شرایط نویزی و با تغییرات روشنایی است. در این مقاله جهت ارتقاء عملکرد روش تخمین مبتنی بر مش از نظر مقاومت در برابر نویز و اختلال روشنایی، استفاده از درونیابی وقتی بردارهای حرکت پیشنهاد شده است. شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهند که راهکار پیشنهاد شده نه تنها منجر به بهبود مقاومت تخمین حرکت مبتنی بر مش می‌گردد، بلکه در مقایسه با روش تطبیق بلوک نیز از مقاومت بیشتری برخوردار است.

**کلمات کلیدی:** تخمین حرکت، مش، تطبیق بلوک، درونیابی، اختلالات روشنایی.

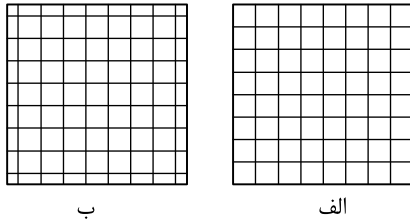
## ۱- مقدمه

در سالهای اخیر فن آوری انتقال و ذخیره سازی ویدئوی دیجیتال نقش روزافزونی را در صنایع رایانه و مخابرات به عهده گرفته و از سرعت پیشرفت و توسعه قابل توجهی برخوردار بوده است. در روش کدگذاری ویدئوی مرکب<sup>۱</sup> (HVC)، که روش مورد استفاده در استانداردهای مدرن این فن آوری است، تخمین حرکت<sup>۲</sup> (ME) از نقشی اساسی برخوردار است [۴، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴]. در فرآیند تخمین حرکت، مجموعه بردارهای جابجایی یا حرکت (میدان حرکت)، بین تصویر حاضر و تصویر مرجع (معمولا تصویر قبلی)، محاسبه می‌گردد. میدان حرکت به همراه خطای حاصل از تخمین تصویر بعدی، براساس تصویر مرجع و میدان حرکت، تنها اطلاعاتی هستند که در HVC به گیرنده ارسال می‌شوند. روش تطبیق بلوک<sup>۳</sup> (BMA) به دلیل سادگی ساختار پرکاربردترین روش تخمین حرکت و مورد استفاده در عموم استانداردهای نوین HVC، مانند H.263، MPEG-1,2,4 و H264/AVC است [۹، ۱۴]. در این روش مشابه‌ترین بلوک (معمولا 8x8 یا 16x16) در تصویر مرجع محل‌یابی شده و بردار جابجایی آن به

عنوان بردار حرکت کلیه پیکسل‌های درون آن بلوک تعیین می‌گردد. در روش جدیدتر مبتنی بر مش<sup>۴</sup> (MME)، پس از محاسبه بردارهای حرکت گره‌های مش، بردارهای حرکت پیکسل‌های درون هر المان مش (معمولا مربعی یا مثلثی) با استفاده از یک تابع درونیابی محاسبه می‌گردند. الگوی درونیابی برای مش‌های با المانهای مربعی تابع دوخطی<sup>۵</sup> و برای المانهای مثلثی affine است. بردارهای حرکت گره‌های مش با استفاده از یک روش تکرار محاسبه خطای تخمین برای بردارهای حرکت فرضی در یک حوزه مشخص تعیین می‌شوند [۲، ۷، ۱۱، ۱۲]. شکل (۱) روشهای BMA و MME را با یکدیگر مقایسه کرده است.

روش تخمین مبتنی بر مش به دلیل استفاده از مدل‌های حرکت کامل‌تر و پیوستگی بردارهای حرکت از نتایج بهتری برخوردار است. این امر بخصوص در نرخ بیت‌های پایین‌تر و موضوعهای با انعطاف بیشتر صادق است.

مناسب جهت تعیین حرکت نیستند و گره‌های داخلی مش متداول فاصله زیادی تا مرزهای تصویر دارند. در مش پیشنهادی گره‌های داخلی به مرزهای تصویر نزدیک‌ترند و پوشش بهتری به کل صفحه تصویر می‌دهند. از گره‌های مرکزی جهت تخمین استفاده نمی‌شود و گره‌های داخلی نقاط مرکزی بلوکها در روش متناظر تطبیق بلوک هستند. به این ترتیب تعداد بردارهای حرکت ارسالی به گیرنده برابر روش تطبیق بلوک متناظر بوده و نرخ بیت میدان حرکت دو روش یکسان است. این امر مقایسه دو روش را امکان‌پذیر می‌سازد.



شکل (۲): مش منتظم مربعی (الف) متداول، (ب) پیشنهادی  
Fig. (2): The square mesh (a) normal, (b) proposed

### ب - الگوهای درونیابی

الگوهای درونیابی دوخطی و affine تغییرات پیوسته یکنواختی را در میدان حرکت المان، مستقل از مشخصات حرکتی خاص آن، به وجود می‌آورند که می‌تواند موجب انتشار خطا و یا مانع از نمایش گسستگی حرکت، در صورت وجود آن، شود. روشن است که هرچه ابعاد المانها بزرگ‌تر باشند، یعنی در نرخ بیت‌های کمتر، اشکالات مزبور آشکارتر بوده و تأثیر منفی بیشتری بر روی کیفیت تخمین و جبران حرکت خواهند داشت. در اینجا چند الگوی درونیابی غیرخطی که در الگوریتم‌های وقتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، معرفی می‌شوند. این الگوها را شبه‌خطی یا متوسط<sup>۷</sup> (MED)، شبه تطبیق بلوکی<sup>۸</sup> (NBM) و تطبیق بلوکی<sup>۹</sup> (BM) می‌نامیم. با توجه به شکل (۳) بردار حرکت پیکسل s درون یک المان مش مربعی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

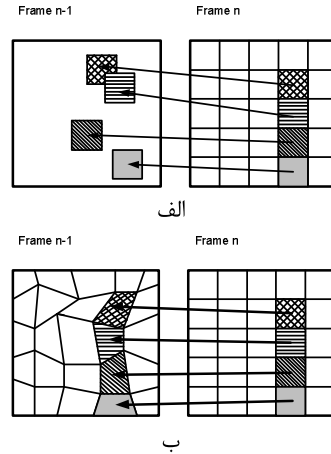
$$d(s) = \sum_{i,j=1}^2 h_{k,i,j}(s) \cdot d_{i,j} \quad (1)$$

که در آن  $h_{k,i,j}$  هسته‌های درونیابی دوبعدی و  $d_{i,j}$  بردارهای حرکت گره‌های مش هستند. هسته‌های درونیابی غیرخطی فوق‌الذکر براساس تابع سیگموئید تغییر یافته<sup>۱۰</sup> که در رابطه (۲) تعریف شده است به دست می‌آیند.

$$h_k(x) = \frac{1}{1 + \exp[k(x - 0.5)]} \cdot \left(1 + \frac{0.1}{(k - 5)^2} - \frac{0.2x}{(k - 5)^2}\right) \quad (2)$$

$x \in (0,1)$  ,  $k \geq 6$  ,  $h_k(0) = 1$  ;  $h_k(1) = 0$

این توابع در شکل (۴) برای  $k$ های برابر 10، 20، و 200 در مقایسه با هسته درونیابی خطی نشان داده شده‌اند [۶].



شکل (۱): مقایسه مثالی روشهای تخمین حرکت (الف) تطبیق بلوک و (ب) مبتنی بر مش

Fig. (1): The comparison of motion estimation methods (a) The block matching (b) mesh-based

اما این روش دارای پیچیدگی و حجم محاسباتی بسیار بالاتری بوده [۸] و از پدیده انتشار خطا رنج می‌برد. زیرا درونیابی مورد استفاده برای محاسبه بردارهای حرکت، خطای احتمالی موجود در محاسبه بردارهای حرکت گره‌های مش را به سایر پیکسل‌ها سرایت می‌دهد. بنابراین استفاده از این روش در دنباله‌های تصویر دارای نویز یا با تغییرات و اختلالات شدید روشنایی از کیفیت عملکرد آن به شدت می‌کاهد.

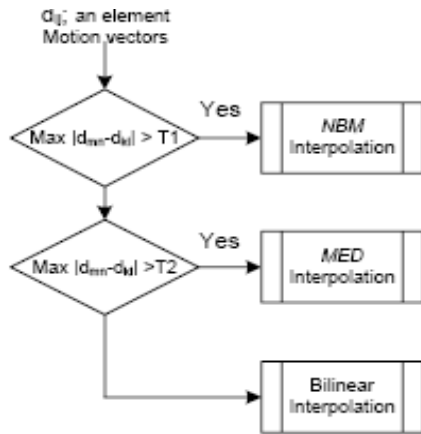
جهت کاهش حجم محاسبات مورد نیاز MME می‌توان از مرحله تکرار در الگوریتم آن صرف‌نظر کرد (روش MME سریع یا FMME). اما این امر از کیفیت تخمین روش مذکور می‌کاهد و در مواردی آن را از روش BMA نیز نازل‌تر می‌کند [۸]. برای جلوگیری از افت کیفیت در این حالت وقتی سازی توابع درونیابی پیشنهاد شده است [۱، ۷]. در تحقیق حاضر یک روش مؤثر FMME با درونیابی وقتی جهت مقاومت در برابر نویز و تغییرات شدت روشنایی بهینه‌سازی شده و کیفیت عملکرد آن در مقایسه با روشهای متداول مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۲- روش پیشنهادی تخمین حرکت مبتنی بر مش وقتی

روش پیشنهاد شده در اینجا یک روش مبتنی بر مش سریع با درونیابی وقتی حرکتی است [۵، ۶] که جهت افزایش کارایی FMME ارائه شده است. در راستای اهداف تحقیق حاضر بایستی توابع درونیابی الگوریتم تعیین و با تنظیم مناسب پارامترهای آن بهینه‌سازی شوند. این امر عمدتاً بر اساس سعی و خطا و با استفاده از چندین دنباله تصویر استاندارد انجام شده است. ذیلاً به شرح جزئیات الگوریتم پیشنهادی، که در اینجا DAMME<sup>۱۱</sup> نامیده شده است، می‌پردازیم.

#### الف- مش پیشنهادی

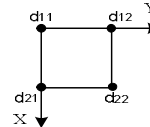
مش پیشنهادی در مقایسه با مش مربعی منتظم متداول در MME در شکل (۲) نشان داده شده است. گره‌های مرزی مش دارای دقت



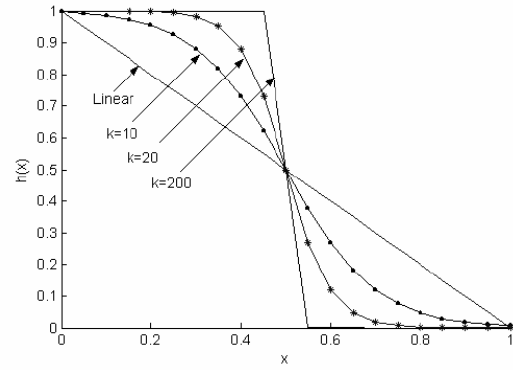
شکل (۵): نحوه انتخاب الگوی درونیابی در روش پیشنهادی (DAMME)  
 Fig. (5): The method of selecting interpolation models in the proposed (DAMME) method

الگوریتم فوق الذکر بر اساس توجه به نکات زیر طراحی شده است: چنانچه قبلاً اشاره شد، الگوی درونیابی خطی در شرایطی مانند وجود خطا و یا گسستگی در میدان حرکت الگوی مناسبی جهت تعیین بردارهای حرکت نقاط درون المانهای مش نیست. از طرفی تلاش برای یافتن یک الگوی درونیابی ثابت و منحصر به فرد برای تمامی هر دنباله تصویر، چنانچه در [۸] صورت گرفته است، با توجه به تغییر مشخصه‌های حرکتی دنباله در طول زمان و همچنین در یک فریم خاص در طول مکان (شرایط حرکتی گوناگون برای المانهای متفاوت مش)، نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد. این الگوی درونیابی منحصر به فرد مسلماً تنها در مفهوم میانگین می‌تواند بهینه باشد و نه به طور محلی برای یک فریم خاص و یا در هر المان. از طرف دیگر تعیین الگوهای درونیابی متفاوت برای المانهای گوناگون بر اساس آزمایش چندین الگوی مشخص، چنانچه در [۱] از میان ۳۲ الگو انجام شده، بار محاسباتی بسیار سنگینی را به سیستم تحمیل می‌کند.

جهت انتخاب الگوی درونیابی مناسب برای هر المان شبکه، ما بررسی بردارهای حرکت تعیین شده برای رؤس آن را پیشنهاد می‌کنیم. در این صورت، از آنجا که در روش MME بردارهای حرکت گره‌های مش، به عنوان میدان حرکت دنباله تصویر به کدگشا ارسال می‌شوند، نیازی به نرخ بیت اضافه‌ای جهت مشخص کردن الگوهای درونیابی وجود نخواهد داشت. به علاوه با اتخاذ این روش، درونیابی میدان حرکت المان و جبران حرکت آن، جهت مقایسه عملکرد الگوهای گوناگون، انجام نشده و به این ترتیب بار محاسباتی سنگینی نیز به سیستم تحمیل نمی‌شود. تفاوت زیاد بین اندازه‌های بردارهای حرکت گره‌های یک المان مش به احتمال زیاد از وجود گسستگی واقعی در میدان حرکت درون آن المان (اشیاء با حرکت‌های متفاوت) و یا وجود خطا در تخمین حرکت یکی از گره‌های آن ناشی می‌شود. استفاده از راهکار پیشنهاد شده در اینجا، توانایی روش MME را در نمایش حرکت‌های متفاوت اشیا مجاور یکدیگر و همچنین محدود کردن حوزه انتشار خطای احتمالی افزایش خواهد داد. یک ایده اساسی دیگر در این روش افزایش سازگاری روش



شکل (۳): یک المان مش مربعی و بردارهای حرکت گره‌های آن  
 Fig. (3): An element of square mesh and motion vectors of its nodes



شکل (۴): الگوهای درونیابی پیشنهادی به صورت یک بعدی  
 Fig. (4): The proposed interpolation models in the one-dimensional form

بنا به تعریف، هسته‌های درونیابی MED، NBM و BM عبارتند از  $h_k(x, y)$  (فرم دو بعدی تابع 2) که مقدار k در آن به ترتیب برابر است با 10، 20 و 200. می‌توان گفت که الگوی درونیابی MED نسبت به الگوی خطی از چسبندگی بیشتری به گره نزدیک‌تر برخوردار است. در موارد NBM و BM این چسبندگی همچنان افزایش می‌یابد. در مقابل، نقاط دورتر از آزادی بیشتری در تعیین بردار حرکت خود، نسبت به گره مش مورد نظر، برخوردار خواهند بود. روشن است که استفاده از الگوی درونیابی BM در روش MME به جای الگوی دوخطی، آن را به BMA تبدیل خواهد کرد. به عبارت دیگر، در صورت استفاده از الگوهای فوق‌الذکر، BMA را می‌توان یک حالت خاص از MME در نظر گرفت و به‌کارگیری الگوهای نظیر MED و NBM روش‌هایی از تخمین حرکت بینابین روش معمول MME (با الگوی درونیابی دوخطی) و BMA را ایجاد می‌کنند.

### ج- الگوریتم پیشنهادی: DAMME

روش پیشنهادی یک روش FMME است که الگوی درونیابی مورد استفاده در آن برخلاف متداول ثابت نبوده و بر اساس اختلاف بین بردارهای حرکت گره‌های هر المان مش آن تغییر می‌کند. نحوه انتخاب الگوی درونیابی در این روش در بلوک دیاگرام شکل (۵) نشان داده شده است [۶]. انتخاب مناسب پارامترهای روش، یعنی مقادیر آستانه T1 و T2 می‌تواند آن را جهت اهداف مورد نظر بهینه سازد.

روشهای BMA، FMME و DAMME را (براساس PSNR) برای دنباله بازسازی شده Foreman و Carphone و دنباله‌های زیرآبی مذکور نشان می‌دهند. چنانچه مشاهده می‌شود، روش پیشنهاد شده در این مقاله، DAMME، در همه موارد بهترین نتایج را تولید نموده و قادر به جبران بهتر اختلالات مذکور می‌باشد. برتری این روش در مقایسه با روش متداول مبتنی بر مش در دنباله Carphone به طور متوسط در حدود 0.7 دسیبل و در مواردی بیش از یک دسیبل بوده است (شکل (۱۰)).

بخصوص در مورد پدیده شایع نویز دریافت تصاویر، که در تصاویر زیرآبی شکل (۸) به خوبی نمایان است، روش FMME دچار افت کیفیت قابل توجهی می‌گردد. این امر را می‌توان نمونه قابل توجهی از پدیده انتشار خطا در این روش دانست که عمدتاً از به کارگیری درونبایی دوخطی در آن ناشی می‌شود. کیفیت حاصل از این روش در شرایط نویزی مورد آزمایش، در حدود 0.5 و 0.7 دسیبل در دنباله خرچنگ (به ترتیب با بلوکهای 16x16 و 8x8) در مقایسه با روش BMA نازلتر بوده است. این مقدار در دنباله اشیاء با بلوکهای 8x8 به 0.9 دسیبل می‌رسد. درحالی که در روش DAMME، با تغییر الگوی درونبایی در شرایطی که احتمال وجود خطا در تخمین حرکت گره‌ها قابل توجه است، از انتشار خطای حاصل از وجود نویز در تصاویر دنباله جلوگیری شده، و به این ترتیب این اشکال اساسی روش FMME جبران می‌گردد. نتایج حاصل از به کارگیری روش DAMME تحت شرایط مذکور، نه تنها برتر از روش غیرواقعی مبتنی بر مش بلکه برتر از روش تطبیق بلوکی نیز هست. این برتری در مواردی (دنباله اشیاء) در حدود 0.1 دسیبل است (جدول‌های (۱) و (۲)).



شکل (۶): دنباله تصویر ایجاد شده از فریمهای 20 الی 31 (به ترتیب از بالا سمت چپ به پایین سمت راست) دنباله Foreman با تغییر ناگهانی اعمال شده در شدت روشنایی

Fig. (6): The sequence of images formed from frame 20 to 31 (from upleft to down right) Foreman sequence with sudden changes applied to luminosity

MME با BMA، به عنوان تخمین‌زن حرکت گره‌های آن است. به کارگیری مش (شکل (۲-ب))، همراه با الگوهای درونبایی غیرخطی تر و تقریباً آستانه‌ای، در جهت تحقق این امر عمل می‌کنند.

### ۳- شبیه سازی و نتایج تجربی

از عوامل اساسی افت کیفیت تخمین و جبران حرکت تغییرات معمولاً ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی شدت روشنایی است. این تغییرات را به دو صورت می‌توان در نظر گرفت. تغییر ناگهانی شدت روشنایی در اثر اضافه یا کم شدن منابع روشنایی در تعدادی از تصاویر دنباله و یا تغییر ناهمگون شدت روشنایی در نواحی معمولاً کوچک و متغیر هر یک از تصاویر یک دنباله. نوع اول را می‌توان اختلال (منبع) روشنایی و نوع دوم را نویز دریافت تصاویر نامید. در نوع اول تغییر شدت روشنایی برای همه پیکسل‌های هر فریم تقریباً به طور یکنواخت صورت گرفته و می‌تواند به وسیله رابطه (۳) مدل گردد:

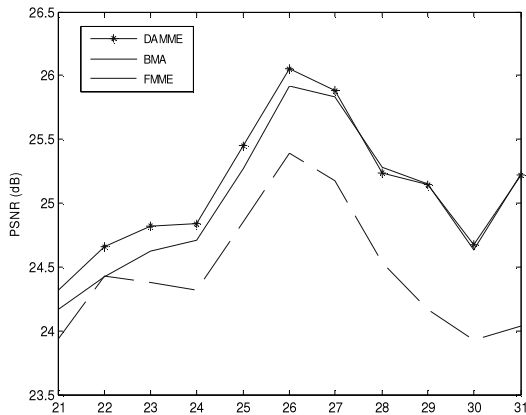
$$I_{n+1}(x) = \alpha \cdot I_n(x) + \beta \quad (3)$$

که در آن  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب ضرایب عوامل کنتراست و شدت نور هستند. اما نوع دوم به وسیله موانع متغیر و غیر قابل پیش‌بینی در برابر موضوعهای اصلی دنباله‌های تصویری به وجود می‌آید. دنباله‌های تصویری با موضوعهای قرار گرفته در شرایط بارش برف و باران، و بخصوص دنباله‌های با موضوعهای زیر آبی را می‌توان نمونه‌های خوبی از این حالت (نویز دریافت) در نظر گرفت.

بنابر آزمایش‌های انجام شده بر روی چندین دنباله تصویر استاندارد، بخصوص با محتوای چهره و سر و شانه، انتخاب مقادیر پارامترهای T1 و T2 به ترتیب برابر 5 و 2 برای بلوکهای 16x16 و 4 و 2 برای بلوکهای 8x8 نتایج مطلوبی را برای الگوریتم پیشنهادی به وجود می‌آورد. با استفاده از مقادیر فوق الگوریتم DAMME نه تنها در شرایط معمول کیفیت تخمین برتری (اعم از بصری و PSNR) نسبت روش متداول FMME دارد، بلکه نسبت به اختلالات روشنایی نیز مقاومت مناسبی نشان می‌دهد. در اینجا، با توجه به موضوع این مقاله و محدودیت آن، صرفاً نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده بر روی چند دنباله نمونه، جهت نمایش مقاومت روش پیشنهادی ارائه می‌شوند.

برای بررسی تأثیر اختلالات مذکور بر روی روشهای تخمین حرکت مطرح در این مقاله، در نوع اول از تغییر مصنوعی سریع شدت روشنایی در دنباله‌های استاندارد Foreman و Carphone، به عنوان دو نمونه مناسب استفاده کرده‌ایم. این امر با افزایش شدت روشنایی فریمهای 20 تا 25 این دنباله بر اساس رابطه (۳) با در نظر گرفتن مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب برابر 1.05 و 10، و سپس کاهش آن به طور معکوس در فریمهای 26 تا 31 انجام شده است. شکل‌های (۶) و (۷) نتایج حاصل را نشان می‌دهند. جهت بررسی اختلال نوع دوم از دنباله‌های زیرآبی خرچنگ و اشیاء [۳]، هر کدام با دو فریم، استفاده شده است. شکل (۷) این دنباله‌ها را نشان می‌دهد.

شکل‌های (۸) و (۹) و جدول‌های (۱) و (۲) کیفیت تخمین حرکت



شکل (۱۰): کیفیت جبران حرکت در دنباله شکل ۷ با استفاده از روشهای DAMME، BMA و FMME، با بلوکهای 16x16

Fig. (10): The quality of movement compensation in the sequence of fig. (7) using the BMA, FMME and DAMME methods with blocks 16x16

Table (1): The quality of different methods of movement estimation for two image sequence of under water with image noise based PSNR with blocks 16x16

جدول (۱): کیفیت روشهای مختلف تخمین حرکت برای دو دنباله تصویر زیرآبی با نویز دریافت تصویر قابل توجه براساس PSNR، با بلوکهای 16x16

روش دنباله	BMA	FMME	DAMME
خرچنگ	۱۸/۰۷	۱۷/۵۲	۱۸/۰۹
اشیاء	۲۹/۸۹	۲۹/۷۷	۳۰/۰۵

Table (2): The quality of different methods of motion estimation for two under water image sequences based on PSNR with blocks 8x8

جدول (۲): کیفیت روشهای مختلف تخمین حرکت برای دو دنباله تصویر زیرآبی با نویز دریافت تصویر قابل توجه براساس PSNR، با بلوکهای 8x8

روش دنباله	BMA	FMME	DAMME
1-1-1دنباله	19.07	18.39	19.08
اشیاء	31.34	30.45	31.42

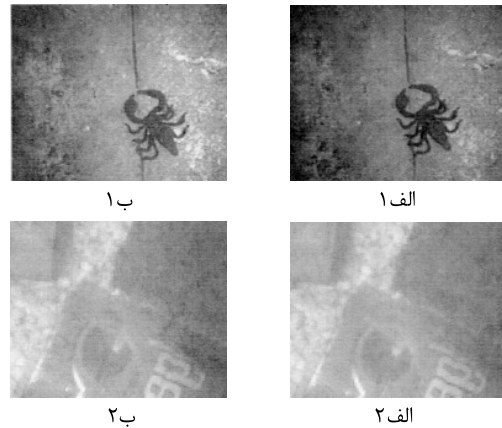
#### ۴- نتیجه گیری

بنابر نتایج و تحلیل ارائه شده می‌توان روش پیشنهادی DAMME را یک روش تخمین مبتنی بر مش مقاوم در برابر اختلالات دریافت تصاویر (اعم از تغییرات همگون یا ناهمگون شدت روشنایی) دانست. از آنجا که این روش یک روش مبتنی بر مش سریع می‌باشد، از سایر مزایای روشهای مبتنی بر مش در مقایسه با روشهای تطبیق بلوک نیز برخوردار است. به علاوه، با توجه به سادگی روش پیشنهادی و سازگاری آن با روش تطبیق بلوک می‌توان آن را به سادگی جایگزین روش مذکور در استانداردهای مطرح امروزی نمود.



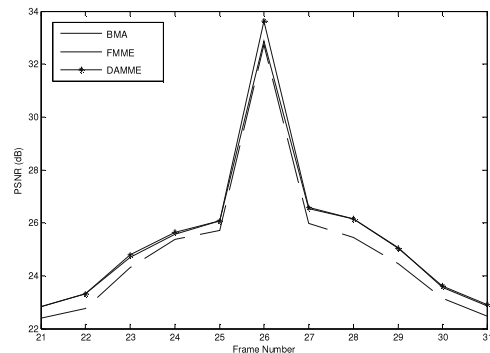
شکل (۷): دنباله تصویر ایجاد شده از فریمهای 20 الی 31 (به ترتیب از بالا سمت چپ به پایین سمت راست) دنباله Carphone با تغییر ناگهانی اعمال شده در شدت روشنایی

Fig. (7): The sequence of image created from frames 20 to 31 (from top left to down right) with sudden change in illumination



شکل (۸): دو فریم متوالی از تصاویر زیر آبی، الف ۱ و ب ۱ دنباله خرچنگ، و الف ۲ و ب ۲ دنباله اشیاء

Fig. (8): Two consequent frames of underwater image (a) The scorpious sequence, (b) The sequence of objects



شکل (۹): کیفیت جبران حرکت در دنباله شکل (۶) با استفاده از روشهای DAMME، BMA و FMME، با بلوکهای 16x16

Fig. (9): The quality of motion compensation in the sequence of fig. (6), using the BMA, FMME and DAMME methods with blocks 16x16

پی نوشت:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 6- Difference adaptive mesh-based motion estimation | 1- Hybrid video coding          |
| 7- Medium (MED)                                     | 2- Motion estimation            |
| 8- Near block-matching (NBM)                        | 3- Block matching algorithm     |
| 9- Block matching (BM)                              | 4- Mesh-based motion estimation |
| 10- Modified sigmoid                                | 5- Bilinear                     |

References

- [1] P. Hsu, K.J.R. Liu, T. Chen, "A low bit-rate video codec based on two-dimensional mesh motion compensation with adaptive interpolation", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.11, pp.111-117, Jan. 2001.
- [2] C.L. Huang, C.Y. Hsu, "A new motion compensation method for image sequence coding using hierarchical grid interpolation", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.4, pp.72-85, Feb. 1994.
- [3] S.H. Kim, R.H. Park, "Fast local motion-compensation algorithm for video sequences with brightness variations", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.13, No.4, pp.289-299, April 2003.
- [4] J. Konrad, "Motion detection and estimation", *Ima. and Vid. Proc. Handbook*, ch. 3.8, Academic Press, 2000.
- [5] H. Mahdavi-Nasab, S. Kasaei, "An efficient adaptive interpolation scheme for fast mesh-based motion estimation", *In Proc. IEEE ICI 2005, Bishkek, Kyrgyzstan, Sep. 26-28 2005*.
- [6] H. Mahdavi-Nasab, S. Kasaei, "New adaptive interpolation schemes for efficient mesh-based motion estimation", *Iran. Jou. of Elec. & Electro. Engi. (IJEEE)*, Vol.1, No.2, pp.49-58, Sep. 2005.
- [7] Y. Nakaya, H. Harashima, "Motion compensation based on spatial transformations", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.4, pp.339-356, June 1994.
- [8] A. Nosratinia, "New kernels for fast mesh-based motion estimation", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.11, pp.40-51, Jan. 2001.
- [9] T. Sikora, "The MPEG4 video standard verification model", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.7, pp.19-31, Feb. 1997.
- [10] C. Stiller, J. Konrad, "Estimating motion in image sequences", *IEEE Sig. Proc. Mag.*, Vol.16, No.4, pp.70-91, July 1999.
- [11] A.M. Tekalp, *Digital video processing*, Prentice-Hall, 1995.
- [12] Y. Wang, J. Osterman, "Evaluation of mesh-based motion estimation in H-263 like coders", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.8, pp.243-252, June 1998.
- [13] T. Wedi, H.G. Musmann, "Motion and aliasing compensated prediction for hybrid video coding", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.13, pp.577-586, July 2003.
- [14] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard", *IEEE Trans. Circ. Sys. Vid. Tech.*, Vol.13, pp.560-576, July 2003.

رزومه



در سال ۱۳۶۷ در مقطع کارشناسی مهندسی برق-الکترونیک و در سال ۱۳۷۲ در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات با رتبه ممتاز از دانشگاه صنعتی اصفهان فارغ التحصیل شده و از همان سال به تدریس و تحقیق در دانشگاه آزاد اسلامی مشغول بوده است. در سال ۱۳۸۴ از رساله دکتری خود در موضوع تخمین حرکت در فشرده سازی ویدئو در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی دفاع کرده است. وی علاقه مند به تحقیق در زمینه های پردازش و فشرده سازی سیگنالهای چند بعدی تصویر ویدئو و سیستمهای هوشمند عصبی و فازی است و چندین مقاله با این عناوین در کنفرانس های ملی و بین المللی و مجلات علمی و پژوهشی به چاپ رسانده است.