

طراحی و شبیه سازی پایدارسازی تصویر در دوربین فیلمبرداری بروش فازی

بهزاد زمانی دهکردی، ناصر مزینی^۱

دانشکده مهندسی کامپیوتر - دانشگاه علم و صنعت ایران
bzamani@comp.iust.ac.ir

چکیده

در این مقاله مسئله پایدارسازی تصویر بروش فازی در دوربین فیلمبرداری بررسی و روشی کارآمد برای حل آن ارائه شده است. سیستم فازی برای تشخیص حرکات ناخواسته لرزش دست در مقابل حرکت دوربین توسط فیلمبردار و یا حرکت اشیاء در دوربین بکار گرفته شده تا تصویر ثابتی در دوربین داشته باشیم. الگوریتم ارائه شده شامل پنج مرحله است: الف) تفکیک تصویر به چهار ناحیه، ب) بدست آوردن بردار انتقال برای هر ناحیه، ج) استخراج دو سیگنال که میزان بی ثباتی تصویر را مشخص می کنند، د) ارزیابی این دو سیگنال توسط دو تابع درجه عضویت، ه) تصمیم گیری نهائی توسط مجموعه قوانین و تثبیت تصویر.

واژه های کلیدی: سیستم فازی - پردازش تصویر - پایدارسازی تصاویر

۱- مقدمه

لرزش دست فیلمبردار و ناپایداری تصویردوربین در زوم کردن های سریع فیلمبردار یکی از مشکلات عدیده در دوربینهای فیلمبرداری بوده است. از طرفی نیاز به پایدارسازهای تصویر در سیستمهای هدایت موشک و کنترل پهپاد سیستم هدایت و هدف گیری هوشمند در سلاحهای جنگی، بستر مناسبی برای تحقیق روی این مقوله ایجاد کرد. در قسمت دوم مروری کلی بر روشهای کلاسیک پایدارسازی خواهیم داشت و در بخش سوم به بررسی چگونگی استخراج سیگنالهای تشخیص می پردازیم و در قسمت چهارم به معرفی دو تابع برای درجات عضویت می پردازیم. در بخش پنجم قوانین مربوطه ارائه شده و بردار انتقال را بدست می آوریم و در نهایت آزمایشات انجام شده و نتایج بدست آمده آورده شده است.

۲- مروری بر روشهای کلاسیک برای حل مسئله

معمولا برای هر مسئله می توان یک یا چند روش کلاسیک برای حل آن ارائه نمود. وقتیکه از روشهای کلاسیک صحبت می کنیم منظور روشهای مبتنی بر عملیات کلاسیک پردازش تصویر شامل هیستوگرام، برش پنجره ای، آشکارسازی لبه ها، آشکارساز ناحیه ها، تشخیص بافت و مانند آنها است که در کتب پردازش تصویر در مورد آنها بحث شده است. برای حل این مسئله روشهای متعددی وجود دارد که در ادامه به چهار روش اشاره می شود.

روش اول «الگوریتم تطبیق بلاک^۱» [1] که در آن تصویر به قطاری از بلوکهای مربعی با ابعاد 6×6 یا 8×8 و یا $n \times n$ تبدیل شده و بعد بلاکهای متناظر بدست می آیند. سپس بردار انتقال تصویر که برابری از بردارهای انتقال هر بلوک است را بدست آورده و تصویر را به میزان اندازه بردار انتقال و در جهت عکس آن جابجا میکنند. که مقدار n می تواند پیچیدگی الگوریتم و نیز دقت آن را تعیین کند. در واقع با کاهش n تعداد بلاکها افزایش یافته و حجم پردازش افزایش می یابد و بلعکس افزایش n موجب می شود تا تعداد بلاکها کاهش یافته و دقت کاهش می یابد.

روش دیگر «تطبیق لبه های نمونه^۲» [2] نام دارد که در آن با استفاده از یک الگوریتم تشخیص لبه مثل الگوریتم سوبل، لبه های هر تصویر مشخص شده و از روی آن بردار انتقال و سرعت حرکت را بدست آمده و بر اساس این داده ها تغییرات لازم روی تصویر صورت می گیرد. در این روش برای سادگی می توان تعداد لبه ها و ناحیه ها را محدود در نظر گرفت و آن را به لبه های یک نمونه یا شیء در تصویر محدود کرد.

روش سوم «تطبیق سطح بیتی^۳» [3] است که در آن برای بدست آوردن اختلاف دو تصویر از XOR کردن بیتهای متناظر استفاده می شود که در این روش تصویر را به تصویر خاکستری تبدیل میکنند بنابراین برای هر نقطه ما ۸ بیت داریم و پردازش روی تک تک بیتها صورت میگیرد. در این روش ما دارای ۸ سطح مختلف برای اختلاف هستیم که ارزش هر سطح دو برابر ارزش سطح قبلی خود است.

روش آخر «تطبیق نقاط متناظر^۴» [1] نام دارد که در واقع نقاط متناظرهم در دو تصویر متوالی بدست می آیند و بردار انتقال برابر برداریست که این نقاط معادل را به هم مربوط میکند. که حجم محاسبات بسیار بالاست و پروسه زمانبری می باشد.

۳- روش پیشنهادی

معمولا محاسبات زیاد و پیچیدگی زیاد الگوریتم تطبیق بلاک ایجاب می نماید از سخت افزارهای خاص یا تکنیکهای پردازش موازی استفاده شود که هزینه بر است و امکان استفاده از این حجم سخت افزار و هزینه در دوربینهای فیلبرداری نیست. از طرفی روش تطبیق لبه نیز در محیطهایی که تصاویر با کیفیت عالی وجود دارند بسیار مفید هستند و همچنین الگوریتمهای شناسایی لبه یا ناحیه بسیار زمانبر هستند و بلادرنگ بودن سیستم را زیر سؤال می برد. روش تطبیق بیتی نیز می تواند مفید باشد اگر همزمان روی ۸ بیت یک نقطه پردازش صورت بگیرد که این هم از نظر حجم سخت افزار لازم مقرون بصره نیست بنابراین پردازش را میتوان بر حسب اولویت بیتها اولویت بندی کرد و به ترتیب از بیتهای پر ارزش شروع کرده و در صورت مشخص نشدن بردار انتقال در این مرحله سراغ بیت بعدی رفت. که پیاده سازی این الگوریتم بسیار پیچیده می باشد.

در این مقاله سعی شده که مشکلات موجود در این الگوریتمها را به طریقی حل کرده و روشی ساده و در عین حال کارآمد ارائه کنیم. در این مقاله تصویر را به بلاکهایی تقسیم کرده که طبق آزمایش انتخاب ۴ بلاک بهترین حالت می باشد چون با افزایش بلاکها خطا زیاد شده و با کاهش آن حجم محاسباتی زیاد می شد. و همچنین برای تصمیم گیری روی ناپایداری تصویر حالت قبلی سیستم را نیز دخیل می کند و با توجه به حالت فعلی سیستم و حالات قبلی سیستم عمل می کند که موجب نرمی حرکت تصویر می شود.

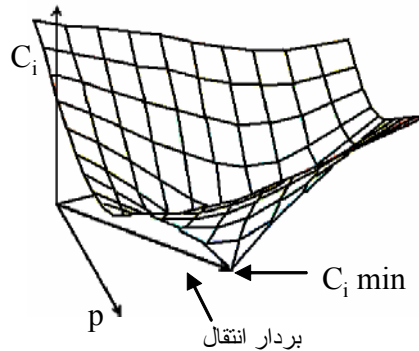
- 1-Block Matching Algorithm(BMA)
- 2- Edge-Pattern Matching(EPM)
- 3- Bit-plane Matching
- 4- Representative Point Matching(RPM)

۴- استخراج سیگنال‌های تشخیص

ابتدا تصویر را به چهار ناحیه (یا هشت ناحیه) تقسیم کرده و سپس پردازش را روی هر قسمت بطور مستقل انجام می‌دهیم. تعداد و اندازه نواحی به صورت تجربی و آزمایشی بدست آمده است. برای تعیین کردن بردار حرکت v_i (که i مشخص کننده شماره ناحیه می‌باشد، $i=1,2,3,4$) و در آوردن مقدار دو سیگنال s_{i1} و s_{i2} ، همبستگی بین تصاویر را بدست می‌آوریم. که این همبستگی از فرمول (۱) بدست می‌آید:

$$C_i(p, q) = \sum_{r=1}^N |S(t, X_{r+p}, Y_{r+q}) - S(t-1, X_r, Y_r)| \quad (1)$$

که N تعداد نقاط داخل هر ناحیه و مقدار $S(t, X_r, Y_r)$ میزان شدت نور و یا سطح خاکستری نقطه ای از تصویر به مختصات (X_r, Y_r) در زمان t می‌باشد.



شکل ۱- نمودار همبستگی و استخراج بردار انتقال

سپس یک متوسط گیری از مقادیر نقاط روی تصویر توسط رابطه (۲) انجام می‌دهیم.

$$S_{average,i}(t) = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N S(t, X_r, Y_r) \quad (2)$$

حال دو سیگنال را بفرم دو رابطه (۳) و (۴) تعریف میکنیم:

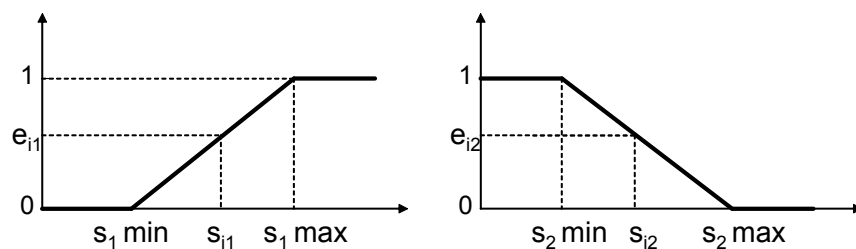
$$s_{i1} = \frac{C_i avg - \alpha C_i min}{S_{average,i}} \quad (3)$$

$$s_{i2} = \frac{C_i min(t) - C_i min(t - \Delta t)}{\Delta t \cdot S_{average,i}} \quad (4)$$

α ضریب ثابت است که مقدار آن بروش سعی و خطا بدست می‌آید. زیاد بودن مقدار سیگنال s_{i1} ، به معنی زیاد بودن امکان لرزش دست است و زیاد بودن مقدار سیگنال s_{i2} ، زیاد بودن امکان حرکت اشیاء را نشان میدهد.

۵- توابع درجه عضویت

به منظور پیاده سازی سیستم فازی مورد نظر لازم است ترمهای فازی را مشخص و محدوده مقادیر آنها را تعیین نمائیم. در اینجا توابع درجه عضویت به صورت زیر تعریف میشود که در آن مقدار $s_{i min}$ و $s_{i max}$ ها از طریق سعی و خطا بدست می‌آیند.



شکل ۲ - نمودار توابع درجه عضویت

متغیرهای e_{ij} ها که نشان دهنده درجه فازی هستند بطور کلی از معادله (۵) بدست می آیند.

$$e_{ij} = \mu_i(s_{ij}) \quad (۵)$$

حال متغیر E_i را بصورت معادله (۶) تعریف می کنیم.

$$E_i = \frac{(e_{i1} + e_{i2})}{2} \quad (۶)$$

مطابق بررسی بعمل آمده اگر $E_i > 0.5$ باشد، به معنی لرزش دست است و اگر که $E_i < 0.5$ باشد، نشانه حرکت اشیاء در تصویر است.

۶- قوانین

در این بخش لازم است پایگاه قواعد مربوط به سیستم فازی را تعریف کرده و قوانین مورد نیاز را تعیین نمائیم که به شرح زیر می باشد:

Rule-1: If num(t) = 4 then

$$M_V(t) = (v_a(t) + v_b(t) + v_c(t) + v_d(t))/4$$

که در آن $(v_a(t), v_b(t), v_c(t), v_d(t))$ همان $(v_1(t), v_2(t), v_3(t), v_4(t))$ می باشند. در واقع این قانون بیان کننده این مطلب است که هر چهار ناحیه حکم به ناپایدار بودن تصویر دارند و بردار انتقال براینده بردارهای انتقال هر چهار ناحیه میباشد.

Rule-2: If num(t) = 3 then

$$M_V(t) = (v_a(t) + v_b(t) + v_c(t))/3$$

که در آن $(v_a(t), v_b(t), v_c(t))$ یکی از چهار حالت $(v_1(t), v_2(t), v_3(t))$ یا $(v_1(t), v_3(t), v_4(t))$ یا $(v_2(t), v_3(t), v_4(t))$ یا $(v_1(t), v_2(t), v_4(t))$ باشد. در این قانون اکثر ناحیه ها ناپایداری تصویر را نشان میدهند، بردار انتقال کل برابر براینده بردارهای انتقال آن نواحی می باشد.

Rule-3: If num(t) = 2 then

$$M_V(t) = (v_a(t) + v_b(t) + M_V(t-1))/3$$

که در آن $(v_a(t), v_b(t))$ یکی از شش حالت $(v_1(t), v_2(t))$ یا $(v_1(t), v_3(t))$ یا $(v_1(t), v_4(t))$ یا $(v_2(t), v_3(t))$ یا $(v_2(t), v_4(t))$ یا $(v_3(t), v_4(t))$ باشد و $M_V(t-1)$ بردار انتقال در زمان قبل می باشد. در این قانون بردار انتقال، براینده بردارهای انتقال نواحی ای که ناپایداری تصویر را نشان میدهند و بردار انتقال در زمان قبل می باشد. در واقع ناپایداری به صورت متوالی در

تصاویر ظاهر میشود به همین منظور ما از بردار انتقالی که برای تصحیح این ناپایداری در زمان قبل تشکیل شده است، استفاده میشود.

Rule-4: If $\text{num}(t) = 1$ then

If $\text{num}(t-1) = 1$ and $\text{num}(t-2) = 1$ then

$$M_V(t) = (v_a(t) + v_a(t-1) + v_a(t-2))/3$$

که در آن هر کدام از v_a ها یکی از چهار حالت v_1, v_2, v_3, v_4 مربوط به زمان خود می باشند.

If $\text{num}(t-1) = 1$ and $\text{num}(t-2) \neq 1$ then

$$M_V(t) = (v_a(t) + v_a(t-1) + M_V(t-2))/3$$

که در آن هر کدام از v_a ها یکی از چهار حالت v_1, v_2, v_3, v_4 مربوط به زمان خود می باشند. و $M_V(t-2)$ بردار انتقال در دو زمان قبل می باشد.

If $\text{num}(t-1) \neq 1$ and $\text{num}(t-2) = 1$ then

$$M_V(t) = (v_a(t) + M_V(t-1) + v_a(t-2))/3$$

که در آن هر کدام از v_a ها یکی از چهار حالت v_1, v_2, v_3, v_4 مربوط به زمان خود می باشند. و $M_V(t-1)$ بردار انتقال در زمان قبل می باشد.

If $\text{num}(t-1) \neq 1$ and $\text{num}(t-2) \neq 1$ then

$$M_V(t) = (v_a(t) + M_V(t-1) + M_V(t-2))/3$$

که در آن هر کدام از v_a ها یکی از چهار حالت v_1, v_2, v_3, v_4 در زمان حال می باشد و $M_V(t-1)$ بردار انتقال در زمان قبل و $M_V(t-2)$ بردار انتقال در دو زمان قبل می باشد. این قانون اثر ناپایداری را در دراز مدت منعکس میکند.

Rule-5: If $\text{num}(t) = 0$ then

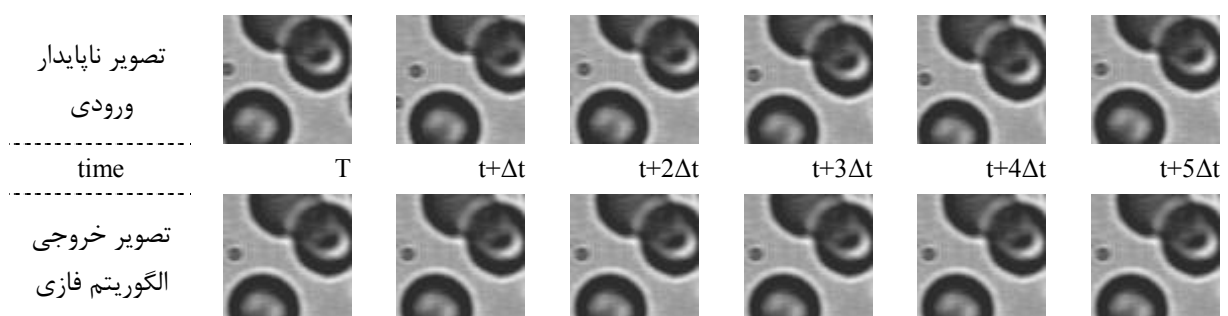
$$M_V(t) = \gamma \cdot M_V(t-1)$$

در این حالت حاصلضرب $M_V(t-1)$ بردار انتقال در زمان قبل را در یک ضریب میرایی بعنوان بردار انتقال در نظر می گیریم. که مقدار ضریب γ بصورت سعی و خطا بدست می آید. در این قوانین $M_V(t)$ بردار حرکت همه تصویر می باشد و $\text{num}(t)$ تعداد بردارهای حرکتی که لرزش دست را نشان می دهند.

۷- نتایج آزمایشات

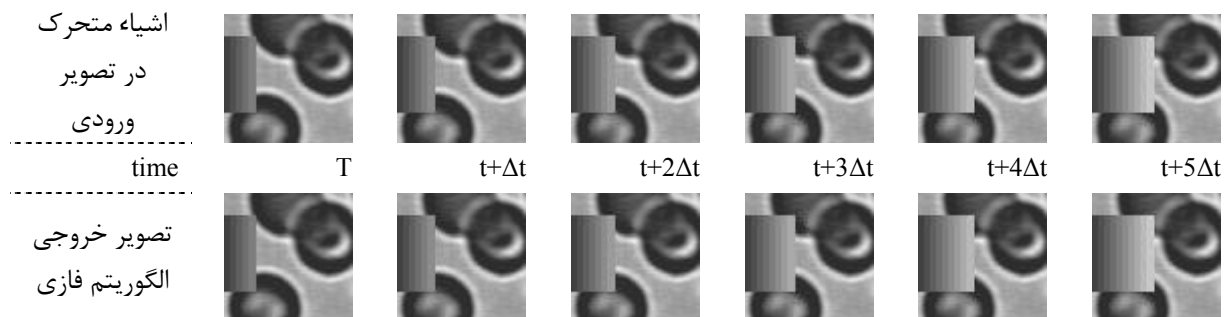
آزمایش انجام شده روی دنباله ای از تصویری که بصورت عمدی در آن لرزش ایجاد شده است و یا یک شیء در آن جابجا می شد، صورت گرفت. که مقادیر ضرایب ثابت $\alpha=0.5$ و $\gamma=0.1$ و مقادیر $s_{1\max}=0.722$ ، $s_{1\min}=0.191$ ، $s_{2\max}=0.028$ ، $s_{2\min}=0.018$ از روی تجربه و آزمایش بدست آمد. با تغییر مقدار γ می توان میزان تأثیر وضعیت قبلی را در تشخیص لرزش دست از حرکت اشیاء را کم و زیاد کرد.

در شکل (۳) یک نمونه از دنباله تصاویر که دارای لرزش هستند در زمانهای متوالی آمده است که به عنوان ورودی به سیستم داده شده است و خروجی الگوریتم نیز در سطر آخر جدول نشان داده شده است و کاملاً واضح است که تصویر تثبیت شده است.



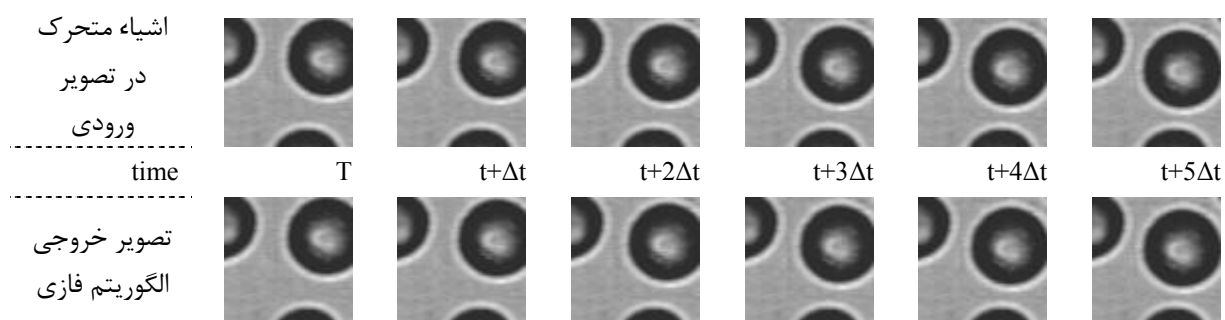
شکل ۳- یک نمونه از اجرای الگوریتم در تشخیص لرزش دست

در شکل (۴) یک نمونه از دنباله تصاویر که دارای تغییر مکان اشیاء هستند در زمانهای متوالی آمده است که به عنوان ورودی به سیستم داده شده است و خروجی الگوریتم نیز در سطر آخر جدول نشان داده شده است.



شکل ۴ - یک نمونه از اجرای الگوریتم در تشخیص حرکت اشیاء

در شکل (۵) یک نمونه دیگر از دنباله تصاویر که دارای تغییر مکان اشیاء هستند در زمانهای متوالی آمده است که به عنوان ورودی به سیستم داده شده است و خروجی الگوریتم نیز در سطر آخر جدول نشان داده شده است.



شکل ۵ - نمونه دیگری از اجرای الگوریتم در تشخیص حرکت اشیاء

۸- نتیجه گیری

با توجه به ضرورت مسئله پایدارسازی تصاویر در دوربین های فیلمبرداری و دیگر کاربردهای مشابه و از طرف دیگر با عنایت به هزینه محاسباتی سنگین روشهای کلاسیک در پیاده سازی الگوریتمهای پیچیده موجود، به نظر می رسد روش پیشنهادی این مقاله بسیار عملی بوده و کاملاً قابل پیاده سازی واقعی باشد. لیکن جهت بهبود الگوریتم می توان تحقیقات بیشتری در چند محور فرعی موضوع انجام داد از جمله اینکه در ادامه به بررسی روشهایی برای بدست آوردن اتوماتیک مقادیر ماکزیمم و مینیمم S_{ij} در محیطهای مختلف با شدت نورهای متفاوت خواهیم پرداخت و تصحیح سیستم در زمانهایی که خطا زیاد میشود.

فهرست منابع و مراجع

- [1] Digital Image Stabilization , Funded by Samsung Electronics Co. Jan - Dec.1997.
- [2] J.K.Palik, Y.C.Park and D.W,kim,"An adaptive motion decision system for digital image stabilizer based on edge pattern matching",IEEE Trans. Consumer Elec.,vol.38,no.3,pp.607-615,Aug.1992.
- [3] "Digital image stabilization based on bit-plane matching," to be appeared in The Journal of KICS, 1998, Funded by Samsung Electronics Co.

- [4] "Motion estimation algorithm based on bit-plane matching", Proceedings of KoSBE conference '97, pp. 119-122, Nov. 1997.
- [5] "Control techniques for optical image stabilizing system", IEEE 1993.
- [6] "Electronic image stabilizer for video camera use Stabilizer", IEEE TFS Vol 36, No 3, August 1990.
- [7] "Modified fuzzy c-mean in medical image segmentation", IEEE 1998.
- [8] "Stabilization of a stratospheric balloon experiment by a new fuzzy controller with a neural process model", IEEE 1995.