

پایدارسازی تصویر در دوربین‌های ویدئویی به روش فازی

مهندس علیرضا خرمی^۱

(اریخ دریافت ۸۷/۱۱/۲۲، تاریخ پذیرش ۸۸/۴/۲۷)

چکیده

در حال حاضر، محدوده وسیعی از علم کنترل، کنترل‌های فازی خطی و غیرخطی، کنترل فازی مقاوم و کنترل فازی تطبیقی را شامل می‌شود. از جمله کاربردهای کنترل فازی که در صنایع رواج پیدا کرده، کنترل فازی دوربین‌های عکاسی و فیلمبرداری ویدئویی است. ایجاد شرایط ناخواسته، هنگام عکسبرداری یا فیلمبرداری ویدئویی مانند لرزش دست، تصاویر نامطلوبی ایجاد می‌کند. در استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد فازی، "اگر و آنگاه" از عملکردهای منطقی و مناسب جهت رفع این مشکل استفاده می‌شود. پایگاه قواعد فازی، شامل مجموعه قواعدی است که ارتباط این قواعد در سیستم‌های کنترل فازی تعیین‌کننده اند.

واژگان کلیدی: کنترل فازی، تحرک تصویر، پایداری تصویر (دردوربین‌های ویدئویی).

مقدمه

برای یک تصویربردار، ضبط صحنه‌های ویدئویی مورد نظر به صورت شفاف، بدون درهم‌ریختگی رنگ و پایداری تصاویر، درست مشابه صحنه اصلی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حرکت‌های ناخواسته مانند لرزش دست حین فیلمبرداری یا تصمیم به تصویربرداری‌های غیرقابل پیش‌بینی که امکان قراردادن دوربین روی پایه یا ریل وجود ندارد، موجب ضبط با کیفیت پایین می‌شود. تشخیص حرکت ناخواسته تصاویر، در مقابل حرکت ارادی دوربین، توسط فیلمبردار یا تشخیص حرکت سوژه از حرکت‌های ناخواسته، با کنترل فازی امکان‌پذیر است.

بازسازی تصاویری که در دنیای واقعی رخ داده با تمام جزئیات، بسیار پیچیده است (سیستم غیرخطی) بنابراین بایستی یک توصیف تقریبی (سیستم خطی) یا همان فازی که قابل قبول و قابل پیاده‌سازی است، به صورت مدل، معرفی شود.

سیستم‌های فازی به عنوان شاخه مستقلی در علوم مهندسی، تجربیات افراد خیره را به صورت روابط ریاضی فازی - به جای ریاضی کلاسیک - پیاده‌سازی می‌کند. بنابراین در کنترل مدرن ابتدا به فرضیه‌ای نیاز داریم که بتواند دانش بشری را به شکل سیستماتیک دسته‌بندی و فرموله کرده و سپس آن را همراه با مدل‌های ریاضی در قالب سیستم‌های مهندسی قرار دهد. بنابراین تئوری فازی تفاوتی با سایر تئوری‌های مهندسی ندارد یا به عبارتی یک سیستم فازی باید بتواند دانش بشری را به صورت یک رابطه ریاضی تبدیل نماید.

اساساً آنچه که یک سیستم فازی انجام می‌دهد، تبدیل دانش بشری به یک رابطه ریاضی است. سیستم‌های کنترل فازی براساس پایگاه دانش بشری است که براساس قواعد "اگر و آنگاه" تشکیل شده است. به عنوان مثال قاعده فازی زیر را در نظر می‌گیریم: اگر تحرک تصویر در اثر لرزش دست است آنگاه تصویر باید از نظر بیننده بدون لرزش باشد. به این ترتیب می‌توان سیستم کنترل فازی را به گونه‌ای طراحی نمود که شامل مجموعه‌ای از قواعد "اگر و آنگاه" فازی است.

زمینه تحقیق فازی، شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه فازی استفاده می‌کند. پنج شاخه تئوری فازی عبارتند از: (۱) ریاضیات فازی، (۲) منطق فازی و هوش مصنوعی، (۳) کنترل فازی، (۴) عدم قطعیت، (۵) تصمیم‌گیری‌های فازی [۱]. در یک سیستم فازی کلیه این روابط، ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند. در فوریه ۱۹۹۲ اولین کنفرانس بین‌المللی در زمینه سیستم‌های فازی در سان‌دیگو، در ژاپن برگزار گردید. یکی از انواع سیستم‌های کنترل فازی، «کنترل‌کننده‌های فازی تطبیقی» است که مبتنی بر «دانش بشری» و شامل دو قسمت می‌باشد [۱]: دانش سیستمی: رفتار سیستم ناشناخته براساس قواعد "اگر و آنگاه" شرح داده می‌شود، مثل اگر نیروی بیشتری به پدال وارد کنید، آنگاه سرعت اتومبیل بیشتر می‌شود.

دانش کنترلی؛ قواعدی است که نشان می‌دهد در هر وضعیت چه عمل و قانون کنترلی باید انجام بگیرد مثل عبارت کم و بیشتر در سیستم کنترلی، مشخصه‌سازی می‌شود، اگر سرعت کم باشد آنگاه نیروی بیشتری وارد می‌کنیم.

در حال حاضر صنعت کنترل‌های فازی با استفاده از دانش سیستمی و دانش کنترلی یا ترکیبی از آنها ساخته می‌شود. بعضی از این سیستم‌ها مانند دوربین‌های تصویربرداری بدون لرزش دست می‌باشد.

در بخش دوم، تصویربرداری ویدئویی بدون لرزش دست بررسی می‌شود؛ بخش سوم، کنترل‌کننده‌های کلاسیک و فازی، و در بخش چهارم اصول طراح سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تصویربرداری بدون اثر لرزش دست

تصویربرداری با دوربین‌های ویدئویی از یک صحنه، تحت تأثیر شرایط مختلفی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال در دوربین‌هایی که با قرارگرفتن روی پایه، عمل فیلمبرداری انجام می‌شود، اینگونه تصویربرداری‌ها مشکل لرزش دست را ندارد. نوع دیگر تصویربرداری به صحنه‌هایی مربوط می‌شود که پیش‌بینی فیلمبرداری از صحنه مورد نظر مشکل است و معمولاً محل اتکای دوربین، دست می‌باشد یا دوربین روی شانه قرار می‌گیرد. این امر موجب ایجاد لرزش روی تصویرهای ضبط‌شده می‌شود و تصویر برای بیننده نامطلوب خواهد بود. درواقع موضوع کنترل فازی دوربین، به‌وجودآوردن تصویری مشابه صحنه اصلی است، یعنی همان تصاویر پایدار و پیوسته‌خطی از تصاویر ثابت یا متحرک.

جهت پایداری تصاویر از طریق کنترل‌کننده‌های فازی، دو تصویر متوالی با یکدیگر مقایسه می‌شود و در صورت وجود لرزش، به‌وسیله‌ نرم‌افزار تعریف‌شده برای دوربین، تصویر بالرزش حذف و همان تصویر قبلی جایگزین تصویر بعدی (بالرزش) می‌گردد.

کنترل‌کننده‌های کلاسیک و فازی

الف) وجه اشتراک:

لازم به یادآوری است که هم کنترل‌کننده‌های کلاسیک و هم کنترل‌کننده‌های فازی در دو مورد وجه اشتراک دارند که عبارتند از: پایدارسازی تصویر و استفاده از ابزارهای ریاضی.

ب) تفاوت‌ها:

۱. در کنترل کلاسیک، طراحی از طریق یک مدل ریاضی و با استفاده از فرایند سیستم و تبدیل دنیای واقعی غیرخطی به سیستم خطی انجام می‌شود (ریاضی کلاسیک). در نتیجه با خطی شدن سیستم، بعضی از فاکتورها پنهان می‌شوند.
 ۲. در کنترل فازی، طراحی با استفاده از تجربیات اشخاص خبره، به صورت "اگر و آنگاه" و ترکیب قواعد صورت می‌گیرد.
- در سیستم کلاسیک گزاره‌ها یا درست هستند یا نادرست، ولی در سیستم فازی مقدار درستی، بین درستی مطلق و نادرستی مطلق است که از طریق سعی و خطا انجام می‌شود.
- سیستم‌های فازی به عنوان یک شاخه مستقل در علوم مهندسی، دانش بشری و تجربیات افراد خبره را به صورت روابط ریاضی فازی (به جای ریاضی کلاسیک) پیاده‌سازی می‌کند. طوری که فاکتورهایی که در سیستم کلاسیک پنهان می‌شود در سیستم فازی توسط پرسش‌هایی از خبره‌ها برای نزدیک شدن اطلاعات به فرم اصلی با استفاده از عبارت "اگر و آنگاه" انجام می‌گیرد. مثلاً: اگر تصویر دچار لرزش شد آنگاه تصویر اول که در حافظه نگهداری شده به جای آن تصویر (بالرزش) قرار داده شود.

طراحی سیستم

معمولاً طراحی سیستم در سه مرحله صورت می‌گیرد:

مرحله اول - تحلیل سیستم و انتخاب متغیرهای حالت

- متغیرهای حالت باید خصوصیات و ویژگی‌های اصلی و کلیدی یک دوربین را توصیف نماید.
- متغیر کنترل باید قادر به تأثیرگذاری بر حالت‌های سیستم، خروجی کنترل شده مورد نظر را برای تصویر ایجاد کند.

مرحله دوم: استخراج قواعد "اگر و آنگاه" (پایگاه قواعد فازی) و به دست آوردن تابع تعلق.

در یک سیستم مهندسی مطمئن، فضای طبیعی توصیف می‌شود. در سیستم کنترل مهندسی مدرن از قواعد فازی استفاده می‌شود که عبارت از مجموعه "اگر و آنگاه" هایی است که در ذهن یک خبره به وجود می‌آید تا فاکتورهای پنهان را هرچه بیشتر آشکار و سیستم را هرچه بیشتر به شرایط طبیعی نزدیک کند. در اصطلاح فیلمبرداری، دنبال کردن صحنه به صورت یکنواخت را می‌گویند. در این صورت تغییرات اطلاعاتی برای پیکسل‌های دوربین پیش می‌آید ولی با تعاریفی که از نظر تغییر جهت برداری دوربین می‌شود دوربین این تغییرات را با لرزش تصویر تمیز می‌دهد.

حالت دیگری که دوربین باید بین لرزش دست و تغییر اطلاعات به‌وجودآمده تشخیص بدهد، ورود یک شیء به داخل صحنه است. استخراج قواعد "اگر و آنگاه" که متغیرهای حالت را به متغیرهای کنترل خروجی دوربین مرتبط نماید.

مثال: اگر تمامی نقاط تصویر به یک جهت حرکت کرده‌اند، آنگاه دست لرزش داشته است.

اگر فقط تعدادی از نقاط حرکت کرده‌اند آنگاه دست لرزش نداشته است.

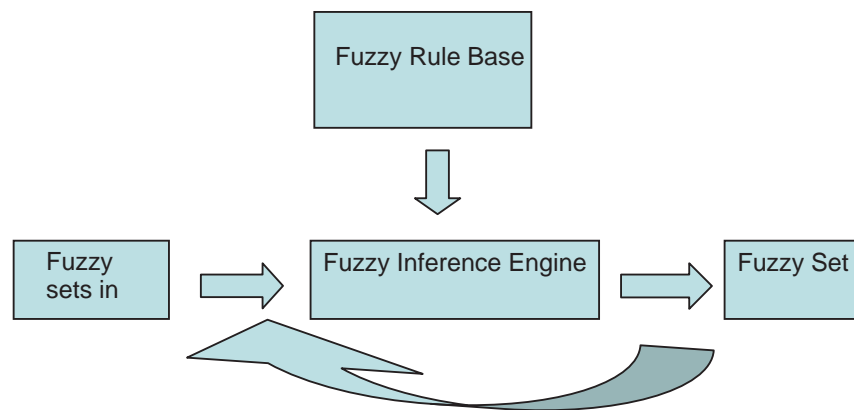
مرحله سوم: ترکیب قواعد فازی استخراج‌شده (موتور استنتاج)

ترکیب قواعد اگر – آنگاه فازی استخراج شده و آزمایش سیستم حلقه بسته دوربین برای شرایط مختلف از قبیل تشخیص لرزش دست یا حرکت ارادی دوربین یا ورود یک شیء به صحنه. این قسمت مربوط است به مقایسه اطلاعات ورودی و آنچه که به‌صورت طبیعی مورد انتظار است.

در مدل‌سازی کنترل فازی جهت تشخیص کلیه این حالت‌ها، هر تصویر به چهار قسمت تقسیم می‌شود. به این ترتیب تمیزدادن لرزش دست در کلیه حالت‌های ممکن، از طریق قواعد فازی امکان‌پذیر است.

مدل فازی

در مدل نشان داده شده در شکل ۱، قوانین تعریف‌شده به سیستم اعمال، و از طریق ورودی، داده‌های مورد نظر تعریف می‌شود. خروجی نتیجه فازی آن به دست می‌آید.



شکل ۱. مدل ساده سیستم کنترل فازی

الگوریتم کنترل فازی که جهت کنترل تصویر در پنج مرحله صورت می‌گیرد، به‌صورت زیر است:

- تقسیم تصویر به چهار ناحیه
 - به‌دست‌آوردن بردار حرکت
 - به‌دست‌آوردن میزان بی‌ثباتی تصویر از طریق همبستگی بین تصاویر
 - ارزیابی میزان بی‌ثباتی تصویر با دو سیگنال
- تصمیم‌گیری نهایی جهت تثبیت تصویر

در روش کنترل فازی، تصویر به چهار ناحیه تقسیم می‌شود، سپس پردازش مورد نظر در هر قسمت، به‌طور مستقل صورت می‌پذیرد و بردار حرکت که مشخص‌کننده هر ناحیه است به‌دست می‌آید.



همبستگی بین دو سیگنال از رابطه زیر به‌دست می‌آید [۱]:

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

N تعداد نقاط داخل هر ناحیه و مقدار $S(t, X, Y)$ میزان شدت نور، یا سطح خاکستری از تصویر به مختصات X و Y در زمان t است.



با متوسط‌گیری از نقاط روی تصویر رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

(۲)

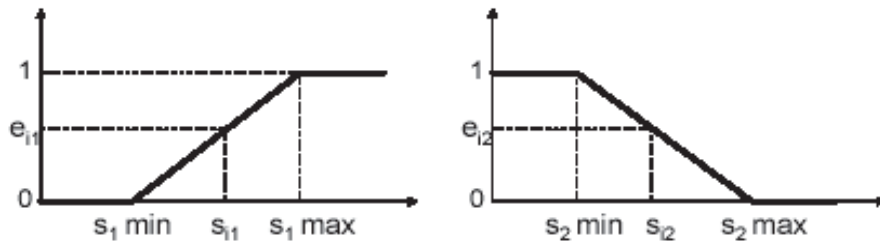
مقدار دو سیگنال S1 و S2 برای هر قسمت به دست می‌آید و با مقایسه همبستگی دو تصویر متوالی، جهت پایداری تصویر تصمیم‌گیری می‌شود. همبستگی دو تصویر متوالی از رابطه زیر به دست می‌آید [۱]:

$$S_{i1} = \frac{C_{i,avg} - \alpha C_{i,min}}{S_{average,i}}$$

$$e_{ij} = \alpha_i(S_{ij})$$

α ضریب ثابت است که مقدار آن از طریق سعی و خطا به دست می‌آید.

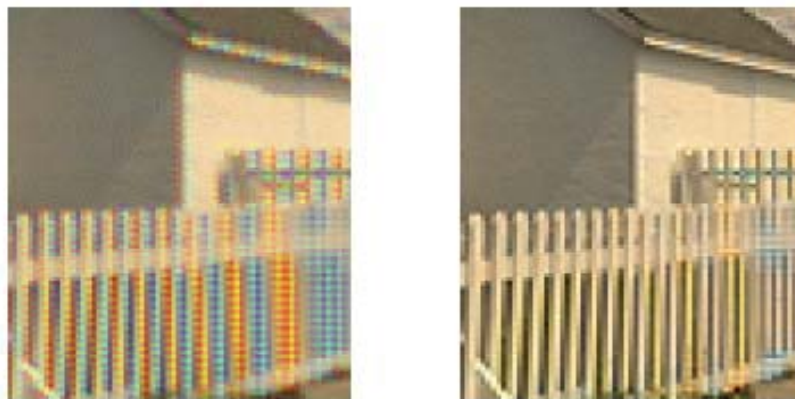
نمودار توابع e_{ij} درجه عضویت، نشان‌دهنده ترم‌های فازی مورد نظر و محدوده مقادیر آنها را مشخص می‌کنند. e_{ij} های نشان‌دهنده درجه فازی هستند.



شکل ۴ نمودار توابع درجه عضویت

نتایج حاصل اگر $E > 0.5$ باشد به مفهوم لرزش دست، ولی اگر کوچک‌تر از 0.5 باشد به مفهوم حرکت شیء در تصویر است [۱].

شکل‌های ۵ با کنترل فازی و بدون کنترل فازی به‌دست آمده است.



شکل ۵ سمت راست با کنترل فازی و سمت چپ بدون کنترل فازی

نتیجه‌گیری

با توجه به قواعد فازی و مطرح کردن "اگر و آنگاه" می‌توان دوربین فیلمبرداری ویدئویی را برای شرایط مورد نظر کنترل نمود. مواردی که برای یک فیلمبردار، اهمیت دارد پایداری تصاویر در مقابل لرزش دست یا پایداری تصویر هنگام زوم کردن است. با تحقیق به‌عمل آمده می‌توان کلیه شرایط مطلوب را از طریق نرم‌افزار، تعریف نمود، به این ترتیب سیستم طراحی شده، قادر خواهد بود تفاوت لرزش دست را با ورود یک شیء به صحنه یا دنبال کردن شیء با دوربین را تشخیص دهد و عکس‌العمل مناسب را به‌وجود بیاورد.

منابع و مأخذ :

- بهزاد زمانی، ناصر مزینی(۱۳۸۳). «طراحی و شبیه‌سازی پایدارسازی تصویر در دوربین فیلمبرداری به روش فازی» پنجمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران.
- **Motion estimation algorithm based on bit plane matching**, proceeding of Ko SBE conference '97'pp.119,122 Nov.1997
 - Digital Image Stabilization, Funded by Samsung Electronics Co.jan-Dec.1997.
 - **Control techniques for optical image stabilizing system** IEEE1993.
 - **Modified fuzzy c-mean in medical image segmentation**, IEEE1998.
 - J.K.Palik,Y.C.Park & 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.608-615,Aug.1992
 - Wang Lie Xin, **A course in fuzzy systems and control**

