

یک روش فازی برای کاهش نویز تصویر

حامد وحدت‌نژاد، حمیدرضا پوررضا و حسن ابراهیمی

سپتامبر ۲۰۰۸

چکیده

فیلتر فازی جدیدی برای کاهش نویز تصاویر خراب شده با نویز افزایشی ارائه شده است. فیلتر شامل دو مرحله است. در مرحله اول، تمام پیکسل‌های تصویر برای تعیین پیکسل‌های نویزی پردازش می‌شوند. برای این کار، یک سیستم مبتنی بر قواعد فازی در نظر گرفته شده است که یک درجه برای هر پیکسل در نظر می‌گیرد. درجه‌ی یک پیکسل یک عدد واقعی بین $\{0-1\}$ است که نشان دهنده این احتمال است که پیکسل مورد نظر یک پیکسل نویزی در نظر گرفته نشود. در مرحله دوم، از یک سیستم مبتنی بر قواعد فازی دیگر استفاده می‌شود. از خروجی سیستم فازی قبلی برای انجام بهبود فازی با استفاده از وزن‌دار کردن (**weighting**) (**the contributions**) شرکای همسایه‌ی پیکسل مورد نظر استفاده می‌کند. نتایج تجربی برای نمایش امکان‌پذیری فیلتر پیشنهادی بدست آمده است. این نتایج در ادامه از طریق اندازه‌گیری‌های عددی و بررسی‌های بصری با سایر فیلترها نیز مقایسه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

نویز افزایشی، منطق فازی، پردازش تصویر، کاهش نویز

۱. مقدمه

هدف از ترمیم یک تصویر، بازسازی نتایج تخریب تصویر از طریق اشتباهات سیستمی و اعمال نویزها و غیره است. دو راه برای رسیدن به چنین هدفی وجود دارد [۴]. اولی اینکه مدل خراب شده تصویر که توسط حرکت، خرابی‌های سیستمی و نویزهای افزایشی تخریب شده، و دارای مدل‌های آماری ناشناخته هستند. و پردازش معکوس ممکن است برای بازگرداندن تصاویر تخریب شده اعمال شود. دیگری که بهبود تصویر نامیده می‌شود، به این معنی که یک فیلتر دیجیتالی ساخته شود تا نویز تصویر حذف و نتایج تصاویر تخریب شده با نویز بازگردانی شود.

فیلتر کردن نویز را می‌توان از طریق جایگزینی مقدار سطح-خاکستری هر پیکسل در تصویر با یک مقدار جدید بسته به محیط محلی در نظر گرفت. در حالت مطلوب، الگوریتم فیلتر باید از پیکسلی به پیکسل دیگر بر اساس زمینه محلی متفاوت باشد. ما برای رسیدن به این هدف از یک روش فازی استفاده می‌کنیم. تکنیک‌های فازی قبلاً نیز در زمینه‌های مختلف پردازش تصویر (نظیر فیلترینگ، درونیابی و ریخت‌شناسی)، و کاربردهای علمی (نظیر پردازش تصاویر صنعتی، پزشکی و...) بکار گرفته شده است. در حال حاضر نیز چندین و چند فیلتر فازی برای کاهش نویز تصاویر توسعه پیدا کرده است، نظیر فیلتری که به عنوان FIREfilter شناخته می‌شود از [۵]-[۶]، فیلتر فازی میانگین وزن‌دار از [۷] و [۸]، و فیلتر مبتنی بر کنترل فازی تکراری از [۹]. اکثر تکنیک‌های فازی در کاهش نویز تصاویر با نویزهای گردن کلفت همانند نویز ضربه مقابله می‌کنند. این فیلترهای فازی فراتر از طرح‌های فیلتر رتبه‌بندی شده (مانند فیلتر میانگین) هستند.

فیلتر فازی میانگین وزن‌دار [۱] یک توسعه از فیلتر میانگین وزن‌دار است. ایده پشت فیلتر FWM این است که وزن‌ها باید دارای مقادیر بین [۰-۱] باشند، نه اینکه فقط ۰ یا ۱ باشد، و وزن‌ها نباید به مقدار آستانه بستگی داشته باشد، بلکه باید از طریق قوانین فازی میانگین تعیین شوند. ایده پشت این فیلتر خوب است، اما از پارامترهای کافی استفاده نمی‌کند. در رویکرد ما، ما فیلتر WFM را با در نظر گرفتن دیگر پارامترهای مهم سیستم مبتنی بر قواعد فازی، گسترش داده‌ایم. در ادامه مقاله به این موارد پرداخته خواهد شد: در بخش ۲ رویکرد فازی پیشنهادی را برای کاهش نویزهای افزایشی بیان خواهیم کرد. در بخش ۳ برخی آزمایشات را ارائه می‌کنیم و در بخش ۴ نتیجه‌گیری خواهیم داشت.

۲. سیستم فازی پیشنهادی

فیلتر فازی میانگین وزن‌دار مقدار خاکستری پیکسل (i, j) را با میانگین وزن‌دار مقادیر خاکستری در همسایه آن پیکسل جایگزین می‌کند. انتخاب وزن‌ها بر اساس تفاوت‌های مقدار خاکستری است $|f(x, y) - f(x-k, y-l)|$: اگر این تفاوت بیش از یک آستانه خاص باشد، $w_{ij}(k, l) = 0$ به این صورت تعریف می‌شود. در غیر این صورت $w_{ij}(k, l) = 1$ خواهد بود. در رویکرد ما، وزن‌ها در محدوده $[0, 1]$ مقداردهی می‌شوند، و به مقدار آستانه بستگی ندارند و از طریق قوانین فازی میانگین تعیین خواهند شد. رویکرد پیشنهادی دارای دو مرحله است و هر کدام از آن‌ها از یک سیستم مبتنی بر قوانین فازی استفاده می‌کنند. ما سعی داریم تا تشخیص دهیم که آیا یک پیکسل دارای نویز است یا خیر. برای این منظور، ما از یک

سیستم مبتنی بر قواعد فازی بهره گرفتیم تا درجه‌ی هر پیکسل را در تصویر تشخیص دهیم. درجه یک عدد واقعی در محدوده‌ی [۰, ۱] است. اگر درجه‌ی یک پیکسل برابر با یک باشد، فرض بر این است که آن پیکسل خراب نشده است و اگر کمتر از یک باشد، فرض بر این خواهد بود که آن پیکسل نویزی است. هرچه درجه پیکسل به صفر نزدیکتر باشد، آن پیکسل بیشتر به عنوان پیکسل نویزی در نظر گرفته خواهد شد. پس از اتمام این مرحله، یک ماتریس درجه‌دار هم سائز با تصویر تخریب شده طراحی می‌کنیم. ما از این ماتریس در مرحله بعد که مرحله بهبود فازی از طریق وزن‌دار کردن شرکای همسایه‌ی پیکسل مورد نظر، استفاده خواهیم کرد. در ادامه، ما این دو بخش را با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار خواهیم داد.

الف. برآورد فیلتر فازی

در این بخش می‌خواهیم تعیین کنیم که آیا پیکسل مورد نظر خراب شده است یا خیر. برای این منظور معیارهای زیر را تعریف می‌کنیم:

۱- اگر پیکسلی به شدت نویزی باشد، در پیکسل‌های همسایه‌ی خود مقدار سطح خاکستری مشابه‌ای وجود نخواهد داشت، بنابراین تفاوت حداقل سطح خاکستری آن پیکسل با ۸ پیکسل همسایه‌اش بسیار زیاد خواهد بود. به طور معکوس، اگر حداقل سطح خاکستری پیکسل مورد نظر و پیکسل‌های همسایه‌اش کم باشد، فرض بر این است که آن پیکسل در طبقه‌بندی پیکسل نویزی قرار نمی‌گیرد. از این جهت ما تفاوت حداقل سطح خاکستری را به عنوان اولین پارامتر مبتنی بر سیستم فازی معرفی می‌کنیم:

$$dif = \min |f(x, y) - f(x', y')|$$

جایی که (x', y') ، ۸ پیکسل همسایه پیکسل (x, y) می‌باشد.

۲- اگر پیکسلی، پیکسل‌های مشابه زیادی در همسایگی خود داشته باشد، فرض بر این خواهد بود که آن پیکسل بدون آسیب است، بنابراین می‌توانیم از پارامتر تعداد پیکسل‌های مشابه برای یک پیکسل فرض شده و برای ۸ همسایه‌اش به عنوان یک پارامتر مهم در تشخیص سلامت یا خرابی یک پیکسل استفاده کرد. برای این منظور، تعداد پیکسل‌های در محدوده ۸ پیکسل همسایه را که تفاوت سطح خاکستری آنها با پیکسل مرکزی کمتر از آستانه‌ی از پیش تعریف شده است را تعیین می‌کنیم. ما از این عدد به عنوان پارامتر دوم مبتنی بر قواعد فازی خود استفاده می‌کنیم.

تعداد مشابه = {تعداد $(x', y') \in N_8(x, y) \& |f(x, y) - f(x', y')|$ > آستانه}

در این مقاله ما آستانه را برابر با ۵ در نظر می گیریم، اما ممکن است تعریف آن به صورت پویا برای هر تصویر، نتایج بهتری را حاصل آورد. خروجی سیستم فازی یک درجه وابسته به هر پیکسل است که یک عدد حقیقی بین ۰ تا ۱ می باشد. این درجه ای است که یک پیکسل به عنوان پیکسلی بدون آسیب در نظر گرفته می شود. توابع عضویت فازی در شکل ۱ نمایش داده شده است. قوانین سیستم فازی به شرح زیر است:

1. If (dif is low) and (num is none) then (deg is moderate)
2. If (dif is low) and (num is few) then (deg is big)
3. If (dif is low) and (num is many) then (deg is very big)
4. If (dif is med) and (num is none) then (deg is small)
5. If (dif is med) and (num is few) then (deg is moderate)
6. If (dif is med) and (num is many) then (deg is big)
7. If (dif is high) and (num is none) then (deg is small)
8. If (dif is high) and (num is few) then (deg is moderate)
9. If (dif is high) and (num is many) then (deg is moderate)

ما از موتور استنتاج ممدانی (mamdani)، حداکثر فیوزیفیر (fuzzfier) و خنثی ساز centroid استفاده کرده ایم.

ب. بهبود فازی

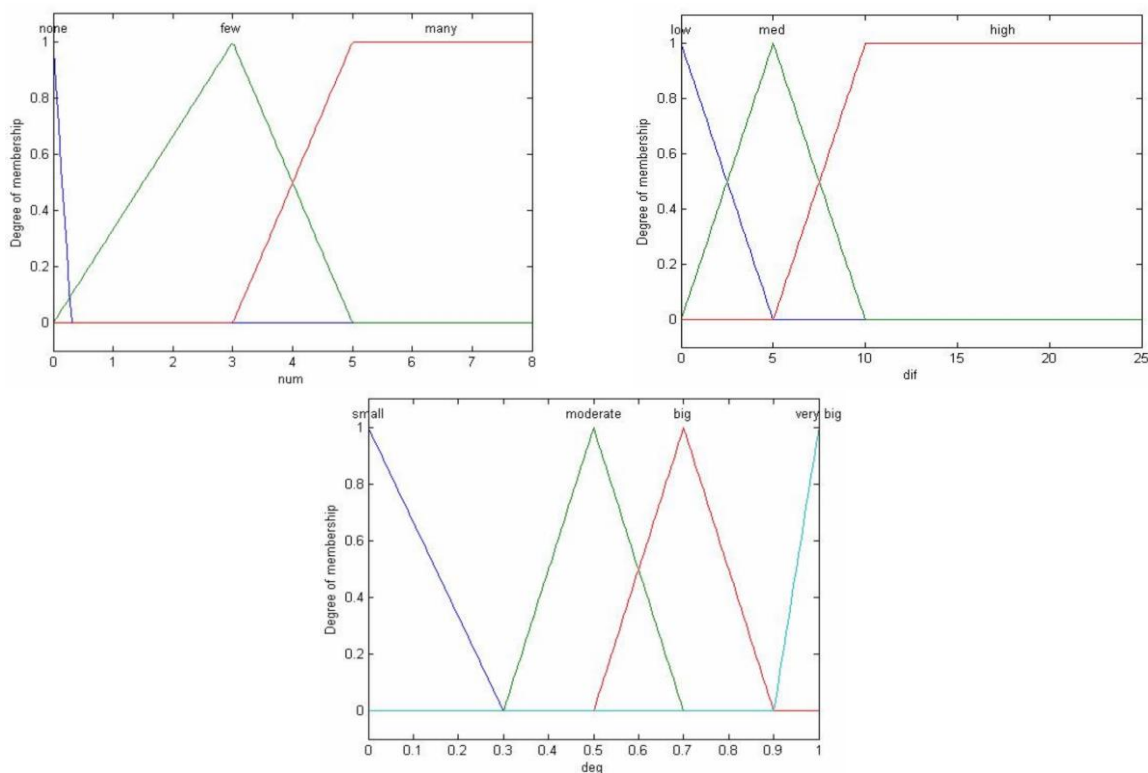
ما از موتور استنتاج ممدانی (mamdani)، حداکثر فیوزیفیر (fuzzfier) و خنثی ساز centroid استفاده کرده ایم. در این مرحله، میانگین وزنی فازی محاسبه شده است. وزن های هر پیکسل در هر همسایگی توسط تکنیک بهبود فازی بدست می آید. برای این کار، ما معیار زیر را در نظر خواهیم گرفت: اگر تفاوت $|f(x, y) - f(x - k, y - l)|$ زیاد باشد، وزن کم $w_{ij}(k, l)$ باید به پیکسل اعمال شود تا سهم آن در پروسه ی میانگین گیری کاهش یابد. از این رو ما از $|f(x, y) - f(x - k, y - l)|$ به عنوان اولین پارامتر بهبود فازی خود استفاده کرده ایم:

$$diff = |f(x, y) - f(x - k, y - l)|$$

پارامتر دوم همان خروجی سیستم مبتنی بر قواعد فازی قبلی است که نشان دهنده ی درجه ی آن است که یک پیکسل تا چه حد به عنوان پیکسل نویزی در نظر گرفته نمی شود. خروجی

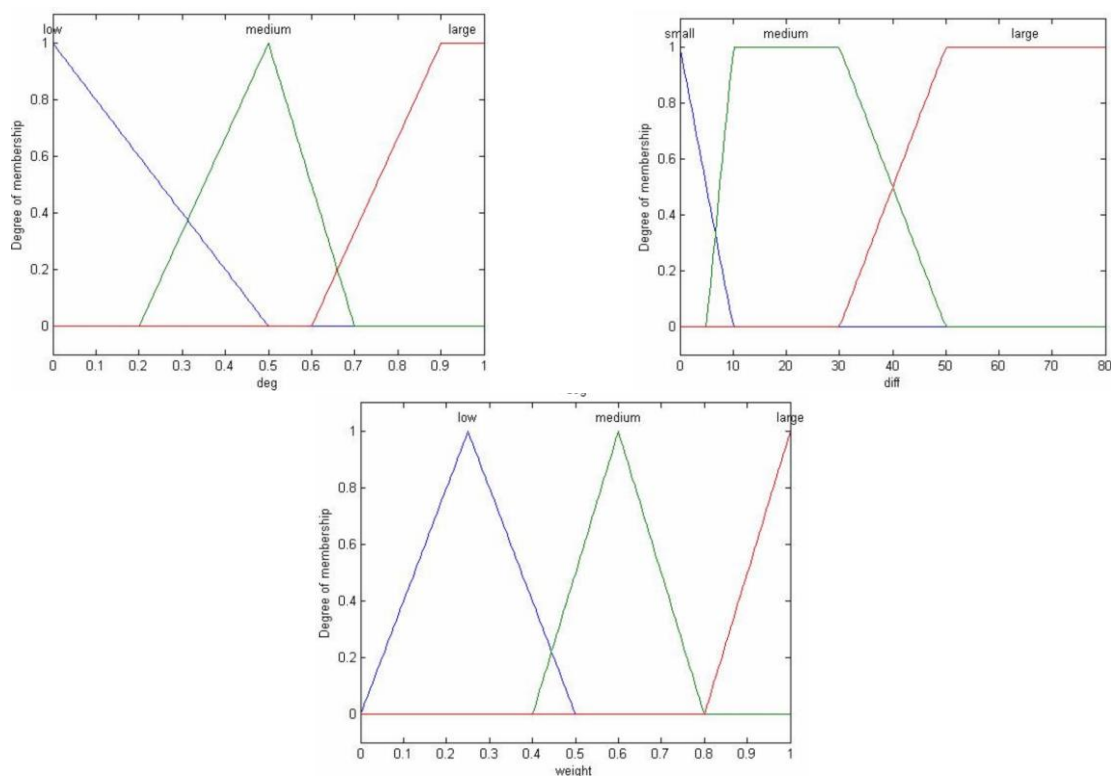
بهبود فازی، وزن یک پیکسل در پروسه میانگین‌گیری است. توابع عضویت فازی در شکل ۲ نشان داده شده است. قواعد فازی به شرح زیر می‌باشد:

1. If (diff is small) and (deg is low) then (weight is medium)
2. If (diff is small) and (deg is medium) then (weight is medium)
3. If (diff is small) and (deg is large) then (weight is large)
4. If (diff is medium) and (deg is low) then (weight is low)
5. If (diff is medium) and (deg is medium) then (weight is medium)
6. If (diff is medium) and (deg is large) then (weight is large)
7. If (diff is large) and (deg is low) then (weight is low)
8. If (diff is large) and (deg is medium) then (weight is low)
9. If (diff is large) and (deg is large) then (weight is medium)



شکل ۱- توابع عضویت برای ارزیابی نویز فازی

ما از یک ماسک ۳ در ۳ برای فرآیند پردازش استفاده می‌کنیم. در هر مکان از ماسک، وزن‌های پیکسل‌ها با استفاده از سیستم مبتنی بر قواعد فازی دوم تعیین می‌شود، و میانگین‌گیری وزن‌دار نیز برای تعیین مقدار جدید پیکسل مرکزی محاسبه می‌شود. سپس ماسک منتقل می‌شود (جابه‌جا) و مراحل دوباره در مکان جدید تکرار می‌شود.



شکل ۲- توابع عضویت برای بهبود فازی

۳. آزمایش‌ها

فیلتر پیشنهاد شده روی تصاویر تست خاکستری مقیاس (۸بیتی - $L=255$) آغشته به نویز گوسی در سطوح مختلف، اعمال شده است. این روش مارا به مقایسه و ارزیابی تصویر فیلتر شده در برابر تصویر اصلی قادر می‌سازد. شکل ۳ دو تصویر تست نمونه را نشان می‌دهد: "عکاس" و "لِنا"

الف. آزمایش اول

تصویر شکل ۴ (الف) همان تصویر شکل ۳ (الف) است که به وسیله نویز گوسی با $\mu=0$ و $\sigma^2=100$ تخریب شده است. تصاویر شکل ۴ (ب)، (ج)، (د) و (ه) به ترتیب نتایج استفاده از فیلترهای میانگین، Wiener سازگار (با ماسک ۳در۳)، Wiener سازگار (با ماسک ۵در۵) و فیلتر فازی پیشنهادی بر روی تصویر خراب شده می‌باشد. ما همچنین فیلتر فازی خود را با چندین تکنیک فیلتری دیگر مقایسه کرده‌ایم: فیلتر میانگین، فیلتر Wiener سازگار، فازیمدان (fm) [۱۰]، میانگین فازی سازگار وزن دار (AWFM۱ و AWFM۲) [۷]، [۸]، فیلتر فازی

تکراری (IFC)، فیلتر فازی تکراری اصلاح شده (MIFC)، فیلتر فازی تکراری گسترش یافته (EIFC) [۹]، و فیلتر مشتق فازی تخمین زده شده (FDE) [۲]. جدول ۱ نتایج بدست آمده را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

ب. آزمایش دوم

در این بخش، ما فیلتر پیشنهادی خود را با فیلترهای پیشنهاد شده در [۱۱]، [۱۲] و [۱۳] مقایسه می‌کنیم. برای این منظور، ما عکس شکل ۳ (ب) را با نویز گوسی با اطلاعات $\mu = 0$ و $\sigma^2 = 400$ تخریب کردیم. سپس برخی از فیلترهای ذکر شده را همراه با فیلتر پیشنهادی خود به تصویر خراب اعمال کردیم. جدول ۲ خلاصه نتایج بدست آمده از اعمال فیلتر پیشنهاد شده و مقادیر میانگین فیلترهای FWM (پیشنهادی در [۱۲])، EPS (پیشنهادی در [۱۳]) با دو اندازه مختلف ۵ در ۵ و ۷ در ۷، فیلتر تقویت (ENHANCE) (پیشنهادی در [۱۱]) با دو اندازه مختلف ۳ در ۳ و ۵ در ۵، و FPF [۳] روی تصویر تست می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری و کار آینده

در این مقاله یک فیلتر فازی جدید برای کاهش نویز گوسی افزایشی پیشنهاد شده است. ایده اصلی فیلتر پیشنهادی تلاش برای تعیین پیکسل‌های خراب و کاهش سهمشان در پروسه بهبود می‌باشد. از این جهت، با توجه به دانسته‌های خود از پیکسل‌ها، بهبود فازی انجام می‌شود. ما چند آزمایش در مورد اثربخشی رویکرد فیلتر پیشنهادی ترتیب دادیم. فیلتر فازی ما قادر است تا کاملاً با فن‌آوری‌های پیشرفته کاهش نویز رقابت کند. اندازه‌گیری عددی مثل MSE و مشاهدات عینی نتایج قانع‌کننده‌ای را نشان می‌دهد. در مرحله برآورد فازی نویز، ما از یک آستانه ثابت برای پی‌بردن به تعداد پیکسل‌های مشابه در یک مرحله استفاده کردیم. می‌توان برای تعیین مقدار آستانه به صورت پویا و برای دستیابی به نتایج بهتر تحقیق کرد. هیستوگرام تصویر یا بخشی از تصویر می‌تواند در این امر استفاده کرد.



الف



ب

شکل ۳- تصویر تست اصلی، (الف) عکاس، (ب) لُنا

		MSE		
		Cameraman		
	$\sigma=5$	$\sigma=10$	$\sigma=20$	
Noise image	24.9	97.0	371	
Mean filter(3×3)	170	178	213	
Adaptive wiener filter (3×3)	42.4	56.2	112	
Adaptive wiener filter (5×5)	66.8	79.6	126	
FM	16.8	56.4	151	
AWFM1	189	215	342	
AWFM2	123	132	175	
IFC	49.2	80.6	173	
MIFC	49.2	80.6	170	
EIFC	49.2	80.6	171	
FDE	18.6	51.2	124	
Proposed filter	14.7	30.6	62.7	

جدول ۱- نتیجه تست فیلتر پیشنهادی روی تصویر تست "عکاس"



a



b



c



d



e

شکل ۴- (a) "عکاس" با نویز گوسی ($\sigma=10$) بعد از فیلتر میانگین (c) بعد از اعمال فیلتر Wiener تطبیقی (۳در۳) (d) بعد از اعمال فیلتر Wiener تطبیقی (۵در۵) (e) بعد از فیلتر فازی پیشنهادی

	MSE
	Lena
Median 3×3	111.1
Median 5×5	127.1
FWM	113.4
EPS 5×5	87.61
EPS 7×7	98.67
ENHANCE 3×3	96.12
ENHANCE 5×5	102.4
FPF	86.45
Proposed filter	65.1636

جدول ۲- نتیجه تست فیلتر پیشنهادی روی تصویر تست "لِنا"