

پردازش تصویر هوشمند و بهینه سازی روشهای کانولوشن با استفاده از سیستم های فازی

آرمان کیانی

گروه مهندسی برق دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
kiani@kiaeee.org

یاسر محمدیان روشن

گروه مهندسی برق دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
mohamadian@kiaeee.org

چکیده:

این مقاله روشی در زمینه ی پردازش تصویر بر مبنای مجموعه ای از قواعد فازی ارائه می دهد. این قواعد به کمک نتایج ناشی از عملگرهای convolutional نوعی نگاشت بین عملگرهای کلاسیک و تصویر را برقرار می کنند. دلیل انتخاب فیلترهای convolution آسان بودن پیاده سازی آنهاست. نتایج عملی بیانگر کاربردهای این روش است.

واژه های کلیدی: پردازش تصویر، قواعد فازی، توابع عضویت، *gray-level*

مقدمه

خواسته ی ما در پردازش تصویر انجام یک سری اصلاحات بر روی یک تصویر است، تا برای انسان واضح و کاربردی تر باشد و یا برای استخراج اطلاعات لازم برای راهنمایی یک سیستم خودکار استفاده می شود. [۱] برای این کار، می توان دانش در زمینه های مختلف علمی مانند ریاضیات، فیزیک، فیزیولوژی، مهندسی و غیره را برای رسیدن به نتایجی بهتر در زمینه ی افزایش کیفیت، فشرده سازی، ترمیم و بخش بندی تصویر به کار گرفت.

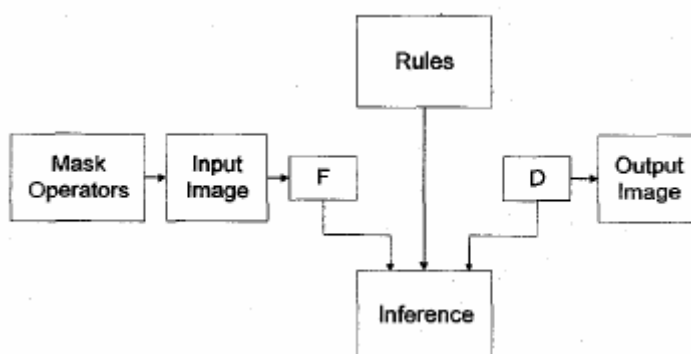
همان طور که واضح است، ارائه راه حل بهینه برای غلبه بر مشکل ما را به استفاده از تمامی عملگرها و امکانات وادار می کند. لذا در این مقاله ما به روشی اشاره می کنیم که از روش استنتاج انسانی نشأت گرفته است. یکی از ویژگیهای برتری روشهای فازی، clustering می باشد که به ما این امکان را می دهد که مثلاً یک ناحیه ی کوچک تصویر تیزتر شود و یا ناحیه ی دیگری غیر ملموس تر شود و یا حتی در ناحیه ی سوم به تشخیص لبه بپردازیم و به صورتی کاملاً هوشمندانه به آنالیز کل تصویر بپردازیم. نتایج این روشها ما را به استفاده از سیستم هایی هدایت می کنند که از بهترین عملگرها بنا به نیازمان استفاده کنیم.

استفاده از قوانین IF-THEN فازی ما را کاملاً به روشهای استنتاج انسانی راهنمایی می کند و لذا تخمین خوبی برای محاسبات خواهد بود. روشهای فازی در بسیاری از کاربردهای پردازش تصویر مانند enhancement، تشخیص لبه (edge-detection) و یا فشرده سازی تصویر استفاده شده است که توضیحات بیشتر در بخش معرفی مراجع آمده است.

اعمال مختلفی برای مرتبط کردن تکنیکهای فازی و پردازش تصویر وجود دارند. در هرکدام از آنها زمینه ی خاص مهمی مانند افزایش کیفیت، فیلتر [۲]، تشخیص لبه [۳،۴] و یا فشرده سازی تصویر وجود دارد. خصوصاً روش آخر از AFAM (Adaptative Fuzzy Associative Memories) برای انتخاب کردن پارامترهای DCT (Discrete Cosine Transform) استفاده می کند.

سیستم ایجاد شده

تصویر شماره ۱ نحوه ی استفاده ی منطق فازی را در این روش بیان می دارد. تصویر ورودی به کمک یک ماسک به صورت نقطه به نقطه پردازش می شود و ماتریس خروجی که به صورت مجموعه ای crisp از gray-level ها می باشد وارد یک سیستم فازی با MF های خاصی می شود و سپس توسط یک سیستم استنتاج هوشمند و قوانین IF-THEN، تصویر پردازش شده و پاسخ نهایی به کمک defuzzification به صورت خروجی در خواهد آمد.



تصویر ۱ : سیستم فازی (8،9). F و D به ترتیب به معنای Fuzzification و Defuzzification هستند.

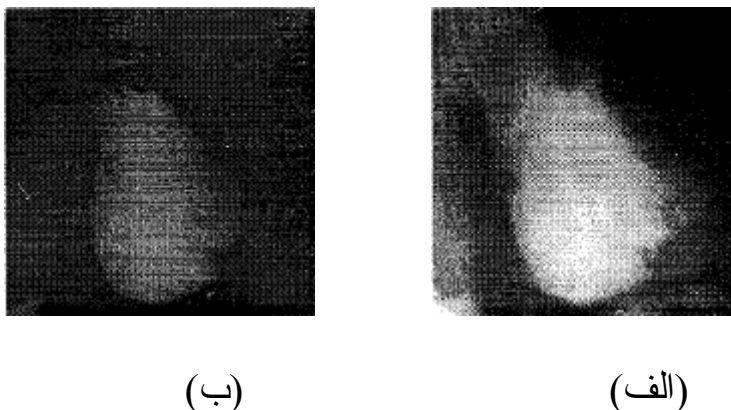
همان طور که گفته شد ما از سه ماتریس فیلتر به طور هوشمند برای پردازش تصاویر استفاده می کنیم. این سه فیلتر عبارتند از :
 ۱- فیلترهای آرام کننده (Smoothing) ۲- فیلترهای تیز کننده (Sharpening) ۳- فیلترهای تشخیص لبه (Edge-Detection). فیلتر آرام کننده برای مات کردن و کاهش نویز بکار می رود. این فیلتر در واقع یک ماتریس 3×3 است که میانگین همسایه های یک pixel را بجای gray-level خود آن قرار می دهد. فیلتر تیزکننده نیز وظیفه ی تقویت جزئیات ریز تصویر یا ارتقاء جزئیاتی را دارد که بر اثر خطا و یا در نتیجه ی یک روش تصویربرداری خاص مات شده اند، که توسط فیلترهای تقویت بالا (high-boost) می توان به نتایج بهتری رسید. و بالاخره استفاده از فیلترهای سوبل (Sobel) برای تشخیص لبه ها در ابعاد 3×3 است. توجه شود که اغلب ماتریس های ماسک دارای ابعاد فرد هستند، چون پیاده سازی ماسک هایی با ابعاد زوج بسیار پیچیده و مشکل است [۱]. نمونه ای از قواعد فازی به کار رفته را در شکل ۲ می بینید.

*If edges is SMALL and high-boost is SMALL and
 smoothing is SMALL then $p(i,j)$ is SMALL
 If edges is SMALL and high-boost is SMALL and
 smoothing is BIG then $p(i,j) \in$ BIG
 If edges is BIG and high-boost is BIG and
 smoothing is MEDIUM then $p(i,j)$ is BIG
 If edges is MEDIUM and high-boost \in BIG and
 smoothing is BIG then $p(i,j)$ is BIG.*

تصویر ۲ : نمونه ای از قواعد که در آنها $P(i,j)$ بیانگر يك نقطه (pixel) از تصویر نهایی است.

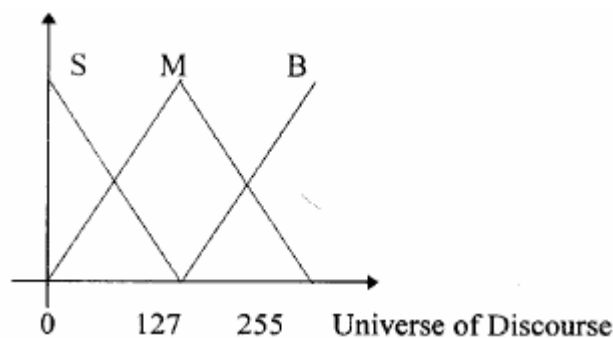
آزمایش ها و نتایج

3.1- تصویر پزشکی: یک تصویر کرونر به عنوان تصویر اول انتخاب شده است که آنرا در تصویر الف-۳ می بینید. هدف انتخاب ناحیه ی مرکزی روشن آن است. همان طور که در تصویر ب-۳ دیده می شود تمام نقاطی که در درون ناحیه ی روشن قرار دارند دارای gray-level ی به مراتب بالاتر از مناطق تاریک هستند. لذا برای ما امکان آستانه گیری (thresholding) بوجود می آید و به سادگی می توان به این ناحیه دست یافت.



تصویر ۳ : (الف) تصویر اصلی (ب) تصویر پردازش شده

شکل ۴ توابع عضویتی که در این قسمت استفاده شده اند را نشان می دهد. این توابع بیانگر میزان تعلق یک gray-level در بازه ی ۰-۲۵۵ به سه مجموعه ی فازی (small ، medium ، big) هستند. حال با توجه به قواعد مقدم (antecedent) دلخواه فیلتر کردن می تواند در تصویر نهایی مقداری داشته باشد.

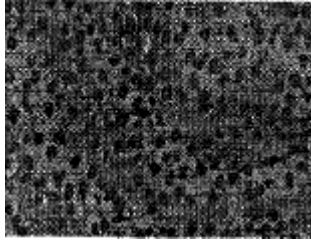


تصویر ۴ : توابع عضویت تصویر ۲

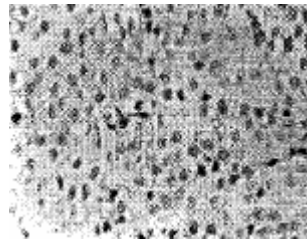
3.2- تصویر یک سلول: این تصویر شامل دو کلاس می باشد : ۱- هسته : که مقادیر gray-level پایینی دارد. ۲- خارج از هسته : که مقادیر gray-level بالایی دارد. هدف جداسازی هسته از باقی تصویر است که در نگاه اول به نظر می رسد با یک عمل thresholding ساده قابل حصول باشد اما با دقت بیشتر در می یابیم نقاط روشن بسیاری در نواحی هسته ها و نقاط تاریکی در

باقی قسمت‌ها به چشم می‌خورد که به عنوان نویز محسوب می‌شوند و لذا وجود روشی انعطاف پذیر (flexible) ضروری به نظر می‌رسد.

از اینرو سیستمی فازی برای تقسیم تصویر به دو کلاس هسته و خارج از هسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این سیستم قاعده ی فازی بکار رفته دو حالت ممکن را دارا ست : $P(i,j)$ بزرگ و یا کوچک است (در ناحیه ی روشن و یا تاریک تصویر هستیم). نتیجه ی پردازش در تصویر ب- 5 دیده می‌شود.



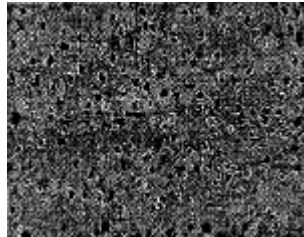
(ب)



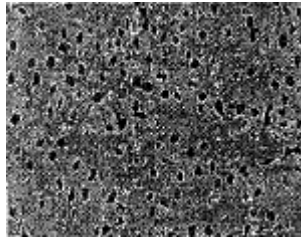
(الف)

تصویر ۵ : (الف) تصویر اصلی (ب) تصویر پردازش شده

همان طور که در تصویر پردازش شده می‌بینیم برای افزایش کیفیت تصویر نهایی از threshold و تشخیص لبه استفاده کرده ایم. نتیجه در تصویر الف- 6 دیده می‌شود. مقایسه ی تصویر نهایی با تصویر که با کمک تکنیک watershed بدست آمده را در شکل ب- 6 می‌بینید.



(ب)

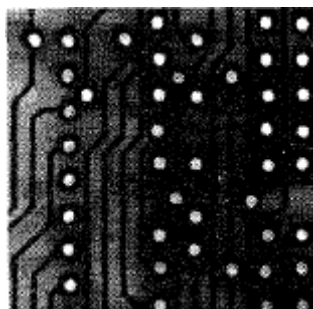


(الف)

تصویر ۶ : (الف) نتیجه ی پردازش فازی (ب) نتیجه ی watershed

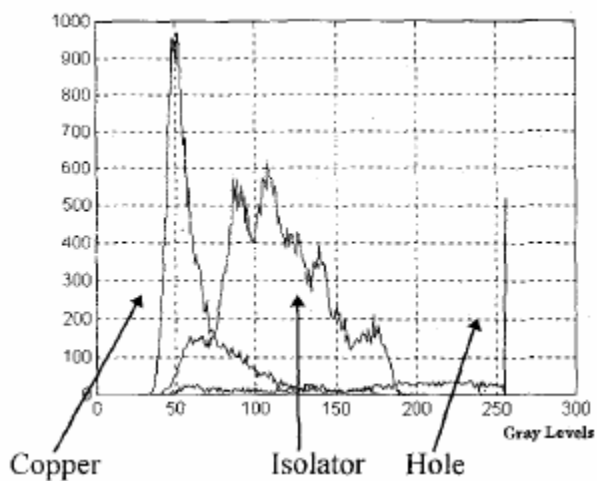
3.1- تصویر برد مدار چاپی: تصویر بعدی تصویر یک برد مدار چاپی است (تصویر ۷). که ۳ طبقه ی نقاط مختلف در آن قابل مشاهده است. ۱- مس ، gray-level های تیره ۲- عایق ، gray-level های متوسط ۳- حفره ، gray-level های روشن . در این آزمایش هدف جداسازی این ۳ طبقه است به طوریکه تصویر نهایی از جدول زیر پیروی کند :

نقطه	\in	طبقه مسی	\Rightarrow	Gray-level = 0
نقطه	\in	طبقه عایق	\Rightarrow	Gray-level = 127
نقطه	\in	طبقه حفره	\Rightarrow	Gray-level = 255

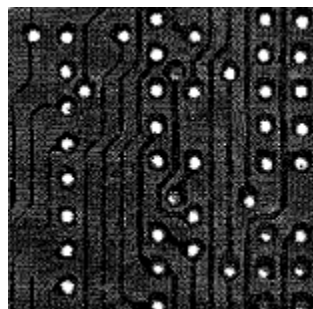


تصویر ۷: برد مدار چاپی PCB

اگر هیستوگرام این شکل را رسم کنیم (تصویر ۸) مشخص می شود که هر سه طبقه بر روی هم افتاده اند و لذا با عمل thresholding به خوبی قابل جداسازی نیستند. پس به کمک یک روش جداسازی (Bayesian filtering) [۱۰] تصویر مطلوب ساخته شده ولی ضعفهایی در شناسایی مناطق مشهود است.

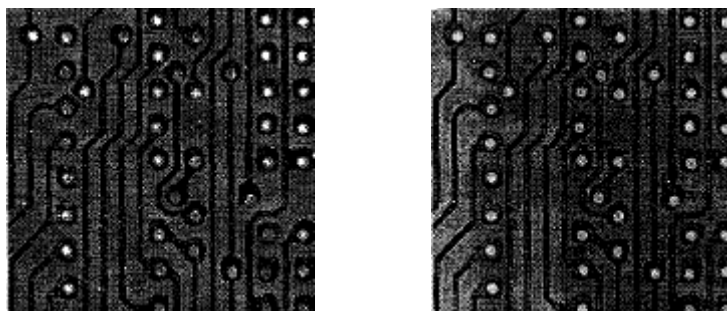


تصویر ۸: هیستوگرام هر سه طبقه



تصویر ۹: تصویر نهایی با کمک Bayesian classification

در تصویر الف-۱۰ نتیجه ی پردازش یک تصویر PCB با کمک سیستم فازی و در تصویر ب-۱۰ تصویر نهایی threshold شده دیده می شود. همان طور که مشاهده می شود نتایج تشخیص مناطق مسی بهبود یافته اما نتایج شناسایی حفره ها تضعیف شده است.

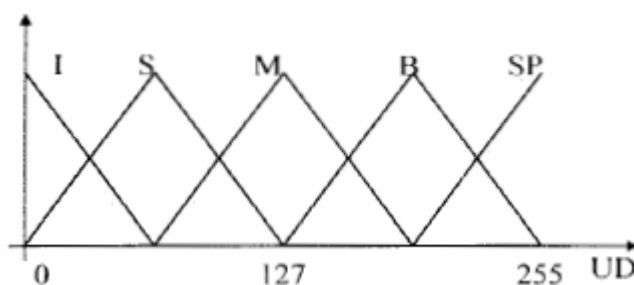


(ب)

(الف)

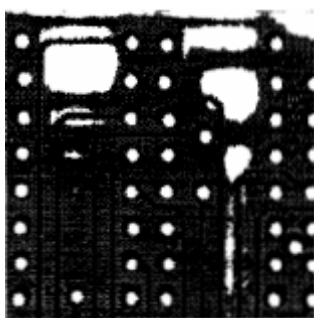
تصویر ۱۰: (الف) تصویر پردازش شده ی فازی (ب) تصویر نهایی threshold شده

در ابتدا سعی شده بود تمام محاسبات با توابعی که در شکل ۴ دیده می شوند انجام شود اما نتایج بدست آمده چندان رضایت بخش نبود. توابع عضویت جدید پیشنهادی برای جداسازی نواحی مسی و عایق از هم در شکل ۱۱ نشان داده شده اند. هرچند توابع جدید از لحاظ شکل مانند MF های قبلی هستند اما می توانند کمبود دانش را در جایی که gray-level های مشترک میان طبقه هایی که می خواهیم تشخیص دهیم زیاد باشد، بهبود داد.

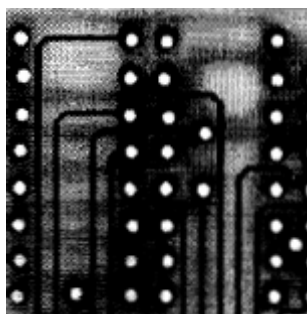


تصویر ۱۱: توابع عضویت تعریف شده برای شکل ۸
UD = Universe of Discourse

در تصویر ۱۲ روش کلاسیک Bayesian classification بر مبنای هیستوگرام شکل ۷ بر PCB دیگری که در تصویر الف-۱۲ دیده می شود پیاده شده است. نتیجه در تصویر ب-۱۲ دیده می شود. همان طور که می بینید روش Bayesian classification باعث شده است که حفره ها واضح تر دیده شوند و در عوض اطلاعات زیادی از مس ها و عایق ها از بین برود.



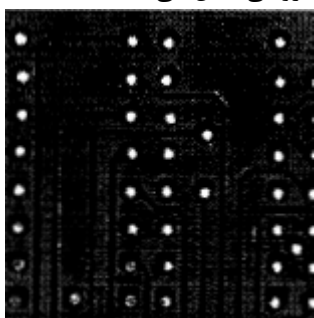
(ب)



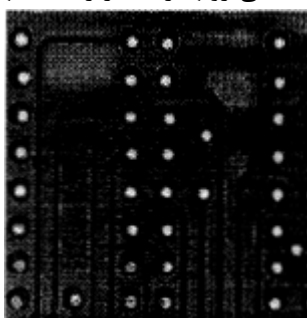
(الف)

تصویر ۱۲ : (الف) PCB جدید (ب) نتیجه ی Bayesian classification

PCB پردازش شده با کمک MF های جدید در شکل ۱۳ دیده می شود. با توجه به انعطاف پذیری (flexibility) سیستم های فازی می بینیم که سیستم با تغییرات روشنایی (contrast) بهتر تطبیق می یابد. در زمینه ی تعریف مناسب توابع عضویت (MF) دانش کمی و داده های کیفی رویهمرفته در راستای بهبود تصویر خروجی عمل می کنند.



(ب)



(الف)

تصویر ۱۳ : (الف) نتیجه ی پردازش فازی (ب) تصویر جدا شده (segmented)

نتیجه گیری

به کمک مجموعه ای از فیلتر ها می توانیم ناحیه های خاصی از تصویر را پردازش کنیم. برای این کار از قوانین IF-THEN فازی بهره می گیریم. لذا تنها به کمک تجربه می توان مقدار مورد نیازی MF تعریف کرد تا بدون نیاز به دانش کمی درباره ی تصویر، آنرا پردازش کنیم. برای جداسازی نواحی تصویر (segmentation)، از آنجایی که استنتاج بر اساس اشتراک و اجتماع یک سری MF می باشد لذا وظیفه ی سیستم فازی اینست که gray-level های مربوط به یک IF-THEN را نزدیک بهم کرده و در نتیجه عمل threshold کردن راحت تر انجام می شود.

فهرست مراجع و مآخذ:

- [1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1993.
- [2] C. Y. Tyan, P. P. Wang, "Image Processing -Enhancement, Filtering and Edge Detection Using Fuzzy Logic Approach", Proc. Second Int'l Conf. Fuzzy Systems, vol. I, pp. 600-605, San Francisco, 2000.
- [3] C. Tao, W. E. Thompson, "A Fuzzy If-Then Approach to Edge Detection", Proc. Second Int'l Conf. Fuzzy Systems. vol. **11**, pp. 1356 - 1360 San Francisco, 1993.
- [4] T. Law, H. Itoh, H. Seki, "Image Filtering, Edge Detection, and Edge Tracing Using Fuzzy Reasoning" IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 18, no. 5, May 1996.
- [5] B. Kosko, "Neural Networks and Fuzzy Systems", Prentice Hall, 1992.
- [6] W. Pedrycz, F. Gomide, "Fuzzy Systems", Basic Material of the course Fuzzy Systems - IA861 - UNICAMP, 1996.
- [7] J. M. Mendel, "Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial" Proceedings of the IEEE, vol. 83, n. 3, March 1995.
- [8] G. Viot, "Fuzzy Logic in C", Dr. Dobb's Journal, February, 1993.
- [9] J. A. R. Tucker, P. Fraley, L. P. Swanson, "Fuzzy Logic in C: An Update", Dr. Dobb's Journal, April, 2001.
- [10] R. O. Duda, P. E. **Hart**, "Pattern Classification **and** Scene Analysis" John Willey & Sons, 2000.