



بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

کالیبراسیون آشکار ساز دستگاه تصویر برداری گسیل پوزیترون با استفاده از الگوریتم های خوشه ای و تبدیل Hough

سیده زهرا اسلامی راد^۱، رضا قلی پور پیوندی^۱، مجتبی عسکری لهدارینی^{۱*}

۱- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

۲- دانشگاه قم، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

کالیبراسیون آشکار ساز نقش مهمی در بهبود کیفیت تصویر و افزایش کارایی سیستم های تصویر برداری گسیل پوزیترون دارد. برای دستیابی به این هدف الگوریتم های تبدیل هاف و خوشه ای کاهشی را برای تعیین موقعیت پیک کریستال و تولید نقشه کریستال مناسب پیشنهاد و روی داده های خام اعمال گردید. نتایج، بیانگر برتری الگوریتم تبدیل هاف نسبت به الگوریتم خوشه ای کاهشی می باشد. این الگوریتم موقعیت تمام پیک ها حتی داده های نامنظم و غیر واضح را تعیین می کند و دارای دقت ۱۰۰٪ می باشد. نتایج اکتسابی می تواند برای همه ی دستگاه های تصویر برداری پزشکی که بر پایه ی آشکار سازها با سنتیلاتورهای پیکسل شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: کالیبراسیون، آشکار ساز، الگوریتم هاف، الگوریتم خوشه ای کاهشی

مقدمه

دستگاه تصویر برداری گسیل پوزیترون حیوانی، برای تصویر برداری حیوانات کوچکه اسکرها یوز و لوشنبالانیاژ مند ساخت آشکار سازها از آرایه های کریستال سنتیلاسیونمانندLYSO میتواند برای تحقیق این نیاز موثر باشد. این کریستال هادریکما تر یسمر تبشدهو رابطه بین موقعیت کریستال در آرایه و محل ناحیه تحت تاثیر آن با هدا پتر تو یکنواختی از پرتوهای گاماد ر هر ماجولت تعیین می شود تا نقشه کریستال را تولید کند.

ابعاد نواحی متاثر از هر کریستال می تواند با تقسیم نمودن این تصویر تعیین شود که به اصطلاحاً کالیبراسیون آشکار ساز نامیده می شود.

از ماجولهای آشکار ساز بکار رفته در سیستم پتو حیوانی تحت تاثیر بینظمی ها و غیر یکنواختی موجود در ماجولهای آشکار ساز یوالکتر و نیکه هسته ای موجود در مسیر آندچار خطا می شوند.

بنابر این به منظور بهبود کیفیت تصویر و دقت آشکار ساز در نگاشتاز (x,

y) به شاخص کریستال در مکان واقعی جذب فو تون نوابود یودر نتیجه افزایش کارایی یوز و لوشندر یک دستگاه پتواید فرآیند کالیبراسیون آشکار ساز را توسعه دهیم. استانگروهمکارانش و شیر ابراساستخمین احتمال بیشینهمدلتر کیبیگاوسی



بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

نارائه‌دادند که داده‌ها به هسته گرام، نقشه موقعیت را تعیین می نمود. مائوالگوریتم تبدیل watershed را برایتقسیمتصویر بهنواحیمتاثر بوسیله پهر کریستالاستفاده نمود. تصویر تقسیم شده اسپسبرایتولید جدول look-up برایماجولآشکار ساز بکار می رود. بر وئروهمکارانشر و شآنالیز مولفه یاصلیر ایشنهاد دادند کهبرایتعیینمشخصاتجمعیموقعیتها یپیکبکار میرود. همچنینهو و آتکینز شبکهعصبیر اساسنقشه مشخصه خود - سازماندهیبرایتشخیصکریستالآشکار ساز بلوکپتاستفاده می کنند. در اینپروژه و الگوریتم تبدیلها ف^۱ و خوشه بندی کاهشی^۲ داده ها برایشناسایمختصاتدوبعدینقشهها یکریستالآشکار ساز پرتوگامایشهاد شد که برای اولین بار در محیط مطلب نوشته و بر روی نقشه مکانی کریستال اعمال گردید [۴-۱].

تئوری

تبدیلها ف: این الگوریتمبرایجدانمودنمشخصاتیکشکلخاصدریکتصویر بکار می رود. در اینالگوریتم، شکل هایپارامتریدر یکتصویر با جستجو بر اینقاطانباشتگیدرفضا یپارامتر آشکار می شوند. اگر یکشکلخاصدر تصویر ارائه گردد، سپسنگاشتهمه ینقاطاندر فضا یپارامتر باید در حدودمقادیر پارامتر مطابقبا آذ شکل، خوشه بندی شود.

خوشه

بندی^۳: خوشه بندی داده ها بعنوانیکدید گاهجالببرای یافتنتشابه در داده ها و قرار دادنداده هایمشابه در گروه هادر نظر گرفته می شود.

سهمخوشه بندی مجموعه ایاز در چندینگر و هبه گونه ایاستکه تشابه در یکگر و هبیشتر از گروه هایدیگر است. اگر ایده یواضحیدر موردتعداد خوشهها برایمجموعه ایاز داده هایمشخصموجود نباشد، الگوریتمخوشه بندیگاه شی، الگوریتمیسیریعبرایتخمینتعداد خوشه ها و مراکز خوشه در مجموعه ایاز داده هاست. مجموعه ایاز نقطهدر فضای m بعدیدر نظر بگیرد. نقاط داده ها داخل مکعب ذکر شده نرمالیز می شود. از آنجائیکه هر نقطه داده نماینده یبرایمراکز خوشه است، چگالیدر نقطه داده شده، به صورت تزییراندازه گیری می شود:

۱. Hough

۲. Subtractive Clustering

۳. Clustering



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ و دانشگاه اصفهان

$$D_i = \sum_{j=1}^n \exp \left[- \frac{\|x_i - x_j\|^2}{\left(\frac{r_a}{2}\right)^2} \right]$$

کهدر آن ثابت می‌باشد. شعاع r_a یک همسایگی را تعریف می‌کند.

نقاط داده‌ها را جز این شعاع تنها سهم جزئی در اندازه‌گیری بچگالیدارد [۱۰۰].

روش کار

اسکنر پتحوانیاز چهار هداشکار ساز، متشکل از کریستال LYSO میباشد. هر بلو کاشکار ساز به‌طور نوری به PS-

PMT کوبلشدهاست که هداری ۶ خروجی آن در راستای X و ۶

خروجی آن در راستای Y است که بارها تقویت شده و تولید شده به وسیله یر خدادها یسنی تیلای سونرا جمع‌آوری می‌کند.

سیگنال‌ها یخروجی از مدول PS-PMT کریستال بیکشبه مقاومتی DPC بر اساس منطق نو عانگربه ۴

خروجی کاهش پیدا می‌کنند. موقعیت‌های X و Y می‌تواند با معادله $X_{position} = \frac{X_a}{X_a + X_b}$ و $Y_{position} =$

$\frac{Y_c}{Y_c + Y_d}$ که در آن X_a, X_b, Y_c, Y_d دامنه‌ها یسیگنال‌ها رو می‌سیر X و Y است.

اینداده‌ها رو یکا می‌پو تر بعد از دیجیتایز شدن به وسیله ی کارت DAQ ثبت شده و سپس کار بر می‌تواند الگوریتم‌ها یپیر دازش

تصویر را برایش تشخیص مختصات و بعد پیکه‌ها از نقشه‌ها یکر یستال اشکار ساز و ایجاد تصویر با بهتر ینکیفیت اجرا نماید.

شناسایی پیکاز طریق تبدیله‌ها

بعد از اعمال تبدیله‌ها فرو نقشه مکانیکریستال، به منظور یافتن پیک‌ها باید پارامترها یذیل را تعیین نمود. **آستانه:**

این پارامتر یک مقدار صحیح غیر منفی است که آستانه ی مقدار یر باز ماتریس‌ها را که به عنوان پیک در نظر گرفته می‌شود، مشخص

می‌نماید. آستانه می‌تواند از ۰ تا ۱۰۰ تغییر کند. در این مطالعه آستانه ۳

انتخاب شده که پیک‌ها یبیشین هشد تراشانی دهد. **اندازه همسایه:**

این پارامتر یک بردار دو عنصری صحیح، فرد و مثبت است: [M N] اندازه همسایه‌ها یه‌فرونشانیر مشخص می‌کند.

این همسایگی‌ها یطرافهر پیک است که بعد از مشخص شدن پیک صفر قرار داده می‌شود. در این مطالعه اندازه پیکسل ۱۰۰

است و اندازه همسایه [۱۳ ۱۳] در نظر گرفته می‌شود. **تعداد بیشین‌هپیک‌ها:**

این پارامتر تعداد بیشین‌هپیک‌ها ییکه‌ها یباید حاصل شود را مشخص می‌کند. در این مطالعه تعداد بیشین‌هپیک‌ها باید

۱۰۰ انتخاب شود. بلوک‌ها یگرامالگوریتم تشخیص پیکاز طریق تبدیله‌ها در شکل ۱ رسم شده‌است.

برای نشان دادن کیفیت کار اییالگوریتم‌ها ی موجود، مفهوم دقت می‌تواند پیشنهاد داده شود.

تعریف دقت بصورت نسبت زیر تعیین شده است.

تعداد پیک‌ها ی تشخیص داده شده صحیح



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

در این مطالعه تصاویر متفاوتهای از نقشه‌های هسته‌ای با برآیند نمایش‌دهنده‌های هسته‌ای هشتاد هاست. شناسایی یک از طریق خوشه‌بندی یک‌گانه

دامنه‌ها تاثیر:

این متغیر بر دار یا است بین صفر و یک که دامنه تاثیر یا مرکز خوشه‌ها را یک از ابعاد داده‌ها، با فرض قرار گرفتن داده‌ها در یک جعبه‌ها پیر و واحد، مشخص می‌کند.

دامنه یکو چکی از مقدار مؤثر عموماً برای یافتن تعداد کمتر یا خوشه‌ها بزرگ‌تر نتیجه می‌شود.

بهترین مقدار بر برای دامنه تاثیر معمولاً بین ۰/۲ و ۰/۵ است. فاکتور اسکواش:

فاکتور اسکواش نشان‌دهنده یا ناسات که همانها خوشه‌ها دور از یکدیگر را می‌خواهیم.

این فاکتور بر ایضاً بر مقدار شعاع که تعیین کننده یا همسایگی کم‌تر خوشه‌هاست کار می‌رود.

بطوریکه پتانسیل را بر این نقاط قرار گرفته در بیرون عنوان بخش‌ها از آن خوشه‌ها می‌نشانند. نسبت پذیرش:

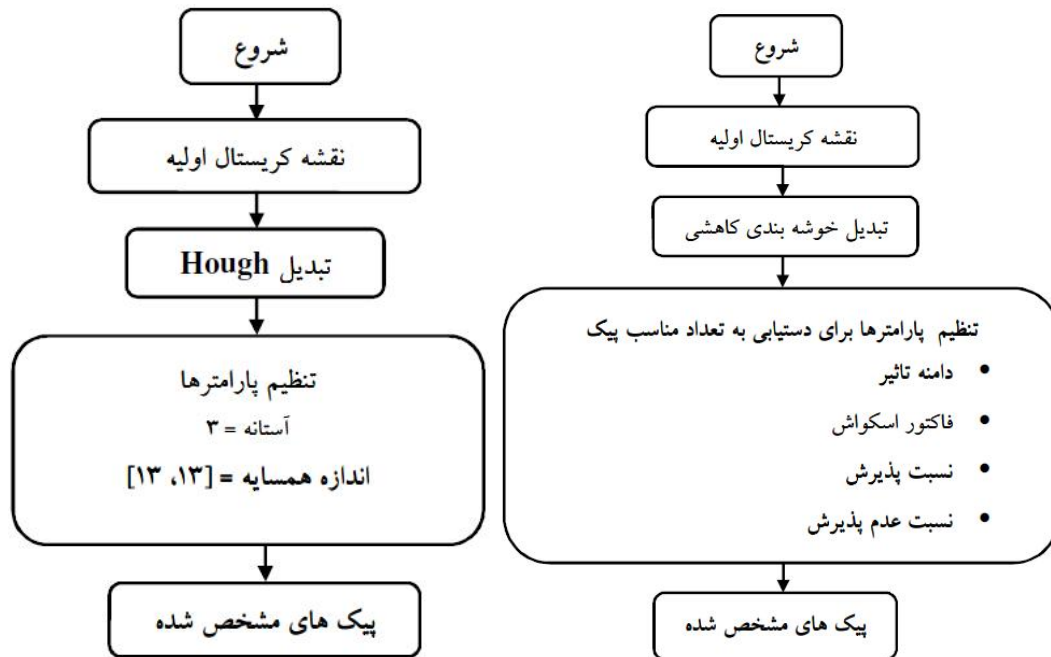
این فاکتور پتانسیل را بر عنوان کسر یا پتانسیل اولین مرکز خوشه تنظیم می‌کند.

نقاط داده‌ها دیگر بالا یا ناسات بر عنوان مرکز خوشه پذیرفته می‌شود. نسبت عدم پذیرش:

این فاکتور پتانسیل را بر عنوان کسر یا پتانسیل اولین مرکز خوشه تنظیم می‌کند.

نقاط داده‌ها دیگر پایین یا ناسات بر عنوان مرکز خوشه پذیرفته می‌شود.

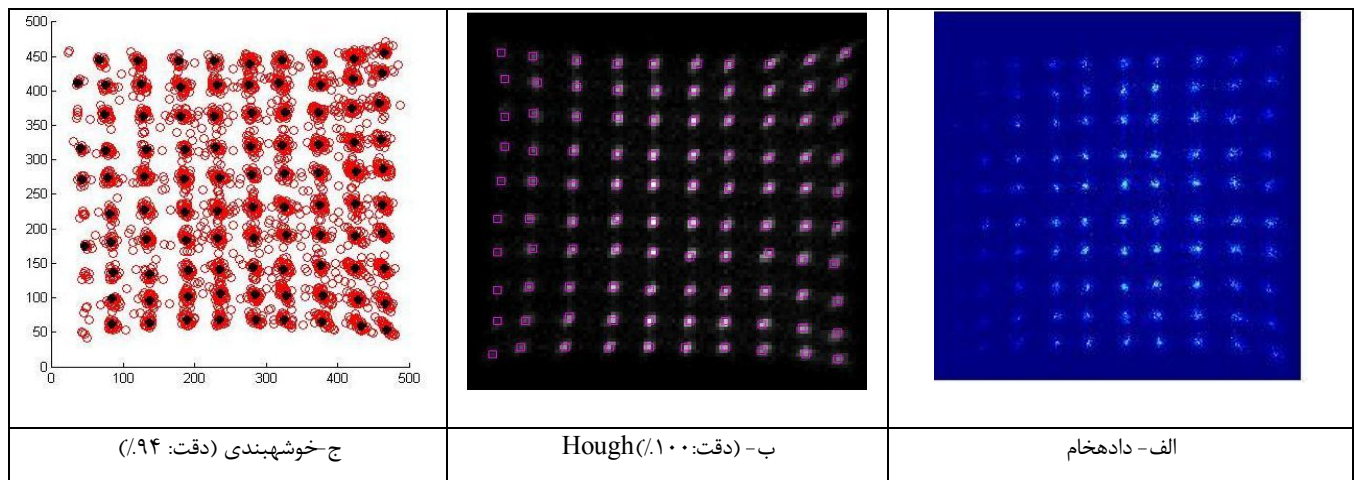
دیگر اما الگوریتم تشخیص یک خوشه‌بندی یک‌گانه‌ها را شکل رسم شده‌هاست.



شکل ۱. دیاگرام الگوریتم تشخیص پیک از طریق خوشه بندی کاهشی (راست) و تبدیل هاف (چپ)

نتایج

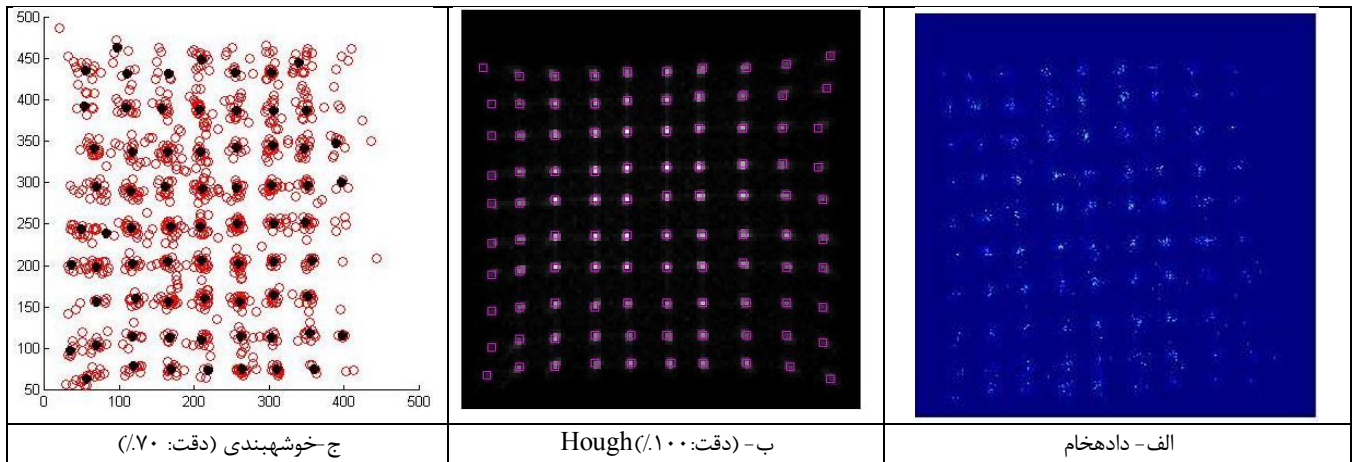
الگوریتم تشخیص مکانیکریستال هابرای سیستم IRI-MicroPET در محیط مطلب نوشتهد و بر روی کریستالبا ۱۰۰ آرایه اعمالگردید. الگوریتم هاف خوشه بندی کاهشی روی داده های خروجی از PS-PMT که به سیگنال های دیجیتالی تبدیل شده اعمال می گردد. در روش اول، از الگوریتم تبدیل هاف استفاده شده است. شکل ۲ تصاویر نقشه کریستال دست آمده از دو ماجو لاشکار ساز را نمایش میدهد.





بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۲. مقایسه دقت الگوریتم تشخیص پیک (هاف و خوشه‌بندی یک‌گوشی) بعد از اعمال بر روی نقشه‌ها بکر بستال متفاوت. الف- نواحیر و شنتر نشاندهند هیا حتما مکانیکهاستب- مر بعینفشمکانیک بعد از اعمال الگوریتم تبدیل Hough را نشان میدهد. ج- دایر هسیا همکانیک بعد از اعمال الگوریتم خوشه‌بندی یک‌گوشیر را نشان میدهد.

همانطور که در شکل دیده می‌شود الگوریتم هاف به دقت پیک‌ها را تشخیص می‌دهد و با استفاده از آن می‌تواند در دو مکمل داده‌ها یک‌گوشی‌ها را پیدا کند.

در روش دوم نتایج حاصل از نقشه‌های کلاسیک الگوریتم خوشه‌بندی یک‌گوشی در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین دقت ناشی از اعمال الگوریتم در شکل ۲ آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطابق نتایج دقت روش اول ۱۰۰٪، اما دقت روش دوم ۷۰٪ است که نشان‌دهنده برتری الگوریتم تبدیل هاف نسبت به الگوریتم خوشه‌بندی یک‌گوشی است. این روش و بیلوک‌ها با طراحي متفاوت اما متجانس هستند که می‌توانند در این زمینه‌ها استفاده شوند.

همچنین تعداد پیک‌ها یکی یکی شناسایی می‌شوند و می‌تواند در متنبر نامهم مطلب مشخص شود زیرا تعداد آرایه‌ها در مدول کریستال مشخص می‌باشد.

الگوریتم‌ها تبدیل هاف و خوشه‌بندی یک‌گوشی بر اساس الگوریتم‌های مختلف است که می‌توانند در این زمینه‌ها استفاده شوند. همچنین روش‌های دیگر نیز می‌توانند در این زمینه‌ها استفاده شوند.

مراجع

[1] K. A. Stonger, M. T. Johnson, Optimal Calibration of PET crystal position maps using Gaussian mixture models, IEEE Trans NuclSci, 51, 85-90, (2004).



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

- [2] A. Mao, Positron emission tomograph detector module calibration through morphological algorithms and interactive correction, 1999-2000 International Student Technical Writing Competition (ISTWC) winners, (2000).
- [3] J. Breuer, K. Wienhard, PCA-Based Algorithm for Generation of Crystal Lookup Tables for PET Block Detectors, *IEEE Trans NuclSci*, 56, 602–607 (2009).
- [4] D. Hu, Verification of neural network based algorithm for crystal identification of PET block detector, *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*, 2847- 2850, (2007)
- [5] P. V. C. Hough, *Method and Means for Recognizing Complex Patterns*. U.S. Patent No. 3069654, (1962)