اولین کنفرانس ملی حسگرهای فیبرنوری- ۶ آبان ۱۴۰۰
ICOFS 2021
1st Iranian Conference on Optical Fiber Sensors
October 28, 2021
پژوهشکده لیزر و پلاسما

مقایسه عملکرد روش‌های دوبعدی میانگین‌گیری غیرموضعی و محاسبه‌ی میانه و نیز ترکیب آن‌ها درپردازش نمایه‌ی دمایی اندازه‌گیری‌شده توسط حسگر توزیعی رامان تار نوری

لاله رحیمی‌نژاد[۱،*]، سید علی‌اصغر عسکری[۱]، مجتبی ارجمند[۱]، مرتضی مظفری[۲]

[۱] مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
[۲] پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران

چکیده: حسگرهای دمایی رامان تار نوری از جمله مهم‌ترین حسگرهای توزیعی با کاربردهای فراوان در حوزه‌های گوناگون می‌باشند. سطح بسیار پایین توان‌های استوکس و، به‌ویژه، آنتی‌استوکس رامان موجب می‌شود که انتخاب روش مناسب برای افزایش نسبت سیگنال به نوفه تاثیر مهمی بر دقت اندازه‌گیری دما توسط این حسگرها داشته باشد. در این مقاله نتیجه‌ی استفاده از روش‌های دوبعدی میانگین‌گیری غیرموضعی و میانه و نیز ترکیب آن‌ها برای بهبود کیفیت نمایه‌ی دمایی یک حسگر رامان تار نوری استفاده شده است. نتایج تجربی ارائه‌شده مربوط به یک تار نوری به طول ۶۰۰ متر با پله‌ی دمایی به طول ۲۰ متر در فاصله‌ی ۵۴۰ متری از سر تار است. نتایج حاصل از پردازش سیگنال نشان‌دهنده‌ی عملکرد مطلوب تاثیر روش‌های به‌ترتیب میانه و سپس میانگین‌گیری غیرموضعی بر کاهش خطای اندازه‌گیری دما از ۲ به ۰/۷ درجه سانتی‌گراد است.

کلید واژگان: حسگر تار نوری رامان؛ پردازش سیگنال؛ محاسبه‌ی میانه؛ میانگین‌گیری غیرموضعی.

Comparison of using 2-D Non-local means, median methods, and a hybrid of them in the processing of the temperature profile of a distributed fiber Raman sensor

Lale Rahimi[1,*], Ali-Asghar Askari[1], Mojtaba Arjmand[1], Morteza Mozafari

1 Faculty of Applied Science, Malek-Ashtar University

2 Niroo Research Institute, Tehran, Iran.

Abstract- Fiber optic temperature Raman sensors are among the most important distributed sensors with many practical applications. The low power of Raman Stokes and, especially, anti-Stokes powers caused a considerable influence of the signal-to-noise ratio enhancement method on the accuracy of the measured temperature. In this paper, we have used the median and non-local means methods, and a hybrid of them, to improve the temperature profile of a fiber Raman sensor. Experimental results are presented for a 600 m fiber optic with a temperature step with a length of 20 m and located at a distance of 540 m from the entrance end of the fiber. Signal processing results show the appropriate results by respectively using the median and non-local means methods on the reduction of the temperature measurement error from 2 °C to 0.7 °C.

Keywords: Fiber Raman sensor; Signal Processing; Median method; Non-local means method.

* Lalerahimi@mut-es.ac.ir

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در جهت بهبود جنبه‌های مختلف عملکردی حسگرهای دمایی رامان تار نوری صورت گرفته است. در این دسته از حسگرها نمایه‌ی دمایی تار نوری با استفاده از نسبت توان سیگنال‌های استوکس و آنتی‌استوکس محاسبه می‌شود. بنابراین بهبود نسبت سیگنال به نوفه یکی از تاثیرگذارترین فرایندهای پردازش سیگنال در عملکرد یک حسگر رامان تار نوری است.

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های کاهش نوفه‌ی دوبعدی در این سیستم‌ها بسیار مورد توجه و تحقیق قرار گرفته است. روش محاسبه‌ی میانگین غیرموضعی[۱] از جمله پرکاربردترین این روش‌ها است، که اولین‌بار در سال ۲۰۱۶ سوتو و همکارانش استفاده از آن در جهت بهبود SNR یک حسگر رامان تار نوری را پیشنهاد دادند [۱]. در این مقاله از روش متداول محاسبه‌ی میانه[۲] [۲] و روش NLM به صورت جداگانه و نیز ترکیبی برای نوفه‌زدایی نمایه‌ی دمایی یک حسگر رامان تار نوری استفاده و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج حاصل نشان‌دهنده‌ی برتری کاربرد روش ترکیبی به‌ترتیب Median و سپس NLM در پردازش‌های انجام شده است.

۲- اصول روش NLM

تفاوتِ مهم روش NLM با میانگین‌گیری معمولی در این است که همسایگی نه بر اساس فاصله‌ی سلول‌های تصویر بلکه بر اساس نزدیکی سطح شدت آن‌ها تعریف می‌شود. این کار را می‌توان به‌سادگی و با تعریف یک تابع وزنی مناسب انجام داد. بدین‌ترتیب مقدار سلول iام با

$$NLM\{f(i)\}=\sum_{j\in I} w(r_{ij})f(j) \qquad (۱)$$

جایگزین می‌شود، که در آن f(i) شدت سلول iام در تصویر اصلی، r_{ij} فاصله‌ی اقلیدسی دو سلول i و j با تعریف $r_{ij}=|f(i)-fj|$ و W(rij) تابع وزنی، با سه قید به‌صورت ۱) تابع زوجی از r_{ij} ۲) دارای بیشینه مقدار خود در $r_{ij}=0$ و ۳) بهنجار ($\sum_{j\in I}W(rij)=1$)، هستند. در رابطه‌ی (۱) جمع‌بندی بر روی کل سلول‌های تصویر اصلی (I) انجام می‌شود. جدول ۱ توابع وزنی مورد استفاده در این کار را نشان می‌دهد.

جدول۱: توابع وزنی به‌کار رفته در نوفه‌زدایی نمایه‌ی دمایی حسگر رامان تار نوری به روش NLM.

Name	Lorentzian (n=1,2)	Fair	Logistic	Gaussian
Function	$\frac{1}{z(i)}\left(\frac{1}{1+r_{ij}^2/h^2}\right)^n$	$\frac{1}{z(i)}\left(\frac{\tan^{-1}(r_{ij}/h)}{r_{ij}/h}\right)^2$	$\frac{1}{z(i)}\mathrm{sech}^2(r_{ij}/h)$	$\frac{1}{z(i)}e^{-r_{ij}^2/h^2}$

در جدول ۱ h پارامتر کنترل پهنای تابع وزنی و z(i) ضریب بهنجارش بر اساس شرط سوم تابع وزنی است. مقدار بزرگ h منجر به نوفه‌زدایی (یکنواخت‌سازی) شدیدتر می‌شود، که البته به قیمت افزایش ماتشدگی، و یا حتی از دست رفتن و یا افزایش خطا در اطلاعات مربوط به نقاط دارای تغییرات شدید دمایی، تمام خواهد شد. بهتر است که مقدار h با توجه به انحراف از معیار نوفه‌ی تصویر انتخاب شود.

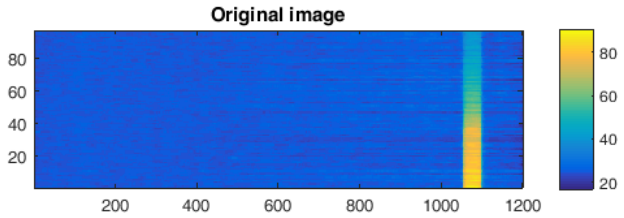
۳- ارائه و تحلیل نتایج

همانطورکه گفته شد، NLM در اصل روشی برای نوفه زدایی تصاویر دو بعدی است. بنابراین برای استفاده از این روش ابتدا لازم است که اطلاعات دمایی حاصل از انتشار یک قطار پالس جمع‌آوری و سپس به‌صورت یک تصویر دوبعدی درآورده شوند. شکل ۱ نمونه‌ای از تصویر

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

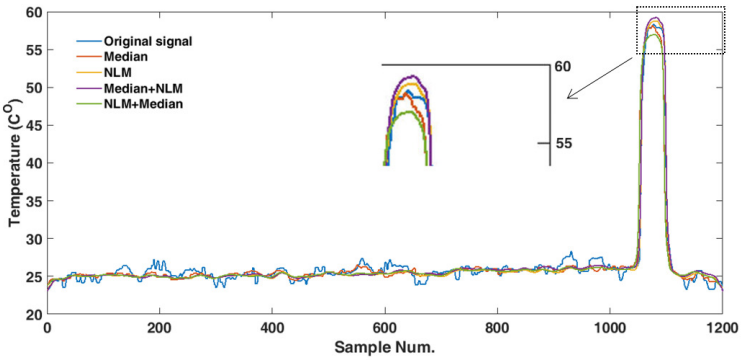
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

ساخته‌شده با استفاده از اطلاعات دمایی مربوط به یک حسگر رامان با طول ۶۰۰ متر را نشان می‌دهد.در این آزمایشات بخشی به طول ۲۰ متر از تار (در اطراف نقطه‌ی ۵۴۰ متری از سر تار) در یک حمام دمایی با دمای قابل کنترل قرار داده شده است.



شکل ۱- تصویر دوبعدی ساخته‌شده با استفاده از نمایه‌های دمایی اندازه‌گیری‌شده توسط یک حسگر رامان با طول ۶۰ متر در حالی‌که بخشی به طول ۲۰ متر از تار (در اطراف نقطه‌ی ۵۴۰ متری از سر تار) در یک حمام دمایی با دمای قابل کنترل قرار دارد.

در شکل ۱ محور عمودی مرتبه‌ی اندازه‌گیری و محور افقی شماره‌ی نمونه در طول تار را نشان می‌دهد. این شکل حاصلِ نود و هفت بار اندازه‌گیری دما در طول تار در حین تغییر تدریجی و پیوسته‌ی دما در حمام دمایی است. در این آزمایش دمای محیط و بیشینه و کمینه دمای حمام دمایی به‌ترتیب برابر ۲۵، ۸۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. شکل ۲ یک سطر از تصویر شکل ۱ مربوط به مرتبه‌ی پنجاهم اندازه‌گیری (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حمام دمایی) را قبل و بعد از پردازش با استفاده از روش‌های NLM (با تابع وزنی گاوسی)، Median و ترکیب این دو روش با توالی ابتدا NLM (Median) و سپس Median (NLM) را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمایش یک سطر از تصاویر شکل ۴ مربوط به مرتبه‌ی پنجاهم اندازه‌گیری (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حمام دمایی) قبل و بعد از پردازش با استفاده از روش‌های NLM (با تابع وزنی گاوسی) ، Median و ترکیب این دو روش.

مقایسه‌ی بخش‌های مختلف شکل ۲ نشان‌دهنده‌ی برتری روش NLM+Median در نوفه‌زدایی، البته به قیمت نرم‌شدگی نسبتاً شدید قله و ایجاد خطای ۳ درجه سانتی‌گراد در اندازه‌گیری دما است. درحالی‌که با استفاده از روش Median+NLM خطای اندازه‌گیری دما از ۲ به ۰/۷ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. استفاده از توابع وزنی دیگر نیز نشان از برتری روش Median+NLM نسبت به سایر روش‌ها دارد.

مراجع

1. M. A. Soto *et. al*. **Nat.Commun. 7**(1) 1, (2016).
2. R. C. Gonzalez, R. E. Woods *Digital Image Processing*, New Jersy: Prentice-Hall, Ch. 3, (2002).

[1] Non-local means (NLM)
[2] Median

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]