بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

بررسی تاثیر تلاطم محیط بر تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی

پریسا سلیمانی، سهراب احمدی-کندجانی و رضا خردمند

گروه فوتونیک، پژوهشکده فیزیک کاربردی و تحقیقات ستاره شناسی، دانشگاه تبریز، بلوار۲۹ بهمن، تبریز

چکیده – در این مقاله تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی در حضور تلاطم بصورت تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که نسبت سیگنال به نویز، کنتراست وتباین تصاویر تحت تاثیر تلاطم کاهش می یابد، بعبارت دیگر کیفیت تصاویر گوست در اثر افزایش شدت تلاطم کاهش می یابد.

کلید واژه- تصویربرداری گوست دیفرانسیلی محاسباتی، تلاطم، کنتراست، تباین، نسبت سیگنال به نویز

Effect of ambient turbulence on differential computational ghost imaging

Parisa Soleimani, Sohrab Ahmadi-Kandjani, and Reza Kheradmand

Photonics Group, Institute for Applied Physics and Astronomy, University of Tabriz, Tabriz

Abstract- In this paper the differential computational ghost imaging in the presence of turbulence were experimentally investigated. Results show that the signal to noise ratio, contrast and image visibility is reduce under the influence of turbulence, in other words ghost imaging quality decreases with increasing turbulence intensity.

Keywords: differential computational ghost imaging, turbulence, contrast, signal to noise ratio, visibility

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

۱- مقدمه

تصویربرداری گوست نوعی روش تصویر برداری غیرمحلی است که نیازی به قرار گرفتن جسم در مقابل عدسی دوربین نمی باشد و با اندازه گیری همبستگی شدت ها میتوان تصویر جسم ناشناخته را بدست آورد.[1-3]

در تصویربرداری گوست، تصویر جسم توسط دوباریکه که همبستگی فضایی دارند، بازسازی می شود: ۱) باریکه مرجع که به جسم برخورد نمیکند و با اشکارساز CCD اندازه گیری می شود و ۲) باریکه ی جسمی که بعد از برخورد با جسم توسط اشکارساز بوکت(تفکیک فضایی ندارد) جمع آوری می شود.[4,5]

در سال ۲۰۰۹ برای اولین بار تصویر برداری گوست محاسباتی توسط شاپیرو پیشنهاد شد.[6] در تصویر برداری گوست محاسباتی فقط از یک باریکه برای تصویر سازی استفاده شده است. تفاوت این نوع چیدمان با چیدمان های قبلی در حذف اشکار ساز CCD و شیشه ی مات چرخان است که به جای هر دوی آن ها از مدولاتور نوری فضایی (SLM) استفاده شده است. بعبارت دیگر طرح های فازی کاتوره ای از قبل در کامپیوتر توسط یک تابع از پیش تعریف شده ای مانند $\varphi_i(\rho,t)$ تولید و بر روی SLM اعمال می شوند. کل شدت رسیده از هر طرح فازی کاتوره ای توسط اشکارساز بوکت که در پشت جسم قرار دارد، جمع آوری می شود:

$$B_r = \int dxdy I_r(x,y)T(x,y)$$

B_r : مقدار شدت بوکت را نشان می دهد که مستقیما به طرح های پیسه $I_i(\rho,t)$ وابسته است.

رابطه ی بین ناحیه ی عبور جسم و طرح پیسه بصورت زیر است:

$$I_i(\rho,t) = \left|E_i(\rho,t)\right|^2$$

$\rho(x_n, y_n)$: مختصات عرضی روی SLM را نشان می دهد. در نهایت تصویر گوست از معادله ی همبستگی زیر حاصل میشود:[7]

$$G(\rho) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(B_i - \langle B_i\rangle)I_i(\rho) = \langle BI(\rho)\rangle - \langle B\rangle\langle I(\rho)\rangle \quad (۳)$$

تصویر برداری گوست دیفرانسیلی محاسباتی برای اجسامی که خاصیت جذب کنندگی ضعیفی دارند، بکار میرود. چیدمان این نوع تصویر برداری مشابه چیدمان تصویر برداری های قبلی است و تنها تفاوت در رابطه ی همبستگی است که از رابطه ی زیر برای بازسازی تصویر استفاده می شود:

$$\langle G_{DGI}(\rho)\rangle = \langle s_1 I_2(\rho)\rangle - \frac{\langle s_1\rangle}{\langle s_2\rangle}\langle s_2 I_2(\rho)\rangle \quad (۴)$$

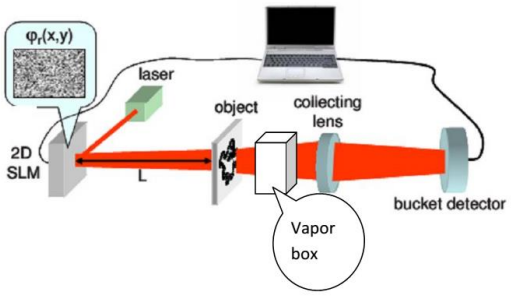
s_1, s_2: به ترتیب میانگین شدت های بوکت و میانگین مجموع شدت های درایه های SLM است و همچنین $\overline{T} = \frac{\langle s_1\rangle}{\langle s_2\rangle}$ میانگین تصاویر گوست بدست آمده در هر شات را به دست می دهد.[8] همچنین می توان این نوع روش تصویر برداری را با حضور تلاطم محیط نیز بررسی کرد که بخش اصلی کار ما را تشکیل میدهد. تلاطم محیط، تغییرات ضریب شکست در طول مسیر باریکه ی نوری سبب ایجاد تلاطم محیط می شود، بسته به مقدار تغییرات ضریب شکست، محیط می تواند تلاطم قوی یا ضعیف داشته باشد.[9]

در حالت کلی در این مقاله تاثیر تلاطم محیط روی تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی در حالت های متفاوت مقایسه و بررسی میشود.

۲- آرایش تجربی

در این مقاله برای نمایش اثر تلاطم محیط بر تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی از چیدمان شکل(۱) استفاده شده است. همانطور که از شکل معلوم است یک محفظه ای که بطور پیوسته بخار به داخل ان تزریق می شود، قرار داده شده است. این محفظه به ابعاد $12*12*11\,cm^3$ است ویکی از ابعادش(x=12cm) قابلیت جابجایی دارد یعنی می توان حجم محفظه را تغییر داد، کم یا زیاد کرد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]



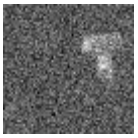
شکل ۱:چیدمان تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی بکار رفته در ازمایشگاه

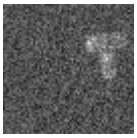
برای مقایسه و نمایش تاثیر تلاطم محیط بر روی تصویر برداری گوست محاسباتی دیفرانسیلی در حالت های متفاوت به طور تجربی، از یک لیزر هلیون- نئون با طول موج $\lambda = 632.8nm$، یک SLM به ابعاد ۱۳۰*۱۳۰ پیکسل (اندازه ی هر پیکسل $209*209\ \mu m^2$) و یک دوربین CMOS (complementary Metal- Oxide Semiconductor) به ابعاد ۴۸۰*۶۴۰ پیکسل ($4*3\ mm^2$) استفاده شده است.

برای ایجاد طرح های پیسه روی باریکه ی لیزر، در هر اندازه گیری الگوها بصورت ماتریس توسط یک کنترل کننده کامپیوتری روی SLM نقش می بندد. SLM، طرح های پیسه را روی نور یکنواخت لیزر ایجاد می کند. طرح های پیسه که دارای نقاط روشن و تاریک هستند، بعد از عبور از جسم به اشکارساز می رسند. در نتیجه در هر طرح پیسه یک عدد منحصر بفرد بعنوان شدت توسط اشکار ساز ثبت می شود که با توجه به طرح پیسه ی مربوطه می توان تصویر گوست را بدست اورد. از نرم افزار MATLAB به عنوان رابط بین رایانه و SLM استفاده شده است که می توان الگو های تصادفی را به صورت ماتریس های دلخواه در اندازه های مختلف روی SLM اعمال کرد.

۳- نتایج و بحث

تصاویر زیر، تصاویر بدست امده از داده های تجربی برای حجم های متفاوت هستند:


الف)


ب)

شکل۲: تصاویر گوست بدست امده از داده های تجربی: الف) تصویر گوست بازسازی شده برای محفظه با حجم کوچکتر(غلظت بخار بیشتر)، ب) تصویر گوست بازسازی شده برای محفظه با حجم بزرگتر(غلظت کمتر)

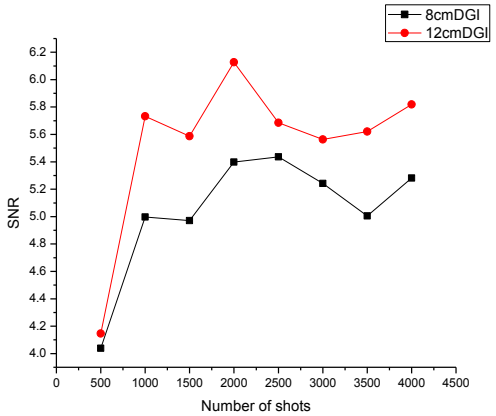
در این قسمت از داده های تجربی بدست آمده نمودارهای نسبت سیگنال به نویز، تباین و کنتراست با استفاده از معادلات زیر رسم شده اند:[10]

$$V(G) = \frac{\langle G(x_{in})\rangle - \langle G(x_{out})\rangle}{\langle G(x_{in})\rangle + \langle G(x_{out})\rangle} \qquad (۵)$$

$$SNR(G) = \frac{\langle G(x_{in})\rangle}{\sqrt{\frac{1}{2}\left[\Delta^2 G(x_{in}) + \Delta^2 G(x_{out})\right]}} \qquad (۶)$$

$$CNR(G) = \frac{\langle G(x_{in})\rangle - \langle G(x_{out})\rangle}{\sqrt{\frac{1}{2}\left[\Delta^2 G(x_{in}) + \Delta^2 G(x_{out})\right]}} \qquad (۷)$$

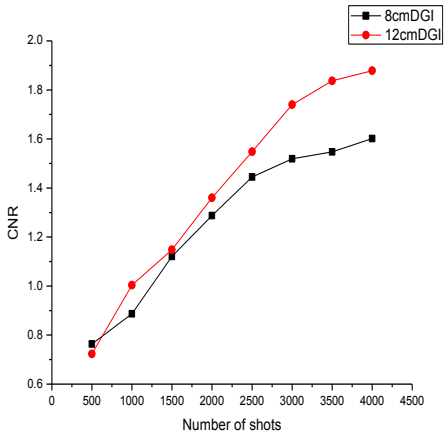
V(G): تباین تصویر، یک کمیت بسیار مهم است که اختلاف نسبی بین نواحی روشن وتاریک تصویر را توصیف می کند.SNR(G), CNR(G) : چگونگی قابل تمییز بودن اطلاعات مفید را نسبت به نویز موجود در سیستم مشخص می کنند.



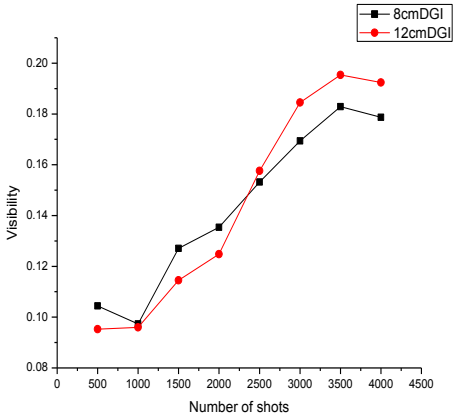
شکل۳: نمودار نسبت سیگنال به نویز برای طول های محفظه با x=8,12cm

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

همانطور که از شکل (۳) مشخص است نمودار نسبت سیگنال به نویز حالت x=8cm زیر نمودار حالت x=12cm است و این خود حاکی از غلظت بالا یا تلاطم بالا در حالت x=8cm نسبت به حالت x=12cm است.



شکل۴: نمودار کنتراست نسبت به شات برای طول های محفظه با x=8,12cm



شکل۵: نمودار تباین نسبت به شات برای طول های محفظه با x=8,12cm

شکل های (۴) و(۵) نشان می دهند که با افزایش تعداد شات ها، کنتراست و تباین تصویر بهبود می یابد در واقع تصویر نهایی کیفیت بهتری خواهد داشت و همچنین چون غلظت محیط یا تلاطم در حالت x=8cm بیشتر است به همین دلیل کیفیت تصویر گوست بازسازی شده ی نهایی پایین تر از کیفیت تصویر گوست بازسازی شده ی حالت x=12cm است.

۴- نتیجه گیری

همانطور که از هر سه شکل(۳) و(۴) و(۵) مشخص است با افزایش تعداد شات ها کیفیت تصویر گوست بازسازی شده بهبود می یابد و نتیجه ی دیگری که می توان از این شکل ها گرفت این است که هرچه غلظت یا تلاطم محیط بالا باشد، کیفیت تصویر گوست بازسازی شده پایین می آید.

مراجع

[1] T. B. Pittman, Y. H. Shih, D. V. Strekalov, and A. V .Sergienko, Phys. Rev. A. 52, R3429(1995)

[2] G. Scarcelli, V. Berardi, and Y. shih," Can Two-Photon correlation of Intensity Flactuations? ",Phys. Rev.Lett.96,063602(2006)

[3] Erkmen, B., Shapiro, J., Ghost imaging: from quantum to classical to computational, Adv. Opt. Photon., Vol 2, pp. 405-450, 2010.

[4] R. W. Boyd, R. S. Bennink, S. J. Bentley, Phys. Rev. Lett. 89, 113601 (2002)

[5] O.katz, Y. Bromberg, and Y. Silberberg, "compressive ghost imaging", Appl. Phys. Lett. 95, 131110(2009)

[6] J. H. Shapiro,"Computational ghost imaging". Phys.Rev.A 78.061802(2008)

[7] Y. Bromberg,O. Katz, and Y. silberberg," Ghost imaging with single detector", Phys. Rev. A. 79.053840(2009)

[8] F. Ferri, D. Magatti, L. A. Lugiato, and A. Gatti. " Differential ghost imaging". Phys. Rev. Lett. 104, 253603 (2010).

[9] J.Cheng, "Ghost imaging through Turblent atmosphere", Optics Express, Vol. 17, Issue 10, pp. 7916-7921 (2009)

[10] K.W.C., Chan., O'Sullivan., M.N., Boyd., R.W., Optimization of thermal ghost imaging: high-order correlations vs. background subtraction, Optics Express., Vol 18(6), pp. 5562-5573, 2010.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]