بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

سالیتون‌های کاواک گسسته در آرایه یک بعدی در محیط غیرخطی کر با نقص‌های سطحی و محلی

آرزو رنجی علیشاه[۱] ، کیوان محمود اقدمی [۲]و رضا خردمند[۱]

۱. گروه فوتونیک دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز

۲. گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

ranji.arezoo@gmail.com

چکیده – در این مقاله اثر نقص ضریب جفت شدگی در دو حالت نقص سطحی و نقص محلی، بر روی انتشار نور در آرایه‌ای از کاواک‌های جفت شده یک بعدی در محیط غیر خطی کر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا ابتدا منحنی دوپایایی سامانه رسم شده و با استفاده از نتایج شبیه‌سازی، شاخه‌های سالیتونی فرد در حالت نقص سطحی و شاخه‌های سالیتونی فرد و زوج در حالت نقص محلی ضریب جفت شدگی مشاهده گردید و نمایه دامنه سالیتون‌های نقص و غیر نقص نمایش داده شده است. نتایج نشان‌دهنده وجود سالیتونهای فرد و زوج متفاوت در محل نقص میباشد.

کلید واژه– سالیتون، سالیتون کاواک گسسته، نقص، غیر خطیت کر.

Discrete cavity solitons in 1_D Array with Kerr nonlinearity with surface defect and local defect

Arezoo Ranji Alishah[1], Keivan Mahmoud Aghdami[2], and Reza Kheradmand[1]

1. Photonic group, Faculty of Physics, Tabriz University, Tabriz.

2. Department of Physics, Payame Noor University, Tehran, Iran.

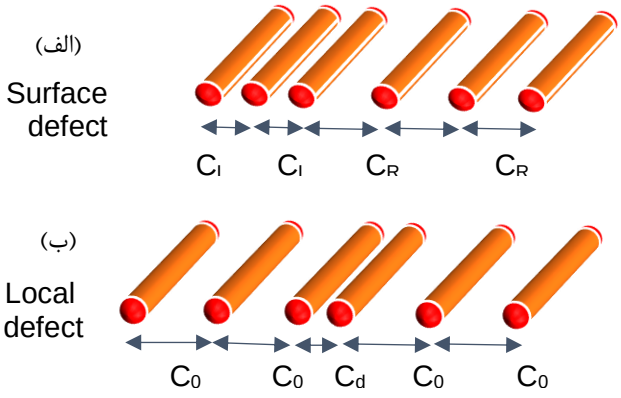
Abstract- In this paper, effects of coupling coefficient surface defect and local defect in light propagation on one-dimensional array of coupled optical cavities with Kerr nonlinearity are studied. First bistability curve is drawn and with stimulation results, bifurcation diagram of odd solitons in coupling coefficient surface defect and bifurcation diagram of even solitons in local defect of coupling coefficient are determined. Also solitons amplitude profiles are shown. Results show there are different odd and even solitons in defect region.

keywords: Soliton, Discrete cavity soliton, Defect, Kerr nonlinearity.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

مقدمه

سالیتون‌های نوری فضایی امواج جایگزیده‌ای هستند که در محیط‌های غیر خطی بدون تغییر شکل منتشر می‌شوند. یکی از مهمترین نوع سالیتون‌های فضایی که در دهه اخیر معرفی شده و مورد توجه قرار گرفته است سالیتون کاواک گسسته نام دارد[1]. انرژی سامانه کاواک های جفت شده توسط میدان تخت تابش شده از خارج (HB) بنام پرتو نگهدارنده تامین می‌شود. بخاطر اثرات غیر خطی در محیط تراکم شدت بصورت جایگزیده و محلی و ایستا در زمان ظاهر می‌شود که سالیتون کاواک گسسته (DCS) نامیده می‌شوند[2]. شکل، شدت و موقعیت این قله‌های جایگزیده بستگی شدیدی به فاصله بین کاواک‌ها و به پارامترهایی مانند جفت شدگی، نامیزانی کاواک دارد. با معرفی نقص در یک آرایه همگن، سالیتون‌ها تمایل به قرارگیری در محل نقص دارند[3]. این رفتار قبلا در بصورت تجربی در آرایه‌های موجبرهای نوری بررسی شده بود[4] و بنا به اطلاعات نویسندگان تاکنون در کاواک‌های جفت شده بررسی نشده اند. در این مقاله با در نظر گرفتن پدیده غیر خطی کر و نقص ضریب جفت‌شدگی در آرایه‌ها به دو حالت نقص سطحی (شکل ۱-الف)و محلی (شکل۱-ب) با استفاده از حل عددی انواع جواب‌های سالیتونی سامانه بررسی و تحلیل پایداری خواهند شد. همچنین محل تشکیل این سالیتون‌ها بر منحنی دوپایایی و شکل شاخه‌های سالیتونی برای هر دو نوع نقص سطحی و محلی رسم می‌شود. با توجه به شکل ۱ در نقص سطحی، ضریب جفت شدگی آرایه های سمت راست با C_R و سمت چپ با C_L نشان داده شده است. در نقص محلی، ضریب جفت شدگی کاواکهای جفت شده زمینه با C_0 و آرایه های نقص با C_d نمایش داده شده است. مقدارضریب جفت شدگی به شکل هندسی موجبرها و آرایه و بیشتر به فاصله عرضی دو موجبر با هم بستگی دارد و براحتی در عمل و در مرحله ساخت آرایه قابل تنظیم است.



شکل۱: (الف)آرایش نقص سطحی (ب) نقص محلی

شبیه سازی

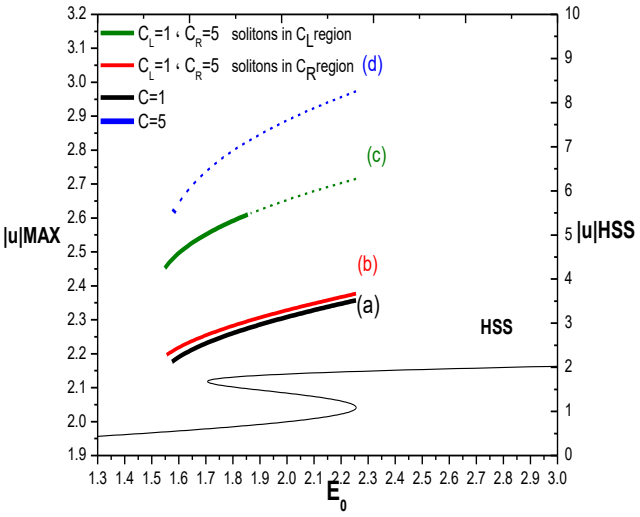
بررسی‌های قبلی نشان می‌دهد که این سامانه در حالت خروجی همگن پایا (HSS) تحت شرایط خاصی دوپایا است[5]. تغییرات شدت جوابهای HSS به ازاء میدان ورودی در شکل (۲) نشان داده شده است. همچنین جواب‌های ایستای غیر همگن سالیتونی را می‌توان از حل عددی معادله دیفرانسیل به روش تکرار بدست آورد. در شکل ۲ منحنی مربوط به شاخه همگن (HSS) بهمراه دو شاخه سالیتونی برای سامانه های بدون نقص رسم شده است. این جواب‌ها نیز دارای یک الگوی S شکل دوپایا تبعیت می‌کنند که در آن قله شدت در روی زمینه همگن قرار خواهد داشت. برای بررسی تاثیر نقص در پارامتر جفت شدگی، سامانه را در دو حالت نقص سطحی و محلی بررسی می‌کنیم.

نقص سطحی

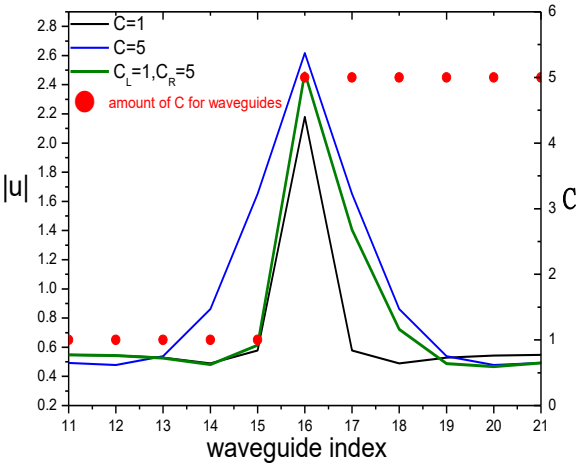
با توجه به شکل (۱الف) در این وضعیت، پارامتر جفت شدگی بین موجبرها در یکطرف C_L و طرف دیگر C_R می-باشد. پس از حل عددی معادلات مشخص شد که دو نوع مختلف سالیتون در محل نقص سطحی وجود دارد که در یکی قله سالیتونی در طرف چپ نقص که جفت‌شدگی در آن C_L (شکل ۲ b) می‌باشد و در نوع دوم، قله سالیتونی در طرف راست نقص با مقدار C_R (شکل ۲ c) واقع شده است که در شکل (۳) نیز با منحنی خط پر نشان داده شده و

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

برای مقایسه، نمودار شدت سالیتون در غیاب نقص در $C=1$ و $C=5$ رسم گردیده است. با توجه به شکل ۲ ناحیه وجودی سالیتون نقص نسبت به میدان ورودی E_0 از گستردگی بیشتری نسبت به سالیتون‌های محیط همگن برخوردار است و در نواحی که سالیتون زمینه همگن وجود ندارد سالیتون نقص مشاهده می‌شود.



شکل۲ : منحنی دامنه حالت همگن HSS با خط مشکی نازک برحسب میدان ورودی. شاخه های سالیتونی سامانه‌های بدون نقص با منحنی های (a) و (d). سالیتون نقص در سامانه نقص سطحی که قله‌های سالیتونی واقع در طرف C_L با (b) و قله در طرف C_R با منحنی (c) . نواحی پایدار با خطوط پر و نواحی ناپایدار با نقطه‌چین. برای مقادیر پارامتری $\gamma = 1$. $\Delta = -3$.



شکل۳: نمایه‌ی دامنه سالیتون سامانه همگن و سالیتون نقص سطحی مطابق با شکل (۲). منحنی های آبی و مشکی به ترتیب دامنه سالیتون سامانه همگن بدون نقص بازای $C=5$ و $C=1$ هستند و منحنی سبز دامنه سالیتون نقص سطحی برای $C_L=1. C_R=5$ که قله آن در ناحیه با مقدار $C_R=5$ قرار گرفته است ($E_0=1.58$).

نقص محلی

در چنین سامانه ای پارامتر جفت شدگی کل موجبرها C_0 بوده و فقط در ناحیه میان چند موجبر با عرض w برابر با C_d است که به اختصار با نماد $C_0.C_d.C_0$ نشان داده می-شود. در شکل۴ منحنی مربوط به شاخه همگن(HSS) بهمراه دو شاخه سالیتونی برای سیستم همگن که در آن‌ها پارامتر جفت‌شدگی در کل موجبرها برابر است و همچنین در نقص محلی در دو عرض متفاوت $w=3$ و $w=1$ رسم شده است. در نقص محلی با عرض $w=1$ سالیتون زوج مشاهده گردید (نمایه مشخص شده با (b) درون نمودار) در حالیکه در سامانه همگن سالیتون زوج وجود ندارد یعنی با اعمال نقص محلی میتوان سالیتون زوج تولید کرد. همچنین در عرض بیشتر نقص محلی ($w=3$) فقط سالیتون فرد مشاهده می‌شود (نمایه مشخص شده با (c)درون نمودار) که شدت سالیتون نقص دارای قله‌ای در شدت‌های مابین وضعیت‌های بدون نقص می‌باشد اما ناحیه وجودی سالیتون نقص نسبت به میدان ورودی E_0 از گستردگی بیشتری نسبت به سالیتون‌های محیط همگن برخوردار است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

نتیجه‌گیری

در این مقاله اثر نقص ضریب جفت‌شدگی از نوع سطحی و محلی بر روی انتشار نور در آرایه‌ای از کاواک‌های جفت شده در محیط غیرخطی کر بررسی شد. همچنین محل تشکیل سالیتون‌های زوج و فرد در دو حالت نقص سطحی و نقص میانی، روی منحنی دوپایایی و نمایه دامنه چند نمونه از این سالیتون‌های زوج و فرد نشان داده شده است. با اعمال نقص سطحی و محلی میتوان گستردگی ناحیه وجودی سالیتونها را افزایش داد و همچنین سالیتون های زوج و فرد در نواحی ای که سالیتون همگن وجود ندارد، ایجاد کرد.

مرجع‌ها

[1] Yu.S. Kivshar and G.P. Agrawal, Optical solitons: From waveguides to Photonic Crystals (Academic Press ,San Diego ,), 540pp, 2003.

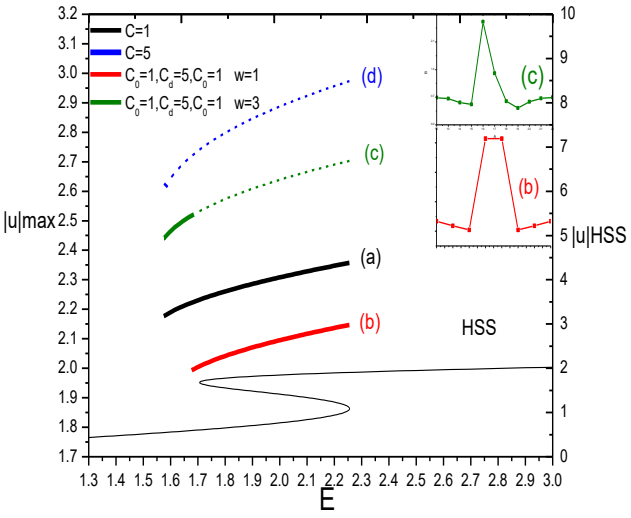
[1] U. Peschel, O.A. Egorov, and F. Lederer,*"Discrete cavity solitons,"* Opt. Lett. 29, 1909 (2004).

[2] H.Trompeter, Ulf. Peschel, Th. Pertsch and F. Lederer, *"Tailoring guided modes in waveguide arrays*," Optics Express 11, 3404 (2003).

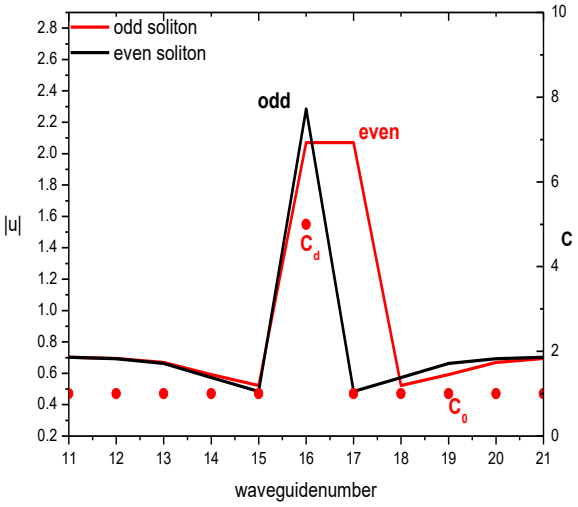
[3] R. Morandotti, H. S. Eisenberg, D. Mandelik, Y. Sillberberg, D. Modotto, M. Sorel, C. R. Stanley, and J. S. Aitchison, *" Nonlinearity and Disorder in Fiber Arrays*"Opt. Lett. **28**, 834 (2003).

[4] R. W. Boyd, *Nonlinear optics, second Edition* (Academic Press, San Diego, CA).

[5] K. M. Aghdami, R. Kheradmand, R. Karimi, "*Switching of Multiples Solitons in Arrays of Coupled Cavities*" Jpn. J. Appl. Phys. 50, 5 (2011).



شکل ۴: منحنی سیاه نازک دامنه حالت همگن HSS برحسب میدان ورودی. شاخه‌های سالیتونی سامانه های بدون نقص با ضریب جفت شدگی $C = 1$ و $C = 5$ (a) و (d) . شاخه سالیتونی زوج در سامانه نقص محلی با عرض $w = 1$ منحنی قرمز (b) . شاخه سالیتونی فرد در نقص محلی با عرض $w = 3$ با منحنی سبز(c). نواحی پایدار با خطوط پر، نواحی ناپایدار با نقطه‌چین. برای مقادیر $\gamma = 1$. $\Delta = -3$.



شکل ۵: دامنه سالیتون فرد سامانه بدون نقص بازا $C = 1$ با رنگ سیاه. دامنه سالیتون زوج نقص محلی با $C_0 = 1. C_d = 5. C_0 = 1$ که قله دامنه در ناحیه C_d قرار دارد با رنگ قرمز. برای مقادیر $\Delta = -3. \gamma = 1. E = 1.9$. دایره قرمز توپر اندازه ضریب جفت شدگی برای آرایه های زمینه و نقص .

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]