**پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی**
**گروه فوتونیک**

**پایان نامهٔ کارشناسی ارشد**

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فوتونیک- گرایش مخابرات

**عنوان**

# سوئیچ زنی همدوس و ناهمدوس سالیتونهای کاواک در میکرومشددهای نیمرسانا بالای آستانه ی لیزرزایی

استاد راهنما

**دکتر رضا خردمند**

استاد مشاور

**دکتر اصغر عسگری**

پژوهشگر

**منصور اسلامی**

دی ماه ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به دو گوهر ارزشمند زندگی ام،

پدر و مادر مهربانم

در ابتدا بر خود می دانم که از زحمات بی دریغ استاد گرانقدر و دانشمندم، جناب آقای دکتر رضا خردمند، در راستای انجام این پروژه و نیز بخاطر همه ی محبت ها و انرژی مثبتی که پیوسته از آنها برخودار بوده ام نهایت سپاسگزاری را بنمایم. همچنین از تمامی اساتید و کسانیکه در طول دوران تحصیل همواره از ایشان علم آموخته و از حمایت هایشان بهره مند بوده ام، بویژه استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر اقدمی که با راهنمایی های خود راهگشای اینجانب بودند، تقدیر و تشکر می نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: **اسلامی** نام: **منصور**

عنوان پایاننامه: **سوئیچ زنی همدوس و ناهمدوس سالیتونهای کاواک در میکرومشددهای نیمرسانا بالای آستانه ی لیزرزایی**

استاد راهنما: **دکتر رضا خردمند**

استاد مشاور: **دکتر اصغر عسگری**

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **فوتونیک** گرایش: **مخابرات** دانشگاه: **تبریز**

دانشکده: **پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی** تاریخ فارغ التحصیلی: دی ماه ۸۹

تعداد صفحه: ۹۸

کلیدواژه ها : **سالیتونهای کاواک، پردازش تمام نوری، حافظه های نوری ، سالیتون فضایی، ناپایداری**

**چکیده:**

سالیتونهای کاواک (CS) قله های منفرد و جایگزیده ی شدت هستند که می توانند در زمینه ای همگن از تابش شکل گیرند. قابلیت سوئیچ زنی سالیتونهای کاواک، یا به عبارت دیگر خاموش و روشن کردن آنها، و کنترل مکان و حرکت شان با اعمال پالسهای لیزری، سالیتونهای کاواک را بعنوان پیکسل های بالقوه برای آرایه های قابل پیکربندی یا واحد های پردازش تمام نوری جالب توجه ساخته است. چنین دستکاری هایی به این دلیل ممکن است که سالیتونهای کاواک از یکدیگر و از مرزها مستقل هستند. ناگفته نماند که این ویژگی مستقل بودن سالیتونهای کاواک از یکدیگر اساس کار حافظه های نوری است با آرایه ای از سالیتونهای فضایی ای که بطور منفرد قابل آدرس دهی هستند.

مطالعات نشان می دهند که حذف بی در روی پلاریزاسیون در معادلات دینامیکی میکرو مشددها باعث بوجود آمدن پدیده های غیرفیزیکی غیرقابل توجیه و ناپایداری سیستم می شود. برای غلبه بر این ناپایداریها وابستگی قطبش به کمیت هایی همچون چگالی حاملین و میدان الکتریکی مورد مطالعه و معادله مربوط به قطبش به معادلات دینامیکی میدان و حاملین اضافه شد. در معادلات مربوطه جهت واقعی تر کردن مدل برازش مرتبه ی دوم منحنی بهره انجام گرفته و ضریب آن وارد محاسبات شده است. در این پروژه ضمن تولید سالیتونهای کاواک در چنین

میکروکاواک هایی، روش سوئیچ زنی سالیتونها مورد مطالعه قرار گرفته و این روشها با هم مقایسه می شوند تا بهترین روش جهت روشن و خاموش کردن سالیتونها ارائه گردد. دو روش سوئیچ زنی در این پروژه مطرح شده، همدوس و ناهمدوس، که دینامیک هرکدام جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است و شاخه های سالیتونی برای جریانهای تزریق ۱۰ و ۳۰ درصد بالای آستانه شبیه سازی شده است. از آنجائیکه اساس کار گیت های منطقی بر پایه ی سوئیچ زنی استوار است، در این پایان نامه با استفاده از روش سوئیچ زنی همدوس به طراحی و شبیه سازی گیت های تمام نوری AND و OR بر پایه سالیتونهای کاواک مبادرت شده است. بعلاوه، حرکت سالیتونهای کاواک نیز که می تواند کاربردهای متنوعی داشته باشد بررسی شده است.

## فهرست:


مقدمه ..... ۱

۱) فصل اول: بررسی منابع (مفاهیم پایه ای و مقدمه پژوهشی)

۱-۱) سالیتون های کاواک..... ۸

۱-۲) کاربرد سالیتونهای کاواک..... ۱۱

۱-۲-۱) حافظه های تمام نوری..... ۱۱

۱-۲-۲) خط تاخیر تمام نوری..... ۱۲

۱-۲-۳) میکروسکوپ سالیتونی..... ۱۳

۱-۳) دوپایایی نوری..... ۱۵

۱-٤) میکرومشددهای نیمه رسانا..... ۱٦

۱-۵) لیزرهای نیم رسانا..... ۱۸

۱-۵-۱) تاریخچه..... ۱۸

۱-۵-۲) اساس کار..... ۱۹

۱-۵-۳) بهره نوری و اتلاف..... ۲۱

۱-۵-٤) لیزر های نیم رسانای واقعی..... ۲۲

۱-٦) لیزرهای چاه کوانتومی..... ۲۳

۱-٦-۱) لیزرهای چاه کوانتومی یکتایی..... ۲۳

۱-٦-۲) لیزرهای چاه کوانتومی چندگانه..... ۲۵

۱-۷) لیزر های نشر کننده از سطح..... ۲٦

۲) فصل دوم: مبانی و روشها

۲-۱) مدل میکرو مشددهای نیم رسانا..... ۲۹

۲-۱-۱) معادلات ماتریس چگالی..... ۲۹

۲-۲) معادلات ماکسول- بلاخ ماکروسکوپیک..... ۳۲

۲-۲-۱) پارامترهای $\xi$ , $\kappa$..... ۳٦

۲-۳) مدل کاواک و معادلات ماکروسکوپیک ماکسول- بلاخ تعمیم یافته..... ۳۷

۲-۳-۱) برازش منحنی بهره..... ٤٤

۲-٤) روش انتگرال گیری.....٤٦
۲-٤-۱) روش گام های مجزا.....٤٦

۳) فصل سوم: نتایج و بحث
۳-۱) جواب هموژن پایا.....۵۱
۳-۲) تحلیل پایداری خطی.....۵۳
۳-۳) نتایج حاصل از شبیه سازی های عددی.....۵۵
۳-۳-۱) سوئیچ زنی همدوس.....۵۷
۳-۳-۲) سوئیچ زنی نا همدوس.....٦٤
۳-٤) عملیات منطقی با سالیتونهای کاواک.....۷۱
۳-۵) حرکت سالیتونهای کاواک.....۷۷

٤) نتیجه گیری.....۸۱
۵) پیشنهادات.....۸۲
٦) مراجع.....۸۳
۷) فهرست شکل ها.....۸۵

**مقدمه:**

عبارت "سالیتون"[1] برای توصیف جوابهای غیرخطی موج منفرد (جایگزیده) معادلات انتگرال پذیر ابداع شده است. با این حال، از آنجائیکه جوابهای جایگزیده ی غیرخطی در گستره ی وسیعی از شرایط فیزیکی وجود دارند، این مفهوم سریعا توسعه یافت تا جوابهای موج منفرد در سیستم های پایستار[2] و غیر پایستار را پوشش دهد. سالیتونهای غیر پایستار یا اتلافی[3] دارای خصوصیاتی هستند که بطور قابل توجهی متفاوت از سیستم های پایستار هستند. مطالعه و بررسی ویژگیهای آنها در دو دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است بطوریکه موضوع سالیتونهای کاواک به یک رشته مستقل تحقیقاتی تبدیل شده است.

اکثر مطالعات قبلی روی سالیتونهای نوری در سیستم های پایستار روی این واقعیت متمرکز شده اند که غیرخطیت ماده، پراش (در سیستم های فضایی) یا پاشندگی (در سیستم های زمانی) را خنثی می کند. این تعادل منجر به یک ساختار جایگزیده ای می شود که سالیتون نامیده شده است. یک ساختار جایگزیده در سیستم اتلافی مستلزم شارش پیوسته ی انرژی به درون سیستم است، و بالاخص به درون ساختار جایگزیده، تا اینکه بتواند آنرا "زنده" نگه دارد.

نیکولز و پریگوگین[4] در کتاب "خود-سازمانی در سیستم های غیرتعادلی"[5] نشان دادند که سیستم های بدور از تعادل معمولا توسط معادلات غیرخطی اداره می شوند و ورود انرژی یا ماده به ساختارهای پایدار اجازه ی شکل گیری می دهد. آنها عنوان می کنند که تحولات قبل از پیدایش شامل ناپایداری هایی می شود که منجر به بوجود آمدن پیچیدگی[6] می شود. بنابراین جریان انرژی و ماده، نظم ساختاری و عملکردی تولید می کند.

[1] Soliton
[2] Conservative
[3] Dissipative
[4] Nicols and Prigogine
[5] "Self-organization in non-equilibrium systems" [John Wiley and sons, New York, 1977]
[6] Complexity

تاریخچه ی سالیتونهای کاواک را می توان به سه دوره تقسیم کرد: عصر سنگ، عصر فضا و عصر اطلاعات. عصر سنگ حدودا تا سال ۱۹۹۰ ادامه یافت. طی این دوره برخی از پیشروان این دانش پدیده های فضایی مربوط به کاواکها را مورد بررسی قرار دادند. یک شماره ویژه ی مجله[۱] این عصر را پایان داد و گذار به عصر فضا را مشخص کرد. در عصر فضا چندین شرایط موافق هم ترکیب شدند و توجه بسیاری را به اپتیک غیرخطی فضایی-زمانی جلب کردند. بهبود روش های برنامه نویسی امکان شبیه سازی دینامیکی طرحهای دوبعدی میدان را بوجود آورد. بعلاوه، مدلهای ساده میدان میانگین[۲] چنین سیستم هایی چارچوب مناسبی را بدست داد که براحتی با مطالعات تشکیل طرح در شاره ها و دیگر رشته ها سازگار می شد. شماره ی ویژه ی بعدی در ۱۹۹٤[۳] نشان داد که تا چه حد این رشته در طی چند سال تغییر یافته است. این شماره ی ویژه شامل مقالاتی می شود که سالیتونهای کاواک میدان میانگین را پیش بینی می کند، آب باریکه ای که در چند سال اخیر به سیل تبدیل شده است. عصر اطلاعات هنوز به صورت کامل آغاز نشده است؛ در این دوره تمرکز از صرف وجود سالیتونهای کاواک به مهندسی و کاربردهای آن تغییر خواهد کرد.

تاریخ سالیتونهای نوری کاواک با مقاله ی مولونی و همکارانش شروع شد، که روش گام-مجزای تبدیل سریع فوریه را برای شبیه سازی اثرات عرضی در دوپایایی نوری بکار بردند. مدل سیستم یک کاواک حلقوی تحریک شده با پرتوی گاوسی بود که شامل محیط غیرخطی خود کانون کر[٤] می شد. میدان حول کاواک منتشر می شد و بطور همدوس به پرتوی محرک در ورودی بواسطه ی یک شکافنده اضافه می شد. شبیه سازی یک بعدی بود، یعنی میدان داخل کاواک با $E_n(x,z)$ توصیف می شد که $n$ تعداد دورها در کاواک را نشان می دهد. هنگامی که میدان ورودی به مقدار بالاتر از آستانه ی سوئیچ دوپایایی رسانیده می شد مرکز باریکه سوئیچ می شد. اما اتفاق غیر منتظره ای رخ داد: یک ناپایداری جدید. فاصل[۵] بین حالت روشن و خاموش تکثیر شد که امروزه به آن ناپایداری

[1] Abraham NB & Firth W J, J. Opt. Soc. Am. B, 7 (1990)

[2] Mean-Field model

[3] Lugiato LA (editor), Special issue on "Nonlinear Optical Systems, Chaos, Noise", Chaos, Solitons & Fractals 4 (1994).

[4] self-focusing Kerr-like medium

[5] interface

مدولاسیونی ناحیه روشن گفته می شود، و آنرا به چندین پیک مجزا می شکافد. اینها به عنوان سالیتونهای فضایی در حال چرخش در محیط تعبیر شدند که توسط جفت شدگی های خروجی مختل می شد و توسط میدان ورودی تقویت می شد. بنابراین مدل مشخصا "سالیتون در جعبه" بود. چنین تعبیری حاکی از آن است که فقط محیطی می تواند سالیتونها را در کاواک نگهداری کند که بصورت کپه ای توانسته باشد.

کار دیگری در زمینه ی سالیتونهای کاواک باریکه ای را دربر داشت که یا حاوی سالیتون نبود یا اینکه پر از سالیتون بود: تنها دو حالت و بنابراین تنها یک بیت از ممووری در کاربردهای عملی. مک دونالد و فرث[1] نشان دادند که امکان سوئیچ زنی مستقل سالیتونها با استفاده از پرتوی پمپی با دامنه ی متغیر فضایی وجود دارد. آنها یک ممووری ۲۰ بیتی با این روش ساختند و همچنین نشان دادند که امکان خاموش کردن سالیتونها هم همانند روشن کردن آنها وجود دارد.

پیشتاز مهم دیگر عصر سنگ روزانوف[2] بود که از مطالعه ی امواج سوئیچ به ایده ی " سالیتونهای خودبخودی پراشی" رسید. در حضور پراش، موج سوئیچ کننده نوعا افت و خیز دارد. این افت و خیز می تواند دیگر موجهای سوئیچ کننده را گیر بیاندازد و بدین ترتیب این دو همدیگر را. یا در دو بعد، یک موج سوئیچ کننده می تواند به اطراف خم شود و خود را محصور کند و تشکیل یک جزیره ی پایدار از یک فاز احاطه شده توسط یک فاز دیگر را بدهد، یک سالیتون پراشی خودبخودی. اینجا دومین تعبیر فیزیکی سالیتونهای کاواک شکل می گیرد: امواج سوئیچ کننده ی خود–محصور[3].

در ده سال اخیر به منظور ارائه مدل جامع تر برای میکرو کاواک های نیم رسانا، گروه لوجیاتو[4] با استفاده از فرمول بندی ماتریس چگالی تلاشی را آغاز کرده اند که به پیش بینی وجود سالیتون های کاواک در این سیستم ها منجر شد [۱۹]. در این پایاننامه با استفاده از این مدل و برازش دوم منحنی

[1] McDonald and Firth
[2] Rosanov
[3] Self-trapped
[4] L.A. Lugiato

بهره، معادله حاکم بر پلاریزاسیون تغییر داده شده و نتایج حاصل در شبیه سازیها و محاسبات مربوط به ناپایداریهای سیستم در دو جریان پمپاژ ۱۰ و ۳۰ درصد بالای آستانه ی لیزری بکار برده شدند. این مدل با نتایج تجربی منحنی بهره توافق خیلی بهتری داشت، بنابراین مسلما باید جواب هایی را که بدست می دهد، جامع تر و واقعی تر باشند.

سوئیچ زنی سالیتونهای کاواک و مناسب سازی آنها برای کاربردهای عملی از مشخصات عصر اطلاعات است. در این پایاننامه با بهره گیری از مدلهای بنیان گذاشته شده، به باصطلاح مهندسی سالیتونهای کاواک اهتمام ورزیده شده است و سوئیچ زنی آنها و برخی از مناسب سازی ها جهت کاربردهای عملی نظیر حرکت سالتونها، زمان سوئیچ زنی و عملیات منطقی مطالعه شده است. دو روش برای سوئیچ زنی مطرح می شود، همدوس و ناهمدوس. سوئیچ زنی همدوس با استفاده از تزریق یک پالس گاوسی همدوس با میدان نگهدارنده انجام می گیرد که با استفاده از پالس مشابه اما در فاز مخالف امکان خاموش کردن سالیتون وجود خواهد داشت. در روش دوم سوئیچ زنی، نا همدوس، روشن کردن سالیتون با تزریق مستقیم و موضعی حاملین در باند رسانش ماده نیمه هادی توسط اعمال میدان الکتریکی انجام می گیرد که با معکوس کردن جهت جریان سالیتون خاموش خواهد شد. البته عواملی نظیر دامنه و مدت زمان تزریق حائز اهمیت هستند که به تفصیل در این پایان نامه بررسی شده است. از آنجائیکه اساس کار گیت های منطقی بر پایه ی سوئیچ زنی استوار است، در این پایان نامه با استفاده از روش سوئیچ زنی همدوس به طراحی و شبیه سازی گیت های تمام نوری AND و OR بر پایه سالیتونهای کاواک مبادرت شده است. بعلاوه، حرکت سالیتونهای کاواک نیز که می تواند کاربردهای متنوعی داشته باشد بررسی شده است.

این پایاننامه در سه بخش اصلی تنظیم شده است. در فصل اول برسی منابع در مورد سالیتون های نوری کاواک با مروری بر کاربردهای آنها و مفهوم دوپایایی نوری انجام گرفته است. سپس بصورت مفصلی روی میکرومشددهای نیم رسانا و لیزر های نیم رسانا بحث گردیده است.

در فصل دوم پس از بدست آوردن یک مدل تئوری، با استفاده از معادلات ماکسول- بلاخ نیم رسانا برای توصیف آهنگ تغییرات میدان الکتریکی نور، پلاریزاسیون و جمعیت حاملین، روش دینامیکی بکار رفته برای حل معادلات به روش گام مجزا ارائه شده است.

در فصل سوم نتایج بدست آمده از حل همگن و تحلیل پایداری ها و شبیه سازی ها ارائه شده و پس از آن مهمترین نتایج به دست آمده به اختصار توضیح داده شده است.

این پایاننامه نهایتا به بخش منابع ختم شده است.

# فصل اول

## مفاهیم پایه ای و مقدمه پژوهشی

## ۱) فصل اول: بررسی منابع(مفاهیم پایه ای و مقدمه پژوهشی)

اساسی ترین مکانیسمی که مفهوم سالیتونهای نوری را توصیف می کند تعادل دقیق بین دو فرآیند مخالف است، که یکی اجازه ی پخش شدن نور را می دهد و دیگری امکان تمرکز توزیع جایگزیده ی نور را بوجود می آورد. این فعل و انفعال در سیستم های پایستار دیده شده بود و توسط معادله غیرخطی شرودینگر و دیگر معادلات مربوطه توصیف می شد. این وضعیت برای هر دو مورد سالیتونهای زمانی، که در آن پاشندگی سرعت گروه و مدولاسیون خود فازی در راستای انتشار نور بر خلاف همدیگر عمل می کنند، و فضایی، که پهن شدگی ناشی از پراش و خود کانونی اثر کر همدیگر را خنثی می کنند، صدق می کند و منجر به یک توزیع پایدار نور با کمره باریکه ثابت می شود.

سالیتونها از وقتی که جان اسکات راسل امواج منفرد را در سال ۱۸٤٤ مشاهده کرد، بعنوان یک پدیده ی تجربی شناخته شد. مطالعه ی سالیتونهای زمانی در حدود یک قرن بعد مدیون پیشرفت سریع در عملکرد فیبرهای نوری در دهه ی ۷۰ می باشد که اثر کر موجود در آن اجازه ی انتشار پالسهای کوتاه با شدت بالا را در مسافتهایی که امروزه به هزاران کیلومتر می رسد، را می دهد.

از دهه ۱۹۹۰ شاخه ی جدیدی از مطالعه ی سالیتونها در سیستم های نوری اتلافی که بعنوان سیستم های اتلافی با تغذیه ی انرژی خارجی شناخته می شوند، شکل گرفت. در اینجا بود که توسط کارهای پیشتازانه ی لوجیاتو[1] و لفور[2] [۱]، روزانوف[3] [۲]، مندل[4] [۳] و فرث[5] [٤] نشان داده شد که کاواک های نوری غیرخطی یا سیستم های بازگشتی می توانند به سطوح متعددی از خود سازمانی برسند که در آن جوابهای دوپایای طرح وار و جایگزیده ممکن می شوند. این پیش بینی ها سریعا

[1] Lugiato
[2] Lefever
[3] Rosanov
[4] Mandel
[5] Firth

بواسطه ی مشاهداتشان در سیستمهای متعددی چون لامپ های نوری کریستال مایع[1] [۵]، بخارات سدیم[٦]، مواد نورشکستی [۷] و اخیرا در نیمه هادی ها [۸,۹] تائید شد.

این ساختارهای جایگزیده، در حضور دوپایایی، سالیتونهای کاواک نامیده شدند و خواص جدیدی از آنها دیده شد. عنوان "سالیتون" ، گرچه دقیقا شرایط یک جواب معادله ی غیرخطی کنسرواتیو انتشار را ندارد، حاوی این مفهوم است که تعادلی بین دو مکانیسم مخالف هم برقرار شده است، که حداقل یکی از آنها غیرخطی است. در واقع علاوه بر دستیابی به پیشرفت های بنیادی در دانش اندرکنش نور–ماده و در یافتن حالات جدید، سالیتونهای کاواک کاربردهای جدیدی را در پردازش تمام نوری اطلاعات نظیر کدگذاری فضایی اطلاعات، دستکاری و باز پیکربندی بر اساس توزیع عرضی نور، در دسترس قرار داده اند، [۱۰].

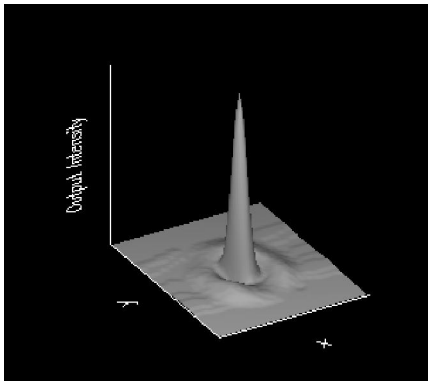
این ویژگی ها طی دو پروژه ی اروپایی متوالی FET-STREP مطالعه شد. اولین پروژه تحت عنوان "پردازش اطلاعات توسط آرایه هایی از سالیتونهای نوری غیر خطی" (PIANOS) بین سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ انجام شد و به مشاهده ی تجربی سالیتونهای کاواک در سیستم های نیمه هادی اختصاص یافت. در حالیکه دومین مطالعه، تحت نام "مبانی، عملکرد و کاربردهای سالیتون های کاواک" (FunFACS[۱۱] ) در بین سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ انجام شد و منجر به مشاهده ی لیزر سالیتونهای کاواک پیوسته کار و حالتهای جایگزیده ی پالسی در لیزرهای نیم رسانا شد.

### ۱-۱)سالیتون های کاواک[2]:

طرح های فضایی که داخل میکرو مشددهای نیم رسانا شکل می گیرند در ابتدا خیلی مورد توجه قرار گرفتند اما همبستگی فضایی شدیدی که در اجزای این طرح ها وجود داشت امکان

[1] Liquid Crystal Light Valve
[2] Cavity Soliton

استفاده از آنها را به عنوان کد های اطلاعاتی کم رنگ تر کرد، البته در سال های اخیر سوئیچ زنی بر اساس شکل گیری طرح ها مطرح شده است. برای اینکه از کل سطح مقطع کاواک بتوانیم به نحو مفیدتری استفاده کنیم باید دنبال لکه های نوری بگردیم که در ضمن کوچک بودن، مستقل از یکدیگر بتوانند کنترل فضایی شوند.




شکل۱.۱ سالیتون کاواک با حلقه پراش در کناره[۱۲]

سالیتون های کاواک با خواص بی نظیرشان توانستند این مشکل را حل کرده و به سرعت مورد توجه دانشمندان قرار گرفته اند. ساده ترین توصیف از این سالیتون ها را می توان بصورت زیر ارائه کرد:

لکه های روشن و پرشدت نوری که در پس زمینه تاریک شکل می گیرند وبصورت مستقل از هم می‌توان آنها را تولید، کنترل و پاک کرد. سالیون های کاواک دارای صفات مشترک زیادی با سالیتون های فضایی هستند ولی چند ویژگی منحصربفردشان باعث شده تا آنها را در کلاس مجزایی طبقه بندی کنیم : از آن جمله می توان به پایداری بعد از قطع عامل کنترلی، امکان تحرک بطور کاملا مستقل از سالیتون های مجاور و امکان پاک کردن آنها اشاره کرد.

در حالت کلی می توان این سالیتون را به عنوان جزو خانواده سالیتون های فضایی اتلافی دانست. چون سالیتون ها در داخل کاواک تشکیل می شوند و در داخل کاواک همیشه اتلافاتی نظیر

عبور از آینه ها و واهلش ها وجود دارند. البته این اتلافات توسط پرتو نگه دارنده جبران می شوند. این سالیتون ها نتیجه ی توازن سه پدیده فیزیکی هستند: الف)پراش ب)غیرخطیت ج)بازگشت از آینه ها

غیر خطیت عامل خنثی کننده پراش در سیستم است و آینه ها دو پایایی را که یکی دیگر از شرایط لازم برای تولید سالیتون های کاواک است بوجود می آورند. با انتخاب مناسب پارامتر های موثر در تولید سالیتون های کاواک می توان بستر مناسب را برای تشکیل خود به خودی و القایی آنها بوجود آورد. در حالت القایی با یک پالس نویسنده[1] در هر نقطه ای می توان آنها را نوشت. با حذف پرتو نویسنده سالیتون از بین نمی رود و تا زمانی که پرتو نگه دارنده[2] بتواند شدت نور لازمه را تامین کند، می تواند به حیات خود دوام دهد. برای پاک کردن آنها از پرتو نویسنده با فاز مخالف استفاده می شود.

ساده ترین کاواکی که قادر به تولید ساختار های محلی فضایی است و تحلیل نظری آن هم آسان است، کاواک حلقوی شامل ماده کر خود کانونی کننده است. میدان اعمالی به کاواک بعد از عبور از شکافنده در مشدد حلقوی دور زده و در ورودی کاواک بطور همدوسی با پرتو ورودی ترکیب میشود. این سیستم غیرخطی قادر به ایجاد دوپایای نوری است. مک دونالد و ویلی فرث نشان دادند[۱۳] که با اعمال پرتو پمپی با شرایط مناسب می توان سالیتون های منحصربه فرد و مستقلی را بوجود آورد. آنها یک حافظه ۲۰ بیتی از سالیتون ها بوجود آوردند که می توانستند تک تک آنها را بطور مستقل روشن و خاموش کرد.

ان. ان. رزوانو و جی. کی. خودوا [۱٤] و ام. تلیدی، و آر. لوفر[۱۵] نیز از پیشگامان این علم به شمار می روند. در سالهای اخیر ویلی فرث و همکارانش [۱٦] وجود سالیتون های کاواک پایدار در

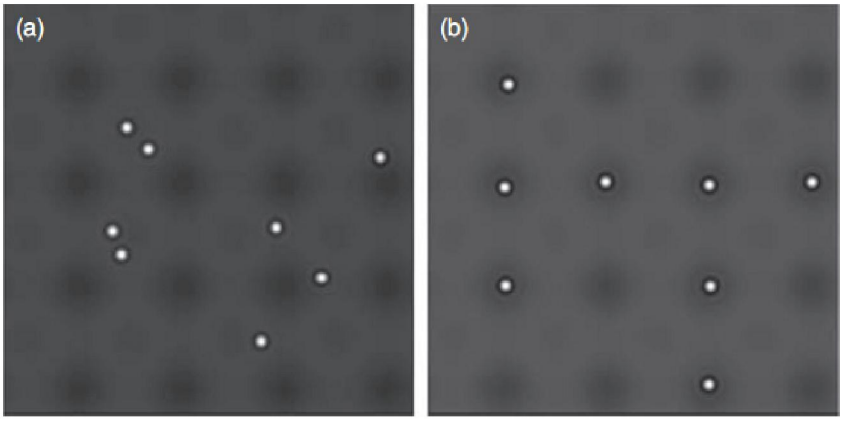
[1] Writing pulse
[2] Holding Beam

مواد جاذب اشباع پذیر را بااستفاده از مدل ساده سیستم های دو ترازی پیش بینی کردند، در حالیکه تولید و کنترل اندرکنش های سالیتون های کاواک همین مدل در مرجع [۱۷] مورد مطالعه واقع شده است. تفسیر چگونگی تولید این نوع سالیتون ها کاملا دقیق ارائه نشده است . یک تفسیر ممکن توسط فرث [۱٦] و بر اساس نامیزانی کاواک ارائه شده است. طبق استدلال فرث، طرح وقتی تولید می شود که کاواک نامیزان باشد بطوریکه طول موج نور کوتاهتر از مد کاواک باشد. تحت چنین شرایطی امواج، خارج از محور می توانند کاواک را برازش کنند و چنین برازش هایی از بردار موج برای مشخص کردن مد های ناپایدار ضروری است. برای سالیتون های کاواک چنین توجیهی بطور کامل درست نیست، زیرا انطباق مستقیمی بین سالیتون های کاواک و بردار موج عرضی وجود ندارد. اولین مشاهده تجربی سالیتون های کاواک در اوائل دهه ۱۹۹۰ منتشر شد که در آن از کریستال های مایع با پاسخ زمانی کند به عنوان محیط غیر خطی استفاده شد[۱۷]. این نوع سالیتون ها اخیرا در میکروکاواک های نیم رسانا بطور تجربی دیده شده اند و به روشی جالب تولید و پاک شده اند.

### ۱-۲) کاربردهای سالیتونهای کاواک

#### ۱-۲-۱) حافظه های تمام نوری

همانطور که بعدا در این پایان نامه مطرح خواهد شد، سالیتونهای کاواک منفرد دوپایا هستند و می توانند توسط یک پالس نوری کنترل خاموش یا روشن شود. بنابراین یک سالیتون کاواک می تواند نماینده ی یک بیت باشد. با توجه به این واقعیت که سالیتونهای کاواک می توانند در هر نقطه از صفحه ی عرضی یک قطعه ی فوتونیکی بوجود آیند، کانالهای موازی متعددی در یک تک قطعه وجود خواهند داشت و بنابراین می تواند دورنمای یک آرایه حافظه ی نوری را بوجود بیاورد. شکل زیر شبیه سازی عددی یک آرایه از سالیتونهای کاواک را نشان می دهد.




شکل ۲.۱ شبیه سازی عددی : نوشتن حروف IT با سالیتونهای کاواک در یک آرایه ی مربعی از پیکسل ها.

### ۱-۲-۲) خط تاخیر تمام نوری[1]

شبکه های فوتونیکی آینده نیازمند مسیریاب های[2] تمام نوری هستند تا سوئیچینگ فوق سریع بسته های داده ها اتفاق بیافتد. هنگامی که بسته ای جدید در موقع مشغول بودن یک روتر رسیده باشند، لازم است که آنها روی یک خط تاخیر تمام نوری بافر شوند. بنابراین خطوط تاخیر یا نور کند بنظر می رسد که یک عامل کلیدی در چنین شبکه های باشد. این تاخیر باید بطور پیوسته قابل تنظیم باشد. روشهای پیشرفته برای کند کردن نور، سرعت گروه طولی را تصحیح می کنند یعنی اینکه آنها متکی به پاشندگی هستند. تقریبا همه ی سیستم های پیشنهاد شده از نوعی تشدید استفاده می کنند.

سالیتونهای کاواک متحرک دسترسی بنیادی متفاوتی به خط تاخیر نوری ایجاد کرده اند. سالیتون های کاواک ثابت در داخل کاواک "نور متوقف" در نظر گرفته می شوند. بعد از اعمال یک پالس گذرا، سالیتونهای کاواک مادام العمر در داخل کاواک وجود خواهند داشت. با مختل کردن تقارن،

[1] All-Optical Delay Line
[2] Router