





## شرکت نانوفناوری سراج

معرفی سامانه نانوحباب

بخش اول

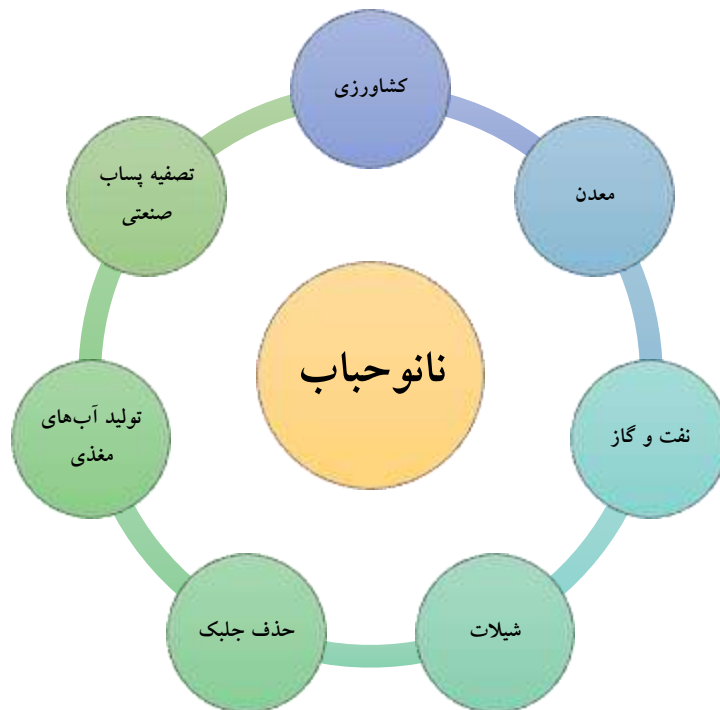
معرفی

سامانه های نانوحباب ساز

## ۱-۱- معرفی نانوحباب

نانوحباب‌ها به آن دسته از حباب‌های گازی موجود در سیال اطلاق می‌شود که قطر اسمی آن کمتر از ۲۰۰ نانومتر باشد. اهمیت نانوحباب از آنرو است که با شکست ابعاد حباب به ابعاد نانومتری، حباب‌های گازی، پایداری مناسبی (تا چند ماه) درون سیال پیدا کرده و میزان انحلال آن تا چندین برابر حد اشباع، افزایش خواهد یافت.

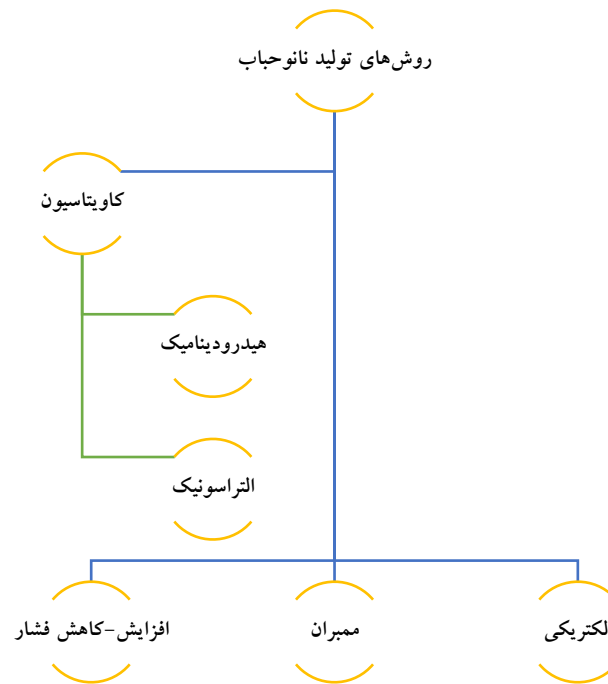
دسته کاربردهای شناخته‌شده از فناوری نانوحباب در شکل ۱ اشاره شده است.



شکل ۱- کاربردهای صنعتی شناخته‌شده از فناوری نانوحباب

## ۱-۲- روش‌های تولید نانوحباب

امروزه روش‌های متنوعی برای تولید نانوحباب به کار گرفته می‌شود که در شکل ۲ به طور خلاصه معرفی شده است. دانش فنی به کار گرفته شده در شرکت نانوفناوری سراج به منظور تولید نانوحباب‌های گازی استفاده از پلتفرم کاویتاسیون هیدرودینامیکی بوده است.

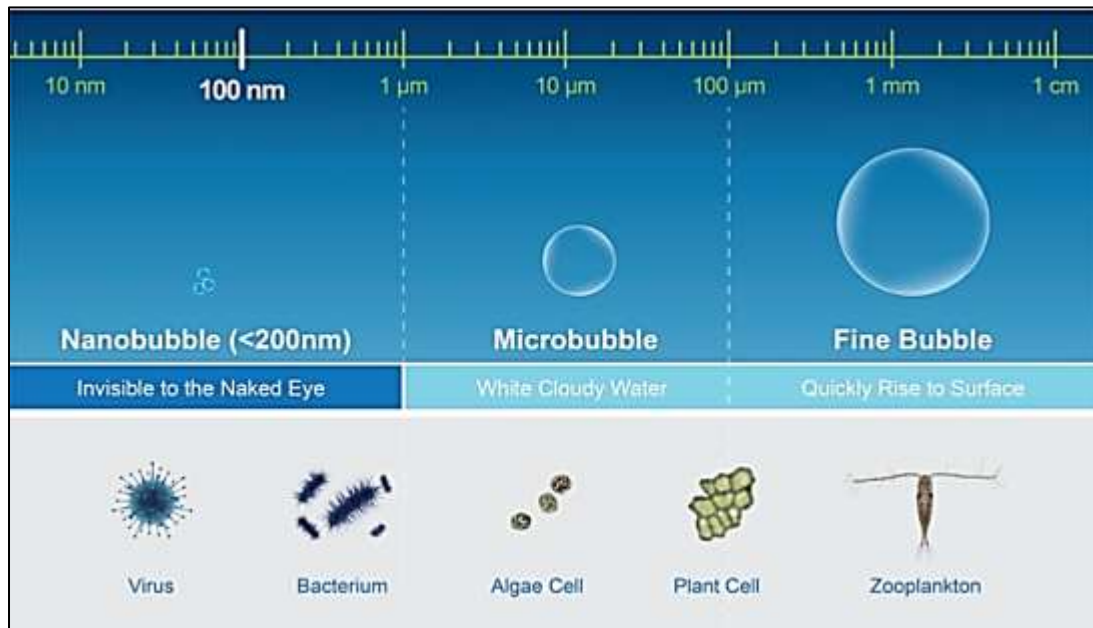


شکل ۲- روش های تولید نانوحباب

### ۳-۱- تاریخچه و شرکت های تولید کننده ژنراتور نانوحباب ساز

ایجاد حباب های گازی درون سیال، سبقه ای طولانی مدت در طیف متنوعی از کاربردها دارد. مشخصه اصلی حباب های تولیدی با استفاده از بیشتر روش های شناخته شده، ابعاد بزرگ مقیاس (بیش از میکرومتر) آن است. این موضوع منجر به ناپایداری حباب و خروج سریع آن از سیال می گردد. از اینرو هنگامی که سخن از تولید حباب با روش های صنعتی مرسوم می شود با دو محدودیت پایداری و انحلال پذیری مواجه هستیم.

بر این مبناء، معرفی مفهوم نانوحباب، اولین بار توسط محققان ژاپنی به منظور بالا بردن انحلال پذیری غلظت گاز درون سیال با پایداری مناسب صورت پذیرفت. قابلیت افزایش انحلال پذیری گاز تا چندین برابر میزان اشباع، کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف ایجاد می کند. تمام این مواهب تنها با شکست ابعاد حباب گازی به کمتر از ۲۰۰ نانومتر قابل دستیابی است (شکل ۳). لذا تلاش های گسترده صورت گرفته توسط انبوهی از شرکت های بین المللی در اکثر مواقع ناقص مانده و منجر به ارائه پلتفرم هایی با قابلیت تولید میکرو حباب شده است.



شکل ۳- ابعاد نانوحباب گازی در سیال

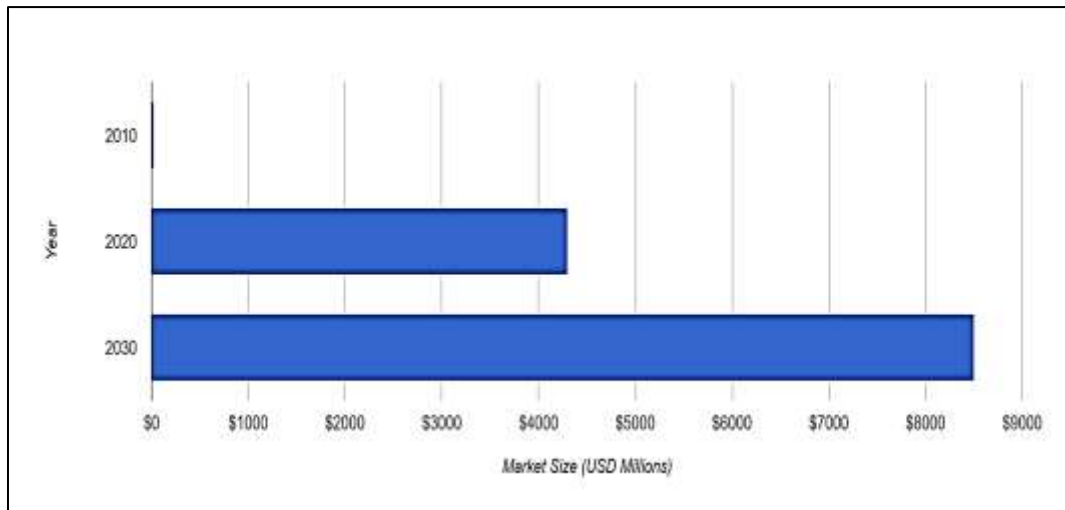
در این بین، شرکت‌های معدودی موفق به ارائه پلتفرم نانوحباب با اقتضائات ذکر شده و در نظر گرفتن چالش‌های اقتصاد مقیاس شده‌اند. آنچه در این خصوص اهمیت ویژه‌ای دارد، فضای نوآورانه حوزه نانوحباب و محدود بودن بازیگران فعال است. علاوه بر آن، با توجه به تنوع کاربردی نانوحباب در صنایع مختلف، بیشتر شرکت‌ها، تنها فرصت ورود جدی به یکی از بازارهای مذکور را پیدا کرده و فضای بکر گسترده‌ای در این خصوص باقی مانده است (جدول ۱).

جدول ۱- شرکت‌های معتبر فعال در زمینه نانوحباب در دنیا

شماره	نام شرکت	کشور	حوزه فعالیت
۱	Nano-bubble Technology	استرالیا	کشاورزی - شیلات - ضدعفونی کننده - تصفیه پساب
۲	Moleaer	آمریکا	کشاورزی - شیلات - نفت و گاز - معدن
۳	NanoMax	استرالیا	کشاورزی - معدن
۴	Newmantech	کره جنوبی	کشاورزی - تصفیه پساب - شیلات

۵	Nabastech	آمریکا	تصفیه پساب - ضد عفونی کننده
۶	Nanobubble	اندونزی	کشاورزی - شیلات
۷	NAC	ژاپن	تصفیه آب

در سال ۲۰۱۰ مقیاس بازار حوزه فناوری نانوحباب ۲۰ میلیون دلار بوده است. در سال ۲۰۲۰ این بازار به بیش از ۴/۳ میلیون دلار و تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۸/۵ میلیارد دلار افزایش خواهد یافت (شکل ۴).



شکل ۴- حجم بازار مربوط به حوزه نانوحباب در سال‌های مختلف

از میان شرکت‌های فعال در زمینه تولید ژنراتورهای نانوحباب‌ساز بیشترین توفیق متعلق به شرکت Molar آمریکا با بیش از ۷۰۰ پروژه موفق در ۳۳ کشور دنیا است.

#### ۴-۱- کاربردهای صنعتی پلتفرم نانوحباب

نانوحباب به عنوان یک پلتفرم فناوری امروزه کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف پیدا کرده است. در ادامه به تفصیل در خصوص هر کدام از کاربردها توضیح داده شده است.

##### • کشاورزی و گلخانه

گیاهان برای رشد خود به آب با کیفیت مناسب نیاز دارند. اکسیژن محلول<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی آب مورد استفاده در کشاورزی و گلخانه است. این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که گیاه عمده اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق ریشه جذب می‌کند.

وجود اکسیژن کافی و یا حتی فراتر از اشباع در آب مورد استفاده در کشاورزی و گلخانه علاوه بر تاثیر مستقیم بر سلامت ریشه، منجر به بهبود جذب عناصر مغذی نظیر کلسیم، پتاسیم و فسفر از طریق ریشه گیاه خواهد شد. اهمیت استفاده از آب با غنای مناسب از اکسیژن در کشت نوین گلخانه‌ای موسوم به هایدروپونیک<sup>۲</sup> (آبکشت)، بیش از کشت‌های خاکی است. علت این موضوع غوطه ور بودن ریشه در محلول آبی یا بستر بدون ارزش غذایی (پرلیت، کوکوپیت و ...) است. در این شرایط در صورت عدم تامین اکسیژن کافی، ریشه گیاه به تدریج سیاه شده و به اصطلاح خفه می‌شود.

افزایش اکسیژن محلول به فراتر از اشباع از طریق فناوری نانوحباب یکی از کاربردهای بدیع آن است. این موضوع منجر به افزایش برداشت در یک بازه زمانی مشخص یا کاهش دوره زمانی کشت می‌شود که بسته به نوع گیاه تفاوت خواهد داشت.

<sup>1</sup> Dissolved Oxygen (DO)

<sup>2</sup> Hydroponics





شکل ۵- تاثیر استفاده از آب نانوحباب با غلظت ۱۸ پی پی ام در سلامت ریشه و رشد گیاه

### • شیلات

استفاده از سیستم‌های نانوحباب در پرورش آبزیان اهمیت و مزایای ویژه‌ای دارد. ژنراتور نانوحباب در قیاس با دیگر سیستم‌های تزریق اکسیژن نظیر دیفیوزر<sup>۳</sup> و کونز<sup>۴</sup>، مصرف اکسیژن را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین با استفاده از سیستم‌های نانوحباب‌ساز می‌توان غلظت

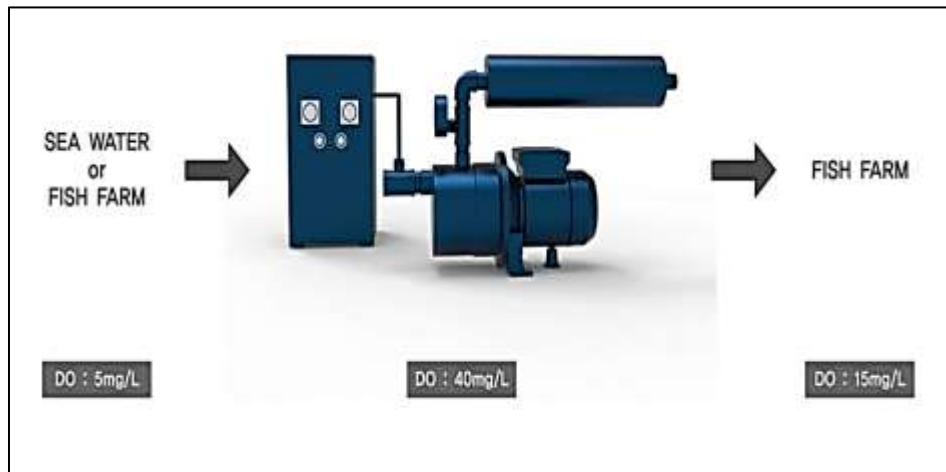
اکسیژن را به شرایط بهینه فراتر از اشباع (حدود ۱۵ پی پی ام برای ماهی قزل‌آلا) رسانید. این موضوع علاوه بر امکان افزایش تراکم پرورش ماهی به ازای هر مترمکعب، موجب بهبود متابولیسم و سلامت آبزی می‌گردد.

از دیگر اثرات جانبی استفاده از فناوری نانوحباب در پرورش آبزیان، از بین بردن پاتوژن‌ها، جلبک‌ها و باکتری‌های مضر است که به طور مستقیم بر روی کاهش نرخ تلفات اثرگذار خواهد بود.

در حال حاضر مهم‌ترین رقیب فناوری نانوحباب برای ایجاد آب فوق اشباع در پرورش آبزیان، اکسیژن مایع است که از نظر هزینه و انرژی مصرفی توان رقابت با ژنراتورهای نانوحباب‌ساز را ندارد.

<sup>3</sup> Diffuser

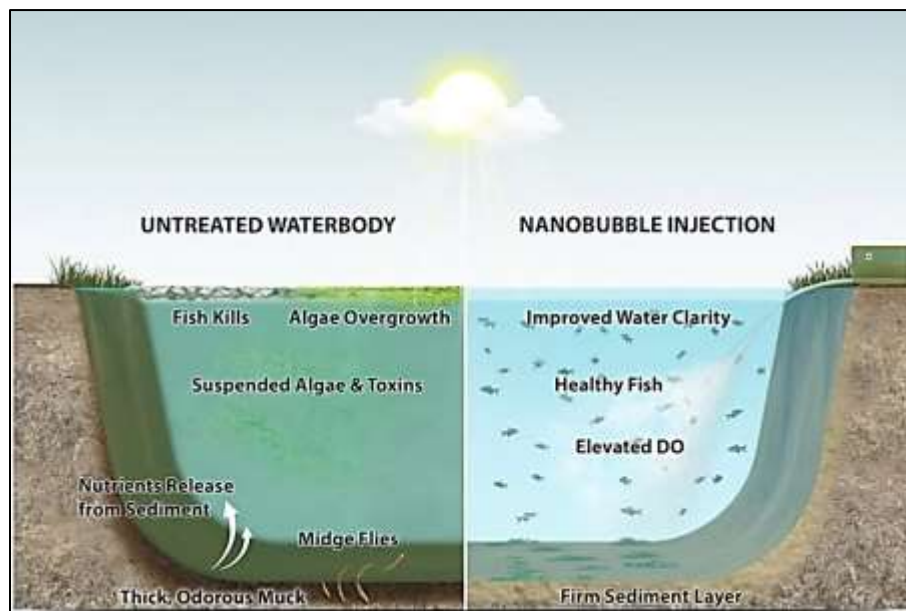
<sup>4</sup> Cones



شکل ۶- طرح کمپانی Newmantech که در استفاده از فناوری نانوحباب در پرورش ماهی

• حذف و کنترل جلبک<sup>۵</sup> در دریاچه‌ها و مرداب‌ها

استفاده از سیستم‌های نانوحباب‌ساز یکی از کارآمدترین روش‌های موجود به منظور کنترل و یا حذف جلبک از دریاچه‌ها و مرداب‌ها است. با توجه به راندمان مناسب‌تر ژنراتورهای نانوحباب‌ساز در هوادهی یا اکسیژن‌دهی، سریع‌ترین روش برای افزایش اکسیژن محلول به عنوان مهم‌ترین پارامتر احیای دریاچه‌ها محسوب می‌شود.



شکل ۷- استفاده از فناوری نانوحباب در احیای دریاچه‌ها

<sup>5</sup> Algae

## • تصفیه پساب

استفاده از فناوری نانوحباب در طیف متنوعی از راهکارهای تصفیه پساب کاربرد دارد. بالا بردن اکسیژن محلول به طور مستقیم می‌تواند بر فعالیت میکرواورگانیزم‌های هوازی مورد استفاده در روش‌های بیولوژیک موثر باشد. همچنین ژنراتورهای نانوحباب‌ساز کارایی مناسب‌تری در قیاس با سیستم‌های DAF مورد استفاده در صنعت تصفیه پساب داشته و می‌توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای آن مطرح شوند.

تزریق انواع گازهای اکسند نظیر ازن، اکسیژن و یا هوا از طریق ژنراتور نانوحباب‌ساز عملکرد مناسب‌تری در روش اکسیداسیون پیشرفته به دنبال خواهد داشت.



شکل ۸- استفاده از فناوری نانوحباب در تصفیه پساب