

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره ترمین

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

ICMEMS2014-2394

## مروری بر حسگرهای زیستی کاربردی در الکترونیک

امیر عباس زاده سوری<sup>۱</sup>، محمدحسین فریدی<sup>۲</sup>، هوتن زیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، a.abbaszadeh.s@aut.ac.ir

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، mh.faridi@aut.ac.ir

<sup>۳</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، hootan.zhian@aut.ac.ir

### چکیده

پیشرفت در زمینه زیست‌شناسی و کاربردهای آن و نیز دستیابی به فنون و روش‌های تازه در بیوتکنولوژی به پیشبرد گونه‌های تازه و بدیعی از حسگرها و سامانه‌های حسگری منجر خواهد شد. حسگرهای زیستی توانمندی جایگزینی با حسگرهای الکترونیکی را دارند و این جایگزینی علاوه بر قدرت و سرعت بر کاهش هزینه نیز تاثیر گذار است. در این مقاله به بررسی انواع حسگرهای زیستی که کاربرد جایگزینی با تراشه‌های الکترونیکی دارند و نیز بیان شبکه این حسگرها پرداخته می‌شود. در پایان این مقاله ۳ پروژه اجرا شده در زمینه حسگرهای زیستی معرفی می‌شود.

### واژه‌های کلیدی

حسگر زیستی، الکترونیک زیستی، پردازش زیستی، محاسبات

DNA

### مقدمه

حسگرهای زیستی به‌طور کلی ابزارهایی هستند که برای شناسایی و تشخیص حضور عوامل بیماری‌زا، سموم شیمیایی، تابش‌های رادیویی و یا دیگر تهدیدات محیطی به‌کار می‌روند و حسگرهای زیستی را می‌توان در یک تعریف گسترده به‌صورت ابزارهایی تعریف کرد، که برای یافتن مولکول‌های خاص یا گونه‌های ویژه‌ای از ارگانیسم‌ها و یا آشکارسازی تابش‌های پیرامون، به کندوکاو محیط اطراف می‌پردازند. هدف موردنظر ممکن است به‌صورت ذرات پراکنده در هوا، ذرات معلق در مایع و یا ذرات موجود در جامد باشد. حسگرهای زیستی می‌توانند علاوه بر شناسایی عوامل شیمیایی و بیولوژیک، نمایش و گزارش سلامت بدن یک فرد را نیز عهده‌دار باشند، و به‌عنوان مثال تغییرات قند خون و یا فشار خون شخص را اعلام نمایند.

پیشرفت‌های روزافزون در زمینه زیست‌شناسی و کاربردهای آن و نیز دستیابی به فنون و روش‌های تازه در بیوتکنولوژی، قطعا به پیشبرد گونه‌های تازه و بدیعی از حسگرها و سامانه‌های حسگری منجر خواهد شد.

### انواع حسگرهای زیستی و روش‌های آشکارسازی

در بررسی کارکرد عملی حسگرهای زیستی دیده می‌شود که در این ابزارها، یک سری از آنزیم‌ها، پادتن‌ها یا اسیدهای نوکلئیک که

عملکرد ویژه‌ای در الکترونیک دارند، در قالب واحدهای حسگری عملیاتی به شناسایی اهداف ویژه موردنظر می‌پردازند. برقراری ارتباط الکتریکی میان آنزیم‌ها و الکترونیک را می‌توان به‌کمک روکش کردن سطح با پروتئین‌های مربوطه یا به‌کمک جادادن تک‌ذره‌های رسانای طلا در ساختار پروتئین امکان‌پذیر کرد [1, 2].

هر سیستم حسگری کاربردی، عملاً از چندین جزء با وظیفه مستقل تشکیل یافته است و یک حسگر زیستی می‌تواند هر یک از وظایف زیر را برعهده داشته باشد: آشکارسازی، گیراندازی<sup>۱</sup>، تغلیظ و اشباع<sup>۲</sup>، انشقاق اجزا<sup>۳</sup> و تحلیل نمونه‌ها. اجزای حسگری در یک دستگاه می‌توانند ابعاد کوچکی داشته باشند و سیستم‌های حسگری کوچک‌شده‌ای<sup>۴</sup> که تمامی این وظایف را یک‌جا اجرا کنند، در زمره آزمایشگاه‌های روی تراشه قرار می‌گیرند.

به‌طور کلی می‌توان دو قسمت بزرگ و عمده در سیستم‌های حسگری در نظر گرفت: یک قسمت برای شناسایی و دریافت اطلاعات (شامل الکترونیک و گیرنده‌ها)، و یک قسمت برای تبدیل اطلاعات دریافت‌شده به سیگنال‌های قابل اندازه‌گیری نوری یا الکترونیکی (شامل تحلیل‌کننده‌ها و پردازش‌گرها).

روش‌های نوین تبدیل داده به سیگنال، مثل طیف‌سنجی، روش‌های الکترونیکی، روش‌های زیست‌شیمیایی، سیستم‌های اپتیکی و ... در چهره‌های جدیدی برای آشکارسازی گشوده‌اند. با این حال استفاده از این روش‌ها در کاربردهای مختلف منوط به تهیه جداول اطلاعاتی دقیق و کارآمدی در مورد خواص مختلف مولکول‌ها و تهدیدات گوناگون، و نیز بهینه‌سازی این روش‌ها جهت استفاده صحیح و بهینه می‌باشد [2].

### حسگرهای زیستی نوری و فرورسرخ

یکی از پرکاربردترین آشکارسازها، حسگرهای نوری هستند. در این حسگرها اطلاعات و داده‌های دریافت شده در مراحل اولیه، به یک سیگنال نوری قابل مشاهده و قابل سنجش، و سپس به یک سیگنال الکترونیکی تبدیل می‌شوند. مرحله شناسایی اولیه در سیستم‌های حسگری نوری عموماً مبتنی بر موارد ذیل است:

1 . capture

2 . concentration

3 . derivitization

4 . miniaturized

- تعاملات طیفی با پارامتر آشکارسازی شونده در هدف (مثل جذب یا گسیل یا پراکنش<sup>5</sup> نور)
- تعامل بین پارامتری که اندازه‌گیری می‌شود (آنالیت) و یک معرف<sup>6</sup>
- تعامل میان پارامتر موردنظر و یک گیرنده (در مورد عوامل بیولوژیک).

توسعه فناوری‌های فیبر نوری و هم‌چنین ظهور فناوری‌های تازه ابزارهای سیلیکونی باعث پیشرفت‌های بیش‌تری در سیستم‌های میکرو حسگری شده است.

یکی دیگر از مهم‌ترین و حساس‌ترین آشکارسازها حسگرهای فرورسرخ هستند، که می‌توان آنها را به دو شاخه کلی تقسیم کرد: آشکارسازهای گرمایی و آشکارسازهای فوتونی (یا کوانتومی). در قسمت گرمایی، ما با ترموکوپل‌ها، ترموپیل‌ها، بلومترها<sup>7</sup> و آشکارسازهای پنوماتیک<sup>8</sup> سروکار داریم. برای نمونه، دوربین‌های گرمایی میکرو بلومتری در حال حاضر برای تصویربرداری گرمایی و آشکارسازی فرورسرخ، در نیروهای مسلح آمریکا و نیز کاربردهای آتش‌نشانی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در قسمت فوتونی، هادی‌های نوری<sup>9</sup>، فوتو ولتائیک‌ها<sup>10</sup> و آشکارسازهای الکترومغناطیسی مطرح هستند. این آشکارسازها عموماً از نیم‌رساناها ساخته می‌شوند و باید آنها را با روش‌های ویژه برودتی خنک نگاه داشت. زمان پاسخ‌گویی این دو نوع آشکارساز در برابر هدف موردنظر متفاوت است به این نحو که آشکارسازهای گرمایی معمولاً کندتر واکنش نشان می‌دهند ( $10^{-3}$  second)، در حالی که آشکارسازهای فوتونی در مقابل، زمان واکنشی  $10^{-6}$  second دارند [3].

محققان پی برده‌اند که حسگری بیولوژیک فرورسرخ، یک فرآیند گرمایی است، به این ترتیب که در یک سامانه زیستی، فوتون‌های فرورسرخ از طریق بسامدهای تشدید مولکولی موجود در ساختار شیمیایی بافت، در سیستم جذب می‌شوند؛ این جذب‌شدگی و انتقال انرژی از سوی فوتون‌های فرورسرخ موجب می‌شود تا مولکول‌ها در درون سیستم به ارتعاش درآیند. این تحرک مولکولی نهایتاً به شکل انرژی گرمایی در یک مقیاس بسیار کوچک پراکنده می‌شود. محققان بر این باورند که این تغییر گرمایی برای آزاد کردن یک سیگنال در انتهای عصب‌های یک بافت زنده کافی است.

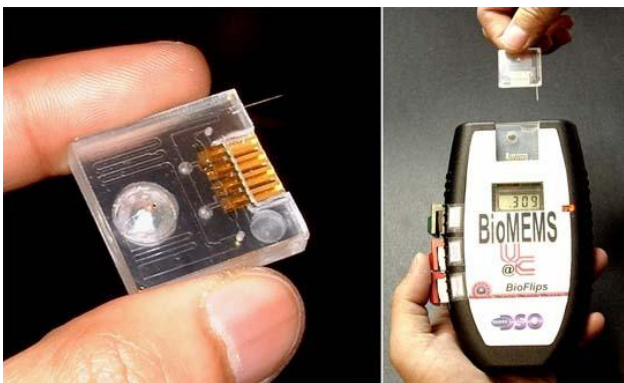
### حسگرهای شبه طبیعی

یک نوع دیگر از حسگرهای زیستی حسگرهای شیمیایی هستند (که توسعه آنها در روند تحقیقات نانوبیوسیستم‌ها صورت می‌گیرد) که با

الهام از حساس‌ترین حسگرهای موجود در بدن جانداران، یعنی بینی و سایر اندام‌های حسی طراحی می‌شوند. طرزکار این حسگرها به این شکل است که مولکول موردنظر (که باید وجود آن حس شود) به یک دریافت‌کننده زیستی در عضو می‌چسبد و یک کانال یونی را که در پوسته سلول عایق قرار دارد، باز و بسته می‌کند.

کاربرد عمده‌ای از این حسگرها، در آشکارسازی بخار یا گاز و به‌طور اخص ساخت بینی الکترونیکی بوده است. این عمل با استفاده از آرایه‌هایی از حسگرهای غیرتخصصی<sup>11</sup> و به‌کارگیری نرم‌افزار تشخیص الگو انجام می‌شود. به‌کمک این نرم‌افزار، معین کردن بوها، گازها و بخارهای مختلف، دقیقاً مانند آن‌چه که در بینی حیوانات اتفاق می‌افتد امکان‌پذیر است [3, 4].

از دیگر کاربردهای این حسگرها، تشخیص اجزای مخلوط در گازها یا مایعات در محیط‌های صنعتی است. حسگرهای چندمنظوره‌ای که از پلیمرها، آنزیم‌ها یا سایر ترکیبات استفاده می‌کنند، مثال‌هایی از این مورد اند که می‌توان شکل ۱ را نیز یکی از این موارد نام برد.



شکل ۱: نمونه یک آزمایشگاه روی تراشه. این مجموعه حسگری که نتیجه تحقیقات دانشمندان DSO می‌باشد، جهت آشکارسازی و تحلیل نمونه‌های گازی ساخته شده است

یکی از طرح‌های پیشنهادشده در زمینه حسگرها، به‌کارگیری سلول‌های زنده برای آشکارسازی سموم محیطی و یا برای گزینش خاص دارویی است. ساده‌ترین حالت این نوع آشکارسازی، توجه به مرگ سلول‌ها در اثر سموم موجود در محیط است.

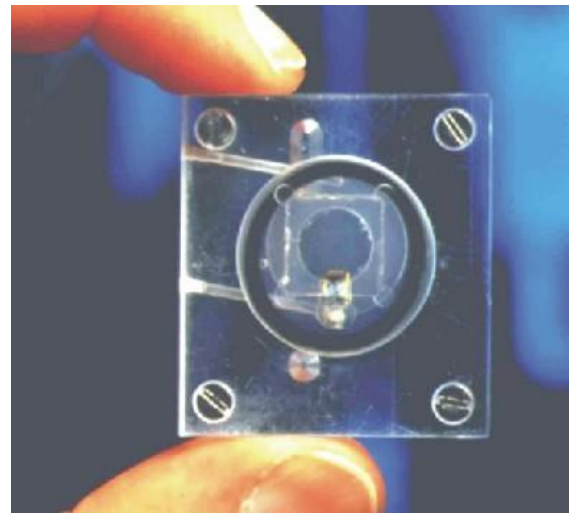
برای توسعه این حسگرها می‌توان از آرایه‌های میکروالکترونیکی برای نمایش متابولیسم و فعالیت سلولی و هم‌چنین اندازه‌گیری پاسخ سلولی به انواع محرک‌ها استفاده کرد. از آنجاکه بسیاری از انواع سلول‌ها روی سطح رشد می‌کنند، فصل مشترک سلول و الکتروود حسگر می‌تواند مبدلی برای فعالیت ذاتی و القایی الکتریکی باشد. حسگرهای تراشه‌ای نویدبخش دست‌یابی به حسگرهایی هستند که بتوان به‌کمک آنها به سهولت به اندازه‌گیری پاسخ‌های مختلف بدنی، مثل سرعت ضربان قلب پرداخت [5].

5 . scattering  
 2 . reagent  
 7 . bolometer  
 8 . pneumatic  
 9 . photoconductive  
 10 . photovoltaic

11 . non-Specific

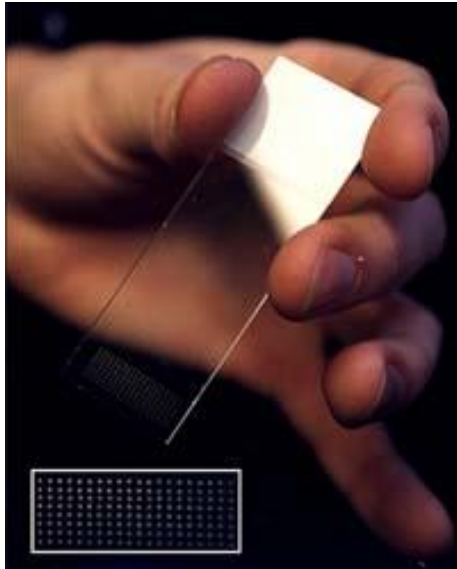
## تراشه‌های زیستی و تراشه‌های DNA

تراشه‌های زیستی، ابزارهایی برای حسگری زیستی در مقیاس کوچک هستند که از مولکول‌های با منشا بیولوژیک برای گیراندازی مولکول‌های ویژه هدف بهره می‌گیرند. تراشه‌های زیستی با استفاده از یک عنصر شناسایی بیولوژیک مثل یک پادتن<sup>۱۲</sup> (پروتئین) یا اسید نوکلئیک به گیراندازی انتخابی مولکول‌های هدف و در نتیجه شناسایی آنها می‌پردازند. شکل ۲ نمونه‌ای از ردیاب زیستی است.



شکل ۲: تراشه‌های زیستی مینیاتوری که در حال حاضر رواج پیدا کرده‌اند، برای وظایف ویژه و معینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال با این تراشه‌ها می‌توان یک گونه خاص شیمیایی را شناسایی و ردیابی کرد

با وجود این‌که فناوری تراشه DNA (شکل ۳) از جمله فناوری‌های نویدبخش برای آینده می‌باشد، ولی هنوز با محدودیت‌های بسیاری مواجه است. ارتباطات ساده و سطحی که هم‌اینک میان زنجیره DNA و سیستم‌های فیزیولوژی وجود دارد، برای تراشه‌های با کارایی بالا ناکارآمدند.



شکل ۳: یک تراشه کوچک DNA؛ لوح شیشه‌ای که در شکل دیده می‌شود، حاوی هزاران ژن آماده‌سازی شده برای مطالعه و بررسی است

## تراشه‌های پروتئینی

یک تراشه پروتئینی ابزاری است که حضور پروتئین‌های خاص و گاهی علاوه بر آن مقدار آن پروتئین‌ها را در یک نمونه آشکار می‌کند. توسعه تراشه‌های پروتئینی مستلزم توسعه برخی فناوری‌های حیاتی است که تحقیقات نظری و عملی هم‌اکنون در این زمینه در جریان است [6, 9].

حسگرهای پروتئینی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: حسگرهایی که جهت آشکارسازی و احتمالاً ارزیابی مولکول‌ها در یک نمونه بیولوژیک برگرفته از یک شخص طراحی شده‌اند و حسگرهایی که جهت آشکارسازی مولکول‌ها در نمونه‌های برگرفته از محیط طراحی می‌شوند و احتمالاً می‌توانند در مورد یک حمله شیمیایی و بیولوژیک و یا حضور عوامل تهدیدآمیز محیطی اعلام خطر نمایند. با توجه به گرایش تجاری‌ای که در ساخت محصولات مرتبط با کاربردهای پزشکی وجود دارد، اکثر حسگرهای تجاری در حال حاضر جهت نمونه‌های انسانی ساخته شده‌اند.

پروتئین‌ها در یک نمونه به‌طور کلی به طرق مختلف قابل آشکارسازی هستند. یک روش عبارت است از به‌دام‌اندازی پروتئین و سپس آشکارسازی آن به‌کمک یک برچسب<sup>۱۳</sup> مستقیم یا غیرمستقیم. در برچسب‌گذاری مستقیم، برچسب (که می‌تواند یک اتم پرتوزا یا یک رنگ فلوروسانس باشد) به‌وسیله یک پیوند کووالانسی یا شیمیایی به

تراشه‌های زیستی را هم می‌توان برای کاربردهای خارجی (مثل تجزیه یک نمونه از شاره‌های زیستی) و هم برای کاربردهای داخلی (مثل سنجش‌های داخل بدن، که طی آن ابزارهایی به‌صورت موقت در بدن انسان قرار داده می‌شوند) مورد استفاده قرار داد. یک مثال خوب از این تراشه‌های زیستی، حسگرهایی است که برای آشکارسازی گلوکز خون در زیر پوست قرار داده می‌شود [5].

عبارت تراشه‌های DNA، جهت اشاره به ابزارهای مینیاتوری و کوچکی به‌کار می‌رود که به تجزیه و تحلیل مولکول‌هایی مثل مولکول‌های اسید نوکلئیک و دیگر مولکول‌های زیستی (مانند پپتیدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها) می‌پردازند؛ در حال حاضر بخش عمده‌ای از تحقیقات در زمینه آشکارسازی، بر اندازه‌گیری و ارزیابی اسیدهای نوکلئیک (مثل DNA و RNA) بر روی یک تراشه (یا به عبارت دیگر یک سطح تخت) متمرکز شده است. تجزیه و تحلیل در چنین قالبی - یعنی روی یک تراشه یا بر سطح یک ماده - بسیار ارزان و راحت خواهد بود. در این زمینه به‌ویژه کوچک‌سازی سیستم‌های جداسازی (مثلاً جداسازی ذرات معلق مایع به‌کمک الکتريسيته، کروماتوگرافی مایع و گاز، و آشکارسازی الکتروشیمیایی) مورد توجه است [4].

<sup>13</sup> . label

<sup>12</sup> . antibody

### معرفی ۳ پروژه حسگرهای زیستی

#### • پروژه‌های دارپا

##### ○ بازسازی ساختارهای حسی بیولوژیک<sup>۱۴</sup>

در دنیای زیست‌شناسی ساختارهای حسی بی‌شماری وجود دارد که وظیفه آنها آشکارسازی انبوه محرک‌های طبیعی مثل تغییرات دمایی و تغییرات فشار می‌باشد. حسگرهای زیست‌شناختی حساسیت بالاتری نسبت به هم‌تاهای ترکیبی (سنتزی) خود دارند و می‌توانند وظیفه آنها را در محیط‌های آشفته به‌خوبی انجام دهند و درعین‌حال، از موادی ارزان‌تر و سازگارتر با محیط تشکیل شده باشند. روشن است که بررسی‌های بیش‌تر باعث فهم عمیق‌تر اصول زیست‌شناختی می‌گردد و ما را قادر می‌سازد تا با به‌کارگیری این اصول، حسگرهای ترکیبی پیشرفته‌تر و قدرت‌مندتری تهیه کنیم. برنامه بازسازی ساختارهای حسی بیولوژیک، پروژه‌ای تحقیقاتی است که به‌همین منظور طرح‌ریزی و اجرا شده است. این بازسازی ساختارها به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم امکان‌پذیر است. در حالت مستقیم برای ساخت حسگرهای تلفیقی، مستقیماً از یک مولکول بزرگ بیولوژیک استفاده می‌گردد. در شکل غیرمستقیم، ابزارهای نهایی دارای هیچ جزء بیولوژیک نیستند ولی طراحی آنها و فرآیند پردازش سیگنال در آنها با الهام از طبیعت صورت گرفته است [9].

##### ○ حسگرهای پنهان<sup>۱۵</sup>

حیوانات دارای توانمندی‌ها و قابلیت‌های بی‌نظیری در حسگری و تحرک هستند. برنامه حسگرهای پنهان درصداً است تا شیوه‌های متحول‌کننده حسگری و تحرک در جانوران را برای مقاصد خاص مورد مطالعه و بهره‌برداری قرار دهد. این برنامه با کاوش در توانایی طبیعی سیستم‌های جانوری، نحوه مسیریابی و آشکارسازی و دستیابی آنها را به هدف مورد مطالعه قرار می‌دهد و امکان به‌کارگیری این رفتارها را در محیط‌های مشابه عملیاتی (مثل غارها، تپه‌ها، دره‌ها و غیره) ارزیابی می‌نماید. در این سیستم‌ها بهینه‌سازی مدت‌زمان ماموریت و نیز بررسی احتمال خطا در شرایط دشوار محیطی حائز اهمیت فراوان است [10].

پروتئین ضمیمه می‌شود. در برجسب‌گذاری غیرمستقیم پروتئین قبل یا بعد از گیرافتادن، به یک مولکول دیگر می‌چسبد ولی این اتصال از نوع کووالانسی نیست. این مولکول دوم دارای خصوصیتی است که امکان آشکارسازی آن را فراهم می‌آورد، مثلاً می‌تواند فلوئورسانس باشد یا به آنزیمی متصل باشد که رنگ یک عامل شیمیایی را تغییر می‌دهد. برجسب‌گذاری یکنواخت پروتئین‌ها در هر دو حالت مستقیم و غیرمستقیم، دشوار است و بنابراین سیگنال تولیدشده ارتباط مستقیمی با فراوانی پروتئین‌های برجسب‌خورده در نمونه دارد [7].

روش دیگر شامل استفاده از یک پدیده فیزیکی وابسته به پروتئین برای آشکارسازی آن است. در این زمینه چندین حالت آزمایش شده است، از جمله آشکارسازی تغییرات ماده بر روی یک سطح در حال ارتعاش، که موجب تغییرات پیزوالکتریکی می‌گردد، و یا تولید امواج صوتی در بسامدهای خاص، با استفاده از دستگاه‌های تولید امواج صوتی سطحی. روش بعدی که مبتنی بر پدیده‌های نوری می‌باشد، شامل بازتاب نور از یک سطح است که در اثر تغییرات ضریب شکست حاصل می‌گردد. مشکل عمده این شیوه‌ها این است که در تمام آنها به‌منظور ایجاد یک پدیده، الزاماً مقدار زیادی از جرم پروتئین جذب می‌شود. بنظر می‌رسد که فقط فناوری‌های نوری برای آشکارسازی با حساسیت بالا مناسب باشند [9].

شیوه دیگر آشکارسازی پروتئین‌ها، جذب آنها روی یک سطح و سپس تحلیل این پروتئین‌های استقرار یافته به‌وسیله طیف‌سنجی جرمی است. حساسیت کم در این روش می‌تواند مشکل‌ساز باشد.

#### شبکه حسگرهای زیستی

در حال حاضر تراشه‌های زیستی به اندازه یک تمبر موجود است که می‌توانند به‌خوبی از پس آنالیزهای پیچیده شیمیایی برآیند. اما درعین‌حال، این حسگرها برای واکنش جامع در مقابل تهدیدات متنوع و گسترده ناکارآمدند و عمدتاً برای وظایف محدود و خاصی طراحی شده‌اند. برخی محققان امیدوارند حسگرهایی ابداع نمایند که به یک بازه وسیع و متنوع از مولکول‌های هدف حساس باشد و هم‌چنین بتوان آنها را هم‌چون یک ساعت مچی در اختیار سربازان قرار داد. در این حالت هر شخص، خود تبدیل به یک ابزار آشکارسازی می‌شود و می‌تواند نسبت به یک حمله احتمالی بیولوژیک یا شیمیایی هشدار بدهد.

حساسیت یک حسگر زیستی به ویژگی مولکول هدف نیز وابسته است و آشکارسازی و ارزیابی بعضی از این مولکول‌ها مشکل‌تر از سایرین می‌باشد. بنابراین تنها راه آشکارسازی تهدیدات شیمیایی و بیولوژیک برای غلظت‌های بسیار پایین، استفاده از یک شبکه از حسگرهای زیستی است که هماهنگ با هم و در طی یک دوره زمانی عمل کنند [8].

وجود شبکه‌ای از حسگرهای زیستی می‌تواند کاربردهای مختلفی داشته باشد. دستیابی به شبکه مطلوبی از حسگرهای زیستی تنها زمانی میسر است که مواعی که در ارتباط با جمع‌آوری و ارزیابی نمونه‌ها در این حسگرها وجود دارد مرتفع گردد.

<sup>۱۴</sup> . Biological Sensory Structure Emulation - BioSenSE

<sup>۱۵</sup> . Stealthy Sensors

- [1] Jacobs, M., Muthukumar, S., Panneer Selvam, A., Engel Craven, J., Prasa, S., 2014. "Ultra-sensitive electrical immunoassay biosensors using nanotextured zinc oxide thin films on printed circuit board platforms". *Biosensors and Bioelectronics*, V.55, May, pp. 7-13.
- [2] Bousse, J. Shott, and J. D. Meindl, 1998, "A process for the combined fabrication of ion sensors and CMOS circuits", *IEEE Electron Device, Lett.*, vol. 9, no. 1, pp.44-46.
- [3] Tu, Q., Zhang, J., Deng, Z., 2006, "The Research for Wireless electrocardiogram Biosensor System", *IEEE International Conference on Information Acquisition*, Aug, pp. 6-10.
- [4] RoyChaudhuri, C., Dev Das, R., 2010, "A biomolecule compatible electrical model of microimpedance affinity biosensor for sensitivity improvement in cell detection," *Sensors and Actuators*, v. 157 pp. 280-289.
- [5] Ianeselli, L., Greci, G., Callegari, C., Tormen, M., Casalic, L., 2014. "Development of stable and reproducible biosensors based on electrochemical impedance spectroscopy: Three-electrode versus two-electrode setup". *Biosensors and Bioelectronics*, V.55, May, pp. 1-6.
- [6] Ceylan Koydemir, H., Külah, H., Özgen, C., Alp, A., Haşcelik, G., 2011. "MEMS biosensors for detection of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*". *Biosensors and Bioelectronics*, V.29, May, pp. 1-12.
- [7] Juan C. Vidala, Corresponding author contact information, E-mail the corresponding author,
- [8] Bonel, L., Ezquerra, A., Hernández, S., Bertolín, J., Cubel, C., Castillo, J., 2013. "Electrochemical affinity biosensors for detection of mycotoxins: A review". *Biosensors and Bioelectronics*, V.49, Nov, pp. 146-158.
- [9] Marinesco, S., Dale, N., 2013. *Microelectrode Biosensors*, Springer press.
- [10] Paun, G., Rozenberg, G., and Salomaa, A., Edited, 2005. *DNA Computing-New Computing Paradigms*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

○ بازبایی داده در حسگرهای زیستی<sup>۱۶</sup>

محققان آزمایشگاه ملی سندیا<sup>۱۷</sup>، به‌عنوان بخشی از پروژه آزمایشگاه میکروشیمی<sup>۱۸</sup> در حال تحقیق برای طراحی الگوریتم‌های متغیری جهت بازبایی داده‌های آشکارسازی عوامل زیستی هستند. هدف از این پروژه که از سوی وزارت دفاع و وزارت امنیت ملی آمریکا سرمایه‌گذاری شده است، طراحی و تولید سیستم‌های تحلیل‌کننده شیمیایی است که قابل حمل بوده و ویژگی‌های یک آزمایشگاه روی تراشه را دارا باشند. بخش چشم‌گیری از تلاش‌های انجام‌شده در این پروژه معطوف توسعه روش‌های بازبایی داده‌ها در آشکارسازی‌های عوامل زیستی است. در این روش‌ها، اطلاعات به‌دست‌آمده از آشکارسازی یک عامل زیستی، در مراحل مختلفی هم‌چون تشخیص الگو<sup>۱۹</sup>، طبقه‌بندی<sup>۲۰</sup>، و رفع پارازیت‌های مربوط به محیط، مورد پردازش قرار می‌گیرد [9, 10].

نتیجه‌گیری

ابزارهای حسگری زیستی کوچک، می‌توانند اطلاعات مربوط به محیط را افزایش دهند. برای پیشرفت کاربرد حسگرهای زیستی باید شبکه‌ای از حسگرها تشکیل داد که امکان تحت پوشش قرار گرفتن محیط بیشتری فراهم می‌آورد و این حسگرها مستلزم توسعه فناوری‌هایی در سطح میکرو و نانو و هم‌چنین وجود آزمون‌هایی ساده جهت افزایش اعتبار نتایج حاصله از دستگاه‌های فوق خواهند بود. حسگرهای زیستی با نیروی طبیعی خود امکان تشخیص و تحلیل دقیق‌تر از تراشه‌های الکترونیکی را برای ما فراهم می‌کنند. با افزایش کاربردی حسگرهای زیستی باید الگوریتم‌های مناسب به آن را نیز مورد پژوهش دقیق‌تر قرار داد. با مطالعه بیشتر در این زمینه می‌توان سرعت و دقت را افزایش و هزینه‌های تولید را نیز کاهش داد.

<sup>16</sup> . Biosensor Data Interpretation

<sup>17</sup> . Sandia National Laboratories

<sup>18</sup> . micro-chem-lab

<sup>19</sup> . pattern recognition

<sup>20</sup> . classification



# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



نورنگه آفرینی  
بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)



PROPOSAL  
پروپوزال

نورنگه آفرینی  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



ISI  
Scopus

نورنگه آفرینی  
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو